

VICTOR MANUEL QUINTERO FLOREZ

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE SISTEMAS DE
COMUNICACIÓN MÓVIL CELULAR DE TERCERA
GENERACIÓN - WCDMA

Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Maestría en Ingeniería
Area Electrónica y Telecomunicaciones

Popayán
2010

VICTOR MANUEL QUINTERO FLOREZ

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE SISTEMAS DE
COMUNICACIÓN MÓVIL CELULAR DE TERCERA
GENERACIÓN - WCDMA

Tesis presentada a la Facultad de Ingeniería
Electrónica y Telecomunicaciones de la
Universidad del Cauca para la obtención del
Título de Magíster en Ingeniería

Area Electrónica y Telecomunicaciones

Director:
Rafael Rengifo Prado

Popayán
2010

*Con mucho amor y cariño
A la memoria de mi Madre
a Yolanda y Angela Matilde
a mi familia y amigos*

Agradecimientos

A Yolanda y Angela Matilde, Por su amor, comprensión y apoyo para la realización y culminación de este trabajo final de maestría.

A Rafael Rengifo Prado, por ser más que un tutor, más que un amigo, por su apoyo incondicional, sin su apoyo este trabajo no hubiese sido posible.

A los estudiantes de trabajo de grado y de la Electiva 3G-WCDMA quienes han enriquecido con sus apreciaciones mi conocimiento sobre esta tecnología.

Al Doctor Andrés Navarro Cadavid, Universidad Icesi, por compartir su conocimiento y por su orientación al inicio de este trabajo final de maestría.

Al Doctor Luis Mendó Tomas, Universidad Politécnica de Madrid, por sus inspiradores trabajos relacionados con los sistemas CDMA, por su tiempo y sus respuestas en orientación y asesoría a este trabajo final de maestría.

A la empresa Coware por permitir el uso de la herramienta software SPD.

Resumen

A nivel mundial se ha presentado en los últimos años una evolución en el campo de las comunicaciones móviles inalámbricas. En el caso de los sistemas celulares se ha ido evolucionando a través de diferentes tecnologías para brindar una mayor cobertura y capacidad en un ancho de banda limitado y más y mejores servicios con calidad. Hoy la industria se encuentra en tercera generación (3G, *Third Generation*) con miras en cuarta generación (4G, *Fourth Generation*), con sistemas que permiten obtener mayor capacidad, altas velocidades de transmisión de datos, ofrecer aplicaciones multimedia y muchos más servicios con calidad. Bajo la definición de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) de los Sistemas de Telecomunicaciones Móviles Internacionales para el año 2000 (IMT-2000, *International Mobile Telecommunications*) se encuentra el sistema de Acceso por División de Código de Banda Ancha (WCDMA, *Wideband Code Division Multiple Access*), como la propuesta europea a la evolución de los sistemas de comunicación móvil celular basados en el Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM, *Global System for Mobile Communications*).

La implementación de sistemas 3G en comunicaciones móviles y celulares ha tenido en cuenta las arquitecturas de red anteriores, considerando una nueva interfaz de radio, lo cual refleja la evolución de la tecnología, considerando también una evolución en el núcleo de la red y alternativas de integración con otras redes de acceso inalámbricas. La evolución de la red es dirigida hacia un núcleo de red totalmente basado en el Protocolo Internet (IP, *Internet Protocol*). Los operadores de

red y proveedores del servicio se encuentran concentrados en el desarrollo e implementación de redes 3G y 3.5G y el desarrollo de modelos de negocios, aplicaciones y servicios, mientras los fabricantes de equipos y vendedores están dirigiendo su atención a los sistemas de comunicación móvil de cuarta generación. Dos áreas principales son apuntadas en estas iniciativas: un incremento en la capacidad del enlace de radio y la movilidad a través de redes de acceso heterogéneas.

En Colombia, los operadores de telefonía móvil celular han migrado paulatinamente a WCDMA, ofreciendo ya la tecnología de 3.5G de Acceso a Paquetes de Datos en el Enlace de Bajada de Alta Velocidad (HSDPA, *High Speed Downlink Packet Access*) (3.5G) para la comunicación de datos de alta velocidad en el enlace de bajada. Este tipo de sistemas por su alto costo solo esta al alcance de los operadores quienes lo adquieren e instalan y será muy difícil para las instituciones universitarias implementar, adquirir o realizar pruebas sobre un sistema WCDMA real. Por ello a través de este trabajo de maestría, por medio del modelado y la simulación se busca tener un acercamiento al funcionamiento de sistemas complejos y analizar y evaluar su desempeño y capacidad, en este caso sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación.

Con este trabajo de maestría se profundizó en el conocimiento sobre el funcionamiento de sistemas basados en Acceso al Medio por División de Código (CDMA, *Code Division Multiple Access*) a nivel físico, se estudió y analizó la evolución y el desempeño a nivel de enlace de una de las tecnologías en comunicación móvil celular de tercera generación y se evaluó la capacidad de este tipo de sistemas por medio del modelado y la simulación.

Este trabajo ha permitido y permitirá fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, permitiendo un acercamiento a las grandes investigaciones y desarrollos realizados por Universidad, Centros de Investigación y Laboratorios a nivel mundial.

Palabras Clave: WCDMA, 3G, Desempeño, Capacidad, Modelado, Simulación, SPD

Abstract

Wireless mobile communication systems have evolved in the last years. The cellular systems have evolved through different technologies to bring more coverage and capacity in a limited bandwidth and more and better services with quality. The industry is today in Third Generation (3G) looking to fourth generation (4G), with systems which allow obtaining more capacity, higher data rates, multimedia applications and more services with quality. Under the definition of International Mobile Telecommunications (IMT-2000) from International Telecommunications Union (ITU), appears the Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) system, like the european proposal to evolve the Global System for Mobile Communications (GSM) systems.

To deploy 3G systems in cellular and mobile communication systems has taken into account former network architectures, considering a new air interface, which reflexes the technology evolution, also considering the network core evolution and alternatives of integration with another wireless access networks. The network evolution is oriented to an all-IP (Internet Protocol) core network. The network operators and service providers are concentrated in the development and deployment of 3G and 3.5G networks and the development of business models, applications and services, while the equipment manufacturers and sellers are oriented their attention to fourth generation mobile communications systems. There are two main areas in this initiative: an increase of the radio link capacity and the mobility through heterogeneous access networks.

In Colombia, the mobile cellular phone operators have gradually migrated to WCDMA, offering the 3.5G technology (HSDPA, High Speed Downlink Packet Access) for high rates data communication in the downlink. This kind of systems are expensive therefore they only can be acquired for operators who acquired them and installed them and it is very difficult for universities to deploy, acquire or make tests on a real WCDMA system. For that reason through this master work, using modeling and simulation is possible to be closer to the operation of these complex systems and analyze and evaluate its performance and capacity, specially in this case of third generation mobile communications systems.

It was acquired with this project knowledge about the operation of systems based on Code Division Multiple Access (CDMA) at the physical level. It was studied and analyzed the evolution and performance in a link level one of the most important technologies in third generation mobile communications systems and it was evaluated its capacity through modeling and simulation.

This work has allowed and will allow reinforcing the teaching and learning processes in the Electronics and Telecommunications Faculty, allowing being closer to the worldwide researches and developments in Universities, research centres and labs.

Key words: WCDMA, 3G, Performance, Capacity, Modeling, Simulation, SPD

Contenido

	Pág.
Lista de Figuras	xix
Lista de Tablas	xxxiii
Lista de Abreviaturas	xlvii
Lista de Símbolos	lviii
Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Justificación de la Tesis	2
1.2 Contribución de la Tesis	4
1.3 Organización de la Tesis	6
Capítulo 2. Introducción WCDMA(UMTS)	9
2.1 Sistemas 3G	9
2.2 Origen de WCDMA(UMTS)	13
2.3 Servicios WCDMA(UMTS)	15
2.4 Arquitectura de Red WCDMA(UMTS)	16
2.4.1 Núcleo de Red (CN)	17
2.4.2 Red de Acceso Radio Terrestre UMTS (UTRAN)	19
2.4.3 Equipo de Usuario (UE)	22
2.5 Migrando de GPRS a WCDMA(UMTS)	24
2.6 Resumen de los Principales Parámetros de WCDMA	25
2.7 Evolución de las especificaciones WCDMA(UMTS)	27

2.8	Problemas en el Despliegue de Redes WCDMA (UMTS)	29
2.9	Ensanchamiento y Desensanchamiento	30
2.10	Multitrayectoria y Desvanecimiento	38
2.11	Procedimientos generales en WCDMA(UMTS)	39
2.11.1	Control de Potencia	39
2.11.2	Traspaso (Handover)	40
Capítulo 3.	Nivel Físico WCDMA	45
3.1	Arquitectura de Protocolos	46
3.2	Canales Lógicos, de Transporte y Físicos	48
3.3	Aleatorización (<i>Scrambling</i>)	53
3.4	Códigos de Canalización	54
3.5	Ensanchamiento y Modulación en el Enlace de Subida	57
3.6	Ensanchamiento y Modulación en el Enlace de Bajada	60
3.7	Transmisión de Datos de Usuario	62
3.7.1	Canal Dedicado en el Enlace de Subida	62
3.7.2	Multiplexación en el Enlace de Subida	65
3.7.3	Canal Dedicado en el Enlace de Bajada	68
3.7.4	Multiplexación en el Enlace de Bajada	71
3.8	Codificación de Canal para Datos de Usuario	72
3.9	Codificación de Canal para TFCI	72
3.10	Señalización	73
3.10.1	Canal Piloto Común (CPICH)	73
3.10.2	Canal de Sincronización (SCH)	73
3.10.3	Canal Físico de Control Común Primario (PCCPCH)	74
3.10.4	Canal Físico de Control Común Secundario (SCCPCH)	75
Capítulo 4.	Capacidad y Cobertura de WCDMA	77
4.1	Capacidad de Sistema	77
4.1.1	Capacidad en Sistemas no Celulares	79
4.1.2	Capacidad en Sistemas Celulares	81
4.1.3	Control de Potencia en el Enlace de Subida y Asignación Celular	87
4.2	Ecuaciones de Control de Potencia en el Enlace de Subida	89
4.3	Ecuaciones Factor de carga en el Enlace de Subida	90
4.4	Evaluación y Análisis de Desempeño de WCDMA a Nivel de Enlace en el Enlace de Subida Canal Desvanecimiento Caso 1	92

4.5	Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura	104
4.5.1	Modelo de Propagación Seleccionado para la Simulación	115
4.5.2	Forma General de Calculo del Factor de Carga en el Enlace de Subida en la Simulación	116
4.5.3	Herramienta Software para la Implementación de la Simulación	116
4.5.4	Escenarios de Simulación a Nivel de Sistema	116
4.5.5	Plan de Pruebas de Simulación en el Enlace de Subida	117
4.5.6	Resultados Simulación en el Enlace de Subida	117
4.5.7	Análisis de Cobertura en el Enlace de Subida	159
Capítulo 5. Conclusiones		165
Apéndice A. Multiplexación y Codificación de Canal		173
A.1	Multiplexación y Codificación en el Enlace de Subida para 12.2 Kbps .	173
A.2	Multiplexación y Codificación en el Enlace de Subida para 64 Kbps . .	173
A.3	Multiplexación y Codificación en el Enlace de Subida para 144 Kbps .	174
A.4	Multiplexación y Codificación en el Enlace de Subida para 384 Kbps .	176
A.5	Multiplexación y Codificación en el Enlace de Bajada para 12.2 Kbps .	178
A.6	Multiplexación y Codificación en el Enlace de Bajada para 64 Kbps . .	180
A.7	Multiplexación y Codificación en el Enlace de Bajada para 144 Kbps .	182
A.8	Multiplexación y Codificación en el Enlace de Bajada para 384 Kbps .	183
Apéndice B. Requerimientos de Desempeño		191
B.1	Requerimientos de Desempeño en el Enlace de Subida	191
B.1.1	Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Estática	191
B.1.2	Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Multitrayecto	192
B.1.3	Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación en Movimiento	198
B.1.4	Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte	199
B.2	Requerimientos de Desempeño en el Enlace de Bajada	201
B.2.1	Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Estática	202

B.2.2	Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Multitrayecto	202
B.2.3	Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación en Movimiento	203
B.2.4	Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte	203

Apéndice C. Aplicación y Adaptación de la Metodología de Simulación de Equipos de Telecomunicaciones a la Simulación a Nivel de Enlace de WCDMA 211

C.1	Formulación del Problema	213
C.1.1	Adquisición de Información sobre el Funcionamiento del Sistema	213
C.1.2	Fines de la simulación	218
C.1.3	Formulación del Objetivo de la simulación	218
C.2	Recolección y Procesamiento de Datos	219
C.2.1	Subsistema: transmisor	219
C.2.2	Subsistema: canal	227
C.2.3	Subsistema: receptor	229
C.3	Formulación del Modelo de simulación	237
C.3.1	Modelo de simulación: Subsistema Transmisor	238
C.3.2	Modelo de simulación: Subsistema Canal	288
C.3.3	Modelo de simulación: Subsistema Receptor	289
C.3.4	Demodulador y Desensanchador	290
C.3.5	Desmapeador de los Canales Físicos	296
C.3.6	Decodificador y Demultiplexor	300
C.4	Evaluación del Modelo	314
C.4.1	Verificación de Variables	314
C.4.2	Complejidad Resultante de cada Objeto	315
C.4.3	Evaluación de los Objetivos	315
C.4.4	Complejidad del Proyecto	315

Apéndice D. Resultados Simulación a Nivel de Enlace 317

D.1	Resultados en el Enlace de Subida	317
D.2	Evaluación del Desempeño en el Enlace de Subida	372
D.2.1	Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Estática	372

D.2.2	Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Multi-trayecto	373
D.2.3	Evaluación del Desempeño Condición de Propagación en Movimiento	374
D.2.4	Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte	375
D.3	Análisis del Desempeño en el Enlace de Subida	378
D.4	Resultados en el Enlace de Bajada	380
D.5	Evaluación del Desempeño en el Enlace de Bajada	403
D.5.1	Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Estática	403
D.5.2	Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Multi-trayecto	405
D.5.3	Evaluación del Desempeño Condición de Propagación en Movimiento	407
D.5.4	Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte	409
D.6	Análisis del Desempeño en el Enlace de Bajada	410
Apéndice E. Modelo de Simulación en SPD		413
E.1	Modelo de simulación en el Enlace de Subida	414
E.1.1	Transmisor	414
E.1.2	Canal	483
E.1.3	Receptor	493
E.2	Modelo de simulación en el Enlace de Bajada	543
E.2.1	Transmisor	544
E.2.2	Canal	589
E.2.3	Receptor	590
Apéndice F. Aplicación de la Herramienta de Simulación a Nivel de Sistema para Fortalecer Procesos de Enseñanza y Aprendizaje.		609
F.1	Requerimientos de la Practica Asignada	609
F.2	Preguntas Realizadas en la Encuesta	612
F.3	Resultados de la Encuesta	615
F.4	Comentarios de los estudiantes	617
Apéndice G. Archivos Resultados de Simulación		619
G.1	Archivos Resultados de Simulación a Nivel de Enlace	619

G.1.1	Archivos Resultados de Simulación Enlace de Subida	619
G.1.2	Archivos Resultados de Simulación Enlace de Bajada	620
G.2	Archivos Resultados de Simulación a Nivel de Sistema	621
Referencias	625

Lista de Figuras

	Pág.
2.1 Asignación Espectro IMT-2000.	11
2.2 Arquitectura General WCDMA(UMTS).	17
2.3 Arquitectura detallada WCDMA(UMTS).	18
2.4 Arquitectura UTRAN.	22
2.5 Diagrama General de un Sistema de Espectro Ensanchado.	31
2.6 Ensanchamiento y Desensanchamiento en DS-CDMA.	32
2.7 Principio de Correlación del Receptor CDMA.	33
2.8 Relaciones de potencia de interés en un receptor CDMA.	35
2.9 SIR en una celda dependiendo del número de llamadas activas.	36
2.10 Propagación multitrayecto.	39
2.11 Procedimientos Generales de Control de Potencia.	41
2.12 Control de Potencia.	42
3.1 Arquitectura de Protocolos de la Interfaz Radio UTRA FDD.	47
3.2 Interfaz entre el Nivel Físico y Niveles Superiores.	49
3.3 Relación de Mapeo entre Canales Lógicos, Canales de Transporte y Canales Físicos.	53
3.4 Ensanchamiento y Aleatorización.	54
3.5 Árbol de Códigos de Canalización.	55
3.6 Multiplexación IQ con Aleatorización Compleja.	58
3.7 Ensanchamiento de DPCCH/DPDCHs en el Enlace de Subida.	59
3.8 Modulación en el Enlace de Subida.	60
3.9 Ensanchamiento y Aleatorización en el Enlace de Bajada.	61

3.10	Combinación de Canales Físicos en el Enlace de Bajada.	61
3.11	Modulación en el Enlace de Bajada.	62
3.12	Estructura del Canal Dedicado en el Enlace de Subida.	63
3.13	Multiplexación en el Enlace de Subida y Cadena de Codificación de Canal.	66
3.14	Multiplexación de datos y control en el DPCH en el Enlace de Bajada.	68
3.15	Multiplexación en el Enlace de Bajada y Cadena de Codificación de Canal.	69
3.16	Diversidad en Transmisión de Lazo Abierto.	71
3.17	Codificación de Canal para TFCI.	72
3.18	Canales de Sincronización Primario y Secundario.	74
3.19	Estructura de trama PCCPCH.	75
4.1	Diagrama Funcional receptor Convencional.	79
4.2	Capacidad de un Sistema CDMA PN.	86
4.3	Tasa de Error de Bit (BER) para 12 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	94
4.4	Tasa de Error de Bloque (BLER) para 12.2 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	95
4.5	Tasa de Error de Bit (BER) para 64 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	96
4.6	Tasa de Error de Bloque (BLER) para 64 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	97
4.7	Tasa de Error de Bit (BER) para 144 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	98
4.8	Tasa de Error de Bloque (BLER) para 144 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	99
4.9	Tasa de Error de Bit (BER) para 384 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	100

4.10 Tasa de Error de Bloque (BLER) para 384 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	101
4.11 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 1 (F1) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	102
4.12 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 1 (F1) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	103
4.13 Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.	104
4.14 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.	105
4.15 Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.	106
4.16 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.	107
4.17 Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.	108
4.18 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.	109
4.19 Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.	110
4.20 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.	111
4.21 Algoritmo General de Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura.	119
4.22 Escenario de Simulación 1 (3000 m X 3000 m).	120
4.23 Escenario de Simulación 2 (900 m X 900 m).	120
4.24 Escenario de Simulación 1 con 40 usuarios.	121

4.25	Potencia UE Escenario de Simulación 1 con 40 Usuarios, sin Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.	121
4.26	Potencia UE Escenario de Simulación 2 con 40 Usuarios, sin Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.	123
4.27	Potencia UE Escenario de Simulación 1 con 100 Usuarios, con Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.	123
4.28	Potencia UE Escenario de Simulación 2 con 100 Usuarios, con Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.	124
4.29	Factor de Carga Enlace de Subida Escenario de Simulación 1 con 40 Usuarios, sin Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.	125
4.30	Factor de Carga Enlace de Subida Escenario de Simulación 2 con 40 Usuarios, sin Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.	126
4.31	Factor de Carga Enlace de Subida Escenario de Simulación 1 con 100 Usuarios, con Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.	127
4.32	Factor de Carga Enlace de Subida Escenario de Simulación 2 con 100 Usuarios, con Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.	128
4.33	Máxima Cobertura en el Enlace de Subida Escenario de Simulación 1 con 40 Usuarios, sin Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.	129
4.34	Máxima Cobertura en el Enlace de Subida Escenario de Simulación 2 con 40 Usuarios, sin Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.	130
4.35	Máxima Cobertura en el Enlace de Subida Escenario de Simulación 1 con 100 Usuarios, con Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.	131
4.36	Máxima Cobertura en el Enlace de Subida Escenario de Simulación 2 con 100 Usuarios, con Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.	132
A.1	Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Subida para 12.2 Kbps.	175
A.2	Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Subida para 64 Kbps.	177
A.3	Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Subida para 144 Kbps.	179
A.4	Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Subida para 384 Kbps.	181
A.5	Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Bajada para 12.2 Kbps.	183

A.6	Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Bajada para 64 Kbps.	185
A.7	Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Bajada para 144 Kbps.	187
A.8	Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Bajada para 384 Kbps.	189
B.1	Condiciones de Propagación en Movimiento.	198
B.2	Secuencia de Propagación Nacimiento/Muerte.	200
C.1	Estructura <i>Whole-Part</i> Objeto Codificador y Multiplexor.	220
C.2	Estructura <i>Whole-Part</i> Objeto Mapeador en el Canal Físico.	221
C.3	Estructura <i>Whole-Part</i> Objeto Modulador y Ensanchador.	221
C.4	Estructura <i>Whole-Part</i> del Subsistema Canal.	228
C.5	Estructura <i>Whole-Part</i> Objeto Demodulador y Desensanchador.	230
C.6	Estructura <i>Whole-Part</i> Objeto Desmapeador del Canal Físico.	231
C.7	Estructura <i>Whole-Part</i> Objeto Decodificador y Demultiplexor.	232
C.8	Estructura General del Sistema.	238
C.9	Estructura General Subsistema Transmisor.	238
C.10	Estructura Interna Bloque Codificador y Multiplexor en el Enlace de Subida.	239
C.11	Estructura Interna Bloque Codificador y Multiplexor en el Enlace de Bajada.	239
C.12	Estructura Interna Bloque Mapeador en los Canales Físicos en el Enlace de Subida.	240
C.13	Estructura Interna Bloque Mapeador en los Canales Físicos en el Enlace de Bajada.	240
C.14	Estructura Interna Bloque Modulador y Ensanchador en los Canales Físicos en el Enlace de Subida.	240
C.15	Estructura Interna Bloque Modulador y Ensanchador en los Canales Físicos en el Enlace de Bajada.	241
C.16	Estructura General Subsistema Canal.	288
C.17	Funcionamiento Bloque AWGN.	289
C.18	Estructura General Subsistema Receptor.	289
C.19	Estructura Interna Bloque demodulador y desensanchador.	290
C.20	Estructura Interna Bloque Desmapeador de los Canales Físicos en el Enlace de Subida.	290

C.21 Estructura Interna Bloque Desmapeador de los Canales Físicos en el Enlace de Bajada.	291
C.22 Estructura Interna Bloque Decodificador y Demultiplexor en el Enlace de Subida.	291
C.23 Estructura Interna Bloque Decodificador y Demultiplexor en el Enlace de Bajada.	292
D.1 Tasa de Error de Bit (BER) para 12 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	318
D.2 Tasa de Error de Bloque (BLER) para 12.2 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	319
D.3 Tasa de Error de Bit (BER) para 12.2 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los canales AWGN y en Condición de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.	320
D.4 Tasa de Error de Bloque (BLER) para 12 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los canales AWGN y en Condición de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.	321
D.5 Tasa de Error de Bit (BER) para 64 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	322
D.6 Tasa de Error de Bloque (BLER) para 64 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	323
D.7 Tasa de Error de Bit (BER) para 64 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los canales AWGN y en Condición de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.	324
D.8 Tasa de Error de Bloque (BLER) para 64 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los canales AWGN y en Condición de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.	325
D.9 Tasa de Error de Bit (BER) para 144 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	326
D.10 Tasa de Error de Bloque (BLER) para 144 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	327
D.11 Tasa de Error de Bit (BER) para 384 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	328

D.12 Tasa de Error de Bloque (BLER) para 384 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.	329
D.13 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	330
D.14 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	331
D.15 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 1 (F1) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	332
D.16 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 1 (F1) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	333
D.17 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	334
D.18 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	335
D.19 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 3 (F3) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	336
D.20 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 3 (F3) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	337
D.21 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	338
D.22 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	339
D.23 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal con Condición de Propagación en Movimiento en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	340
D.24 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal con Condición de Propagación en Movimiento en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	341

D.25 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal con Condición de Propagación Nacimiento/Muerte en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	342
D.26 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal con Condición de Propagación Nacimiento/Muerte en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	343
D.27 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.	344
D.28 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.	345
D.29 Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.	346
D.30 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.	347
D.31 Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.	348
D.32 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.	349
D.33 Tasa de Error de Bit (BER) para Canales con Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.	350
D.34 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales con Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.	351
D.35 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.	352
D.36 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.	353
D.37 Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.	354
D.38 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.	355

D.39 Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.	356
D.40 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.	357
D.41 Tasa de Error de Bit (BER) para Canales con Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.	358
D.42 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales con Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.	359
D.43 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.	360
D.44 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.	361
D.45 Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.	362
D.46 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.	363
D.47 Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.	364
D.48 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.	365
D.49 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.	366
D.50 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.	367
D.51 Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.	368
D.52 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.	369

D.53 Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.	370
D.54 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.	371
D.55 Tasa de Error de Bit (BER) para 12.2 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.	381
D.56 Tasa de Error de Bloque (BLER) para 12.2 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.	382
D.57 Tasa de Error de Bit (BER) para 12.2 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.	383
D.58 Tasa de Error de Bloque (BLER) para 12.2 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.	384
D.59 Tasa de Error de Bit (BER) para 64 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.	385
D.60 Tasa de Error de Bloque (BLER) para 64 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.	386
D.61 Tasa de Error de Bit (BER) para 64 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.	387
D.62 Tasa de Error de Bloque (BLER) para 64 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.	388
D.63 Tasa de Error de Bit (BER) para 144 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.	389
D.64 Tasa de Error de Bloque (BLER) para 144 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.	390
D.65 Tasa de Error de Bit (BER) para 384 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.	391
D.66 Tasa de Error de Bloque (BLER) para 384 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.	392
D.67 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal AWGN en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	393
D.68 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal AWGN en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	394

D.69 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 1 (F1) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	395
D.70 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 1 (F1) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	396
D.71 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 2 (F2) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	397
D.72 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 2 (F2) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	398
D.73 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 3 (F3) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	399
D.74 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 3 (F3) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	400
D.75 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 6 (F6) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	401
D.76 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 6 (F6) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	402
D.77 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal con Condición de Propagación en Movimiento en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	403
D.78 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal con Condición de Propagación en Movimiento en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	404
D.79 Tasa de Error de Bit (BER) para Canal con Condición de Propagación Nacimiento/Muerte en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	405
D.80 Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal con Condición de Propagación Nacimiento/Muerte en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.	406
E.1 Transmisor Enlace de Subida.	415
E.2 Bloque <i>Select TFC</i>	415

E.3	Bloque Adaptador de Velocidad en el Enlace de Subida <i>Uplink Rate Match</i> .	422
E.4	Bloque <i>Blockset Generator</i> .	424
E.5	Bloque <i>Uplink TrCH Encode</i> .	426
E.6	Bloque <i>Vector CRC</i> .	429
E.7	Bloque <i>Code Segment/Desegment</i> .	431
E.8	Bloque <i>3GPP Encoder</i> .	435
E.9	Bloque <i>Convolutional Encoder</i> .	436
E.10	Bloque <i>Recursive Convolutional Encoder</i> .	437
E.11	Codificador Recursivo Convolutacional 3GPP.	438
E.12	Bloque <i>Turbo Interleaver</i> .	440
E.13	Bloque <i>Turbo Mux</i> .	442
E.14	Bloque <i>Radio Frame Equalization</i> .	445
E.15	Bloque <i>First Interleaver</i> .	447
E.16	Bloque <i>Block Segment/Desegment</i> .	450
E.17	Bloque <i>Radio Frame Mux</i> .	452
E.18	Bloque <i>Uplink Frame Processing</i> .	454
E.19	Bloque <i>Second Interleaver</i> .	456
E.20	Bloque <i>Symbol Mapping</i> .	459
E.21	Bloque <i>TFCI Encode</i> .	461
E.22	Bloque <i>Uplink Single Code Transmit</i> .	464
E.23	Bloque <i>Select Vector Constant</i> .	467
E.24	Bloque <i>Uplink Frame Format</i> .	468
E.25	Bloque <i>Uplink Symbol Repeat</i> .	471
E.26	Bloque <i>Uplink Single Code Spreading</i> .	474
E.27	Bloque <i>OVSF Code Gen</i> .	475
E.28	Bloque <i>Uplink Scrambling Code</i> .	477
E.29	Bloque <i>Quaternary Sequence Gen</i> .	480
E.30	Bloque <i>Interpolate Complex</i> .	481
E.31	Canal Enlace de Subida.	484
E.32	Bloque <i>3GPP Channel</i> .	485
E.33	Bloque <i>Channel Weights and Filter</i> .	489
E.34	Bloque <i>Complex Gaussian Noise</i> .	492
E.35	Receptor Enlace de Subida.	494
E.36	Bloque <i>Uplink Ideal Receiver and Deformat</i> .	494

E.37 Bloque <i>Uplink Ideal Receiver</i>	498
E.38 Bloque <i>Uplink Demod</i>	501
E.39 Bloque <i>Uplink Frame Deformat</i>	504
E.40 Bloque <i>TFCI Decode</i>	507
E.41 Bloque <i>Uplink Frame Derepeat</i>	509
E.42 Bloque <i>Uplink Symbol Derepeat</i>	511
E.43 Bloque <i>Turbo Scaling</i>	513
E.44 Bloque <i>Uplink TrCH Decode</i>	516
E.45 Bloque <i>Radio Frame Demux</i>	519
E.46 Bloque <i>DTX Processing</i>	521
E.47 Bloque <i>3GPP Decoder</i>	524
E.48 Bloque <i>Viterbi Decoder</i>	528
E.49 Bloque <i>Turbo Decoder</i>	532
E.50 Bloque <i>MAP Decoder</i>	534
E.51 Bloque <i>Reblock Data</i>	537
E.52 Bloque <i>BLER/BER</i>	540
E.53 Transmisor Enlace de Bajada.	545
E.54 Bloque <i>Downlink TrCH Encode</i>	548
E.55 Bloque <i>Downlink Rate Match</i>	548
E.56 Bloque <i>Compressed Mode Gain</i>	552
E.57 Bloque <i>Downlink Frame Processing</i>	554
E.58 Bloque <i>Compressed Mode Control</i>	558
E.59 Bloque <i>Downlink Single Code Transmit</i>	560
E.60 Bloque <i>Downlink Frame Format</i>	565
E.61 Bloque <i>Pilot Gen</i>	567
E.62 Bloque <i>Downlink Symbol Repeat</i>	569
E.63 Bloque <i>Downlink Single Code Spreading</i>	571
E.64 Bloque <i>Downlink Common Channels</i>	573
E.65 Bloque <i>OCNS Generator</i>	577
E.66 Bloque <i>Primary Sync Channel</i>	579
E.67 Bloque <i>Secondary Sync Channel</i>	581
E.68 Bloque <i>Downlink Scramble & Filter</i>	584
E.69 Bloque <i>Downlink Scramble</i>	586
E.70 Canal Enlace de Bajada.	590
E.71 Receptor Enlace de Bajada.	591

E.72	Bloque <i>Downlink Ideal Receiver and Deformat.</i>	592
E.73	Bloque <i>Downlink Ideal Receiver.</i>	595
E.74	Bloque <i>Downlink Demod.</i>	598
E.75	Bloque <i>Downlink Symbol Derepeat.</i>	600
E.76	Bloque <i>Downlink Frame Deformat.</i>	602
E.77	Bloque <i>Downlink TrCH Decode.</i>	605

Lista de Tablas

	Pág.
2.1 Parámetros Principales WCDMA.	25
3.1 Funcionalidad de Códigos de Ensanchamiento y Aleatorización.	56
3.2 Campos DPDCH.	64
3.3 DPCCH.	64
3.4 Velocidades de Transmisión de Datos DPDCH en el Enlace de Subida.	65
3.5 Velocidades de Transmisión de Datos Canal Dedicado (DPCH) en el Enlace de Bajada.	70
4.1 Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 1.	112
4.2 Plan de Pruebas de Simulación en el Enlace de Subida.	122
4.3 Estadística de la Potencia (dBm) en 4 casos específicos para usuarios con velocidad de transmisión de datos de referencia a 12.2 Kbps.	124
4.4 Estadística del factor de carga (%) en 4 casos específicos para usuarios con velocidad de transmisión de datos de referencia a 12.2 Kbps.	126
4.5 Estadística del rango de cobertura (m) en 4 casos específicos para usuarios con velocidad de transmisión de datos de referencia a 12.2 Kbps.	127
4.6 Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.	133
4.7 Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.	133
4.8 Resultados de Simulación para 30 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.	134

4.9	Resultados de Simulación para 40 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base. .	134
4.10	Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base. .	135
4.11	Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base. .	135
4.12	Resultados de Simulación para 30 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base. .	136
4.13	Resultados de Simulación para 40 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base. .	136
4.14	Resultados de Simulación para 100 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base. .	137
4.15	Resultados de Simulación para 200 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base. .	137
4.16	Resultados de Simulación para 250 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base. .	137
4.17	Resultados de Simulación para 100 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base. .	138
4.18	Resultados de Simulación para 200 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base. .	138
4.19	Resultados de Simulación para 300 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base. .	138
4.20	Resultados de Simulación para 400 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base. .	139
4.21	Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.	139
4.22	Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.	140
4.23	Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.	140
4.24	Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	141
4.25	Resultados de Simulación para 40 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	141
4.26	Resultados de Simulación para 60 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	142
4.27	Resultados de Simulación para 80 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	142

4.28	Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	143
4.29	Resultados de Simulación para 40 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	143
4.30	Resultados de Simulación para 60 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	144
4.31	Resultados de Simulación para 80 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	144
4.32	Resultados de Simulación para 5 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.	145
4.33	Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.	145
4.34	Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.	145
4.35	Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	146
4.36	Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	146
4.37	Resultados de Simulación para 30 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	146
4.38	Resultados de Simulación para 40 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	147
4.39	Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	148
4.40	Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	148
4.41	Resultados de Simulación para 30 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	149
4.42	Resultados de Simulación para 40 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	150
4.43	Resultados de Simulación para 5 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.	150
4.44	Resultados de Simulación para 5 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.	151
4.45	Resultados de Simulación para 5 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	151
4.46	Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	152

4.47	Resultados de Simulación para 5 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	152
4.48	Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	153
4.49	Resultados de Simulación para 15 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	153
4.50	Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.	154
4.51	Tabla Resumen de Capacidad para las Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos en el Enlace de Subida Canal Caso F1 con/sin Diversidad de Recepción en Estación Base.	159
4.52	Balance de Enlace para un Servicio de Voz a 12.2 Kbps en el Enlace de Subida Canal Caso F1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base y Factor de Carga igual a 50%.	161
4.53	Tabla Resumen de Cobertura para las Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos en el Enlace de Subida Canal Caso F1 con/sin Diversidad de Recepción en Estación Base y Factor de Carga variable.	163
A.1	Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Subida para 12.2 Kbps.	174
A.2	Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Subida para 12.2 Kbps.	174
A.3	Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Subida para 64 Kbps.	176
A.4	Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Subida para 64 Kbps.	176
A.5	Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Subida para 144 Kbps.	178
A.6	Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Subida para 144 Kbps.	178
A.7	Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Subida para 384 Kbps.	180
A.8	Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Subida para 384 Kbps.	180
A.9	Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Bajada para 12.2 Kbps.	182
A.10	Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Bajada para 12.2 Kbps.	182

A.11	Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Bajada para 64 Kbps.	184
A.12	Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Bajada para 64 Kbps.	184
A.13	Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Bajada para 144 Kbps.	186
A.14	Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Bajada para 144 Kbps.	186
A.15	Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Bajada para 384 Kbps.	188
A.16	Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Bajada para 384 Kbps.	188
B.1	Requerimientos de Desempeño para canal AWGN.	192
B.2	Condiciones de propagación en Ambientes Multitrayecto.	193
B.3	Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 1.	194
B.4	Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 2.	195
B.5	Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 3.	196
B.6	Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 4.	197
B.7	Parámetros de Condición de Propagación en Movimiento.	198
B.8	Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación en Movimiento.	199
B.9	Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte.	201
B.10	Parámetros en Condición de Propagación Estática.	202
B.11	Requerimientos de Desempeño para canal AWGN.	203
B.12	Parámetros en Condición de Propagación Multitrayecto Caso 1.	204
B.13	Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 1.	204
B.14	Parámetros en Condición de Propagación Multitrayecto Caso 2.	205
B.15	Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 2.	205
B.16	Parámetros en Condición de Propagación Multitrayecto Caso 3.	206

B.17	Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 3.	206
B.18	Parámetros en Condición de Propagación Multitrayecto Caso 6.	207
B.19	Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 6.	207
B.20	Parámetros en Condición de Propagación en Movimiento.	208
B.21	Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación en Movimiento.	208
B.22	Parámetros en Condición de Propagación Nacimiento/Muerte.	208
B.23	Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte.	209
C.1	Velocidades de Transmisión de Bits de Datos.	241
C.2	tamaños Bloques de Transporte.	242
C.3	tamaños CCTrCH.	243
C.4	tamaños Bloques de Transporte a la Salida Calculador CRC.	244
C.5	tamaños Bloques Código.	247
C.6	características Bloques Código Después de la Codificación de Canal.	249
C.7	características Canales de Transporte Después del Proceso Ecuilibración de la Medida de la Trama Radio Enlace de Subida.	252
C.8	características canales de Transporte Después del Proceso de Primer Entrelazado en el Enlace de Subida.	254
C.9	características Canales de Transporte Después del Proceso de Primer Entrelazado en el Enlace de Subida.	255
C.10	características Canales de Transporte Después del Proceso de Segmentación de la Trama Radio en el Enlace de Subida.	256
C.11	características Canales de Transporte Después del Proceso de Adaptación de Velocidad en el Enlace de Subida.	257
C.12	características Multiplexación Canales de Transporte en el Enlace de Subida.	259
C.13	características Canales de Transporte Después del Proceso de Adaptación de Velocidad en el Enlace de Bajada.	261
C.14	características Canales de Transporte Primer Entrelazador Enlace de Bajada.	264
C.15	características Canales de Transporte Después del Proceso de Segmentación de la Trama Radio en el Enlace de Bajada.	266
C.16	características Multiplexación Canales de Transporte en el Enlace de Bajada.	268

C.17	características CCTrCH.	269
C.18	tamaños DPDCH y DPCCH.	270
C.19	características Segunda Inserción DTX en el Enlace de Bajada.	271
C.20	características Segmentación del Canal Físico.	273
C.21	Patrón de Permutación de Columnas Segundo Entrelazado.	274
C.22	características Trama Canal Físico DPDCH.	276
C.23	características Trama Canal Físico DPCCH.	277
C.24	Relación de Potencias Canales DPDCH y DPCCH en el Enlace de Subida.	280
C.25	características de canales DPDCH y DPCCH en el Modulador en el Enlace de Subida.	281
C.26	características Canal DPCH en el Modulador en el Enlace de Bajada.	282
C.27	características Señales en Ensanchador Enlace de Subida.	284
C.28	características Señales en Ensanchador Enlace de Bajada.	284
D.1	Evaluación del Desempeño Canal AWGN.	372
D.2	Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 1.	373
D.3	Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 2.	374
D.4	Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 3.	375
D.5	Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 4.	376
D.6	Evaluación del Desempeño Condición de Propagación en Movimiento.	377
D.7	Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte.	377
D.8	Requerimientos de Desempeño para canal AWGN.	407
D.9	Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 1.	407
D.10	Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 2.	408
D.11	Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 3.	408
D.12	Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 6.	409
D.13	Evaluación del Desempeño Condición de Propagación en Movimiento.	410

D.14	Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte.	410
E.1	Columnas matriz TFC.	417
E.2	Parámetros bloque <i>Set TFC</i>	418
E.3	Entradas al bloque <i>Set TFC</i>	420
E.4	Salidas del bloque <i>Set TFC</i>	421
E.5	Parámetros bloque <i>Uplink Rate Match</i>	423
E.6	Entradas al bloque <i>Uplink Rate Match</i>	423
E.7	Salidas del bloque <i>Uplink Rate Matching</i>	424
E.8	Parámetros bloque <i>Blockset Generator</i>	425
E.9	Salidas del bloque <i>Blockset Generator</i>	426
E.10	Parámetros bloque <i>Uplink TrCH Encode</i>	427
E.11	Entradas al bloque <i>Uplink TrCH Encode</i>	427
E.12	Salidas del bloque <i>Uplink TrCH Encode</i>	428
E.13	Parámetros bloque <i>Vector CRC</i>	429
E.14	Entradas al bloque <i>Vector CRC</i>	430
E.15	Salidas del bloque <i>Vector CRC</i>	431
E.16	Parámetros bloque <i>Code Segment/Desegment</i>	432
E.17	Entradas al bloque <i>Code Segment/Desegment</i>	433
E.18	Salidas del bloque <i>Code Segment/Desegment</i>	433
E.19	Parámetros bloque <i>3GPP Encoder</i>	433
E.20	Entradas al bloque <i>3GPP Encoder</i>	434
E.21	Salidas del bloque <i>3GPP Encoder</i>	434
E.22	Parámetros bloque <i>Convolutional Encoder</i>	436
E.23	Entradas al bloque <i>Convolutional Encoder</i>	436
E.24	Salidas del bloque <i>Convolutional Encoder</i>	437
E.25	Parámetros bloque <i>Recursive Convolutional Encoder</i>	439
E.26	Entradas al bloque <i>Recursive Convolutional Encoder</i>	439
E.27	Salidas del bloque <i>Recursive Convolutional Encoder</i>	440
E.28	Parámetros bloque <i>Turbo Interleaver</i>	441
E.29	Entradas al bloque <i>Turbo Interleaver</i>	441
E.30	Salidas del bloque <i>Turbo Interleaver</i>	442
E.31	Parámetros bloque <i>Turbo Mux</i>	444
E.32	Entradas al bloque <i>Turbo Mux</i>	444
E.33	Salidas del bloque <i>Turbo Mux</i>	445

E.34	Parámetros bloque <i>Radio Frame Equalization</i> .	446
E.35	Entradas al bloque <i>Radio Frame Equalization</i> .	446
E.36	Salidas del bloque <i>Radio Frame Equalization</i> .	447
E.37	Parámetros bloque <i>First Interleaver</i> .	448
E.38	Entradas al bloque <i>First Interleaver</i> .	449
E.39	Salidas del bloque <i>First Interleaver</i> .	450
E.40	Parámetros bloque <i>Bock Segment/Desegment</i> .	451
E.41	Entradas al bloque <i>Bock Segment/Desegment</i> .	451
E.42	Salidas del bloque <i>Bock Segment/Desegment</i> .	452
E.43	Parámetros bloque <i>Radio Frame Mux</i> .	453
E.44	Entradas al bloque <i>Radio Frame Mux</i> .	453
E.45	Salidas del bloque <i>Radio Frame Mux</i> .	454
E.46	Parámetros bloque <i>Uplink Frame Processing</i> .	455
E.47	Entradas al bloque <i>Uplink Frame Processing</i> .	455
E.48	Salidas del bloque <i>Uplink Frame Processing</i> .	455
E.49	Parámetros bloque <i>Second Interleaver</i> .	457
E.50	Entradas al bloque <i>Second Interleaver</i> .	458
E.51	Salidas del bloque <i>Second Interleaver</i> .	458
E.52	Parámetros bloque <i>Symbol Mapping</i> .	460
E.53	Entradas al bloque <i>Symbol Mapping</i> .	460
E.54	Salidas del bloque <i>Symbol Mapping</i> .	460
E.55	Parámetros bloque <i>TFCI Encode</i> .	462
E.56	Entradas al bloque <i>TFCI Encode</i> .	462
E.57	Salidas del bloque <i>TFCI Encode</i> .	462
E.58	Parámetros bloque <i>Uplink Single Code Transmit</i> .	464
E.59	Entradas al bloque <i>Uplink Uplink Single Code Transmit</i> .	465
E.60	Salidas del bloque <i>Uplink Uplink Single Code Transmit</i> .	466
E.61	Parámetros bloque <i>Select Vector Constant</i> .	467
E.62	Entradas al bloque <i>Select Vector Constant</i> .	467
E.63	Salidas del bloque <i>Select Vector Constant</i> .	467
E.64	Parámetros bloque <i>Uplink Frame Format</i> .	469
E.65	Entradas al bloque <i>Uplink Frame Format</i> .	470
E.66	Salidas del bloque <i>Uplink Frame Format</i> .	471
E.67	Parámetro bloque <i>Uplink Symbol Repeat</i> .	472
E.68	Entradas al bloque <i>Uplink Symbol Repeat</i> .	472

E.69	Salidas del bloque <i>Uplink Symbol Repeat</i> .	473
E.70	Parámetro bloque <i>Uplink Single Code Spreading</i> .	474
E.71	Entradas al bloque <i>Uplink Single Code Spreading</i> .	474
E.72	Salida del bloque <i>Uplink Single Code Spreading</i> .	474
E.73	Parámetro bloque <i>OVSF Code Gen</i> .	476
E.74	Salida del bloque <i>OVSF Code Gen</i> .	476
E.75	Parámetro bloque <i>Uplink Scrambling Code</i> .	479
E.76	Salida del bloque <i>Uplink Scrambling Code</i> .	479
E.77	Parámetro bloque <i>Uplink Scrambling Code</i> .	480
E.78	Salida del bloque <i>Quaternary Sequence Gen</i> .	480
E.79	Parámetro bloque <i>Interpolate Complex</i> .	481
E.80	Entrada del bloque <i>Interpolate Complex</i> .	483
E.81	Salida del bloque <i>Interpolate Complex</i> .	483
E.82	Parámetro bloque <i>3GPP Channel</i> .	486
E.83	Entrada del bloque <i>3GPP Channel</i> .	488
E.84	Salida del bloque <i>3GPP Channel</i> .	488
E.85	Parámetro bloque <i>Channel Weights and Filter</i> .	490
E.86	Entrada del bloque <i>Channel Weights and Filter</i> .	491
E.87	Salida del bloque <i>Channel Weights and Filter</i> .	491
E.88	Parámetro bloque <i>Complex Gaussian Noise</i> .	492
E.89	Salida del bloque <i>Complex Gaussian Noise</i> .	493
E.90	Parámetros bloque <i>Uplink Ideal Receiver and Deformat</i> .	495
E.91	Entradas al bloque <i>Uplink Ideal Receiver and Deformat</i> .	496
E.92	Salidas del bloque <i>Uplink Ideal Receiver and Deformat</i> .	497
E.93	Parámetros bloque <i>Uplink Ideal Receiver</i> .	499
E.94	Entradas al bloque <i>Uplink Ideal Receiver</i> .	500
E.95	Salidas del bloque <i>Uplink Ideal Receiver</i> .	501
E.96	Parámetros bloque <i>Uplink Demod</i> .	502
E.97	Entradas al bloque <i>Uplink Demod</i> .	503
E.98	Salidas del bloque <i>Uplink Demod and Deformat</i> .	503
E.99	Parámetros bloque <i>Uplink Frame Deformat</i> .	505
E.100	Entradas al bloque <i>Uplink Frame Deformat</i> .	506
E.101	Salidas del bloque <i>Uplink Frame Deformat</i> .	506
E.102	Entradas al bloque <i>TFCI Decode</i> .	508
E.103	Salidas del bloque <i>TFCI Decode</i> .	508

E.104	Parámetros bloque <i>Uplink Frame Derepeat</i> .	510
E.105	Entradas al bloque <i>Uplink Frame Derepeat</i> .	510
E.106	Salidas del bloque <i>Uplink Frame Derepeat</i> .	510
E.107	Parámetros bloque <i>Uplink Symbol Derepeat</i> .	512
E.108	Entradas al bloque <i>Uplink Symbol Derepeat</i> .	512
E.109	Salidas del bloque <i>Uplink Symbol Derepeat</i> .	513
E.110	Parámetros bloque <i>Turbo Scaling</i> .	514
E.111	Entradas al bloque <i>Turbo Scaling</i> .	515
E.112	Salidas del bloque <i>Turbo Scaling and Deformat</i> .	515
E.113	Parámetros bloque <i>Uplink TrCH Decode</i> .	516
E.114	Entradas al bloque <i>Uplink TrCH Decode</i> .	518
E.115	Salidas del bloque <i>Uplink TrCH Decode</i> .	518
E.116	Parámetros bloque <i>Radio Frame Demux</i> .	520
E.117	Entradas al bloque <i>Radio Frame Demux</i> .	520
E.118	Salidas del bloque <i>Radio Frame Demux</i> .	520
E.119	Parámetros bloque <i>DTX Processing</i> .	522
E.120	Entradas al bloque <i>DTX Processing</i> .	523
E.121	Salidas del bloque <i>DTX Processing</i> .	523
E.122	Parámetros bloque <i>3GPP Decoder</i> .	525
E.123	Entradas al bloque <i>3GPP Decoder</i> .	527
E.124	Salidas del bloque <i>3GPP Decoder</i> .	527
E.125	Parámetros bloque <i>Viterbi Decoder</i> .	529
E.126	Entradas al bloque <i>Viterbi Decoder</i> .	531
E.127	Salidas del bloque <i>Viterbi Decoder</i> .	531
E.128	Parámetros bloque <i>Turbo Decoder</i> .	533
E.129	Entradas al bloque <i>Turbo Decoder</i> .	534
E.130	Salidas del bloque <i>Turbo Decoder</i> .	534
E.131	Parámetros bloque <i>MAP Decoder</i> .	535
E.132	Entradas al bloque <i>MAP Decoder</i> .	536
E.133	Salidas del bloque <i>MAP Decoder</i> .	536
E.134	Parámetros bloque <i>Reblock Data</i> .	537
E.135	Entradas al bloque <i>Reblock Data</i> .	538
E.136	Salidas del bloque <i>Reblock Data</i> .	539
E.137	Parámetros bloque <i>BLER/BER</i> .	541
E.138	Entradas al bloque <i>BLER/BER</i> .	543

E.139	Parámetros bloque <i>Downlink TrCH Encode</i> .	545
E.140	Salidas del bloque <i>Downlink Trch Encode</i> .	546
E.141	Parámetros bloque <i>Downlink Rate Match</i> .	550
E.142	Entradas al bloque <i>Downlink Rate Match</i> .	550
E.143	Salidas del bloque <i>Downlink Rate Match</i> .	551
E.144	Parámetros bloque <i>Compressed Mode Gain</i> .	553
E.145	Entrada del bloque <i>Compressed Mode Gain</i> .	553
E.146	Salidas del bloque <i>Compressed Mode Gain</i> .	554
E.147	Parámetros bloque <i>Downlink Frame Processing</i> .	555
E.148	Entradas del bloque <i>Downlink Frame Processing</i> .	556
E.149	Salidas del bloque <i>Downlink Frame Processing</i> .	556
E.150	Parámetros bloque <i>Compressed Mode Control</i> .	559
E.151	Salidas del bloque <i>Compressed Mode Control</i> .	559
E.152	Parámetros bloque <i>Downlink Single Code Transmit</i> .	561
E.153	Entradas del bloque <i>Downlink Single Code Transmit</i> .	563
E.154	Salidas del bloque <i>Downlink Single Code Transmit</i> .	563
E.155	Parámetros bloque <i>Downlink Frame Format</i> .	566
E.156	Entradas del bloque <i>Downlink Frame Format</i> .	566
E.157	Salidas del bloque <i>Downlink Frame Format</i> .	567
E.158	Parámetros bloque <i>Pilot Gen</i> .	568
E.159	Salidas del bloque <i>Pilot Gen</i> .	569
E.160	Parámetros bloque <i>Downlink Symbol Repeat</i> .	570
E.161	Entradas del bloque <i>Downlink Symbol Repeat</i> .	570
E.162	Salidas del bloque <i>Downlink Symbol Repeat</i> .	571
E.163	Parámetros bloque <i>Downlink Single Code Spreading</i> .	572
E.164	Entradas del bloque <i>Downlink Single Code Spreading</i> .	572
E.165	Salidas del bloque <i>Downlink Single Code Spreading</i> .	573
E.166	Parámetros bloque <i>Downlink Common Channels</i> .	575
E.167	Entradas del bloque <i>Downlink Common Channels</i> .	576
E.168	Salidas del bloque <i>Downlink Common Channels</i> .	576
E.169	Parámetros bloque <i>OCNS Generator</i> .	578
E.170	Salidas del bloque <i>OCNS Generator</i> .	578
E.171	Parámetros bloque <i>Primary Sync Channel</i> .	580
E.172	Salidas del bloque <i>Primary Sync Channel</i> .	580
E.173	Parámetros bloque <i>Secondary Sync Channel</i> .	582

E.174	Entrada al bloque <i>Secondary Sync Channel</i> .	583
E.175	Salidas del bloque <i>Secondary Sync Channel</i> .	583
E.176	Parámetros bloque <i>Downlink Scramble and Filter</i> .	585
E.177	Entradas del bloque <i>Downlink Scramble and Filter</i> .	585
E.178	Salidas del bloque <i>Downlink Scramble and Filter</i> .	585
E.179	Parámetros bloque <i>Downlink Scramble</i> .	587
E.180	Entradas del bloque <i>Downlink Scramble</i> .	589
E.181	Salidas del bloque <i>Downlink Scramble</i> .	589
E.182	Parámetros bloque <i>Downlink Ideal Receiver and Deformat</i> .	592
E.183	Entradas al bloque <i>Downlink Ideal Receiver and Deformat</i> .	594
E.184	Salidas del bloque <i>Downlink Ideal Receiver and Deformat</i> .	594
E.185	Parámetros bloque <i>Downlink Ideal Receiver</i> .	596
E.186	Entradas al bloque <i>Downlink Ideal Receiver</i> .	597
E.187	Salidas del bloque <i>Downlink Ideal Receiver</i> .	597
E.188	Parámetros bloque <i>Downlink Demod</i> .	599
E.189	Entradas al bloque <i>Downlink Demod</i> .	599
E.190	Salida del bloque <i>Downlink Demod</i> .	599
E.191	Parámetros bloque <i>Downlink Symbol Derepeat</i> .	600
E.192	Entradas al bloque <i>Downlink Symbol Derepeat</i> .	601
E.193	Salidas del bloque <i>Downlink Symbol Derepeat</i> .	601
E.194	Parámetros bloque <i>Downlink Frame Deformat</i> .	603
E.195	Entradas al bloque <i>Downlink Frame Deformat</i> .	604
E.196	Salidas del bloque <i>Downlink Frame Deformat</i> .	604
E.197	Parámetros bloque <i>Downlink TrCH Decode</i> .	606

Lista de Abreviaturas

3G: Tercera Generación, *Third Generation*.

3GPP: Proyecto de Cooperación para Tercera Generación, *Third Generation Partnership Project*.

4G: Cuarta Generación, *Fourth Generation*.

16 QAM: Modulación por Amplitud en Cuadratura 16, *16 Quadrature Amplitude Modulation*.

64 QAM: Modulación por Amplitud en Cuadratura 64, *64 Quadrature Amplitude Modulation*.

AAL2: Nivel de Adaptación ATM de Nivel 2, *ATM Adaptation Layer type 2*.

AAL5: Nivel de Adaptación ATM de Nivel 5, *ATM Adaptation Layer type 2*.

ACTS: Servicios y Tecnologías de Comunicación Avanzada, *Advanced Communication Technologies and Services*.

AICH: Canal Indicador de Adquisición, *Acquisition Indicator Channel*.

AMR: El codificador/decodificador de voz de Múltiples Velocidades Adaptativo, *Adaptive Multi-Rate*.

ARIB: Asociación de Industrias y Negocios Radio, *Association of Radio Industries and Businesses*.

ARQ: Solicitud de Retransmisión Automática, *Automatic Repeat Request*.

AS: Conjunto Activo, *Active Set*.

ATM: Modo de Transferencia Asíncrono, *Asynchronous Transfer Mode*.

AUC: Centro de Autenticación, *Authentication Centre*.

AWGN: Ruido Gaussiano Blanco Aditivo, *Additive White Gaussian Noise*.

BB: Banda Base, *Base Band*.

BCCH: Canal de Control de Difusión, *Broadcast Control Channel*.

BCH: Canal de Difusión, *Broadcast Channel*.

BER: Tasa de Error de Bit, *Bit Error Rate*.

BLER: Tasa de Error de Bloque, *Block Error Rate*.

BMC: Protocolo de Control de Difusión/Multidifusión, *Broadcast/Multicast Control Protocol*.

BOD: Ancho de Banda bajo Demanda, *Bandwidth on Demand*.

BPSK: Codificación por Cambio de Fase Binario, *Binary Phase Shift Keying*.

BSC: Controlador de Estación Base, *Base Station Controller*.

BTS: Estación Base Transceptora, *Base Transceiver System*.

CBC: Centro de Difusión de Celda, *Cell Broadcast Centre*.

CCCH: Canal de Control Común, *Common Control Channel*.

CCTRCH: Canal de Transporte Compuesto Codificado, *Coded Composite Transport Channel*.

CD/CA-ICH: Canal Indicador de Asignación de Canal/Detección de Colisión, *Collision Detection/Channel Assignment Indication Channel*.

CDMA: Acceso Múltiple por División de Código, *Code Division Multiple Access*.

CIR: Relación Portadora a Interferencia, *Carrier to Interference Ratio*.

CN: Núcleo de Red, *Core Network*.

CNR: Relación Portadora a Ruido, *Carrier to Noise Ratio*.

CODIT: Pruebas sobre la División por Código, *Code-Division Testbed*.

CPCH: Canal Común de Paquetes en el Enlace de Subida, *Uplink Common Packet Channel*.

CPICH: Canal Piloto Común, *Common Pilot Channel*.

CRC: Verificación de Redundancia Cíclica, *Cyclic Redundancy Check*.

CS: Conmutación de Circuitos, *Circuit Switching*.

CSICH: Canal Indicador de Estado CPCH, *Status Indication Channel*.

CSV: Valores Separados por Coma, *Comma Separated Values*.

CTCH: Canal de tráfico común, *Common Traffic Channel*.

DCCH: Canal de Control Dedicado, *Dedicated Control Channel*.

DCH: Canal Dedicado, *Dedicated Channel*.

DCS: Sistema Celular Digital, *Digital cellular System*.

DER: Decision Error Rate, *Decision Error Rate*.

DL: Enlace de Bajada, *Downlink*.

DPCCH: Canal Físico de Control Dedicado, *Dedicated Physical Control Channel*.

DPCH: Canal Físico Dedicado, *Dedicated Physical Channel*.

DPDCH: Canal Físico de Datos Dedicado, *Dedicated Physical Data Channel*.

DRNC: Controlador de la Red Radio en Derivación, *Drift Radio Network Controller*.

DS-CDMA: Acceso Múltiple por División de Código por Secuencia Directa, *Direct Sequence-Code Division Multiple Access*.

DSCH: Canal Compartido en el Enlace de Bajada, *Downlink Shared Channel*.

DTCH: Canal de Tráfico Dedicado, *Dedicated Traffic Channel*.

DTX: Transmisión Discontinua, *Discontinuous Transmission*.

EDGE: Velocidades de Transmisión de Datos Mejoradas para Evolución de GSM, *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*.

EIR: Registro de Identificación de Equipos, *Equipment Identity Register*.

ETSI: Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo, *European Telecommunications Standards Institute*.

FACH: Canal de Acceso hacia Adelante, *Forward Access Channel*.

FBI: Bits de Información Realimentados, *Feedback Information Bits*.

FDD: Duplexación por División de Frecuencia, *Frequency Division Duplex*.

FDMA: Acceso Múltiple por División de Frecuencia, *Frequency Division Multiple Access*.

FEC: Corrección de Errores hacia Adelante, *Forward Error Correction*.

FER: Tasa de Error de Trama, *Frame Error Rate*.

FIR: Respuesta Finita al Impulso, *Finite Impulse Response*.

FMA2: Acceso Múltiple FRAMES 2, *FRAMES Multiple Access 2*.

FPC: Control Rápido de Potencia, *Fast Power Control*.

FPLMTS: Sistema de Telecomunicaciones Móviles Terrestre Público Futuro, *Future Public Land Mobile Telecommunication System*.

FRAMES: Sistemas de Acceso Múltiple Banda Ancha de Radio Futuro, *Future Radio Wideband Multiple Access Systems*.

GGSN: Nodo de Soporte de Pasarela GPRS, *Gateway GPRS Support Node*.

GMSC: pasarela MSC, *Gateway MSC*.

GPRS: Servicio General de Paquetes Vía Radio, *General Radio Packet Service*.

GPS: Sistema de Posicionamiento Global, *Global Positioning System*.

GSM: Sistema Global para Comunicaciones Móviles, *Global System for Mobile Communications*.

HARQ: Solicitud de Retransmisión Automática Híbrido, *Hybrid Automatic Repeat Request*.

HCS: Estructuras de Celdas Jerárquicas, *Hierarchical Cell Structure*.

HLR: Registro de Localización de Usuarios, *Home Location Register*.

HO: Traspaso, *Handover*.

HSDPA: Acceso a Paquetes de Datos en el Enlace de Bajada de Alta Velocidad, *High Speed Downlink Packet Access*.

HSUPA: Acceso a Paquetes de Datos en el Enlace de Subida de Alta Velocidad, *High Speed Uplink Packet Access*.

HSPA: Acceso a Paquetes de Datos de Alta Velocidad, *High Speed Packet Access*.

IMS: Servicios Multimedia IP, *IP Multimedia Services*.

IMS: Subsistema Multimedia IP, *IP Multimedia Subsystem*.

IMT-2000: Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000, *International Mobile Telecommunications 2000*.

IP: Protocolo Internet, *Internet protocol*.

ISDN: Redes Digitales de Servicios Integrados, *Integrated Services Digital Network*.

L1: Nivel 1, *Layer 1*.

L2: Nivel 2, *Layer 2*.

L3: Nivel 3, *Layer 3*.

LOS: Línea de Vista, *Line-of-Sight*.

LS: Servicios de localización, *Location services*.

LSB: Bit Menos Significativo, *Least Significant Bit*.

MAC: Control de Acceso al Medio, *Medium Access Control*.

MAI: Interferencia de Acceso Múltiple, *Multiple Access Interference*.

MBMS: Servicio Multicast de Difusión Multimedia, *Multimedia Broadcast Multicast Service*.

MCL: Mínima Pérdida de Acoplamiento (MCL, Minimum Coupling Loss).

MGW: Pasarela de Medios, *Media Gateway*.

MIMO: Sistemas de Múltiples Antenas, *Multiple In Multiple Out*.

MMS: Servicio de Mensajería Multimedia, *Multimedia Messaging Service*.

MRC: Combinación de Relación Máxima, *Maximal Ratio Combining*.

MSB: Bit Más Significativo, *Most Significant Bit*.

MSC: Centro de Conmutación de Servicios Móviles, *Mobile services Switching Centre*.

MUD: Detección Multi-Usuario, *Multi-User Detection*.

NGN: Redes de Nueva Generación, *Next Generation Networks*.

NLOS: Sin Línea de Vista, *Non-Line-of-Sight*.

NPDB: Base de Datos de Portabilidad Numérica, *Number Portability DataBase*.

O&M: Operación y Mantenimiento.

OCNS: Simulador de Ruido de Canales Ortogonales, *Orthogonal Channel Noise Simulator*.

ODMA: Acceso Múltiple Manejado por Oportunidad, *Opportunity Driven Multiple Access*.

OFDMA: Acceso Múltiple por División en Frecuencias Ortogonales, *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*.

OSI: Interconexión de Sistemas Abiertos, *Open System Interconnection*.

OSS: Sistema de Soporte de Operaciones, *Operation Support System*.

OVSF: Factor de Ensanchamiento Variable Ortogonal, *Orthogonal Variable Spreading factor*.

PAR: Relación Pico Promedio, *Peak Average Ratio*.

PB: Pasa Banda, *Pass Band*.

PBX: Centralitas Privadas, *Private Branch Exchange*.

PCCC: Códigos Convolucionales Concatenados Paralelos, *Parallel Concatenated Convolutional Code*.

PCCH: Canal de Control de Notificación, *Paging Control Channel*.

PCCPCH: Canal Físico de Control Común Primario, *Primary Common Control Physical Channel*.

PCH: Canal de Notificación, *Paging Channel*.

PCMCIA: Asociación Internacional de Tarjetas para Memoria de Computadores Personales, *Personal Computer Memory Card International Association*.

PCPCH: Canal Físico Común de Paquetes, *Physical Common Packet Channel*.

PCS: Sistema de Comunicación Personal, *Personal Communication System*.

PDA: Asistente Digital Personal, *Personal Digital Assistant*.

PDCP: Protocolo de Convergencia de Paquetes de Datos, *Packet Data Convergence Protocol*.

PDN: Redes de Paquetes de Datos, *Packet Data Network*.

PDSCH: Canal Físico Compartido en el Enlace de Bajada, *Physical Downlink Shared Channel*.

PG: Ganancia de Procesamiento, *Processing Gain*).

PICH: Canal Indicador de Notificación, *Paging Indication Channel*.

PLMN: Red Móvil Terrestre Pública, *Public Land Mobile Network*.

PN: Pseudoaleatorio, *Pseudo Number*.

PRACH: Canal Físico de Acceso Aleatorio, *Physical Random Access Channel*.

PS: Conmutación de Paquetes, *Packet Switching*.

PSCH: Canal de Sincronización Primario, *Primary Synchronization Channel*.

PSTN: Redes de Telefonía Conmutada Pública, *Public Switching Telephone Network*.

QOS: Calidad de Servicio, *Quality of Service*.

QPSK: Codificación por Cambio de Fase en Cuadratura, *Quadrature Phase Shift Keying*.

RACE: Investigación y Desarrollo en tecnologías de Comunicación Avanzada en Europa, *Research and Development in Advanced Communications Technologies in Europe*.

RACH: Canal de Acceso Aleatorio, *Random Access Channel*.

RB: Portadores Radio, *Radio Bearers*.

RF: Radiofrecuencia, *Radio Frequency*.

RLB: Balance de Enlace Radio, *Radio Link Budget*.

RLC: Control del Enlace Radio, *Radio Link Control*.

RMS: Raíz Cuadrática Media, *Root Mean Squared*.

RNC: Controlador de la Red Radio, *Radio Network Controller*.

RNS: Subsistemas de Red Radio, *Radio Network Subsystems*.

RRC: Control de Recursos Radio, *Radio Resource Control*.

RRC: Raíz de Coseno Alzado, *Root Raised Cosine*.

RRM: Gestión de Recursos Radio, *Radio Resource Management*.

SAP: Puntos de Acceso al Servicio, *Service Access Point*.

SCCPCH: Canal Físico de Control Común Secundario, *Secondary Common Control Physical Channel*.

SCH: Canal de Sincronización, *Synchronisation Channel*.

SF: Factor de Ensanchamiento, *Spreading Factor*.

SGSN: Nodo de Soporte de Servicios GPRS, *Serving GPRS Support Node*.

SHO: Traspaso Suave, *Soft Handover*.

SIM: Modulo de Identidad de Usuario, *Subscriber Identity Module*.

SIR: Relación Señal a Interferencia, *Signal to Interference Ratio*.

SMS: Servicio de Mensajería Corta, *Short Message Service*.

SNR: Relación Señal a Ruido, *Signal to Noise Ratio*.

SPD: Diseñador de Procesamiento de Señal, *Signal Processing Designer*.

SRB: Radio Portadores de Señalización, *Signalling Radio Bearers*.

SRNC: Controlador de la Red Radio en Servicio, *Serving Radio Network Controller*.

SS: Espectro Ensanchado, *Spread Spectrum*.

SS7: Sistema de Señalización Número 7, *Signalling System #7*.

SSCH: Canal de Sincronización Secundario, *Secondary Synchronization Channel*.

STTD: Diversidad en Transmisión por codificación Espacio Temporal (STTD, *Space Time Transmit Diversity*).

TD-CDMA: Acceso Múltiple por División de Código - División de Tiempo, *Time Division-Code Division Multiple Access*.

TDD: Duplexación por División de Tiempo, *Time Division Duplex*.

TDMA: Acceso Múltiple por División de Tiempo, *Time Division Multiple Access*.

TFC: Combinación de Formato de Trama, *Transport Format Combination*.

TFCI: Indicador Combinado de Formato de Trama, *Transport Format Combination Indicator*.

TFI: Indicador de Formato de Transporte, *Transport Format Indicator*.

TGL: Longitud de la Interrupción de Transmisión, *Transmission Gap Length*.

TGPRC: Contador de Repetición del Patrón Interrupción de Transmisión, *Transmission Gap Pattern Repetition Count*.

TGSN: Número de Ranura de Inicio de Interrupción de Transmisión, *Transmission Gap Starting Slot Number*.

TIA: Asociación de Industrias de Telecomunicaciones, *Telecommunications Industry Association*.

TPC: Control de Potencia de Transmisión, *Transmission Power Control*.

TTI: Intervalo de Tiempo de Transmisión, *Transmission Time Interval*.

UE: Equipo de Usuario, *User Equipment*.

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

UL: Enlace de Subida, *Uplink*.

UMTS: Sistema de Telecomunicaciones Móvil Universal, *Universal Mobile Telecommunications System*.

USB: Bus Serial Universal, *Universal Serial Bus*.

USIM: Modulo de Identidad de Usuario Universal, *Universal Subscriber Identity Module*.

UTRA: Acceso Radio Terrestre Universal, *Universal Terrestrial Radio Access*.

UTRAN: Red de Acceso radio Terrestre UMTS, *UMTS Terrestrial Radio Access Network*. Sistema de Telecomunicaciones Móvil Universal, *Universal Mobile Telecommunications System*.

VLR: Registro de Localización de Visitantes, *Visitor Location Register*.

WCDMA: Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha, *Wideband Code Division Multiple Access*.

WTDMA: TDMA de banda Ancha, *Wideband TDMA*.

WLAN: Redes de Area Local Inalámbrica, *Wireless Local Area Network*.

WRC: Conferencia Mundial de Radio, *World Radio Conference*.

Capítulo 1

Introducción

La visión de los sistemas 3G fue lograr mayores velocidades de transmisión de datos y mayor capacidad que los sistemas 2G. WCDMA ha sido promocionada como una tecnología con mayor capacidad y robustez que otras tecnologías que utilizan métodos de acceso múltiple existentes (FDMA y TDMA) y su capacidad puede ser mejorada por medio de procedimientos tales como Control de Potencia, Control de Admisión y Control de Congestión, control de acceso al medio (MAC) mejorado, algoritmos de detección multiusuario (MUD) y técnicas avanzadas de reducción o rechazo de interferencia, variación de la potencia de la señal piloto (CPICH) y balance de carga, Calidad de Servicio (QoS) y gestión de tráfico, recepción tipo Rake y receptores avanzados, sistemas avanzados de antenas, diversidad, uso de modulaciones y codificaciones de forma adaptativa (AMC), combinaciones de esquemas FEC y ARQ (HARQ), selección de un planificador (Scheduling) de paquetes, reducción de tiempos de procesamiento y latencia, descentralización de algunas funciones del sistema (del controlador de la red radio (RNC) al nodo B o estación base), y la gestión de otros parámetros relacionados con los recursos radio del sistema (RRM, Radio Resource Management) y el control del enlace radio (RLC, Radio Link Control).

Los sistemas CDMA se caracterizan por ser limitados en capacidad por la interferencia de los usuarios que tienen llamadas activas en el sistema, ya que todos comparten de manera simultánea la misma frecuencia de operación. Reducir la

interferencia en sistemas WCDMA conlleva al incremento directo en la capacidad del sistema. Es necesario aclarar que no es fácil la optimización y ajuste de los procedimientos y parámetros mencionados, por la dependencia y los compromisos existentes entre ellos y con el desempeño y capacidad del sistema.

En los sistemas de segunda generación (2G) o anteriores la capacidad del sistema es constante o fija y depende principalmente del ancho de banda disponible, de la asignación de frecuencias y de la probabilidad de bloqueo de llamadas. En sistemas 2G la cobertura y capacidad del sistema son independientes. En sistemas 3G basados en CDMA no existe un valor constante para la máxima capacidad del sistema. En sistemas 3G la cobertura y la capacidad del sistema son dependientes.

El objetivo del presente trabajo de maestría es modelar, simular y analizar el desempeño de WCDMA (IMT-DS) en su modo FDD a nivel físico (específicamente en banda base) y determinar la capacidad del sistema WCDMA.

1.1 Justificación de la Tesis

A nivel mundial se ha presentado en los últimos veinte años una revolución o correctamente una evolución en el campo de las comunicaciones móviles inalámbricas. En el caso de los sistemas celulares se ha ido evolucionando a través de diferentes tecnologías para brindar una mayor capacidad en un ancho de banda limitado y más y mejores servicios con calidad. Hoy la industria se encuentra avanzando hacia cuarta generación (4G), con sistemas que permiten obtener mayor capacidad, altas velocidades de transmisión de datos y aplicaciones multimedia. Hace más de diez años la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) definió su visión de los llamados Sistemas de Telecomunicaciones Móviles Internacionales para el año 2000 (IMT-2000), y entre las interfaces propuestas dentro de esta visión se encontró la tecnología de Acceso al Medio por División de Código de Banda Ancha (WCDMA), como la propuesta europea de tercera generación (3G) a la evolución de los sistemas de comunicación móvil celular de segunda generación (2G) basados en GSM.

La implementación de sistemas 3G en comunicaciones móviles y celulares ha tenido en cuenta las arquitecturas de red anteriores, considerando una nueva interfaz de radio, lo cual refleja la evolución de la tecnología, considerando también una evolución en el núcleo de la red y alternativas de integración con redes de acceso

inalámbricas. La evolución de la red se dirige hacia un núcleo de red totalmente IP. Los operadores y proveedores del servicio se encuentran concentrados en el desarrollo e implementación de redes 3G y 3.5G y el desarrollo de modelos de negocios, aplicaciones y servicios, mientras proveedores de equipos y vendedores están dirigiendo su atención a los sistemas de comunicación móvil de cuarta generación (4G), sin olvidar mencionar que GSM sigue siendo la tecnología actual de mayor despliegue a nivel mundial. Dos áreas principales son apuntadas en estas iniciativas de evolución: un incremento en la capacidad del enlace de radio y la movilidad a través de redes de acceso heterogéneas.

En Colombia, los operadores de telefonía móvil celular han migrado en los dos últimos años a WCDMA desde redes GSM y su evolución (GPRS y EDGE). Hoy en día los operadores se encuentran en el paso siguiente a WCDMA: HSDPA, tecnología que busca mejorar la velocidad de transmisión de datos en el enlace de bajada, para mejorar la experiencia de los usuarios al acceder a Internet a través de las redes de telefonía móvil celular.

Los sistemas WCDMA por su alto costo solo están al alcance de los operadores quienes han adquirido y desplegado este tipo de redes y por lo tanto será muy difícil para las instituciones universitarias implementar, adquirir o realizar pruebas sobre un sistema WCDMA real. Por ello a través de este trabajo final de maestría, por medio del modelado y la simulación (a nivel de enlace y de sistema), se busca tener un acercamiento al funcionamiento de este tipo de sistemas complejos y evaluar y analizar su desempeño y capacidad. Con este trabajo final de maestría se buscó profundizar en el conocimiento sobre el funcionamiento de sistemas basados en CDMA a nivel físico, estudiar y analizar la evolución y el desempeño de una de las tecnologías en comunicación móvil celular de tercera generación y evaluar la capacidad de este tipo de sistemas por medio del modelado y la simulación. Finalmente lo que buscó el trabajo es jugar con diferentes parámetros y determinar la capacidad del sistema WCDMA.

Con el desarrollo de este trabajo de maestría se fortalecerá los procesos de enseñanza y aprendizaje en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, permitiendo un acercamiento a las grandes investigaciones y desarrollos realizados por Universidad, Centros de Investigación y Laboratorios a nivel mundial.

En resumen el trabajo final de maestría busca a través del modelado y la simulación analizar el desempeño de WCDMA a nivel físico y determinar la capacidad de

un sistema basado en CDMA.

1.2 Contribución de la Tesis

La Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones ha incentivado en los últimos años el uso de herramientas de modelado y simulación para el análisis de los sistemas de telecomunicaciones. Surgió con este trabajo final de maestría la necesidad de generar nuevas propuestas académicas e investigativas que permitan adoptar gradualmente entornos de modelado y simulación, como herramientas de soporte a los procesos de enseñanza y de aprendizaje, permitiendo en cierto grado un mayor acercamiento, posibilitando el diseño y análisis de sistemas de comunicaciones móviles e inalámbricos.

La Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones en su compromiso de formar profesionales cuyos conocimientos sean adecuados y aplicables a la situación tecnológica del país, y ante la implementación de nuevas tecnologías de comunicación móvil celular por parte de los operadores, debe afrontar el advenimiento de estos sistemas novedosos fortaleciendo la formación de sus estudiantes con la introducción de metodologías de modelado y herramientas software de diseño y simulación, permitiendo una mayor comprensión de dichas tecnologías. Las herramientas de modelado y simulación de sistemas reales se adaptan en un muy buen nivel a los procesos de asimilación y comprensión de las nuevas tecnologías en telecomunicaciones y la inclusión y la utilización de estas herramientas permitirán contar con una herramienta estratégica que mejorará indudablemente el aprendizaje y la enseñanza en un entorno de educación profesional en Ingeniería, específicamente en los cursos y laboratorios relacionados con señales y sistemas, comunicaciones móviles e inalámbricas y el modelado y la simulación de sistemas de telecomunicaciones.

Este trabajo final de maestría busca a través de la simulación a nivel de enlace y sistema evaluar y analizar el desempeño y la capacidad de un sistema WCDMA. A nivel de enlace se tiene en cuenta todos los procedimientos definidos relacionados con codificación y multiplexación, ensanchamiento, aleatorización, modulación y transmisión, partiendo desde canales lógicos hasta llegar a su mapeo en canales físicos pasando por los denominados canales de transporte, teniendo en consideración los diferentes canales definidos por el 3GPP y considerando diversidad o

no de recepción en estación base, estudios y análisis realizados tanto en el enlace de subida como en el enlace de bajada, con el objeto de determinar el desempeño (el valor de la relación E_b/N_o y la tasa de error de bit (BER)) para una determinada tasa de error de bloque (BLER) objetivo. La evaluación y análisis del desempeño a nivel de enlace se logró por medio de del uso de la herramienta software SPD (Signal Processing Designer) de la empresa Coware hoy en día adquirida por la empresa Synopsys, gracias a un convenio Universidad-Empresa. Para la simulación a nivel de enlace se adaptó y se aplicó y adaptó una metodología para la simulación de equipos de telecomunicaciones, definida a través de un trabajo de grado a nivel de pregrado. Los resultados obtenidos en la simulación a nivel de enlace fueron utilizados como parámetros en la simulación estática a nivel de sistema, que permitió aplicar el procedimiento de gestión de recursos radio (RRM) de control ideal de potencia en el enlace de subida, procedimiento que permitió evaluar y analizar la capacidad de un sistema WCDMA en dos escenarios y para unas ciertas características de los equipos de usuario (UE) o terminales móviles, tales como su velocidad de transmisión de datos y su máxima potencia de transmisión. La capacidad fue obtenida a través de resultados obtenidos para conceptos importantes en sistemas CDMA tales como el factor de carga y la probabilidad de degradación. Para la simulación estática a nivel de sistema se hizo uso de una herramienta de análisis matemático basada en un lenguaje de programación de alto nivel y uso libre, denominada Scilab.

La limitación de interferencia de los sistemas WCDMA conduce a la necesidad de reducir la potencia de transmisión de cada usuario a un nivel mínimo. Las estaciones móviles se encuentran localizadas a diferentes distancias de la estación base. Sin embargo, si un móvil cercano a la estación base transmite con un nivel de potencia muy elevado, el causa mucha interferencia a las estaciones móviles que se encuentran lejanas (problema cerca-lejos "near-far" o también conocido como Interferencia de Acceso Múltiple (MAI)). Por ello se debe contar con algoritmos rápidos de control de potencia, para reducir el nivel de interferencia y maximizar la capacidad y evitar que los móviles que se encuentran cerca de la estación base interfieran demasiado y se disminuya considerablemente la capacidad y la cobertura del sistema.

Los futuros sistemas inalámbricos buscarán ofrecer mayores velocidades de transmisión de datos, una eficiencia espectral mejorada y mayor capacidad. Esto se logrará a cambio de una mayor complejidad en el procesamiento de la señal. La

simulación provee un campo de experimentación para conducir mayores estudios de investigación sobre varios tópicos de interés potencial.

Las áreas de modelado y simulación de sistemas de telecomunicaciones y Procesamiento Digital de Señales son áreas que requieren desarrollo y fortalecimiento a nivel de la Facultad en sus programas de pregrado y postgrado, las cuales deben ser incluidas dentro de los programas que administra la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.

1.3 Organización de la Tesis

Este documento se ha organizado de la siguiente manera:

- Capítulo 1. Introducción al trabajo final de maestría.
- Capítulo 2. Introducción a los sistemas WCDMA. Generalidades.
- Capítulo 3. Estudio y análisis del nivel físico en sistemas WCDMA.
- Capítulo 4. Evaluación y análisis de capacidad y cobertura de un sistema WCDMA por medio de la simulación estática a nivel de sistema.
- Capítulo 5. Conclusiones.
- Apéndice A. Características y parámetros de codificación y multiplexación en los enlaces de bajada y subida de un sistema WCDMA para diferentes velocidades de transmisión de datos de referencia acorde a las especificaciones 3GPP *Release 99*.
- Apéndice B. Valores de desempeño (E_b/N_o) requeridos para una determinada tasa de error de bloque (BLER) en los diferentes canales de referencia definidos por el 3GPP.
- Apéndice C. Aplicación y adaptación de una metodología para la simulación de equipos de telecomunicaciones a la simulación a nivel de enlace WCDMA.
- Apéndice D. Resultados de desempeño a nivel de enlace.

- Apéndice E. Descripción de los diferentes bloques que constituyen el transmisor, el canal y el receptor, tanto en el enlace de subida como en el enlace de bajada, en la herramienta SPD.
- Apéndice F. Descripción de la práctica realizada en la asignatura electiva 3G-WCDMA con el simulador a nivel de sistema, para análisis de capacidad y cobertura con control ideal de potencia. El apéndice también contiene la encuesta realizada y sus resultados.
- Apéndice G. Descripción de las rutas donde se encuentran los resultados y archivos relacionados a estos, tanto para la simulación a nivel de enlace, como la simulación a nivel de sistema.

Capítulo 2

Introducción WCDMA(UMTS)

Esté capítulo introduce características generales sobre la tecnología de comunicación móvil celular de Tercera Generación (3G, *Third Generation*) basada en Acceso al Medio por División de Código de Banda Ancha, (WCDMA¹, *Wideband Code Multiple Access*) en su modo de Duplexación por División de Frecuencia (FDD², *Frequency Division Duplex*), también conocida como el Sistema de Telecomunicaciones Móvil Universal (UMTS, *Universal Mobile Telecommunications System*), nombre introducido por el Instituto de Estandáres de Telecomunicaciones Europeo³ (ETSI, *European Telecommunications Standards Institute*) y usualmente utilizado en Europa.

2.1 Sistemas 3G

Los sistemas 3G fueron diseñados para proveer movilidad global con una amplia variedad de servicios incluyendo telefonía, mensajería, Internet y datos a alta velocidad. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) inició el proceso de definir el estándar para sistemas de tercera generación, referido inicialmente con el nombre de Sistema de Telecomunicaciones Móviles Terrestre Público Futuro (FPLMTS, *Future Public Land Mobile Telecommunication System*), el cual posteriormente se

¹UMTS es el nombre dado al sistema de manera general. WCDMA es la interfaz radio del sistema UMTS (3GPP TS 25.401 V8.2.0., 2008).

²Modo puro WCDMA.

³<http://www.etsi.org>

cambio a Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000⁴ (IMT-2000, *International Mobile Telecommunications*) el cual incluyó la idea o la visión que tuvo UIT de contar con un sistema en la banda de 2000MHz, con capacidad de 2000 kbps y el año en que esperaba que las especificaciones radio estuvieran listas. En Europa el ETSI fue el responsable del proceso de estandarización de WCDMA (UMTS). En 1998 el Proyecto de Cooperación para Tercera Generación⁵ (3GPP, *Third Generation Partnership Project*) fue conformado para continuar el trabajo de especificación técnica. WCDMA(UMTS) se encuentra muy relacionado al Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM, *Global System for Mobile Communications*) por lo que se construye sobre varios de sus conceptos, por ello la mayoría de los dispositivos WCDMA(UMTS) soportan GSM, permitiendo un modo de operación dual de manera transparente al usuario (3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW., 2003; DESCRIPCIÓN GENERAL UMTS., 2006).

WCDMA(UMTS) representa una evolución en términos de capacidad, velocidad de transmisión de datos, y nuevos servicios en comparación con las redes móviles de segunda generación. Lograr una mayor capacidad en tercera generación implica aumento de conmutación de paquetes, acceso a Internet y capacidad de conectividad mediante IP (Bostelmann., 2003).

WCDMA(UMTS) utiliza el método de acceso al canal denominado Acceso Múltiple por División de Código por Secuencia Directa (DS-SS-SSA, *Direct Sequence - Code Division Multiple Access*). En febrero de 1992 la Conferencia Mundial de Radio (WRC, *World Radio Conference*) asignó frecuencias para el uso de UMTS. Las frecuencias de (1885 - 2025)MHz para la comunicación estación móvil a estación base - Enlace de Subida (UL, *Uplink*) y (2110 - 2200) MHz para la comunicación estación base a estación móvil - Enlace de Bajada (DL, *Downlink*) fueron identificadas para uso por IMT-2000. En Estados Unidos y la mayoría de países de América se utilizan las bandas de (1710-1755)MHz y (2110-2155)MHz a cambio de las definidas por IMT-2000, dado que las frecuencias en la banda de 1900 MHz ya vienen siendo utilizadas por los llamados Sistemas de Comunicación Personal (PCS, *Personal Communication System*). La banda de 2100 MHz es la más utilizada por las redes desplegadas WCDMA(UMTS), algunos operadores en ciertos países utilizan las bandas de 850/900 MHz y/o 1800/1900 MHz. Operadores WCDMA(UMTS) en

⁴<http://www.itu.int/home/imt.html>

⁵<http://www.3gpp.org>

Norte América quienes han implementado el estilo del sistema europeo 2100/1900 MHz han tenido que compartir el espectro con los servicios existentes de 2G en la banda de 1900 MHz. Algunos operadores en Norte América complementaron el sistema de 2100/1900 MHz con operación en 850 MHz. Otros operadores en Norte América han decidido utilizar las bandas de 2100/1700 MHz. Las frecuencias de operación dependen de los sistemas desplegados y las normas establecidas en cada país. Las bandas de 850/900 MHz proveen una mayor cobertura comparado a las redes equivalentes de 1700/1900/2100 MHz, y son adecuadas a áreas rurales donde mayores distancias separan a los usuarios y las estaciones base. La asignación del espectro realizada por UIT para IMT-2000 y la asignación realizada en algunos países aparece visualizada en la figura 2.1 (Nilsson., 1999). Todos los estándares 3G mantienen bajo constante desarrollo. En 1999 finalizó la primera fase de estandarización de WCDMA(UMTS) por ETSI (*Release 99*) (3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW., 2003).

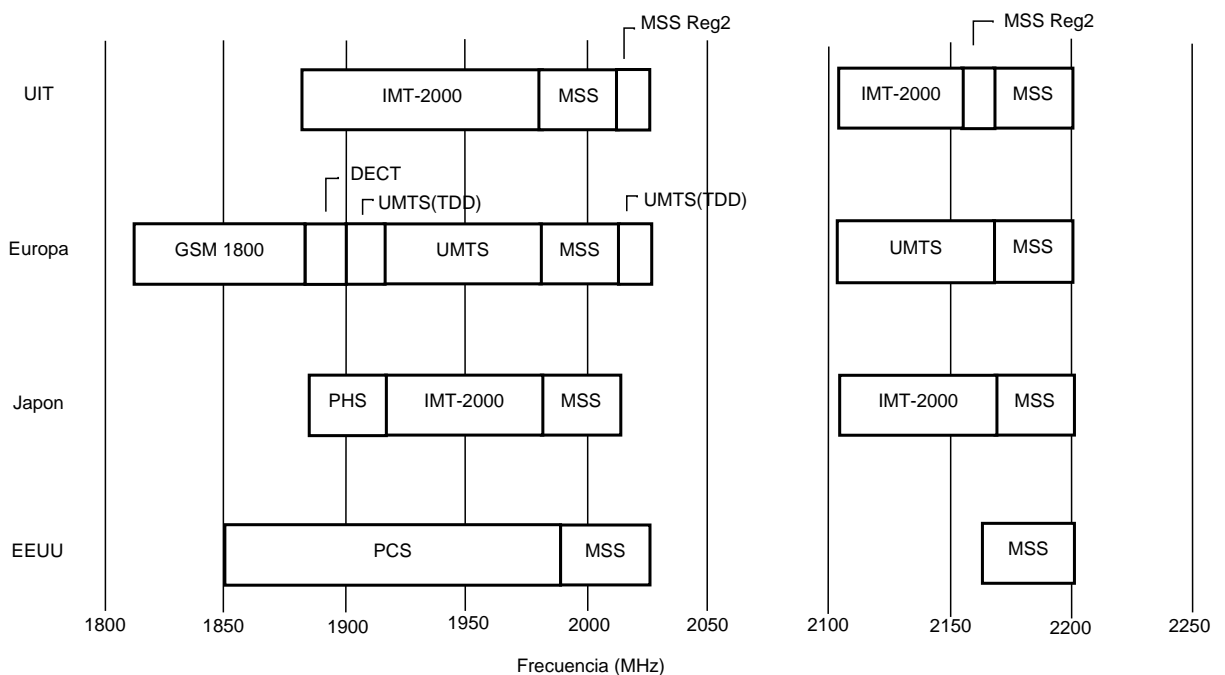


Figura 2.1. Asignación Espectro IMT-2000.

Las propiedades claves enfatizadas en WCDMA son desempeño mejorado, un alto grado de flexibilidad del servicio y un alto grado de flexibilidad para el operador. Un desempeño mejorado significa capacidad mejorada, cobertura mejorada, y

nuevos servicios, todo esto gracias al uso de un mayor ancho de banda y el uso de detección coherente en el enlace de subida. Por flexibilidad del servicio se entiende el soporte a un amplio rango de servicios con velocidades de transmisión de datos excediendo los 2 Mbps, la capacidad de proveer múltiples servicios en una sola conexión, y un rápido y eficiente esquema de acceso por paquetes. Por flexibilidad para el operador se entiende la operación asincrónica de las estaciones base, lo cual hace fácil el despliegue de las redes WCDMA en diferentes ambientes, incluyendo Estructuras de Celdas Jerárquicas (HCS, *Hierarchical Cell Structure*) en *hot-spots* y trasposos interfrecuencias, y soporte para tecnologías avanzadas que buscan favorecer la capacidad del sistema como los arreglos de antenas adaptativas, la Detección Multi-Usuario (MUD, *Multi-User Detection*) y protocolos rápidos y eficientes de acceso por paquetes (Nilsson., 1999).

Las primeras redes WCDMA(UMTS) fueron lanzadas en 2002 con un alto énfasis en aplicaciones tales como televisión móvil y vídeo llamadas. Las altas velocidades de transmisión de datos de WCDMA(UMTS) son ahora comúnmente utilizadas para acceso a Internet: La experiencia de la mayoría de países demostró que la demanda de los usuarios por vídeo llamadas no es alto, y que los contenidos de audio/vídeo provistos por los proveedores de servicios a través de los operadores de telecomunicaciones declinaron en popularidad en favor del acceso a Internet de alta velocidad.

No existe una medida universal de desempeño para un sistema de telecomunicaciones. Los usuarios y los operadores de los sistemas definen un buen desempeño de manera diferente. Los usuarios finales quieren experimentar el más alto nivel de calidad. Los operadores quieren obtener el máximo ingreso o beneficio, por ejemplo, incluyendo tantos usuarios como sea posible en el sistema. El desempeño de un sistema de tercera generación es dependiente de numerosos parámetros. El tipo de escenario de despliegue, la carga del sistema, el ambiente de propagación, y las características del sistema influyen su desempeño (Skold, et al., 2005).

WCDMA puede ser utilizado en diferentes ambientes (vehicular, transeunte e interiores) y para toda clase de tráficos. Sin embargo, por su naturaleza se adapta fácilmente a tráfico simétrico utilizando macroceldas o microceldas en áreas con densidad de población media (3G WIRELESS STANDARDS FOR CELLULAR MOBILE SERVICES., 2002).

2.2 Origen de WCDMA(UMTS)

Acceso al Medio por División de Código (CDMA, *Code Division Multiple Access*) es una tecnología de acceso múltiple que fue inventada en 1950, principalmente como parte de un esfuerzo durante la Guerra Fría para encontrar métodos seguros de comunicación (INNOVATIONS IN WCDMA., 2008; Scholtz., 1982). Durante los años 60s y 70s, CDMA fue principalmente empleado para uso militar y no fue sino hasta finales de los 70s y principios de los 80s que fue propuesto como una tecnología de acceso múltiple para telefonía celular digital (Cooper y Nettleton., 1978; Turin. , 1984). Aunque no era ampliamente conocida, CDMA y en general Espectro Ensanchado (SS⁶, *Spread Spectrum*) fueron propuestas como tecnologías para el estándar GSM en 1986. En 1986 el método de acceso múltiple seleccionado para GSM fue el de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA, *Time Division Multiple Access*). A finales de los años 80s, Qualcomm⁷ propuso un sistema celular basado en CDMA y un artículo publicado en 1991 analizó las ventajas teóricas del uso de CDMA en sistemas celulares citep76. El sistema propuesto fue un sistema CDMA con un ancho de banda de canal de 1.25 MHz. Qualcomm demostró su funcionamiento ante la Asociación de Industrias de Telecomunicaciones (TIA, *Telecommunications Industry Association*) lo cual fue posteriormente estandarizado con el nombre de IS-95 en los Estados Unidos. La primera liberación del estándar fue en Julio de 1993 (INNOVATIONS IN WCDMA., 2008).

WCDMA tiene sus raíces en la investigación en Europa sobre 3G que se inició mientras GSM daba sus primeros pasos comerciales hacia el éxito global en 1992. En Europa se crearon programas para desarrollar 3G como un sistema no solo optimizado para voz, sino para nuevos servicios con una alta flexibilidad, capacidad y altas velocidades de transmisión de datos. Los fundamentos del estándar son el resultado del desarrollo conceptual paralelo entre Japón y Europa a mediados de los años 90s. En 1997 los dos conceptos se unieron para formar la primera versión del estándar liberada en 1999 (INNOVATIONS IN WCDMA., 2008).

El concepto de WCDMA acorde a los sistemas de tercera generación fue inicialmente desarrollado dentro del programa de Investigación y Desarrollo en tecnologías de Comunicación Avanzada en Europa (RACE, *Research and Develop-*

⁶Técnica o método de transmisión en el que se basa CDMA

⁷<http://www.qualcomm.com/>

ment in Advanced Communications Technologies in Europe en el proyecto de Pruebas sobre la División por Código (CoDIT, *Code-Division Testbed*) entre 1992 y 1995. El concepto CoDIT sirvió de base para pruebas en laboratorio de *hardware* para la evaluación y verificación del desempeño de la tecnología WCDMA (INNOVATIONS IN WCDMA., 2008; Baier, et al., 1994; Andermo y Ewerbring., 1995). La tecnología WCDMA fue mayormente refinada dentro del proyecto de Sistemas de Acceso Múltiple Banda Ancha de Radio Futuro (FRAMES, *Future Radio Wideband Multiple Access Systems*) desarrollado como parte del cuarto programa marco de trabajo de la Unión Europea en Servicios y Tecnologías de Comunicación Avanzada (ACTS, *Advanced Communication Technologies and Services*) y destinado a presentar la propuesta europea de sistemas 3G. FRAMES presentó el concepto Acceso Múltiple FRAMES 2 (FMA2, *FRAMES Multiple Access 2*) en marzo de 1997 a ETSI como una tecnología candidata para sistemas de tercera generación. A principio de 1997, el ETSI formó 5 grupos por conceptos, donde el desarrolló continuó. Tres de los conceptos provinieron de FRAMES:

- Alfa o WCDMA, originalmente de FRAMES.
- Beta o Acceso Múltiple por División en Frecuencias Ortogonales (OFDMA, *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*).
- Gamma o TDMA de banda Ancha (WTDMA, *Wideband TDMA*), originalmente de FRAMES.
- Delta o Acceso Múltiple por División de Código - División de Tiempo (TD-CDMA, *Time Division-Code Division Multiple Access*), originalmente de FRAMES.
- Epsilon, un concepto basado en Acceso Múltiple Manejado por Oportunidad (ODMA, *Opportunity Driven Multiple Access*), posteriormente considerado un completo a otros.

Mientras tanto en Japón, NTT DoCoMo había desarrollado para 1995 un concepto de 3G basado en CDMA de banda ancha, lo que incluyó un sistema de prueba. Esta fue la propuesta del organismo de estandarización japonés, la Asociación de Industrias y Negocios Radio (ARIB, *Association of Radio Industries and Businesses*) en 1996. Para 1997 los conceptos europeo y japonés de WCDMA eran

ya lo suficientemente maduros con respecto a los bloques básicos de construcción de la parte radio. Los dos conceptos fueron fusionados en 1997 y en enero de 1998 ETSI preliminarmente seleccionó a WCDMA, basado en el concepto alfa, como la propuesta europea para sistemas 3G. ETSI continuó con trabajos de refinamiento y mejoramiento de la propuesta WCDMA, logrando una descripción borrador de la interfaz radio a finales de 1998. Desde principios de 1999, la estandarización de WCDMA(UMTS) continuó dentro de 3GPP, cuya tarea fue especificar el sistema de tercera generación con la red de Acceso Radio Terrestre Universal (UTRA, *Universal Terrestrial Radio Access*) conectado a un núcleo de red basado en GSM (INNOVATIONS IN WCDMA., 2008; Nilsson., 1999). Importante, fue la definición del uso del núcleo de red de GSM y GPRS, lo cual minimizó la necesidad de nuevas inversiones para el gran número de operadores de red GSM.

2.3 Servicios WCDMA(UMTS)

UMTS ofrece teleservicios (voz o mensajería de texto) y servicios portadores, los cuales proveen las capacidades para transferencia de información entre puntos de acceso. Es posible negociar y renegociar las características de los servicios portadores al establecimiento de una sesión o conexión y durante ellas. Servicios orientados a la conexión y no orientados a la conexión son ofrecidos para comunicaciones punto a punto y punto a multipunto (3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW., 2003).

Los servicios portadores tienen diferentes parámetros de Calidad de Servicio (QoS, *Quality of Service*) relacionados a velocidad de transmisión de datos, retardo y Tasa de Error de Bit (BER, *Bit Error Rate*). Las velocidades de transmisión de datos son (3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW., 2003; DESCRIPCIÓN GENERAL UMTS., 2006):

- 144 Kbps. Satélite. Áreas exteriores rurales. Alta movilidad.
- 384 Kbps. Áreas exteriores rurales.
- 2048 Kbps. Áreas interiores y exteriores con bajo alcance. Baja movilidad.

Los servicios en redes WCDMA(UMTS) tienen diferentes clases de calidad de servicio (QoS) para cuatro tipos de tráfico (3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW., 2003):

- Clase conversacional (voz, video telefonía, video juegos).
- Clase *streaming* (multimedia, video bajo demanda, *webcast*).
- Clase interactiva (navegación en Internet, juegos en red, acceso a bases de datos).
- Clase *background* (correo electrónico, mensajes cortos, descargas de archivos).

2.4 Arquitectura de Red WCDMA(UMTS)

Uno de los requerimientos de la primera especificación de WCDMA(UMTS) (R99, *Release 99*) es soportar itinerancia (*roaming*) e interoperabilidad con el sistema GSM, además el sistema GSM aparece como uno de los componentes de la arquitectura WCDMA(UMTS) R99 (GSM & UMTS TECHNOLOGY SYSTEM ARCHITECTURE., 2009).

Una red WCDMA(UMTS) consiste de tres dominios: Núcleo de Red (CN, *Core Network*), la Red de Acceso Radio Terrestre UMTS (UTRAN, *UMTS Terrestrial Radio Access Network*) y el Equipo de Usuario (UE, *User Equipment*). Los dos primeros dominios se denominan de manera conjunta la Red Móvil Terrestre Pública (PLMN, *Public Land Mobile Network*). La principal función del núcleo de red (CN) es proveer conmutación, transmisión, enrutamiento y tránsito para el tráfico de usuario, adicionalmente, el núcleo de red (CN) contiene las bases de datos y las funciones de gestión de red. La UTRAN es responsable de funciones que son relacionadas al acceso, movilidad y utilización de recursos. La red de acceso (UTRAN) administra el acceso al núcleo de red (CN) para todos los usuarios autorizados dentro del área de cobertura. Entre el equipo de usuario (UE) y la red de acceso (UTRAN) existe la interfaz radio. La figura 2.2 presenta la arquitectura WCDMA(UMTS) simplificada con puntos de referencia e interfaces a la UTRAN (3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW., 2003; 3GPP TS 25.401 V8.2.0., 2008; GSM & UMTS TECHNOLOGY SYSTEM ARCHITECTURE., 2009; READING SUMMARY OF UMTS ARCHITECTURE., 2009).

Es necesario para una red conocer la localización aproximada de los usuarios para tener la capacidad de enviar notificaciones a los UE (3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW., 2003).

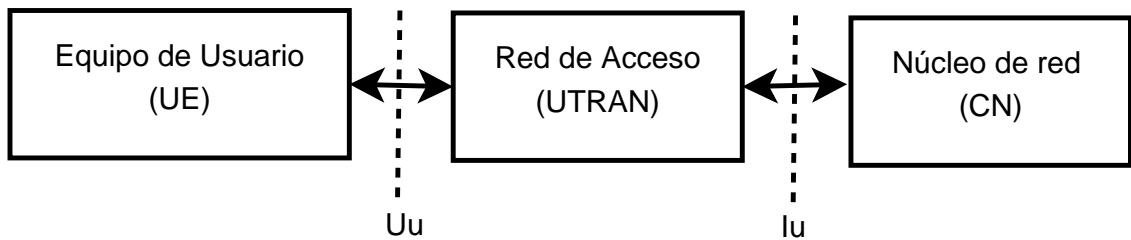


Figura 2.2. Arquitectura General WCDMA(UMTS).

2.4.1 Núcleo de Red (CN)

El núcleo de red de WCDMA(UMTS) en su primera especificación, es tomado directamente de la arquitectura y elementos de GSM fase 2+ (*GSM Phase 2+*). El núcleo de red se divide en los dominios de Conmutación de Circuitos (CS, *Circuit Switching*) y Conmutación de Paquetes (PS, *Packet Switching*). El dominio de conmutación de circuitos (CS) es tradicionalmente conocido por proveer servicios tales como las llamadas de voz. El dominio de conmutación de paquetes (PS) es conocido por proveer servicios tales como tráfico basado en IP. Elementos del dominio de conmutación de circuitos son el Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC, *Mobile services Switching Centre*), Registro de Localización de Visitantes (VLR, *Visitor Location Register*) y pasarela MSC (GMSC, *Gateway MSC*). Elementos del dominio de conmutación de paquetes son el Nodo de Soporte de Servicios GPRS⁸ (SGSN, *Serving GPRS Support Node*) y el Nodo de Soporte de Pasarela GPRS (GGSN, *Gateway GPRS Support Node*). Algunos elementos de red tales como el Registro de Identificación de Equipos (EIR, *Equipment Identity Register*), Registro de Localización de Usuarios (HLR, *Home Location Register*), VLR y Centro de Autenticación (AUC, *Authentication Centre*) son compartidos por los dos dominios (3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW., 2003; GSM & UMTS TECHNOLOGY SYSTEM ARCHITECTURE., 2009; READING SUMMARY OF UMTS ARCHITECTURE., 2009; 3G SPECIFICATIONS., 2008).

El Modo de Transferencia Asíncrono (ATM, *Asynchronous Transfer Mode*) se

⁸El paso más importante de GSM hacia WCDMA(UMTS) es el Servicio General de Paquetes vía Radio (GPRS, *General Packet Radio Service*). GPRS introduce conmutación de paquetes (PS) en el núcleo de red de GSM y permite el acceso directo a Redes de Paquetes de Datos (PDN, *Packet Data Network*). GPRS prepara y optimiza el núcleo de red para altas velocidades de transmisión de datos por PS. GPRS es un requisito para la introducción de WCDMA(UMTS) (UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM. Protocols and Protocol Testing Tutorial., 2000).

define como la tecnología de transporte en el núcleo de red WCDMA. El Nivel de Adaptación ATM de Nivel 2 (AAL2, *ATM Adaptation Layer type 2*) maneja las conexiones por conmutación de circuitos y el Nivel de Adaptación ATM de Nivel 5 (AAL5, *ATM Adaptation Layer type 5*) maneja las conexiones por conmutación de paquetes (3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW., 2003).

La arquitectura del núcleo de red puede cambiar al introducir nuevas características y servicios. La Base de Datos de Portabilidad Numérica (NPDB, *Number Portability DataBase*) es utilizada para brindar la posibilidad a los usuarios de cambiar de operador de red sin cambiar su viejo número telefónico (3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW., 2003).

En la figura 2.3 se encuentra una arquitectura más detallada de WCDMA(UMTS) basada en las especificaciones R99 (GSM & UMTS TECHNOLOGY SYSTEM ARCHITECTURE., 2009).

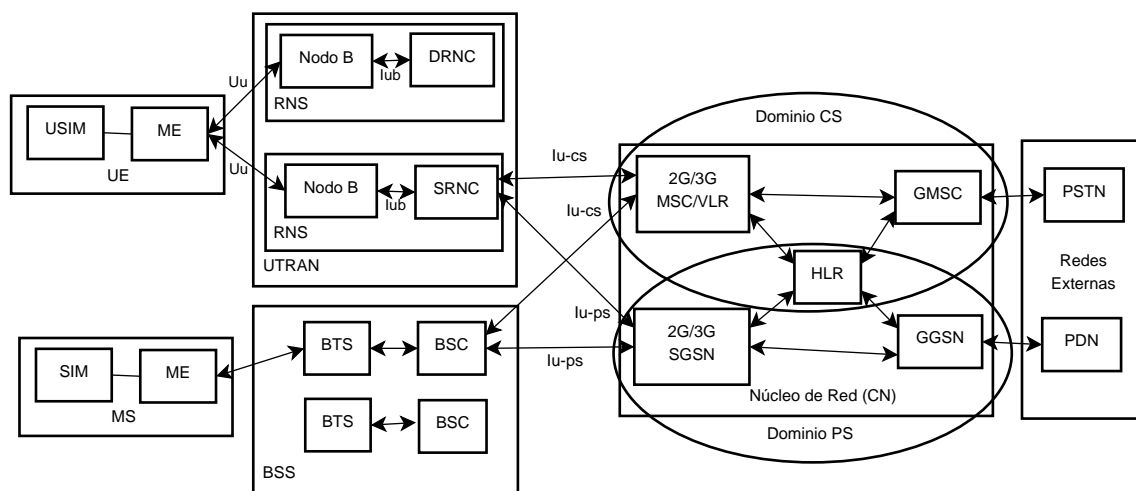


Figura 2.3. Arquitectura detallada WCDMA(UMTS).

WCDMA(UMTS) utiliza el núcleo de red de GSM/GPRS/EDGE⁹. Esto ha permitido una simple migración para operadores GSM existentes. Sin embargo, el camino de migración a WCDMA(UMTS) es costoso: mucha de la infraestructura del núcleo es compartida con GSM, el costo de obtener nuevas licencias para uso del espectro y la superposición de equipos WCDMA(UMTS) en las torres existentes es alto. El núcleo de red (CN) puede ser interconectado a diferentes redes de transporte

⁹Velocidades de Transmisión de Datos Mejoradas para Evolución de GSM, (EDGE, textitEnhanced Data Rates for GSM Evolution).

como Internet, Redes de Paquetes de Datos (PDN), Redes de Telefonía Conmutada Pública (PSTN, *Public Switching Telephone Network*) y Redes Digitales de Servicios Integrados (ISDN, *Integrated Services Digital Network*). WCDMA(UMTS) define e incluye los tres niveles más bajos del modelo de referencia para Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI, *Open System Interconnection*). El nivel 3, red, incluye el protocolo de Gestión de Recursos Radio (RRM, *Radio Resource Management*) que administra los recursos del sistema entre los terminales móviles y la red fija, incluyendo los trasposos(HO).

En las últimas especificaciones aparece dentro del núcleo de red (CN) la Pasarela de Medios (MGW, *Media Gateway*), el cual es un servicio o dispositivo de traducción que convierte flujos digitales a los distintos formatos de transporte de otras redes de telecomunicaciones, tales como PSTN, Sistema de Señalización Número 7 (SS7, *Signalling System #7*), Redes de Nueva Generación (NGN, *Next Generation Networks*) o Centralitas Privadas (PBX, *Private Branch Exchange*). Las pasarelas de medios (MGW) habilitan las comunicaciones multimedia a través de redes de nueva generación (NGN) sobre múltiples protocolos de transporte tales como ATM e IP.

En resumen y de manera general el núcleo de red UMTS(WCDMA) es responsable de (READING SUMMARY OF UMTS ARCHITECTURE., 2009):

- Transmisión y conmutación.
- Gestión de usuarios.
- Aprovisionamiento de los servicios de usuario.
- Interconexión con redes externas.

2.4.2 Red de Acceso Radio Terrestre UMTS (UTRAN)

De manera general las funciones de una red de acceso son (READING SUMMARY OF UMTS ARCHITECTURE., 2009):

- Gestión de Recurso radio (RRM).
- Establecimientos de llamada y trasposos.

- Acceso de los usuarios al núcleo de la red (CN).

La UTRAN consiste de un conjunto de Subsistemas de Red Radio (RNS, *Radio Network Subsystems*) conectados al núcleo de red (CN) a través de Iu. Un RNS consiste de un Controlador de Red Radio (RNC, *Radio Network Controller*) y uno o más nodos B. Un nodo B es conectado al RNC a través de la interfaz Iub (3GPP TS 25.401 V8.2.0., 2008; UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM. Protocols and Protocol Testing Tutorial., 2000).

El Controlador de la Red Radio en Servicio (SRNC, *Serving Radio Network Controller*) es responsable de las conexiones lógicas entre el UE y el CN. El Controlador de la Red Radio en Derivación (DRNC, *Drift Radio Network Controller*) es otro RNC involucrado en la conexión activa de la UE en traspaso suave¹⁰, que provee recursos radio adicionales para un UE que se encuentra en una conexión dedicada (ver figura 2.4). El nodo B que se encuentra relacionado al DRNC proveerá los recursos físicos al UE, y la información sobre el Enlace de Subida (UL) y el Enlace de Bajada (DL) es dirigida hacia el SRNC. (GSM & UMTS TECHNOLOGY SYSTEM ARCHITECTURE., 2009; 3GPP TR 25.990 V3.0.0., 1999; UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM. Protocols and Protocol Testing Tutorial., 2000; 3G TUTORIALS: INTRODUCTION TO 3G., 2009)

El RNC es responsable de la asignación y liberación de canales radio, del monitoreo y mantenimiento de la calidad de la conexión, de las decisiones de Traspaso (HO, *Handover*), de los procedimientos RRM en la UTRAN, y es responsable de las funciones de operación y mantenimiento (O&M) en el RNS con acceso al Sistema de Soporte de Operaciones (OSS¹¹. Funciones de control del servicio tales como control de admisión, conexiones de Control de Recursos Radio (RRC, Radio Resource Control) al UE, control de congestión y traspasos, gestión de la configuración, alarmas y reporte de fallos, combinación de macrodiversidad¹² y monitoreo del desempeño (3GPP TS 25.401 V8.2.0., 2008; GSM & UMTS TECHNOLOGY SYSTEM ARCHITECTURE., 2009; UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICA-

¹⁰El Traspaso Suave es una categoría de procedimientos de traspaso (Handover)(SHO, *Soft Handover*) donde los enlaces radio son adicionados y abandonados de tal manera que el UE siempre mantenga al menos un enlace radio a la UTRAN.

¹¹Sistema de gestión de la red., *Operation Support System*

¹²Macrodiversidad se da cuando un móvil utiliza celdas pertenecientes a diferentes estaciones base o aún a diferentes RNC, por ello la funcionalidad de macrodiversidad existe a nivel del RNC. Resultado de la conexión y transmisión simultánea a múltiples celdas (traspaso suave)(Kaarainen, et al., 2005).

TIONS SYSTEM. Protocols and Protocol Testing Tutorial., 2000; READING SUMMARY OF UMTS ARCHITECTURE., 2009).

Dentro de la UTRAN, los RNCs de los subsistemas de la red radio (RNS) pueden ser interconectados a través de la interfaz Iur. Iu e Iur son interfaces lógicas. La arquitectura UTRAN se presenta en la figura 2.4 (3GPP TS 25.401 V8.2.0., 2008).

Un nodo B es la unidad física para transmisión/recepción en las celdas. El término nodo B se refiere al equipo de estación base el cual se comunica con el terminal de usuario vía un enlace radio. El nodo B provee todo el procesamiento de radiofrecuencia (RF, *Radio Frequency*), habilitando la transmisión y recepción hacia y desde el terminal móvil. Dependiendo de la sectorización (celdas omnidireccionales o sectorizadas), una o más celdas pueden ser servidas por el nodo B. Cada nodo B es controlado por un RNC. Un nodo B puede soportar modo de Duplexación por División de Frecuencia (FDD¹³, *Frequency Division Duplex*), modo de Duplexación por División de Tiempo (TDD¹⁴¹⁵, *Time Division Duplex*) u operación en modo dual, y puede ser localizado con estaciones base GSM para reducir los costos de implementación. El modo TDD puede sólo ser usado para pequeñas distancias por los requerimientos de sincronismo propios del modo, pero este modo permite lograr más altas velocidades de transmisión de datos. El nodo B conecta con el UE vía la interfaz radio Uu y con el RNC vía la interfaz asincrónica Iub basada en ATM. El nodo B es un punto de terminación ATM(3GPP TS 25.401 V8.2.0., 2008; UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM. Protocols and Protocol Testing Tutorial., 2000; READING SUMMARY OF UMTS ARCHITECTURE., 2009; 3G SPECIFICATIONS., 2008; 3G TUTORIALS: INTRODUCTION TO 3G., 2009; Korhonen. , 2001).

La principal tarea del nodo B es la conversión de datos a y desde la interfaz radio Uu, incluyendo la Corrección de Errores hacia Adelante (FEC, *Forward Error Correction*), adaptación de velocidades, ensanchamiento/desensanchamiento WCDMA, y modulación por Codificación por Cambio de Fase en Cuadratura (QPSK¹⁶, *Quadrature Phase Shift Keying*) sobre la interfaz radio. El nodo B mide la calidad y la intensidad de la conexión y determina la Tasa de Error de Trama (FER, *Frame Error Rate*), transmitiendo esos datos al RNC como un reporte de medida para traspaso y combinación de macrodiversidad. El nodo B es también responsable por el Traspaso

¹³Para uso en bandas de frecuencias pares

¹⁴Conocido dentro de las interfaces propuestas en IMT-2000 como TD-CDMA.

¹⁵Para uso en bandas de frecuencias sin par

¹⁶Release 99(R99)

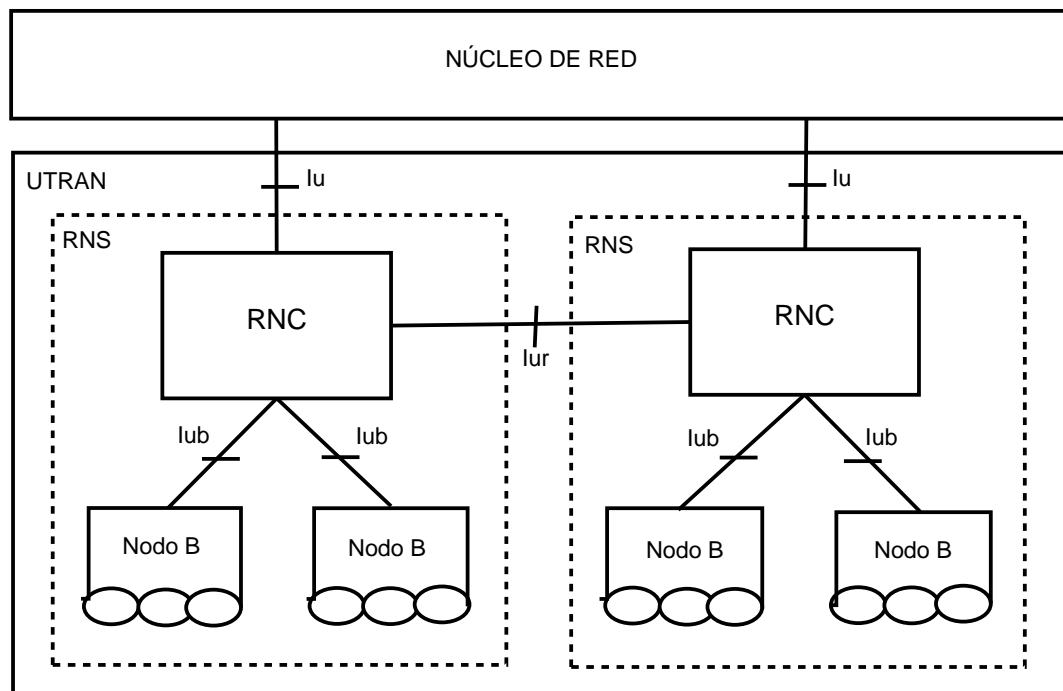


Figura 2.4. Arquitectura UTRAN.

más Suave¹⁷ (*softer handover*) en FDD y la combinación por microdiversidad¹⁸.

El nodo B también participa en el control de potencia, lo que habilita a la UE para que envíe comandos de Control de Potencia de Transmisión (TPC, *Transmission Power Control*) para el enlace de bajada (DL) via el control de potencia de lazo interno (*inner-loop power control*) en el enlace de subida (UL) en los bits de información TPC. Los valores predefinidos para el control de potencia de lazo interno son obtenidos del RNC vía el control de potencia de lazo externo (*outer-loop power control*) (UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM. Protocols and Protocol Testing Tutorial., 2000).

2.4.3 Equipo de Usuario (UE)

El terminal radio que el usuario utiliza para recibir servicios desde la UTRAN es conocido como el equipo de usuario (UE). Los UEs soportan servicios multimodo

¹⁷Traspaso entre 2 sectores o celdas que pertenecen a un mismo nodo B.

¹⁸Microdiversidad es la situación donde las componentes de propagación multitrayecto son combinadas en la estación base. Esto significa que el receptor tipo *Rake* de la BS tiene la capacidad de detectar, diferenciar las señales o componentes multitrayectoria recibidas a través del canal (Kaarainen, et al., 2005)

GSM, GPRS y UMTS. Los UEs soportan múltiples bandas de frecuencia: GSM850, GSM900, DCS1800¹⁹ y PCS1900²⁰. Las capacidades de los UE varían y la UTRAN determina las capacidades del UE durante el registro inicial. (GSM & UMTS TECHNOLOGY SYSTEM ARCHITECTURE., 2009).

Los teléfonos o dispositivos con interfaz WCDMA (UMTS) utilizan un Módulo de Identidad de Usuario Universal (USIM, *Universal Subscriber Identity Module*), basado en el Módulo de Identidad de Usuario (SIM, *Subscriber Identity Module*) de GSM. Este es un estándar de identificación global, y habilita a una red a identificar y autenticar la (U)SIM en el teléfono o dispositivo. Acuerdos de itinerancia (Roaming) entre operadores permiten a las llamadas de un usuario ser interconectadas mientras se determina los servicios (y precios) a pagar por el usuario. Adicionalmente a la información de suscripción y autenticación, la (U)SIM provee espacio de almacenamiento para los contactos, imágenes y datos. Los UE pueden almacenar sus datos en la propia memoria o sobre la tarjeta (U)SIM. La tarjeta (U)SIM puede ser colocada en otro dispositivo WCDMA(UMTS) o GSM, y el dispositivo tomará toda la información del usuario de la (U)SIM, lo cual determina el número telefónico y el perfil del usuario para el cobro de los servicios. El UE es la contraparte de varios de los elementos de red en muchas funciones y procedimientos. (UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM. Protocols and Protocol Testing Tutorial., 2000).

Utilizando un enrutador celular, tarjetas PCMCIA²¹ o USB²², los usuarios son habilitados a acceder a servicios banda ancha 3G, sin importar el tipo de computador (tablet PC o PDA²³). Utilizando un teléfono o dispositivo que soporte 3G y Bluetooth 2.0, múltiples dispositivos con Bluetooth pueden ser conectados a Internet a través del primero.

¹⁹Sistema Celular Digital 1800 MHz (DCS1800, *Digital Cellular System 1800*). Nombre dado a los sistemas GSM operando en la banda de 1800 MHz.

²⁰Sistema de Comunicación Personal 1900 MHz (PCS1900, *Personal Communication System 1900*). Nombre dado a los sistemas de comunicación móvil celular que funcionan en 1900 MHz, específicamente en América.

²¹Asociación Internacional de Tarjetas para Memoria de Computadores Personales (PCMCIA, *Personal Computer Memory Card International Association*).

²²Bus Serial Universal (USB, *Universal Serial Bus*).

²³Asistente Digital Personal (PDA, *Personal Digital Assistant*).

2.5 Migrando de GPRS a WCDMA(UMTS)

De las redes GPRS los siguientes elementos pueden ser reutilizados al migrar a WCDMA(UMTS):

- HLR.
- VLR.
- EIR.
- MSC (dependiendo del fabricante).
- AUC.
- SGSN (dependiendo del fabricante).
- GGSN.

De las redes GSM los siguientes elementos no pueden ser reutilizados:

- Controlador de Estación Base (BSC, *Base Station Controller*).
- Estación Base Transceptora (BTS, *Base Transceiver System*).

Los anteriores equipos pueden ser mantenidos en la red y utilizados en operación dual de red donde redes 2G y 3G coexisten.

WCDMA(UMTS) introduce nuevos elementos de red, definidos por 3GPP:

- Nodo B (estación base).
- RNC.

Tabla 2.1. Parámetros Principales WCDMA.

Método de Acceso Múltiple	Acceso al Medio por División de Código - Secuencia Directa(DS-CDMA)
Método de Duplexación	FDD/TDD
Sincronización estación base	Operación asincróna
Modulación enlace de bajada	QPSK
Modulación enlace de subida	BPSK
Tasa de chip	3.84 Mcps
Longitud de trama	10ms
Multiplexación de servicios	Múltiples servicios con diferentes requerimientos de calidad de servicio (QoS) pueden ser multiplexados en una conexión
Concepto multivelocidad	Factor de ensanchamiento variable y operación multicódigo
Detección	Detección coherente utilizando símbolos piloto
Detección multiusuario, antenas inteligentes	Soportado por el estándar, opcional en la implementación
Traspaso	Suave.
Codificador de voz	AMR

2.6 Resumen de los Principales Parámetros de WCDMA

La tabla 2.1 resume los parámetros principales relacionados a WCDMA (Holma y Toskala., 2004; INNOVATIONS IN WCDMA., 2008).

DS-CDMA es una técnica de transmisión banda ancha²⁴.

Operación asincróna significa que las estaciones base no necesitan estar sincronizadas entre si. Sistemas IS-95 (y posteriormente CDMA2000) todas las esta-

²⁴El ancho de banda necesario para transmitir una cantidad dada de información se encuentra directamente relacionado a la velocidad de transmisión de datos (cantidad de información transmitida por unidad de tiempo). El termino ancho de banda es a menudo intercambiado con el termino velocidad de transmisión de datos(Holma y Toskala., 2004).

ciones base se encuentran sincronizadas gracias al uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS, *Global Positioning System*). El requerimiento de un sistema asincrónico fue fundamental para hacer de WCDMA(UMTS) un sistema atractivo por su relativa fácil implementación. Esto también generó nuevos retos para WCDMA, incluyendo los procesos de búsqueda de celda (*Cell Search*) y traspaso (HO)(INNOVATIONS IN WCDMA., 2008).

El proceso de búsqueda de celda se refiere al proceso que debe realizar cualquier móvil antes de establecer cualquier comunicación. El móvil necesita encontrar el código de la estación base para luego sincronizarse y engancharse a él. Buscando todos los posibles códigos de las estaciones base en todos los tiempos no es una tarea fácil, y esta afecta el tiempo entre el encendido del dispositivo y el momento en el cual puede realizar una llamada. WCDMA(UMTS) introduce una estructura de sincronización basada en dos canales y este ha sido uno de los grandes retos en sistemas WCDMA(UMTS). El procedimiento de sincronismo está conformado por tres pasos(INNOVATIONS IN WCDMA., 2008).

En el procedimiento de traspaso suave (SHO) un dispositivo móvil comunica la misma información a dos o más estaciones base simultáneamente. En la práctica SHO es un requisito para cualquier sistema DS-CDMA de alta capacidad operando con la misma frecuencia en las celdas vecinas. Los principios fundamentales del SHO fueron definidos en 1988 por Jan Uddenfeldt et al. de Ericsson. En SHO, las señales transmitidas desde diferentes estaciones base necesitan llegar al mismo tiempo. Esto brinda un reto al diseño debido a que la temporización relativa entre las estaciones base, no se conoce con anterioridad debido a la operación asincrónica del sistema. Para solucionar este problema antes de que el dispositivo móvil se conecte a una nueva estación base, el dispositivo móvil mide la diferencia de tiempo en que llegan la señal de la nueva estación base con respecto a la estación base ya conectada. Esta medida es reportada al RNC, el cual ajusta los tiempos de transmisión de la nueva estación base(INNOVATIONS IN WCDMA., 2008).

La detección coherente permite la recepción de datos o información en condiciones pésimas del canal y puede incrementar la capacidad o la velocidad de transmisión de datos del sistema. Los símbolos pilotos son palabras de sincronismo y estas permiten mejorar el desempeño del sistema (INNOVATIONS IN WCDMA., 2008).

Para transmitir señales de voz eficientemente manteniendo la alta capacidad de

los sistemas celulares, se utilizan algoritmos de compresión y descompresión de voz o codificadores/decodificadores (*codec*) de voz. El codificador/decodificador de voz de Múltiples Velocidades Adaptativo (AMR, *Adaptive Multi-Rate*) fue originalmente seleccionado y desarrollado para sistemas GSM, debido su alta calidad de voz a una baja velocidad de transmisión de datos. AMR cumple con las altas demandas y futuras necesidades de los sistemas basados en WCDMA (INNOVATIONS IN WCDMA., 2008).

Los códigos de Factor de Ensanchamiento Variable Ortogonal (OVSF, *Orthogonal Variable Spreading Factor*) facilitan la variabilidad de las velocidades de transmisión de datos mientras minimizan la interferencia y son formados a través de un principio de árbol de códigos. Ciertas ramas en el árbol de códigos son prohibitivas en su uso para minimizar la diafonía entre usuarios. Estos códigos, junto con un algoritmo flexible de adaptación de velocidad, permiten una configuración de velocidad variable en el nivel físico para encontrar la flexibilidad necesaria de 3G (INNOVATIONS IN WCDMA., 2008).

Para lograr altas velocidades de transmisión de datos (hasta 2Mbps) es necesario contar con factores de ensanchamiento variable y conexiones multicódigo (Holma y Toskala., 2004).

Se ha definido una tasa de chip o velocidad de transmisión de chips de 3.84 Mcps, lo cual conlleva a obtener un ancho de banda aproximado o cercano a los 5 MHz. Esta alta tasa de chip le permite al sistema WCDMA soportar altas velocidades de transmisión de datos y tomar ventaja de la diversidad generada por la multitrayectoria(Holma y Toskala., 2004).

2.7 Evolución de las especificaciones WCDMA(UMTS)

La evolución de WCDMA(UMTS) se encuentra relacionada a las especificaciones o *Releases*. Cada especificación introduce nuevas características y mejora las existentes. La primera especificación WCDMA(UMTS) fue liberada en diciembre de 1999 (*release 99*. A continuación las características más importantes de cada *Release*(3G SPECIFICATIONS., 2008):.

Release 99(R99)

- Servicios portadores (*Bearer services*²⁵).
- Conmutación de circuitos a 64 Kbps.
- Conmutación de paquetes a 384 Kbps.
- Servicios de localización (LS, *Location services*).
- Compatibilidad con servicios de llamada en GSM, basados en la USIM.

Release 4(R4)

- Servicio Mensajería Multimedia (MMS, *Multimedia Messaging Service*).
- Servicios de localización mejorados.
- Servicios Multimedia IP²⁶ (IMS, *IP Multimedia Services*).

Release 5(R5)

- Subsistema Multimedia IP (IMS²⁷, *IP Multimedia Subsystem*).
- IPv6, transporte IP en UTRAN.
- Acceso a Paquetes de Datos en el Enlace de Bajada de Alta Velocidad (HS-DPA²⁸, *High Speed Downlink Packet Access*).

Release 6(R6)

- Integración con Redes de Area Local Inalámbrica (WLAN, *Wireless Local Area Network*).

²⁵Servicios portadores es un termino de telecomunicaciones referido a un servicio que permite la transmisión de señales de información entre interfaces de red. Estos servicios dan al suscriptor la capacidad requerida para transmitir las señales apropiadas entre ciertos puntos de acceso, i.e. interfaces de usuario de red.

²⁶primer paso hacia IP Total (*All IP*)

²⁷El Subsistema Multimedia IP (IMS) es una arquitectura de referencia para brindar servicios multimedia sobre el protocolo IP. IMS fue inicialmente diseñado por 3GPP. Se considera el paso definitivo hacia IP Total.

²⁸HSDPA también conocido como 3.5G, es un mejora sobre los sistemas de tercera generación basados en WCDMA(UMTS). la velocidad máxima teórica es de 14.4 Mbps haciendo uso de la Modulación por Amplitud en Cuadratura 16 (16 QAM, *16 Quadrature Amplitude Modulation*).

- Servicio Multicast de Difusión Multimedia (MBMS²⁹, *Multimedia Broadcast Multicast Service*).
- IMS mejorado.
- Acceso a Paquetes de Datos en el Enlace de Subida de Alta Velocidad (HSUPA, *High Speed Uplink Packet Access*).

Release 7(R7)

- Nivel 2 (L2, *Layer 2*) mejorado.
- Modulación por Amplitud en Cuadratura 64 (64 QAM, *64 Quadrature Amplitude Modulation*) y Sistemas de Múltiples Antenas (MIMO³⁰, *Multiple In Multiple Out*).
- Conmutación de circuitos (CS) sobre Acceso de Paquetes de Alta Velocidad (HSPA³¹³², *High Speed packet Access*).

2.8 Problemas en el Despliegue de Redes WCDMA (UMTS)

Algunos países, incluyendo Estados Unidos y Japón, han asignado el espectro de manera diferente a lo dispuesto por las recomendaciones de la UIT, por lo tanto en dichos países las bandas estándar comunes para WCDMA(UMTS) no se encuentran disponibles. En esos países, bandas alternativas son utilizadas, afectando la interoperabilidad de equipo existente en WCDMA (UMTS) 2100 MHz, y requiriendo el diseño y la fabricación de diferentes equipos para el uso en dichos mercados. Hoy en día existen terminales multibanda en los modos GSM y WCDMA(UMTS): cuatro

²⁹MBMS es un servicio de radiodifusión ofrecido a través de redes WCDMA(UMTS). La infraestructura ofrece una opción de un canal de retorno (enlace de subida) para interacción entre el servicio y los usuarios, el cual no existía en las redes de radiodifusión convencional (sistemas unidireccionales). MBMS utiliza distribución *multicast* en el núcleo de red a cambio de enlaces punto a punto para cada dispositivo terminal.

³⁰MIMO es el uso de múltiples antenas en transmisión y recepción para mejorar el desempeño de la comunicación. MIMO es una de las distintas formas de la tecnología de antenas inteligentes.

³¹Utilización en conjunto de HSDPA y HSUPA.

³²HSPA+ provee velocidades de hasta 42 Mbps en el enlace de bajada y 84 Mbps con el *Release 9 (R9)* de los estándares 3GPP, haciendo uso de 64QAM, MIMO y optimizaciones de nivel 2.

bandas para GSM (850, 900, 1800, y 1900 MHz) y tres bandas para WCDMA(UMTS) (850, 1900, y 2100 MHz). En los primeros días de WCDMA(UMTS) se presentaron problemas con el peso de los terminales, la corta vida de las baterías, y la disponibilidad de la llamada relacionada con problemas de traspaso de WCDMA(UMTS) a GSM. El traspaso se permitía de WCDMA(UMTS) a GSM, generando llamadas caídas en el traspaso de las conexiones de GSM a WCDMA.

2.9 Ensanchamiento y Desensanchamiento

DS-CDMA es una técnica de transmisión banda ancha. Los bits de información de usuario (baja velocidad de transmisión de datos, ancho de banda estrecho) son dispersos sobre un gran ancho de banda al multiplicarlos por un código o secuencia de bits cuasi-aleatorios o pseudoaleatorios³³ (PN, *Pseudonumber*) (secuencia de alta velocidad, ancho de banda amplio) derivados de los códigos de ensanchamiento (código de canalización), obteniendo un flujo de alta velocidad y por ende gran ancho de banda, el cual luce como una señal aleatoria o ruido. En el extremo receptor, el cual conoce el código que identifica la comunicación, multiplica la señal recibida por el código de ensanchamiento sincronizado a la señal recibida, lo que permite recuperar la señal original. En DS-CDMA todos los usuarios comparten la misma frecuencia portadora de manera simultánea, pero cada usuario individual es asignado a un único código. La figura 2.5 incluye un diagrama general en bloques de un sistema de espectro ensanchado (Meel. , 1999). CDMA o las técnicas de espectro ensanchado son métodos por los cuales deliberadamente se está haciendo uso de un ancho de banda mayor. Por una parte, esto implica el uso de un costoso espectro de frecuencias; pero por otra parte, estas técnicas tienen ventajas tales como la resistencia a interferencia de banda estrecha y la interceptación. Algunos autores definen a DS-CDMA como una técnica de modulación si se ve a la secuencia de alta velocidad (secuencia pseudoaleatoria) como una portadora digital cuyas características son modificadas por la señal de usuario, la cual es una señal digital de baja velocidad (Holma y Toskala., 2004; INNOVATIONS IN WCDMA., 2008).

La figura 2.6 muestra las operaciones básicas de ensanchamiento y desensanchamiento en un sistema DS-CDMA (Holma y Toskala., 2004). Se asume que la

³³Se utiliza la palabra chip para distinguir cada elemento de la señal de alta velocidad y distinguirlo de los elementos que conforman la señal original o de baja velocidad

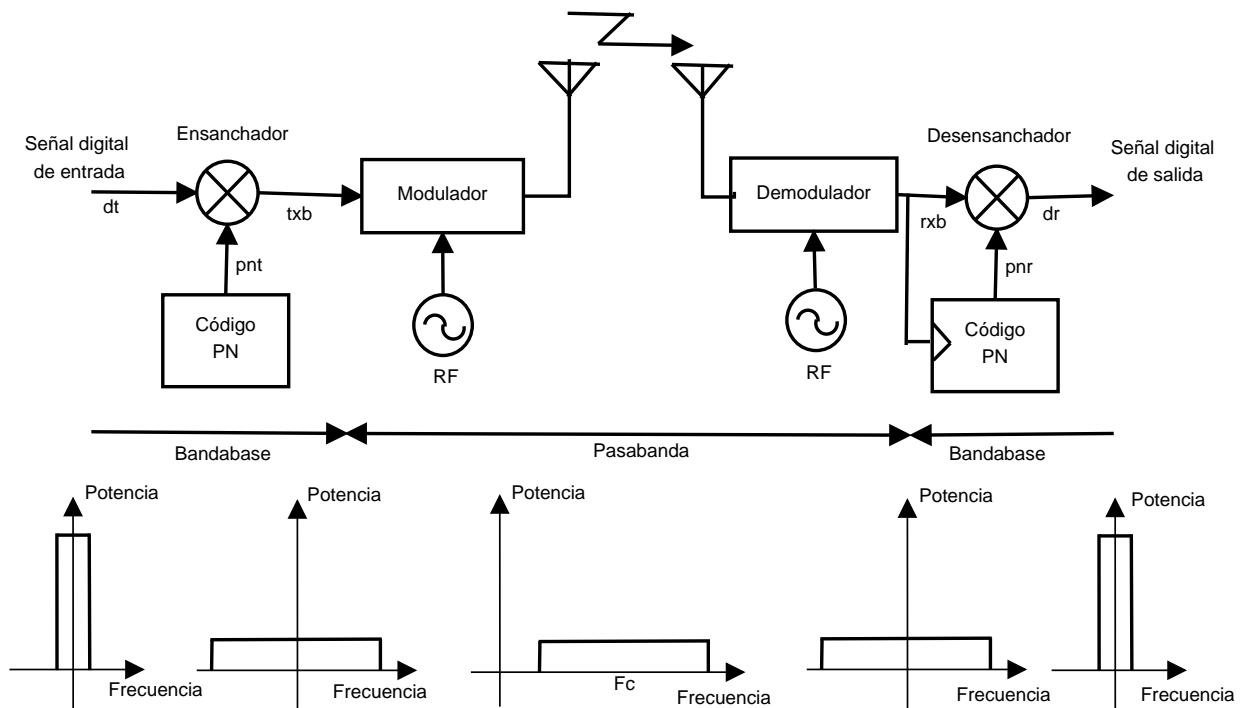


Figura 2.5. Diagrama General de un Sistema de Espectro Ensanchado.

información de usuario se genera a una velocidad de transmisión de datos igual a R , de la cual se identifican dos estados señalizados con los valores de ± 1 . La operación de ensanchamiento, en este ejemplo, es la multiplicación de cada bit de datos de usuario con una secuencia de código de 8 bits, llamados chips, cuyos estados son representados por los valores ± 1 . El resultado es una secuencia con una velocidad de transmisión de datos igual a $8R$ y tiene la misma apariencia aleatoria (como pseudo-ruido) de el código de ensanchamiento (código PN). Para este caso específico se tiene un Factor de Ensanchamiento (SF , *Spreading Factor*) o Ganancia de Procesamiento³⁴ (PG , *Processing Gain*) igual a 8. La señal de alta velocidad (gran ancho de banda) obtenida será transmitida a través del canal inalámbrico hasta el extremo receptor (Holma y Toskala., 2004).

En recepción, en el desensanchamiento, se multiplica la señal o secuencia de

³⁴El factor de ensanchamiento o ganancia de procesamiento es la relación entre las velocidades de transmisión de datos de la secuencia de alta velocidad en chips por segundo y la secuencia de información de usuario en símbolos por segundo de acuerdo a la modulación digital a utilizar. Por la relación directa de las velocidades con los anchos de banda, también se puede definir como la relación de anchos de banda de la señal ensanchada y la señal original. Finalmente se puede entender como el de número de chips que corresponden a cada símbolo.

alta velocidad de transmisión de datos proveniente del canal inalámbrico con la misma secuencia de 8 chips utilizada para ensanchamiento en el transmisor. El resultado es la recuperación perfecta de la secuencia de datos de usuario original (ver figura 2.6), teniendo en cuenta que debe existir perfecto sincronismo entre la señal recibida y el código de desensanchamiento (Holma y Toskala., 2004).

El incremento de la velocidad de transmisión de datos de la señal por un factor igual a 8, es equivalente a una ampliación del espectro ocupado por la señal de información de usuario original, en un factor igual a 8. Gracias a esta virtud los sistemas CDMA se denominan sistemas de espectro ensanchado (SS). El desensanchamiento restaura el ancho de banda de la señal a R (Holma y Toskala., 2004).

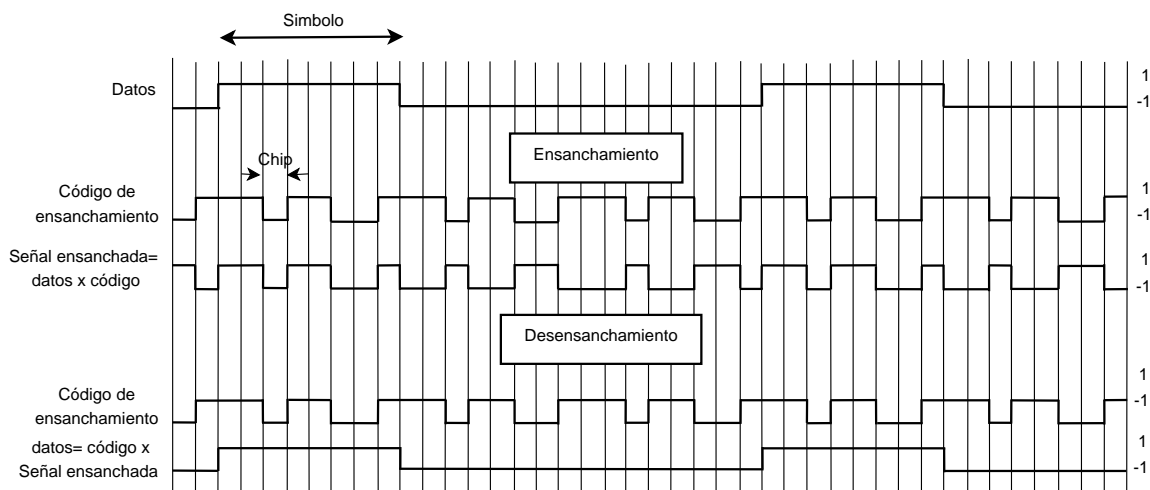


Figura 2.6. Ensanchamiento y Desensanchamiento en DS-SS-SSM.

La figura 2.7 muestra el proceso de desensanchamiento o correlación en el receptor para la señal deseada y para una señal de otro usuario. La operación de desensanchamiento se realiza con un código perfectamente sincronizado a la señal recibida. Por lo tanto el receptor de correlación integra (suma) los productos resultantes (señal ensanchada x código) durante el tiempo que toma cada bit de información de usuario. Cuando la señal recibida corresponde a otro usuario y por lo tanto ha sido ensanchada utilizando otro código, el resultado de multiplicación de esta señal con el código correspondiente a la señal esperada y la integración de los productos resultantes genera una señal interferente con valores alrededor de cero. En el ejemplo, la amplitud de la señal deseada después de la integración incrementa de manera relativa su amplitud por un factor de 8 con relación a la señal del usuario

interferente (Holma y Toskala., 2004).

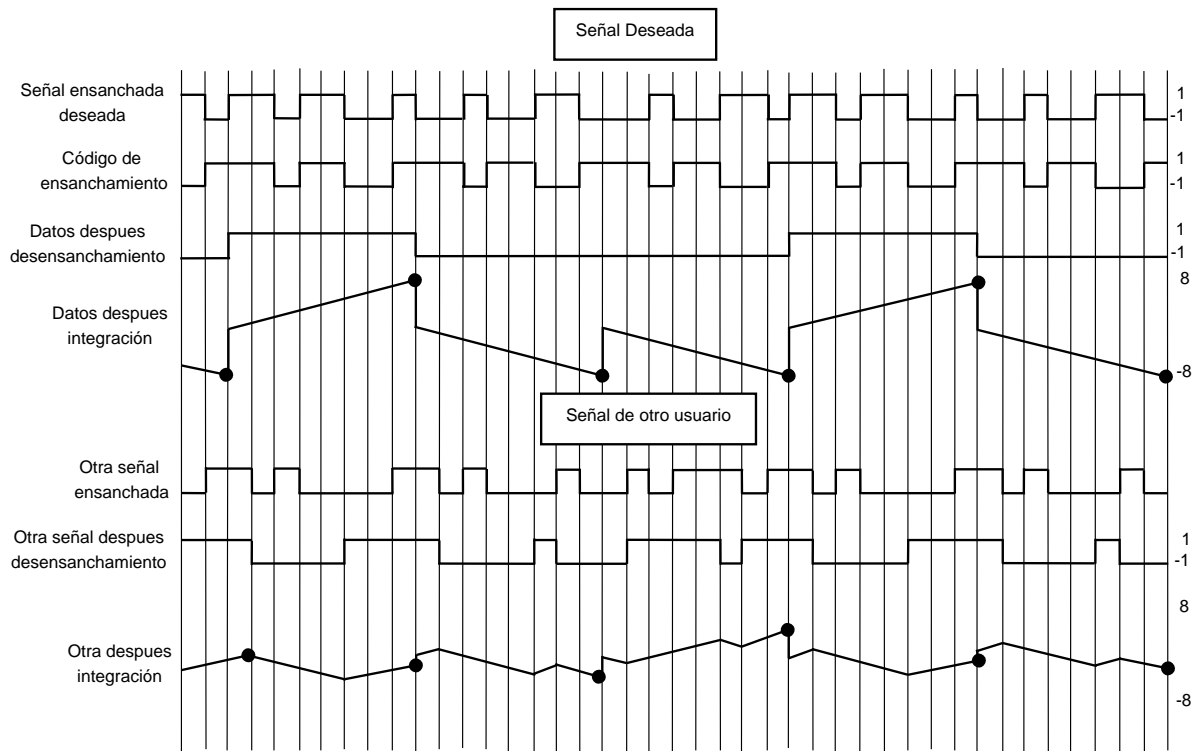


Figura 2.7. Principio de Correlación del Receptor CDMA.

El factor de ensanchamiento (SF) o ganancia de procesamiento (PG) brinda a los sistemas CDMA la necesaria robustez frente a la auto-interferencia para reutilizar el espectro de 5 MHz en distancias geográficas cortas (Holma y Toskala., 2004). Por ejemplo, para un servicio de voz con una velocidad de 12.2 Kbps y teniendo en cuenta que un sistema WCDMA tiene una tasa de chip de 2.84 Mcps entonces el factor de ensanchamiento es igual al que aparece en la ecuación 2.1.

$$SF = 10 \log_{10} \left(\frac{3.84e6}{12.2e3} \right) = 25dB \quad (2.1)$$

En un receptor existen diferentes relaciones que comparan los niveles de potencia de señal con respecto al nivel de potencia de ruido e interferencia. En sistemas de comunicaciones digitales es común determinar a la salida del receptor la relación entre la energía de bit y la densidad espectral de potencia de ruido (E_b/N_0). A la entrada del receptor se puede determinar la relación potencia de portadora con respecto a potencia de interferencia (C/I) llamada Relación Portadora a Interferencia

(CIR, *Carrier to Interference Ratio*), la cual también es denominada en sistemas de comunicación digital Relación Señal a Interferencia(SIR, *Signal to Interference Ratio*). Cuando no se considera la interferencia que puede ser generada por usuarios con llamadas activas en el sistema dentro de la misma celda o la interferencia generada en otras celdas, el termino interferencia se relaciona solamente con ruido térmico y por lo tanto las relaciones CIR y SIR se transforman en Relación Portadora a Ruido (CNR, *Carrier to Noise Ratio*) y Relación Señal a Ruido (SNR, *Signal to Noise Ratio*). La energía de bit (E_b) se define como la potencia de la portadora o señal sobre la velocidad de transmisión de datos(R). La densidad espectral de potencia (N_0) se define como la potencia de ruido sobre el ancho de banda del sistema, donde el ancho de banda lo define la tasa de chip (W). Por lo tanto se puede encontrar una relación entre las relaciones (E_b/N_0) y (S/I) en función del factor de ensanchamiento (SF), tal como aparece en las ecuación 2.3, teniendo en cuenta que el factor de ensanchamiento es igual a la relación existente entre la tasa de chip (W) y la velocidad de transmisión de datos (R). La ecuación 2.4 representa la relación pero en unidades logarítmicas.

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right) = \left(\frac{\frac{S}{R}}{\frac{I}{W}}\right) = \left(\frac{S}{I}\right) \left(\frac{W}{R}\right) \quad (2.2)$$

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right) = \left(\frac{S}{I}\right) (SF) \quad (2.3)$$

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{dB} = \left(\frac{S}{I}\right)_{dB} + (SF)_{dB} \quad (2.4)$$

Como se puede observar en la figura 2.8 y como su nombre también lo indica el factor de ensanchamiento o ganancia de procesamiento es una ganancia que se aplica sobre la señal de interés a la entrada del receptor para distinguirla del ruido a la salida del mismo. Volviendo al ejemplo anterior y teniendo en cuenta que para un servicio de voz la relación (E_b/N_0) es típicamente del orden de los 5 dB, el factor de ensanchamiento igual a 25 dB, por lo tanto a partir de la ecuación 2.4 se obtiene el resultado indicado en 2.5. En otras palabras, la potencia de la señal o de la portadora a la entrada del receptor puede estar 20 dB por debajo del nivel de potencia de interferencia o ruido térmico y ser detectada por un receptor WCDMA.

Esta es una característica importante de los sistemas de espectro ensanchado que les permite a las señales estar muy por debajo del nivel de ruido y no ser detectadas sin el conocimiento del código o secuencia de ensanchamiento utilizada. Por esta razón los sistemas de espectro ensanchado fueron originalmente aplicados en comunicaciones militares donde la naturaleza banda ancha de la señal le permite estar oculta por debajo del omnipresente ruido térmico. Se debe tener en cuenta que para un determinado ancho de banda de canal (W , tasa de chip) a menor velocidad de transmisión de datos (R) mayor será el factor de ensanchamiento (Holma y Toskala., 2004).

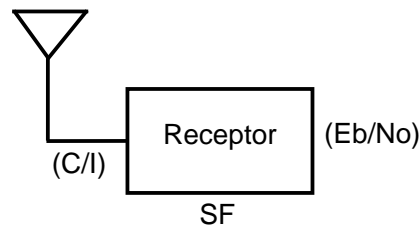


Figura 2.8. Relaciones de potencia de interés en un receptor CDMA.

$$\left(\frac{S}{I}\right)_{dB} = \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{dB} - (SF)_{dB} = -20dB \quad (2.5)$$

Un sistema convencional DS-CDMA trata cada usuario separadamente como una señal, considerando a los otros usuarios como ruido o Interferencia de Acceso Múltiple (MAI, *Multiple Access Interference*). Los sistemas basados en CDMA o espectro ensanchado, y en este caso WCDMA, son altamente afectados por interferencia de banda ancha que es generada por los usuarios que tienen llamadas activas en el sistema. A mayor número de llamadas activas crece el piso de ruido o ruido de fondo (*Noise Floor* o *Background Noise*), lo que disminuye la SNR o SIR, disminuyendo la sensibilidad de los receptores por el incremento de la interferencia y por lo tanto disminuyendo la máxima pérdida de trayecto permitida en un enlace, lo que implica disminución de cobertura o alcance del sistema. A este efecto se le denomina respiración celular (*Cell Breathing*).

En las ecuaciones 2.6 y 2.7 se determina la CIR o SIR para una comunicación en un sistema DS-CDMA conformado por una sola celda³⁵ (Viterbi., 1995). Se conside-

³⁵No existe interferencia proveniente de otras celdas.

ra que existen N llamadas activas, las cuales llegan con el mismo nivel de potencia al receptor (nodo B o estación base), por lo tanto se considera que la interferencia a la comunicación de interés es generada por las $N-1$ comunicaciones restantes. En este caso se desprecia el efecto del ruido termico en comparación con la interferencia. La reducción de la SIR con el número de llamadas activa se visualiza en la figura 2.9.

$$\left(\frac{S}{I}\right) = \left(\frac{S}{S(N-1)}\right) = \left(\frac{1}{N-1}\right) \quad (2.6)$$

$$\left(\frac{S}{I}\right)_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{N-1}\right) \quad (2.7)$$

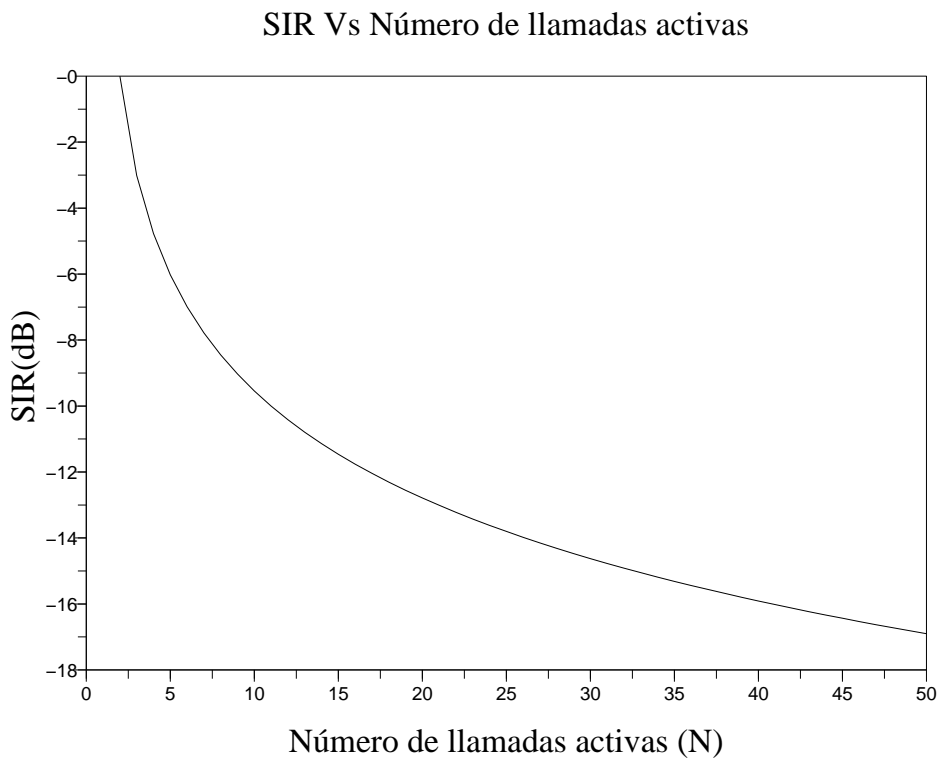


Figura 2.9. SIR en una celda dependiendo del número de llamadas activas.

Una relación similar puede ser obtenida para el E_b/N_0 de una comunicación, la cual es directamente proporcional al factor de ensanchamiento e inversamente proporcional al número de llamadas activas, tal como se observa en la ecuación 2.8

partiendo de la ecuación 2.3. En la ecuación 2.9 aparece E_b/N_0 pero expresado en términos logarítmicos (Viterbi., 1995).

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right) = \left(\frac{S}{I}\right) (SF) = \left(\frac{SF}{N-1}\right) \quad (2.8)$$

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{dB} = SF_{dB} - 10 \log_{10}(N-1) \quad (2.9)$$

Teniendo en cuenta la potencia de ruido térmico (P_n) y partiendo de la ecuación 2.3 se obtiene las ecuaciones 2.10 y 2.11 (Viterbi., 1995).

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right) = \left(\frac{S}{S(N+1) + P_n}\right) (SF) \quad (2.10)$$

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right) = \left(\frac{1}{(N+1) + \frac{P_n}{S}}\right) (SF) \quad (2.11)$$

A partir de la ecuación 2.11 se puede obtener el número de llamadas simultáneas que pueden haber con las mismas características para unos valores dados de E_b/N_0 , factor de ensanchamiento y potencia de señal en la entrada del receptor, como se indica en la ecuación 2.12 (Viterbi., 1995).

$$N = 1 + \left(\frac{SF}{\frac{E_b}{N_0}}\right) - \left(\frac{\eta}{S}\right) \quad (2.12)$$

Las limitaciones por la interferencia de banda ancha generada por los usuarios quienes tienen llamadas activas en sistema han tratado de minimizarse con el uso de la técnica denominada Detección Multiusuario (MUD) o detección conjunta (*Joint Detection*), donde todos los usuarios se consideran como señales y son discriminados como tal.

Tanto estaciones base como móviles utilizan el receptor de correlación. Debido a la propagación multitrayecto (y posiblemente múltiples antenas en recepción) es necesario utilizar múltiples receptores correlacionados para recobrar la energía de todos los trayectos y/o antenas. El conjunto de receptores correlacionados es lo que

se denomina un receptor tipo *Rake*³⁶. Es importante tener en cuenta que la ganancia de procesamiento es debida al incremento del ancho de banda, más que por los procesos de ensanchamiento o desensanchamiento (Holma y Toskala., 2004).

2.10 Multitrayectoria y Desvanecimiento

La propagación en el canal móvil se caracteriza por múltiples reflexiones, difracciones y en general por tomar múltiples caminos cada uno con una determinada atenuación de la energía de la señal. Esta multitrayectoria es generada por obstáculos tales como edificios, arboles y colinas, tal como se muestra en la figura 2.10. La multitrayectoria se distingue por ecos de la señal que llegan al receptor en diferentes instantes de tiempo con diferentes amplitudes³⁷ y fases. La duración de un chip a 3.84Mcps es $0.26\mu s$. Si la diferencia de tiempo de la componente multitrayecto es menor a $0.26\mu s$, el receptor WCDMA puede separar las componentes multitrayecto y combinarlas coherentemente (diversidad multitrayecto en recepción). El retardo entre componentes multitrayecto menor a $0.26\mu s$ puede ser obtenido si la diferencia entre la longitud de los trayectos es menor a 78m. Por lo tanto un sistema WCDMA ofrece diversidad multitrayecto³⁸ en pequeñas celdas (Holma y Toskala., 2004).

Cuando la diferencia entre dos trayectos es igual a media longitud de onda ($\lambda/2$) (7cm@2GHz), se produce una atenuación considerable de la potencia de la señal recibida (20 a 30 dB) o desvanecimiento profundo (*Deep Fade*) debido a la suma de ondas en contrafase, efecto denominado Desvanecimiento Rápido (*Fast Fading*). La estadística de la energía de la señal recibida para un promedio de corta duración, es muy bien descrita por la distribución de Rayleigh. Estos desvanecimientos profundos hacen muy difícil lograr una comunicación libre de errores, por ello ciertos procedimientos son necesarios en WCDMA (recepción *Rake*, control rápido de potencia, codificación de canal (redundancia y diversidad de tiempo))(Holma y

³⁶que es una estructura de receptor que permite concentrar y combinar coherentemente todas las señales o ecos provenientes por los diferentes caminos o trayectos de propagación, descrita en los años 50 (Price y Green., 1958; Turin. , 1980; Scholtz., 1982; INNOVATIONS IN WCDMA., 2008).

³⁷Cada canal tiene un perfil de retardo multitrayecto que se caracteriza por medidas tales como la dispersión de retardo (*Delay Spread*), el cual determina la diferencia de tiempo de los momentos de llegada de la primer componente multitrayecto (típicamente la componente con línea de vista) y la ultima componente multitrayecto de una determinada señal.

³⁸Un sistema DS-CDMA toma ventaja de la multitrayectoria.

de potencia en lazo cerrado significa que el móvil fija su nivel de potencia basado en comandos explícitos recibidos de la red durante toda la comunicación. Tales comandos son basados en medidas realizadas sobre la señal recibida realizadas del lado de la red (INNOVATIONS IN WCDMA., 2008). Los procedimientos generales de control de potencia en lazo abierto y cerrado aparecen en la figura 2.11. El control de potencia en lazo cerrado asegura adicionalmente un uso eficiente de la energía en el terminal móvil, aumentando la duración de su batería entre recargas y un control apropiado del desvanecimiento rápido. Mientras el control de potencia en lazo cerrado realiza pequeños y rápidos ajustes de potencia a modo de un ajuste fino, el control de potencia en lazo abierto define un valor de potencia inicial a modo de ajuste grueso, y su imprecisión en el valor apropiado de potencia se debe a que el desvanecimiento rápido no se encuentra correlacionado entre el UL y DL, dada la separación de frecuencias en este modo de operación.

De manera más específica en el control rápido de potencia en lazo cerrado en el UL, el nodo B estima frecuentemente la SIR y la compara a la SIR objetivo (*Target SIR*) y dependiendo de su valor ordena al UE a través de comandos incrementar o decrementar su nivel de potencia de transmisión. El control rápido de potencia genera 1500 comandos por segundo (1500 Hz), lo que le permite ser más rápido que cualquier cambio significativo en la pérdida en el enlace (Holma y Toskala., 2004).

Existe adicionalmente un control de potencia de lazo externo (*outer loop power control*) el cual ajusta el SIR objetivo en la BS acorde a las necesidades del radioenlace individual y exigencias de una calidad constante (BER y Tasa de Error de Bloque (BLER, *Block Error Rate*))(Holma y Toskala., 2004).

Finalmente el control de potencia asegura que las señales provenientes de los UE lleguen con un nivel igual y constante al nodo B, compensando los efectos de desvanecimiento del canal, como se visualiza de manera general en la figura 2.12.

2.11.2 Traspaso (Handover)

Traspaso (*handover*) es la transferencia de una conexión de usuario de un canal radio a otro (pudiendo ser en la misma celda o en una diferente) (3GPP TR 25.990 V3.0.0., 1999). En WCDMA se definen de manera general dos tipos de traspasos: traspaso suave (*Soft Handover*) y traspaso más suave (*Softer Handover*)(Holma y Toskala., 2004).

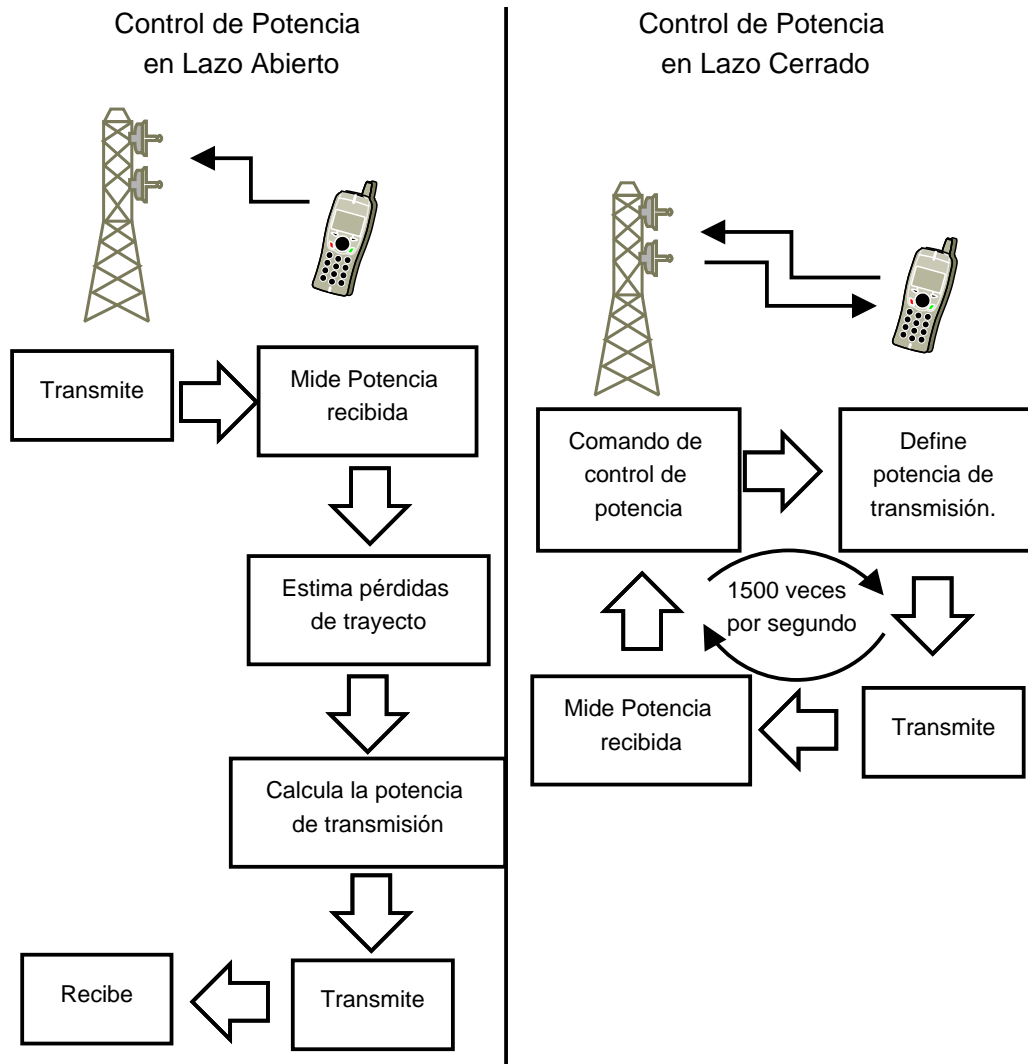


Figura 2.11. Procedimientos Generales de Control de Potencia.

Durante el traspaso más suave, una estación móvil o equipo de usuario se encuentra en el área de traslape de cobertura de dos sectores adyacentes de una misma estación base. La comunicación entre estación móvil y estación base toma lugar concurrentemente a través de dos canales de la interfaz radio, uno por cada sector separadamente. Se requiere en el enlace de bajada el uso de dos códigos diferentes tal que la estación móvil pueda distinguir las señales. Las dos señales son recibidas en la estación móvil por medio del procesamiento *Rake*, de manera similar a la recepción multitrayecto, excepto que las ramas (*fingers*) del receptor necesitan generar el respectivo código para cada sector para la apropiada operación

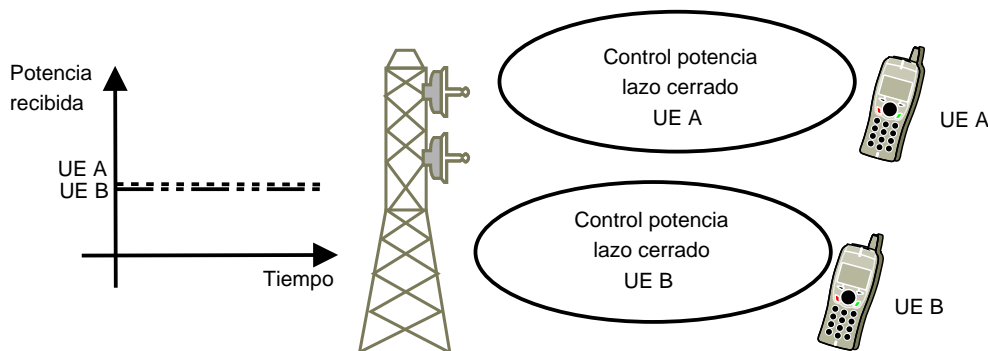


Figura 2.12. Control de Potencia.

de desensanchamiento. En la dirección de subida se realiza un procesamiento similar: el canal de código de la estación móvil es recibido en cada sector, y por lo tanto dirigido al mismo receptor *Rake* bandabase donde se genera una combinación de las señales de relación máxima (MRC³⁹, *Maximal Ratio Combining*). Durante el traspaso más suave solo un lazo de control de potencia por conexión es activo. El traspaso más suave generalmente ocurre en cerca del 5-15% de las conexiones(Holma y Toskala., 2004).

Durante el traspaso suave, una estación móvil o equipo de usuario se encuentra en el área de traslape de cobertura de dos sectores pertenecientes a diferentes estaciones base. Como en el traspaso más suave, la comunicación entre estación móvil y estación base toma lugar concurrentemente a través de dos canales de la interfaz radio de cada estación base separadamente. Como en el traspaso más suave, ambas señales (canales) son recibidas en la estación móvil por procesamiento *Rake* de combinación de relación máxima (MRC). El traspaso suave generalmente ocurre en cerca del 20-40% de las conexiones(Holma y Toskala., 2004).

Desde el punto de vista de la estación móvil, no existe diferencia entre los traspasos suave y más suave. En el enlace de subida, el traspaso suave difiere significativamente del traspaso más suave: el canal código es recibido por las dos estaciones base desde el móvil, y la información recibida es dirigida al RNC para su combinación. El RNC puede seleccionar la mejor trama entre las candidatas(Holma y

³⁹Metodo de diversidad por combinación en el cual: Se suman las señales de todas las ramas y la ganancia de cada rama es proporcional al nivel RMS de la señal e inversamente proporcional al valor cuadrático medio del nivel de ruido en esa rama (La señal en cada rama es multiplicada por un factor de peso que es proporcional a la amplitud de la señal. Señales fuertes son mayormente amplificadas, mientras señales débiles son atenuadas).

Toskala., 2004).

WCDMA define el concepto de Conjunto Activo (AS, *Active Set*) como el conjunto de nodos B a los que un dispositivo de usuario (UE) esta simultáneamente conectado.

WCDMA soporta otros tipos de traspasos: duro⁴⁰ interfrecuencia y duro intersistemas (WCDMA FDD, WCDMA TDD, GSM)(Holma y Toskala., 2004).

⁴⁰Traspaso duro (*Hard handover*) significa que los radio enlaces viejos son removidos una vez nuevos radioenlaces son establecidos

Capítulo 3

Nivel Físico WCDMA

En este capítulo se describe de manera general la arquitectura de los protocolos de la interfaz radio y con mayor detalle se describe el Nivel Físico (PHY, *Physical Layer*) - Nivel 1 (L1, *Layer 1*) de WCDMA (UTRA FDD). El nivel físico de la interfaz radio es un tema principal de discusión cuando se comparan diferentes tipos de tecnologías en sistemas celulares. El nivel físico se encuentra directamente relacionado con el desempeño que puede ser obtenido en un simple enlace entre una estación móvil (UE) y una estación base (nodo B). Para obtener el desempeño general del sistema se deben tener en cuenta los protocolos de otros niveles (e.g. protocolos de traspaso (HO)). Es importante contar con bajos requerimientos de relación señal a interferencia (SIR) para obtener un desempeño aceptable del enlace con diferentes soluciones de diversidad y codificación en el nivel físico, dado que este define los límites fundamentales de capacidad. El nivel físico tiene un gran impacto sobre la complejidad de los equipos de estación base y estación móvil, con respecto al procesamiento a nivel de banda base. El nivel físico en WCDMA no puede ser diseñado alrededor de un único servicio, como por ejemplo voz, requiriendo de mayor flexibilidad para la introducción de servicios futuros (Holma y Toskala., 2004). Las especificaciones del nivel físico de WCDMA modo FDD se encuentran en (3GPP TS 25.211 V8.0.0 , 2008; 3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008; 3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008; 3GPP TS 25.214 V8.1.0 , 2008; 3GPP TS 25.215 V8.0.0 , 2008).

3.1 Arquitectura de Protocolos

La arquitectura general de protocolos de la interfaz radio de WCDMA se encuentra en la figura 3.1 (3GPP TS 25.301 V8.1.0 , 2008). Esta figura solo contiene los protocolos que son visibles en UTRAN. Los niveles definidos sobre el nivel físico son denominados el nivel de enlace de datos (*data link layer*) - Nivel 2 (L2, *Layer 2*) y el nivel de red (*network layer*)-Nivel 3 (L3, *Layer 3*). En la interfaz radio UTRA FDD, el nivel 2 en el plano de control se divide en dos subniveles: Control de Acceso al Medio (MAC, *Medium Access Control*) y protocolo de Control del Enlace Radio (RLC, *Radio Link Control*). En el nivel 2 plano de usuario, adicionalmente a MAC y RLC, existen dos protocolos dependientes del servicio: Protocolo de Convergencia de Paquetes de Datos (PDCP, *Packet Data Convergence Protocol*) y Protocolo de Control de Difusión/Multidifusión (BMC, *Broadcast/Multicast Control Protocol*). El nivel 3 consiste de un protocolo denominado Control de Recursos Radio (RRC, *Radio Resource Control*), el cual pertenece al plano de control.

El nivel físico es el nivel más bajo de la interfaz radio. El subnivel MAC se encarga de la transferencia de datos y reporte de mediciones al RRC (volumen de tráfico). El subnivel RLC provee segmentación para datos de usuario y de control (Los paquetes de datos de diferente tamaño son divididos en más pequeños de manera que se puedan transportar). El nivel RRC es el protocolo más importante en el plano de control, encargado de controlar la configuración de los niveles inferiores (Holma y Toskala., 2004).

El nivel físico ofrece servicios al subnivel MAC vía los canales de transporte que caracterizan la forma en que los datos son transferidos (3GPP TS 25.302 V8.0.0 , 2007). El subnivel MAC a su vez ofrece servicios al subnivel RLC por medio de canales lógicos. Los canales lógicos se caracterizan por el tipo de datos transmitidos. El subnivel RLC ofrece servicios a los niveles superiores vía los Puntos de Acceso al Servicio (SAP, *Service Access Point*), los cuales describen como el subnivel RLC maneja los paquetes de datos y si, por ejemplo, la función de Solicitud de Retransmisión Automática (ARQ, *Automatic Repeat Request*) es utilizada. Sobre el plano de control, los servicios RLC son utilizados por el nivel RRC para transporte de señalización. Sobre el plano de usuario, los servicios RLC son utilizados por los protocolos PDCP o BMC o por funciones del plano de usuario de niveles superiores (e.g. codificadores de voz). Los servicios RLC se denominan Radio Por-

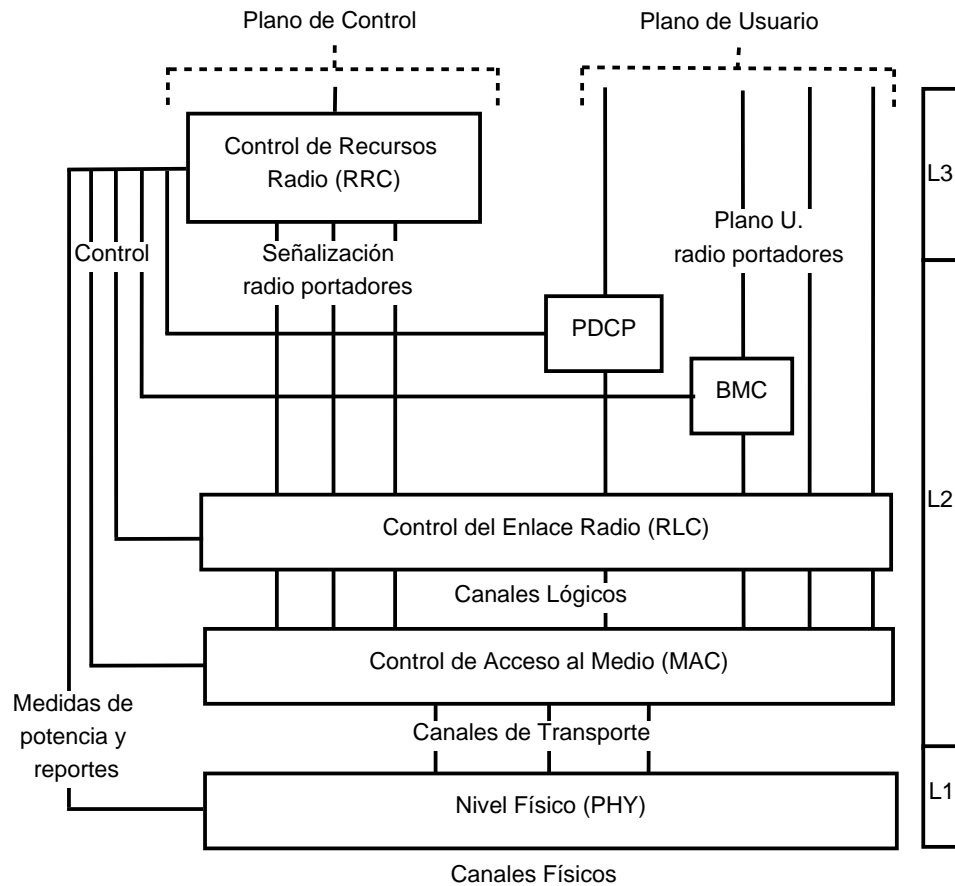


Figura 3.1. Arquitectura de Protocolos de la Interfaz Radio UTRA FDD.

tadores de Señalización (SRB, *Signalling Radio Bearers*) en el plano de control y Portadores Radio (RB¹, *Radio Bearers*) en el plano de usuario para servicios que no utilizan los protocolos PDCP o BMC. El protocolo PDCP solo existe para servicios en el dominio PS. Su principal función es compresión de encabezados. Servicios ofrecidos por PDCP son denominados portadores radio (RB). El protocolo BMC es utilizado para transmitir sobre la interfaz radio mensajes originados en el Centro de Difusión de Celda (CBC, *Cell Broadcast Centre*). En el *Release 99* de las especificaciones 3GPP, el único servicio de difusión especificado es el Servicio de Mensajería Corta (SMS, *Short Message Service*), el cual fue heredado de GSM. El servicio ofrecido por el protocolo BMC se denomina también un portador radio (RB). El nivel RRC ofrece servicios a los niveles superiores por medio de los puntos de acceso al servicio. Toda la señalización de niveles superiores (gestión de movilidad, con-

¹Servicio brindado por el nivel 2 para la transferencia de datos de usuario entre UE y UTRAN.

trol de llamada, gestión de sesión, y demás) son encapsulados en mensajes RRC para su transmisión sobre la interfaz radio. Las interfaces de control entre RRC y los protocolos de niveles inferiores son utilizadas por el nivel RRC para configurar características de las entidades de los protocolos de niveles inferiores, incluyendo parámetros de los canales lógicos, de transporte y físicos. Las mismas interfaces de control son utilizadas por el nivel RRC para enviar comandos a los niveles inferiores para que estos ejecuten ciertos tipos de medidas y para que los niveles inferiores reporten medidas y errores al RRC (Holma y Toskala., 2004).

3.2 Canales Lógicos, de Transporte y Físicos

Los datos generados en niveles superiores son transportados en canales lógicos, luego en canales de transporte y finalmente son mapeados en canales físicos en el nivel físico. Los canales lógicos se dividen en: canales de tráfico y canales de control. Los canales de transporte se dividen en: canales de transporte dedicados y comunes. Conversión de canales lógicos a canales de transporte suceden en el subnivel MAC. El nivel físico debe soportar canales de transporte de velocidad variable para ofrecer servicios de Ancho de Banda bajo Demanda (BoD, *Bandwidth on Demand*) y la capacidad de multiplexar varios servicios en una sola conexión (3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW., 2003; Holma y Toskala., 2004).

Cada canal de transporte es acompañado por un Indicador de Formato de Transporte (TFI, *Transport Format Indicator*). El nivel físico combina la información de los diferentes TFI correspondientes a cada canal de transporte para formar un Indicador Combinado de Formato de Trama (TFCI, *Transport Format Combination Indicator*). El TFCI se transmite en el canal físico de control para informar al receptor cuales canales de transporte se encuentran activos en una trama. El TFCI debe ser apropiadamente decodificado en el receptor y el TFI resultante entregado a los niveles superiores por cada uno de los canales de transporte activos en la conexión. En la figura 3.2 dos canales de transporte son mapeados en un único canal físico (Holma y Toskala., 2004).

Un canal de control físico y uno o más canales de datos físico forman un Canal de Transporte Compuesto Codificado (CCTrCH, *Coded Composite Transport Channel*). Puede existir más de un CCTrCH en una conexión pero únicamente un canal de control de nivel físico. La interfaz entre niveles superiores y el nivel físico no es tan

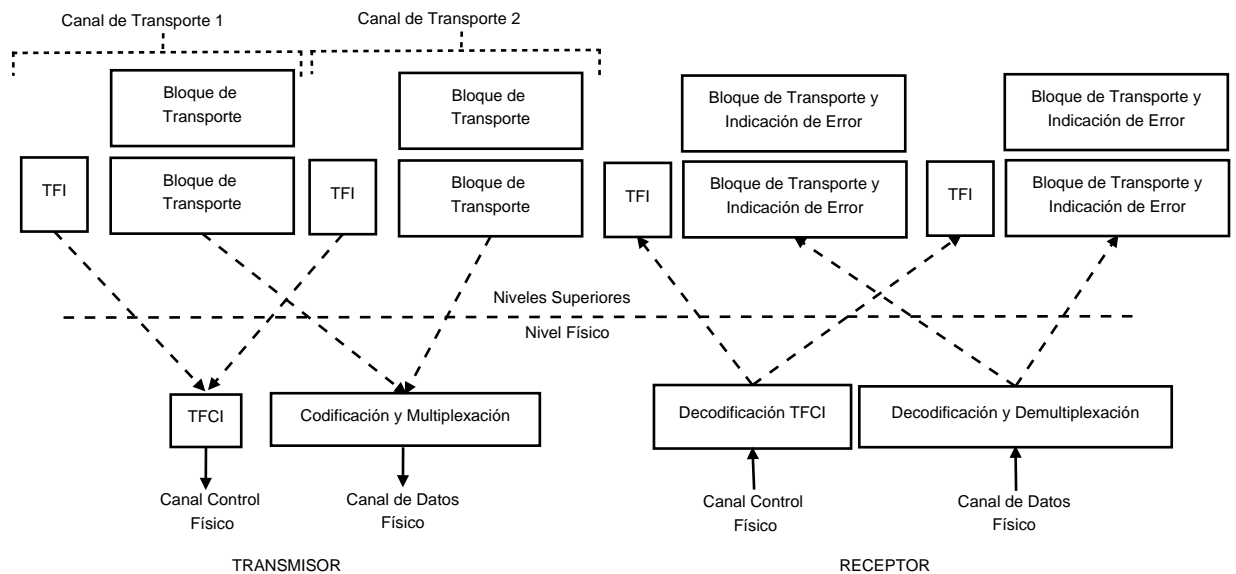


Figura 3.2. Interfaz entre el Nivel Físico y Niveles Superiores.

relevante en terminales móviles, dado que todo toma lugar en un mismo equipo. Desde el lado de la red la división de funciones entre el nivel físico y los niveles superiores es más importante y se implementan en diferentes equipos (Holma y Toskala., 2004).

Los canales lógicos según el *Release 99* con su sentido son (3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW., 2003):

- Canal de Control de Difusión (BCCH, *Broadcast Control Channel*). DL.
- Canal de Control de Notificación (PCCH, *Paging Control Channel*). DL.
- Canal de Control Dedicado (DCCH, *Dedicated Control Channel*). UL/DL.
- Canal de Control Común (CCCH, *Common Control Channel*). UL/DL.
- Canal de Tráfico Dedicado (DTCH, *Dedicated Traffic Channel*). UL/DL.
- Canal de tráfico común (CTCH, *Common Traffic Channel*). Unidireccional (uno a muchos).

Como se mencionó, los canales de transporte se dividen en: canales dedicados y comunes. La principal diferencia entre ellos es que un canal común es un recurso compartido entre todos o un grupo de usuarios en una celda, mientras que un recurso de un canal dedicado, identificado por un determinado código en una determinada frecuencia, es reservado para uso por un único usuario (Holma y Toskala., 2004).

Un Canal de transporte Dedicado (DCH, *Dedicated Channel*) es reservado para un solo usuario y transporta tanto datos del servicio, tales como tramas de voz, como información de control de niveles superiores, tales como comandos de traspaso o reportes de medidas desde el terminal. Los DCH son utilizados tanto en el DL como en el UL. Un canal de transporte dedicado soporta características tales como Control Rápido de Potencia (FPC, *Fast Power Control*), traspaso suave (SHO) y la posibilidad de transmitir a una cierta parte de la celda por medio del uso de sistemas de antenas adaptativos (Holma y Toskala., 2004). El *Release 6* definió el Canal de Transporte Dedicados Mejorado (E-DCH, *Enhanced Dedicated Channel*) que soporta la tecnología HSUPA, la cual permite lograr una alta velocidad de transmisión de datos en el enlace de subida (de hasta 7.2 Mbps), gracias a los procesos de planificación rápida (*Fast Scheduling*) en el nodo B y el protocolo de Solicitud de Retransmisión Automática Híbrido (HARQ, *Hybrid Automatic Repeat Request*).

Los canales comunes no soportan traspaso suave (SHO) y solo algunos de ellos aplican FPC. El uso de canales comunes requiere el uso de señalización dentro de banda para identificar a los terminales a los cuales va dirigida la información. Dentro de los canales de transporte común se encuentran:

- Canal de Difusión (BCH, *Broadcast Channel*). Canal de transporte de alta potencia y baja velocidad de transmisión de datos en el DL que transmite información específica para cada determinada celda, como por ejemplo, los códigos disponibles para acceso aleatorio.
- Canal de Acceso Aleatorio (RACH, *Random Access Channel*). Canal de transporte de baja velocidad y alta potencia en el UL que transmite información de control desde el terminal móvil a la estación base, como por ejemplo, registro del terminal de usuario al momento de encenderlo o ingresar al área de servicio, actualización de localización al cambiar de una locación a otra y solicitudes para establecimiento de llamadas. No soporta FPC.

- Canal de Acceso hacia Adelante (FACH, *Forward Access Channel*). Canal de transporte de baja velocidad de transmisión de datos en el DL que transporta información de control a terminales móviles localizados en una celda determinada. A través de este canal se da respuesta a las solicitudes realizadas por los terminales móviles a través del RACH. No soporta FPC y puede existir más de un FACH por celda.
- Canal de Notificación (PCH, *Paging Channel*). Canal de transporte en el DL que transporta datos relevantes al proceso de notificación, como por ejemplo, cuando la red quiere iniciar una comunicación con un terminal móvil.
- Canal Común de Paquetes en el Enlace de Subida (CPCH, *Uplink Common Packet Channel*). Canal de transporte en el UL, extensión del RACH, que transporta datos de usuario basados en paquetes. Sus transmisiones toman más tiempo que las transmisiones sobre el RACH. Soporta FPC.
- Canal Compartido en el Enlace de Bajada (DSCH, *Downlink Shared Channel*). Canal de transporte en el enlace de bajada que transmite datos de usuario o información de control de manera dedicada o compartida. Este canal soporta FPC y velocidades de transmisión de datos variable trama a trama. El canal DSCH se encuentra Asociado a un DCH.

El *Release 5* definió el Canal Compartido en el Enlace de Bajada de Alta Velocidad (HSDSCH, *High Speed Downlink Shared Channel*) que soporta la tecnología HSDPA, la cual permite lograr una alta velocidad de transmisión de datos en el enlace de bajada (de hasta 14.4 Mbps), gracias a los procesos de planificación rápida (*Fast Scheduling*) en el nodo B y el protocolo HARQ.

Los canales de transporte comunes requeridos para una operación básica de red son: RACH, FACH y PCH. Los canales de transporte opcionales según la red son: DSCH y CPCH (Holma y Toskala., 2004).

Los canales físicos según el *Release 99* son (3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW., 2003; Holma y Toskala., 2004):

- Canal Físico de Control Común Primario (PCCPCH, *Primary Common Control Physical Channel*).

- Canal Físico de Control Común Secundario (SCCPCH, *Secondary Common Control Physical Channel*).
- Canal Físico de Acceso Aleatorio (PRACH, *Physical Random Access Channel*).
- Canal Físico de Datos Dedicado (DPDCH, *Dedicated Physical Data Channel*).
- Canal Físico de Control Dedicado (DPCCH, *Dedicated Physical Control Channel*).
- Canal Físico Compartido en el Enlace de Bajada (PDSCH, *Physical Downlink Shared Channel*).
- Canal Físico Común de Paquetes (PCPCH, *Physical Common Packet Channel*).
- Canal de Sincronización (SCH, *Synchronisation Channel*).
- Canal Piloto Común (CPICH, *Common Pilot Channel*).
- Canal Indicador de Adquisición (AICH, *Acquisition Indicator Channel*).
- Canal Indicador de Notificación (PICH, *Paging Indication Channel*).
- Canal Indicador de Estado CPCH (CSICH, *Status Indication Channel*).
- Canal Indicador de Asignación de Canal/Detección de Colisión (CD/CA-ICH, *Collision Detection/Channel Assignment Indication Channel*).

En la figura 3.3 aparece la relación de mapeo entre canales lógicos, de transporte y físicos (3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW., 2003; Holma y Toskala., 2004).

Existen canales físicos que transportan solo información relevante al nivel físico (no visibles a niveles superiores) tales como: SCH, CPICH y AICH. Si aparece el CPCH son necesarios los canales físicos: CSICH y CD/CA-ICH (Holma y Toskala., 2004).

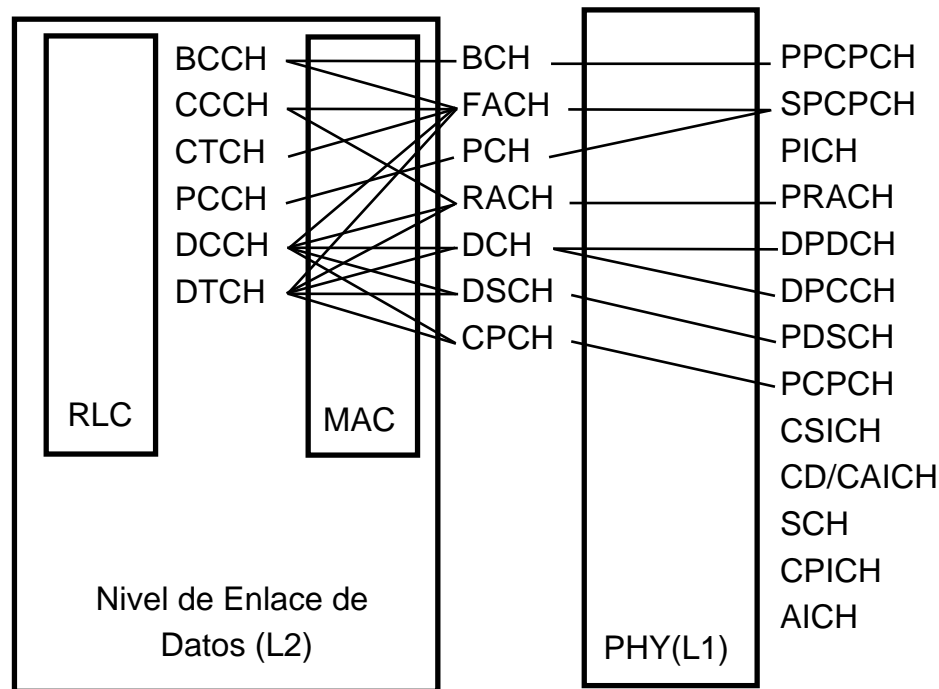


Figura 3.3. Relación de Mapeo entre Canales Lógicos, Canales de Transporte y Canales Físicos.

Un DCH es mapeado en dos canales físicos: El DPDCH lleva información de niveles superiores, incluyendo datos de usuario y el DPCCH que transporta información de control de nivel físico. Los dos canales físicos dedicados soportan son necesarios para soportar eficientemente velocidades de transmisión de datos variables en el nivel físico. La velocidad de transmisión de datos del DPDCH puede cambiar trama a trama, mientras la velocidad de transmisión de datos de DPCCH es fija (Holma y Toskala., 2004).

WCDMA utiliza una estructura de trama básica de 10ms. Existen procedimientos a nivel físico que toman más de 10ms.

3.3 Aleatorización (*Scrambling*)

En adición al ensanchamiento, en el transmisor se lleva el proceso de codificación por aleatorización (*scrambling*) para separar BS o UE(MS) unos de otros. Este proceso se aplica sobre la señal ensanchada y no genera cambio de ancho de banda como el ensanchamiento, permitiendo que señales de diferentes fuentes puedan ser

separadas. Con *scrambling* no importa si los mismos códigos de ensanchamiento² son utilizados por diferentes transmisores, complementando la función de ensanchamiento. La figura 3.4 muestra de manera general que la tasa de chip no es afectada por el proceso de aleatorización (Holma y Toskala., 2004).

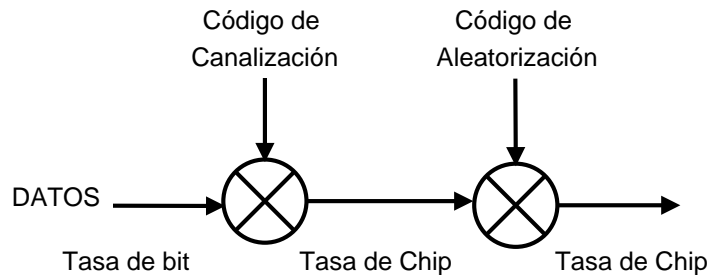


Figura 3.4. Ensanchamiento y Aleatorización.

3.4 Códigos de Canalización

Los códigos de canalización permiten la separación de señales desde una misma fuente de transmisión. Los códigos de ensanchamiento/canalización están basados en la técnica de Factor de Ensanchamiento Variable Ortogonal (OVSF, *Orthogonal Variable Spreading Factor*) (Adachi et al., 1997), la cual permite utilizar códigos con diferente factor de ensanchamiento y diferente longitud, mientras estos mantienen su ortogonalidad. Los códigos son tomados de un árbol de códigos como el que aparece en la figura 3.5. Los códigos son ortogonales si estos se encuentran en distintas ramas (e.g. los que se encuentran en el mismo nivel), lo que define una restricción: si un canal físico utiliza un código de una rama específica, ningún otro canal físico podrá utilizar un código que se encuentre sobre una rama predecesora al código utilizado. El desensanchamiento se logra haciendo uso del factor de desensanchamiento más pequeño cuando el factor de ensanchamiento es variable, teniendo conocimiento de la rama del árbol de códigos que se está utilizando, dado que para ciertas ramas su código de ensanchamiento es igual al código de ensanchamiento de una rama anterior repetido dos o más veces. Los códigos ortogonales en el enlace de bajada en cada nodo B son administrados por el RNC (Holma y Toskala., 2004).

²los códigos de ensanchamiento son los mismos códigos de canalización.

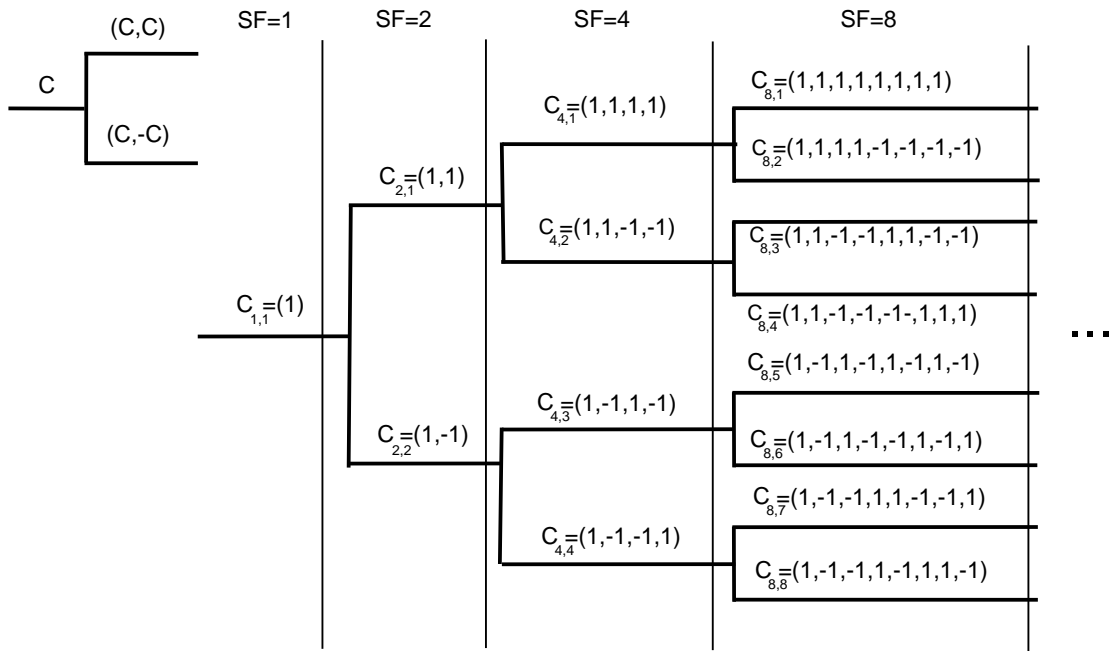


Figura 3.5. Árbol de Códigos de Canalización.

Un árbol de códigos OVSF refleja la construcción de las matrices de Hadamard o de Walsh. Una matriz Hadamard o Walsh es una matriz cuadrada cuyos elementos son +1 o -1 con la propiedad especial que el producto punto de dos filas (o columnas) cualesquiera es igual a cero, por lo tanto mutuamente ortogonales.

Las matrices de Hadamard de dimensión 2^k para $k \in \mathbb{N}$ son dadas por la fórmula recursiva:

$$H(2^0) = \begin{bmatrix} 1 \end{bmatrix} \tag{3.1}$$

$$H(2^1) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \tag{3.2}$$

$$H(2^2) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \tag{3.3}$$

$$H(2^k) = \begin{bmatrix} H(2^{k-1}) & H(2^{k-1}) \\ H(2^{k-1}) & -H(2^{k-1}) \end{bmatrix} \tag{3.4}$$

Las funcionalidades y características de los códigos de ensanchamiento y aleatorización se resumen en la tabla 3.1. De manera general un árbol de códigos es utilizado con un código de aleatorización, lo que permite que diferentes estaciones base y terminales puedan administrar sus árboles de códigos independientemente.

Tabla 3.1. Funcionalidad de Códigos de Ensanchamiento y Aleatorización.

	Códigos de Canali- zación	Códigos de Aleato- rización UL	Códigos de Aleato- rización DL
Tipo	Códigos OVSF	Segmentos de códigos Gold de valor complejo (largo) o códigos de valor complejo S(2) (cortos)	Segmentos de códigos Gold de valor complejo
Longitud	UL:4-256 Chips. DL: 4-512 Chips	38400 chips / 256 chips	38400 chips
Duración	UL:1 μ s - 66.7 μ s. DL:1 μ s - 133.34 μ s	10 ms / 66.67 μ s	10 ms
Número de códigos	Igual al SF. UL:4- 256. DL: 4-512	16777216	512 primarios / 15 secundarios por cada código primario
Ensan- chamiento	Si, incrementa el ancho de banda.	No cambia el ancho de banda	No cambia el ancho de banda
Uso	UL: Separación de DPDCH y DPCCH desde un mismo terminal. DL: Sepa- ración de las cone- xiones a diferentes terminales en una misma celda.	Separación de ter- minales	Separación de sec- tores (celdas)

3.5 Ensanchamiento y Modulación en el Enlace de Subida

En el UL los dos canales de transporte dedicados de datos y de control no son multiplexados en el tiempo, sino multiplexados por codificación I-Q (modulación QPSK de doble canal), lo que significa que en un modulador IQ el DPDCH va por la rama en fase (I) y el DPCCH va por la rama en cuadratura (Q) del modulador IQ, en conjunto una modulación QPSK. Desde el punto de vista de solo el canal de datos o solo el canal de control la modulación es BPSK (Codificación por Cambio de Fase Binario, *Binary Phase Shift Keying*).

Se debe tener en cuenta que el proceso realizado es de modulación directa. Los canales DPDCH y DPCCH hacen que cambie la fase de una portadora de alta frecuencia y de amplitud constante, de la misma manera en la que los canales mencionados están cambiando. La modulación implica un traslado en frecuencia y como tal implica un traspaso de las señales de Banda Base (BB, *Base Band*) a Pasa Banda (PB, *Pass Band*).

A nivel de simulación, y por las exigencias computacionales que representa visualizar adecuadamente señales de alta frecuencia en sistemas de simulación de eventos discretos³, todo el proceso de simulación se realiza a nivel de banda base, incluyendo la modulación, donde esta última no implica un traslado en frecuencia, sino la generación de un número complejo (representación de un símbolo en el plano IQ) que indica de que manera debe cambiar la amplitud y la fase de la portadora de alta frecuencia. Este método se denomina representación de envolvente compleja⁴.

Los niveles de potencia de DPDCH y DPCCH son diferentes, especialmente si la velocidad de transmisión de datos se incrementa, y esto puede llevar en un caso extremo a una transmisión BPSK. Para evitar este problema, la amplitud del canal de transporte DPCCH después del ensanchamiento es multiplicado en la rama Q por \sqrt{G} , donde G es un factor de ganancia relativo entre DPDCH y DPCCH. Este proceso se complementa al multiplicar la señal IQ por un código de aleatorización complejo, como se observa en la figura 3.6. En la figura reffig:muxIQ también se puede observar que en UL se utilizan los códigos de ensanchamiento/canalización

³Para la visualización o representación de manera adecuada de cualquier tipo de señal, se debe cumplir el Teorema del Muestreo de Nyquist, el cual dice que la frecuencia de muestreo (f_s) debe ser al menos 2 veces la frecuencia más alta de la señal mensaje (f_m) o señal a analizar.

⁴Método que será explicado con mayor detalle más adelante

para separar los canales de datos del canal de control, tal como se había mencionado en la tabla 3.1.

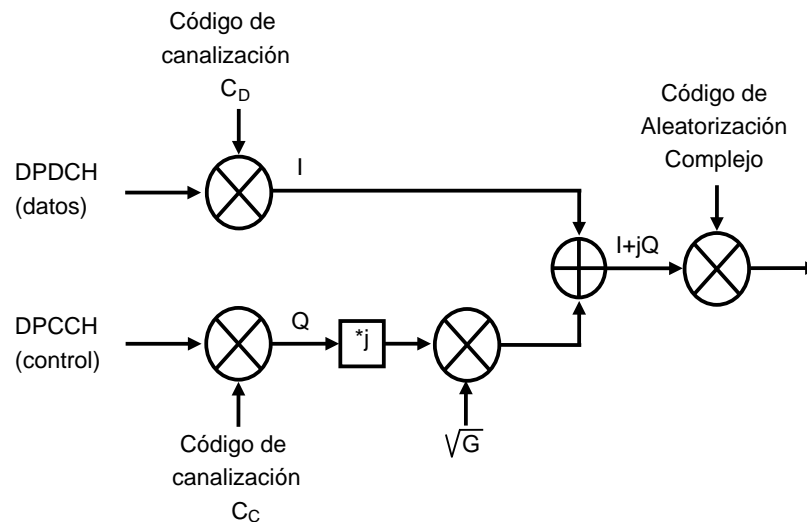


Figura 3.6. Multiplexación IQ con Aleatorización Compleja.

Como se ha mencionado WCDMA habilita desde un mismo terminal la transmisión multicódigo, canales de datos y control paralelos, lo que permite a un terminal lograr mayores velocidades de transmisión de datos. El código de canalización utilizado por el DPCCH no puede ser utilizado como otro código de canal aún sobre una rama I-Q diferente, debido a que la separación de canales no se realiza hasta que se haya detectado el canal DPCCH y se haya estimado el comportamiento del canal. Por ejemplo, para un factor de ensanchamiento 4 (existen 4 códigos disponibles por rama. Ver tabla 3.1) solo hay disponibilidad de utilizar para DPDCH 6 códigos, dado que uno es asignado al DPCCH y no puede ser utilizado en ninguna otra rama, como se visualiza en la figura 3.7 (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008). El factor de ensanchamiento puede cambiar trama por trama en el UL. El terminal móvil (UE) provee la información sobre la velocidad de transmisión de datos sobre el TFCI en el DPCCH, lo que facilita la detección del DPDCH con factor de ensanchamiento variable (Holma y Toskala., 2004).

Después de obtener la secuencia compleja, posterior a los procesos de ensanchamiento, Multiplexación IQ y aleatorización, la señal compleja resultante se separa en sus componentes real e imaginaria, para que sobre estas secuencias de alta

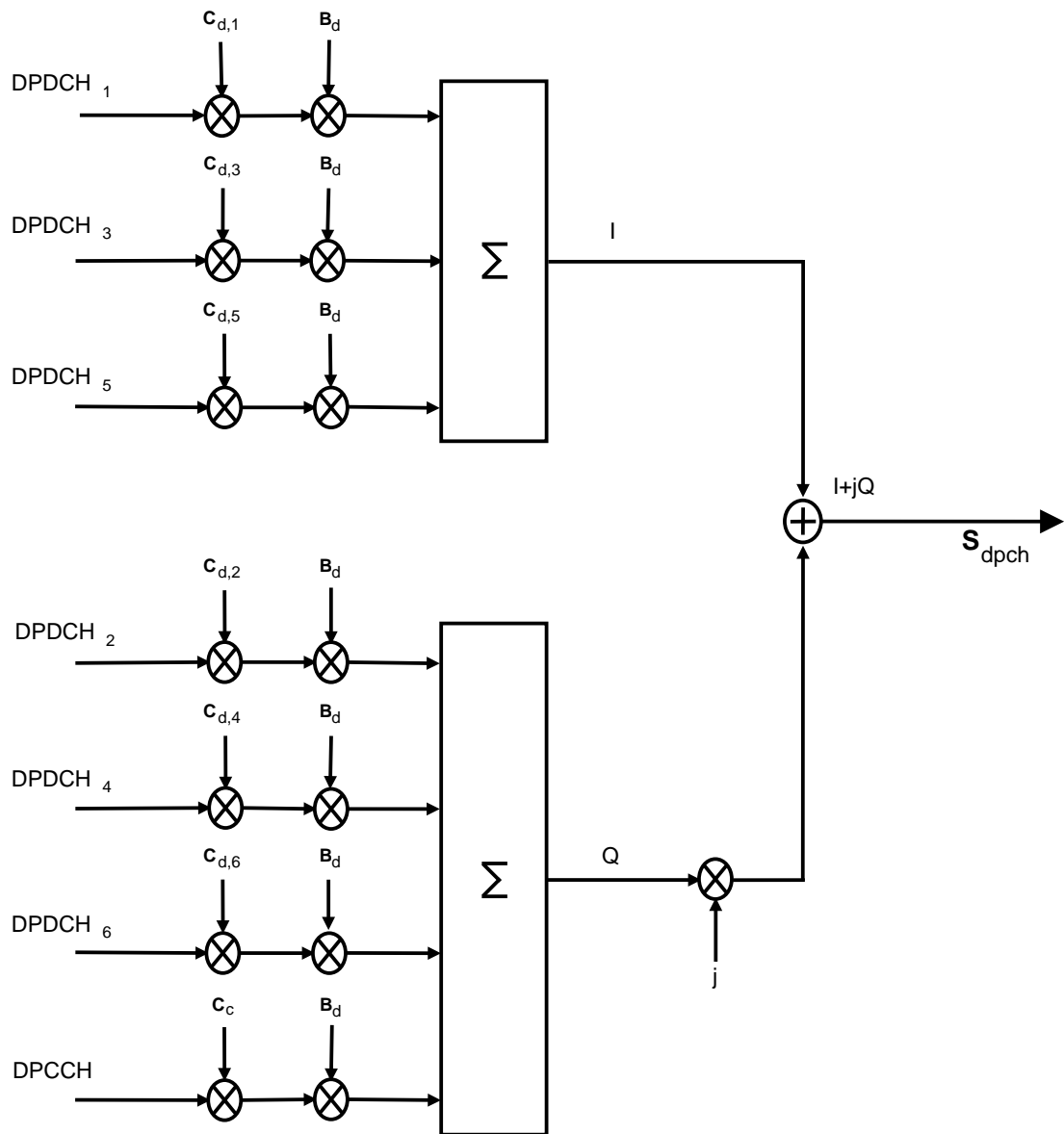


Figura 3.7. Ensanchamiento de DPCCH/DPDCHs en el Enlace de Subida.

velocidad se aplique los procesos de conformación de pulsos (*Pulse Shaping*⁵). En WCDMA el método que da forma a los pulsos es el filtro de raíz de coseno alzado (*Root Raised Cosine Filter*) con un factor *roll-off* de 0.22, antes de multiplicar las componentes en fase y en cuadratura por las señales coseno y seno de alta fre-

⁵Conformación de pulsos es el proceso de cambiar la forma de onda de los pulsos transmitidos por medio de filtrado. Su propósito es hacer que la señal transmitida se adecue de mejor manera al canal de comunicaciones limitando el ancho de banda efectivo de transmisión. Filtrando los pulsos transmitidos de esta manera, la Interferencia Intersimbólica (ISI, Intersymbol Interference) generada por el canal se mantiene bajo control.

cuencia respectivamente (la generación de la modulación propiamente dicha), cuya suma de resultados genera la señal de radiofrecuencia, como se muestra en la figura 3.8 (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008; Holma y Toskala., 2004).

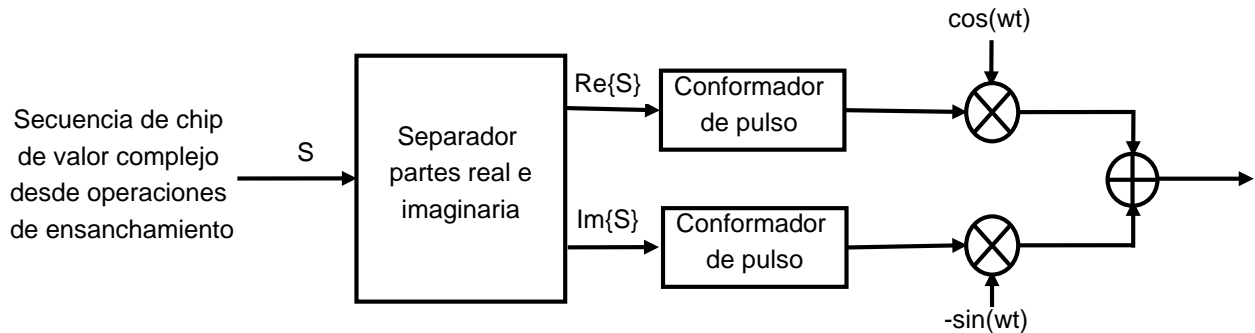


Figura 3.8. Modulación en el Enlace de Subida.

3.6 Ensanchamiento y Modulación en el Enlace de Bajada

La modulación en el enlace de bajada es QPSK. En las últimas versiones o *Releases* de WCDMA se ha especificado el uso de esquemas de modulación de mayor orden, tales como 16 QAM y 64 QAM, los que permiten en ciertos escenarios y condiciones lograr altas velocidades de transmisión de datos.

En el enlace de bajada los flujos de control y datos son multiplexados en el tiempo. La multiplexación en el tiempo no se utiliza en el UL debido a la interferencia audible generada por la transmisión discontinua (DTX, *Discontinuous Transmission*). En el DL los canales comunes tienen transmisión continua y las ramas I y Q tienen igual potencia. El ensanchamiento de manera general es el mismo que en el UL. El árbol de códigos bajo un único código de aleatorización es compartido por varios usuarios. Un código de aleatorización y un árbol de códigos son utilizados por sector. El número de códigos de canalización/ensanchamiento disponibles (bajo el mismo código de aleatorización) es igual al factor de ensanchamiento. En el DSCH, el factor de ensanchamiento es variable trama a trama. En la operación trama a trama, el DPCCH contiene el TFCI, el cual informa al receptor el código de ensanchamiento utilizado, como también otros parámetros del DSCH. La operación

de ensanchamiento incluye un mapeador de modulación (QPSK, 16QAM, 64 QAM) seguido por la etapa de canalización (el mismo código en las ramas I y Q), la etapa de combinación IQ y una etapa de aleatorización (excepto para el canal SCH), tal como se muestra en la figura 3.9 (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008).

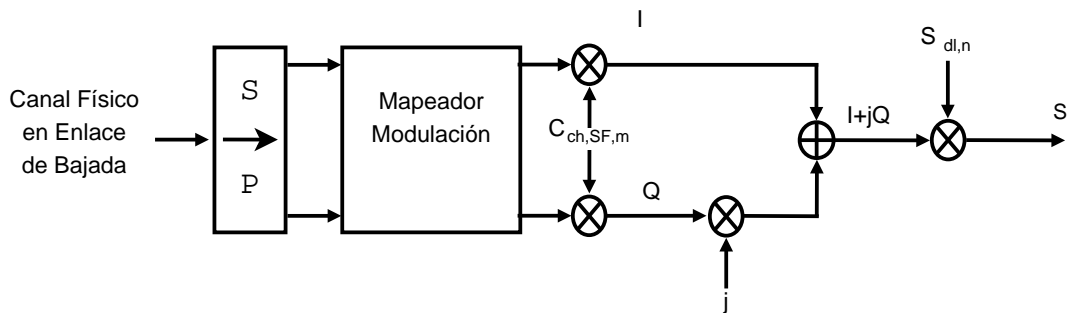


Figura 3.9. Ensanchamiento y Aleatorización en el Enlace de Bajada.

La figura 3.10 muestra como diferentes canales físicos se combinan en el DL formando una señal compleja para su transmisión y la figura 3.11 muestra los procesos de conformación de pulsos, separación en componentes I y Q de la señal compleja y su posterior proceso de modulación y combinación (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008).

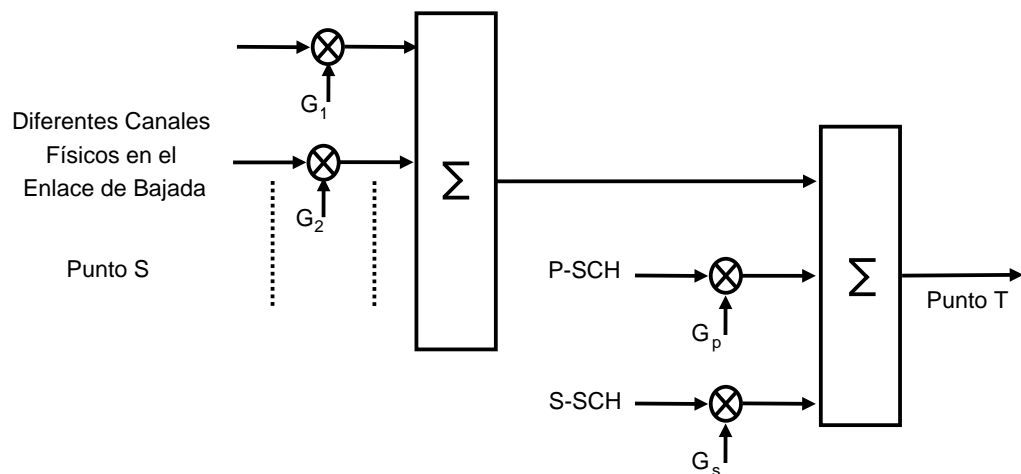


Figura 3.10. Combinación de Canales Físicos en el Enlace de Bajada.

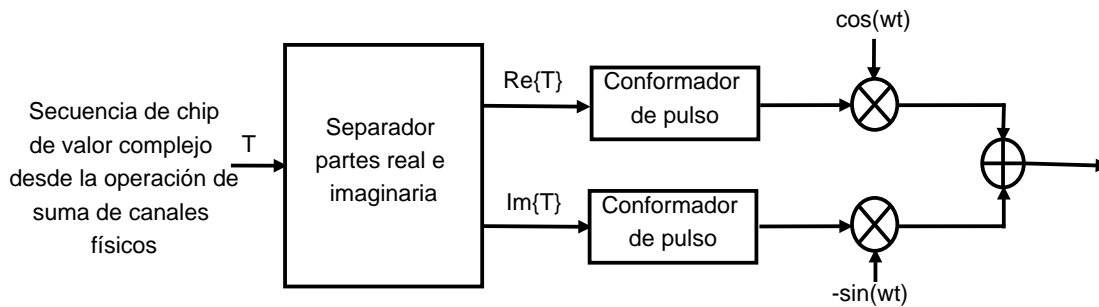


Figura 3.11. Modulación en el Enlace de Bajada.

3.7 Transmisión de Datos de Usuario

3.7.1 Canal Dedicado en el Enlace de Subida

En el UL se multiplexan en el dominio IQ los datos de usuario y la información de control de nivel físico. La información de control de nivel físico se transporta en el DPCCH con un factor de ensanchamiento fijo igual a 256. La información de niveles superiores incluyendo información de usuario se transporta en un DPDCH con un factor de ensanchamiento variable entre 4 y 256. La transmisión en el UL consiste de uno o más DPDCH y un solo DPCCH. El factor de ensanchamiento utilizado por el DPDCH es informado de manera continua en el DPCCH por el TFCl. La figura 3.12 muestra la estructura del canal dedicado en el enlace de subida (3GPP TS 25.211 V8.0.0, 2008).

El DPCCH en el UL consta de 15 ranuras de tiempo que conforman una trama de 10ms, lo equivalente a 38400 chips. Por lo tanto cada ranura de tiempo va a tener una duración de $666\mu\text{s}$, lo equivalente a 2560 chips y teniendo en cuenta que el factor de ensanchamiento es fijo y es igual a 256, una ranura es equivalente a 10 bits para el DPCCH. Cada ranura contiene 4 campos:

- Bits pilotos. Permiten la estimación del comportamiento del canal en el receptor.
- Indicador Combinado de Formato de Trama (TFCl).
- Control de Potencia de Transmisión (TPC). Comandos de control de potencia para el DL.

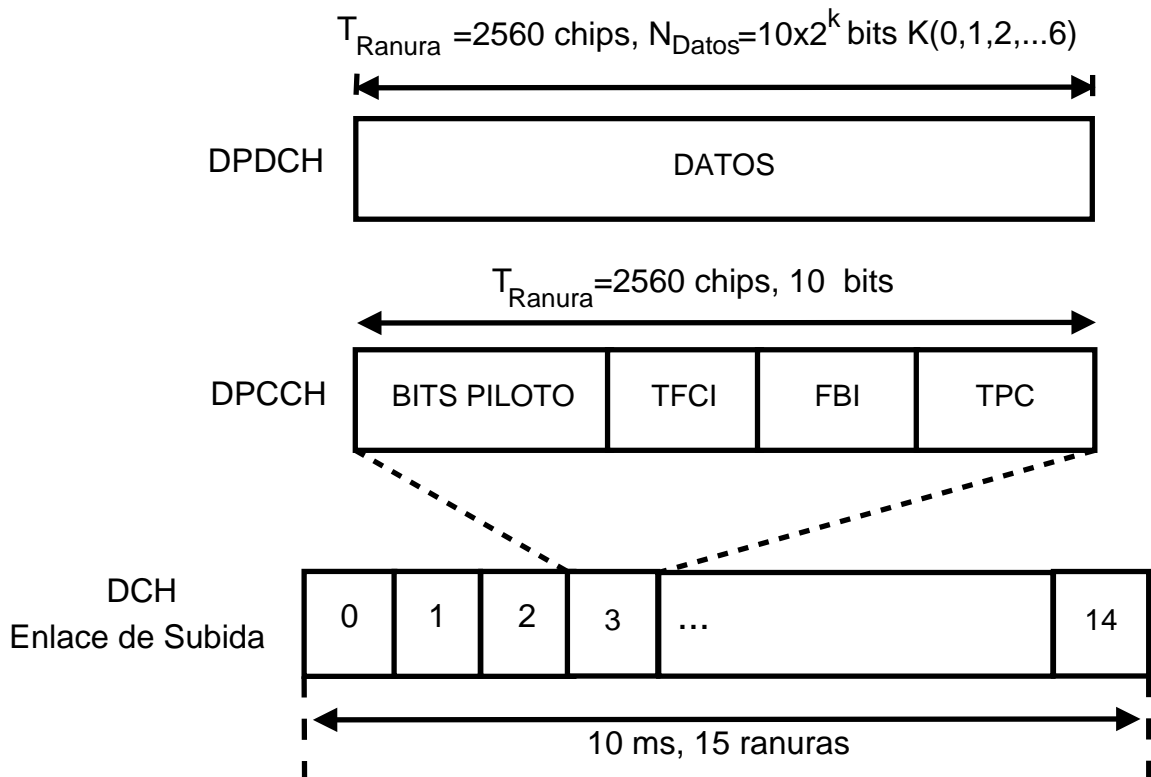


Figura 3.12. Estructura del Canal Dedicado en el Enlace de Subida.

- Bits de Información Realimentados (FBI, *Feedback Information Bits*). Cuando se utiliza diversidad de transmisión en el DL.

Los diferentes formatos y características de las ranuras de tiempo y campos de los canales dedicados de datos (DPDCH) y control (DPCCH) aparecen en las tablas 3.2 y 3.3 (3GPP TS 25.211 V8.0.0, 2008).

Es beneficioso transmitir un solo DPDCH siempre que sea posible. La transmisión multicódigo incrementa la Relación Pico Promedio (PAR, *Peak Average Ratio* o Factor de Cresta (*Crest Factor*)), lo cual reduce la eficiencia del amplificador de potencia. Teniendo en cuenta el canal DPDCH la máxima velocidad de un usuario con un código de ensanchamiento/canalización es de 960 Kbps (SF=4). Teniendo en cuenta la codificación de canal la máxima velocidad para un solo código se encuentra entre 400-500 Kbps. Para lograr mayores velocidades de transmisión de datos se utiliza la transmisión multicódigo, y en el caso de un factor de ensanchamiento igual a 4, como ya se había mencionado anteriormente, se puede contar con 6 códigos, lo que permitiría obtener una velocidad teórica de 5760Kbps(6x960Kbps), lo que

Tabla 3.2. Campos DPDCH.

Formato IT	Velocidad de Bit (Kbps)	Velocidad de Simbolo (Ksps)	SF	Bits/trama	Bits/IT
0	15	15	256	150	10
1	30	30	128	300	20
2	60	60	64	600	40
3	120	120	32	1200	80
4	240	240	16	2400	160
5	480	480	8	4800	320
6	960	960	4	9600	640

Tabla 3.3. DPCCH.

Formato IT #i	Velocidad de Bit (Kbps)	Velocidad de Simbolo (Ksps)	SF	Bits/trama	Bits/IT	N_{piloto}	N_{TPC}	N_{TFCI}	N_{FBI}	ITs transmitidos por trama radio
0	15	15	256	150	10	6	2	2	0	15
0A	15	15	256	150	10	5	2	3	0	10-14
0B	15	15	256	150	10	4	2	4	0	8-9
1	15	15	256	150	10	8	2	0	0	8-15
2	15	15	256	150	10	5	2	2	1	15
2A	15	15	256	150	10	4	2	3	1	10-14
2B	15	15	256	150	10	3	2	4	1	8-9
3	15	15	256	150	10	7	2	0	1	8-15
4	15	15	256	150	10	6	4	0	0	8-15

se traduce en una velocidad efectiva de 2870 Kbps, con una tasa de codificación de canal de 1/2, la cual es una velocidad superior a la velocidad máxima objetivo definida en el *Release 99* de 2048 Kbps. La tabla 3.4 Resume las velocidades de transmisión de datos que pueden ser alcanzadas por el canal DPDCH y la velocidad efectiva de transmisión de datos de usuario aproximada considerando una tasa de codificación de canal de 1/2.

Tabla 3.4. Velocidades de Transmisión de Datos DPDCH en el Enlace de Subida.

Factor de Ensanchamiento (SF) DPDCH	Velocidad de Bit (Kbps)	Velocidad de Bit (Kbps) de usuario con tasa de codificación 1/2 (aprox.)
256	15	7.5
128	30	15
64	60	30
32	120	60
16	240	120
8	480	240
4	960	480
4, con 6 códigos en paralelo	5740	2870

3.7.2 Multiplexación en el Enlace de Subida

En el enlace de subida los servicios son multiplexados dinámicamente, tal que el flujo de datos es continuo, excepto cuando la velocidad de transmisión de datos es igual a cero. Los símbolos en el DPDCH son enviados con igual potencia para todos los servicios, lo que implica el ajuste por medio de la multiplexación y la codificación de las velocidades relativas de los diferentes servicios. La adaptación de velocidades (*rate matching*) en la figura 3.13, se utiliza en las operaciones de balanceo de calidad de diferentes servicios en un DPDCH. En el enlace de subida, dentro del DPDCH, no existen posiciones fijas para los diferentes servicios. La multiplexación en el enlace de subida es realizada en 11 pasos, como se muestra en la figura 3.13.

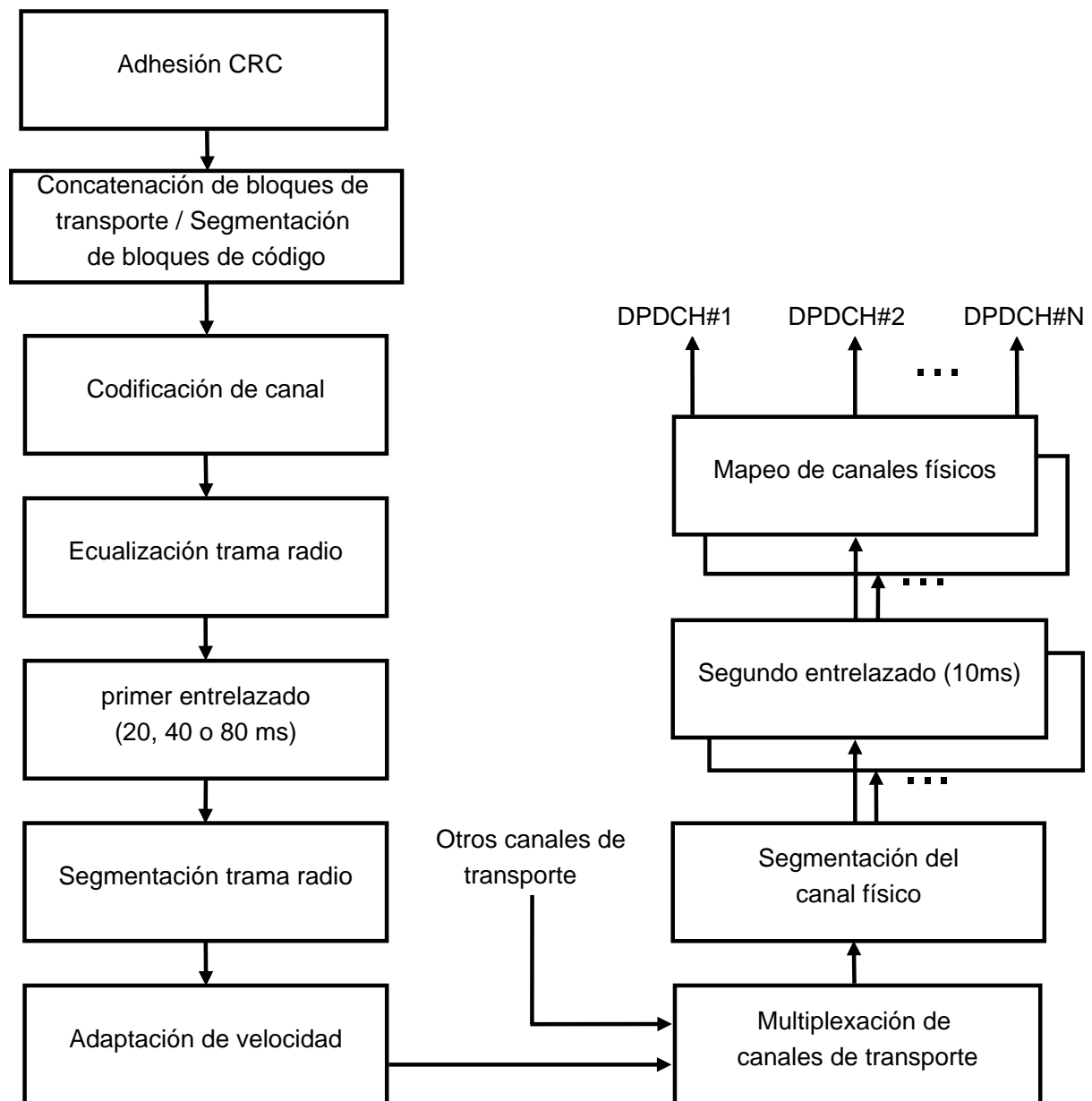


Figura 3.13. Multiplexación en el Enlace de Subida y Cadena de Codificación de Canal.

Después de recibir un bloque de transporte de los niveles superiores, la primer operación es la adhesión de los bits de Verificación de Redundancia Cíclica (CRC, *Cyclic Redundancy Check*), bits que permiten la detección de errores en el extremo receptor. La longitud del CRC puede ser de 0, 8, 12, 16 y 24 bits. El nivel físico entrega el bloque de transporte a los niveles superiores junto con la indicación de error de la verificación del CRC. Posteriormente la concatenación o segmentación

de los bloques de transporte depende si los bloques de transporte encajan en la medida del bloque para la codificación de canal. Continúa con el proceso de codificación de canal. La ecualización de la trama radio asegura que los bloques puedan ser divididos en bloques iguales cuando se transmiten sobre más de una trama de 10ms, para ello se utilizan procedimientos de relleno (*padding*). El primer entrelazado permite un entrelazado mayor a 10ms(entrelazado inter-trama), por lo tanto la longitud del primer entrelazado puede ser igual a: 20, 40 o 80ms. El periodo de entrelazado se encuentra directamente relacionado al Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI⁶, *Time Transmission Interval*). Si se utiliza el primer entrelazado, la segmentación de trama distribuye los datos provenientes en 2, 4 u 8 tramas consecutivas (dependiendo del TTI). La adaptación de velocidad (*rate matching* adapta el número de bits transmitidos a los espacios disponibles en una trama por medio del proceso denominado perforación (*puncturing*⁷) o repetición. En el enlace de subida se prefiere el proceso de repetición y este es un proceso dinámico que se define trama a trama. Los diferentes canales de transporte son multiplexados juntos por el proceso de multiplexación de canales de transporte. Cada canal de transporte provee los datos en bloques de 10ms para la multiplexación. En caso de que se utilice más que un canal físico (código de ensanchamiento), la segmentación del canal físico es utilizada. El segundo entrelazado se realiza dentro de las tramas de 10ms (entrelazado intra-tramas), con un entrelazado a 30 columnas, el cual es aplicado separadamente para cada canal físico. La salida se mapea directamente al canal físico.

Tablas y diagramas más detallados de la multiplexación y codificación en el enlace de subida se pueden encontrar en el Apéndice A. Los parámetros y valores de requerimientos en el enlace de subida se pueden encontrar en el Apéndice B.

⁶TTI, es un parámetro en WCDMA(UMTS) relacionado al encapsulamiento de datos desde niveles superiores en tramas para su transmisión sobre el enlace radio. TTI se refiere a la medida de los bloques de datos que pasan de los niveles superiores al nivel de enlace radio. TTI indica que tan a menudo llega información de los niveles superiores al nivel físico.

⁷En teoría de codificación, perforación es el proceso de remover algunos de los bits de paridad después de la codificación de canal con códigos correctores de errores. Esto tiene el mismo efecto de codificar con un código corrector de errores a una mayor tasa de codificación, o menor redundancia. El mismo decodificador puede ser utilizado sin importar cuantos bits han sido perforados, esto incrementa la flexibilidad del sistema y no su complejidad. También puede ser entendida la perforación como el proceso de adicionar bits para ajustar la velocidad de transmisión de datos de un flujo binario en particular.

3.7.3 Canal Dedicado en el Enlace de Bajada

El DCH es transmitido sobre el DPCH en el enlace de bajada, el cual aplica multiplexación en el tiempo para la información de control (DPCCH) y los datos de usuario (DPDCH), tal como se observa en la figura 3.14.

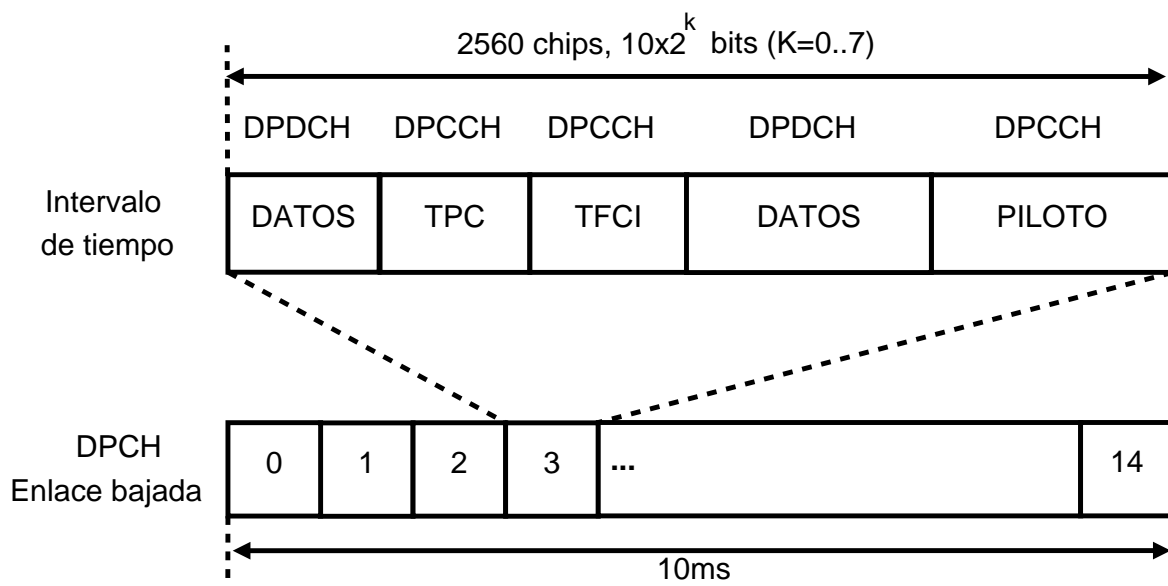


Figura 3.14. Multiplexación de datos y control en el DPCH en el Enlace de Bajada.

El factor de ensanchamiento se define para la velocidad de transmisión de datos más alta y no cambia trama por trama. Si el TFCI no está presente en la ranura de tiempo, los bits DPDCH tienen posiciones fijas en la trama. Como el factor de ensanchamiento es fijo, las velocidades bajas son implementadas con transmisión discontinua (DTX). La DTX se define en cada ranura (1500 veces por segundo). La cadena de multiplexación en el enlace de bajada de la figura 3.15 es impactada por la DTX, cuya indicación se inserta antes del primer entrelazado.

En el enlace de bajada el factor de ensanchamiento puede tomar valores de 4 a 512, con restricciones en el uso del factor de ensanchamiento igual a 512 para SHO⁸. Las modulaciones causan diferencias entre las velocidades en los enlaces de bajada y subida. Mientras el DPDCH en el enlace de subida consiste de símbolos BPSK (1bit/símbolo), el DPDCH en el enlace de bajada consiste de símbolos QPSK

⁸Tal factor de ensanchamiento es utilizado generalmente para proveer información sobre el control de potencia, y es muy baja la probabilidad que un usuario con un factor de ensanchamiento igual a 512 se encuentre en SHO.

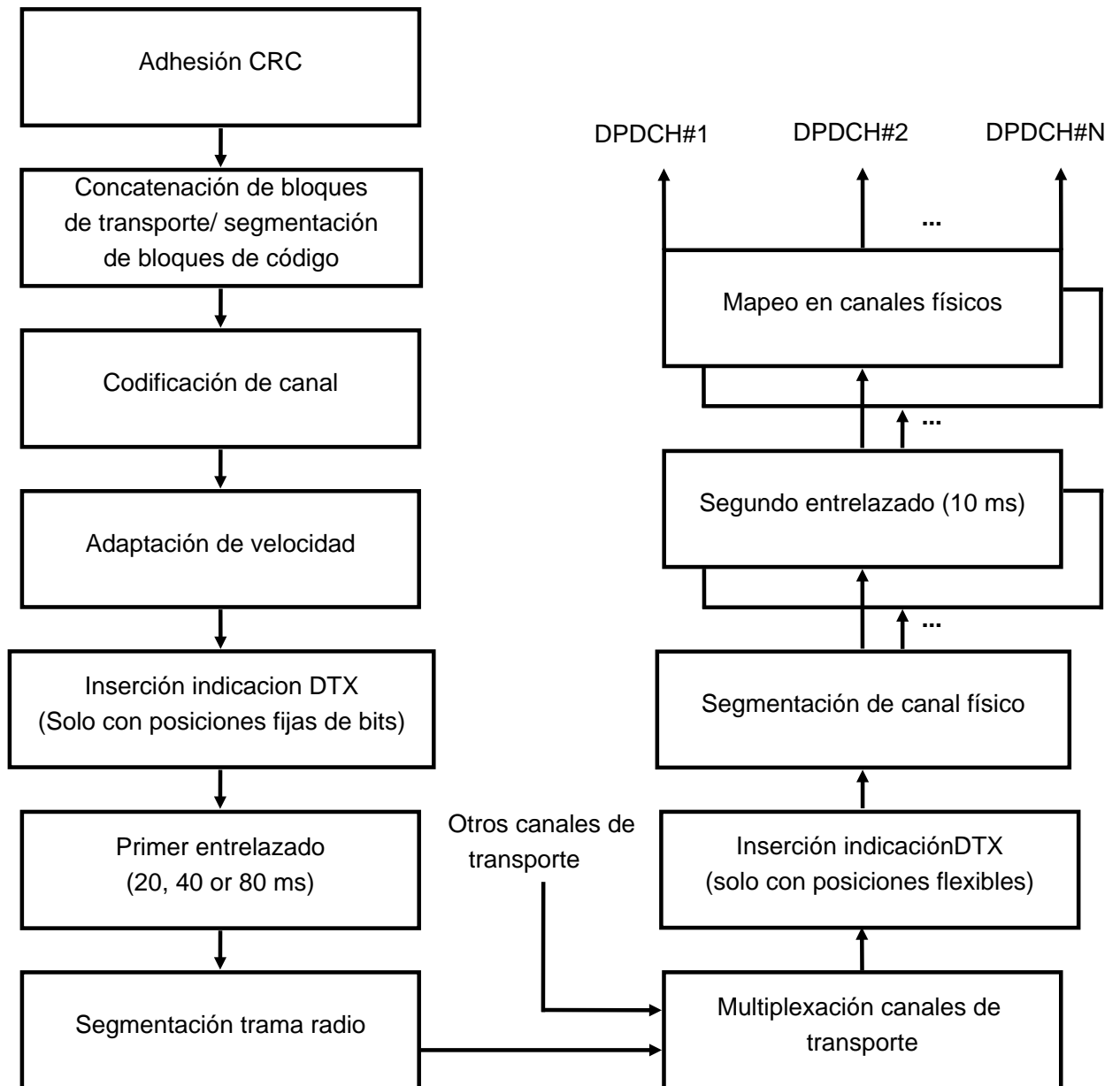


Figura 3.15. Multiplexación en el Enlace de Bajada y Cadena de Codificación de Canal.

(2bit/símbolo). El uso del mismo factor de ensanchamiento en los enlaces de subida y bajada hace que se obtenga el doble de velocidad de transmisión de datos en el enlace de bajada en comparación con el enlace de subida. Las velocidades de transmisión de datos del canal físico dedicado (DPCH) en el enlace de bajada aparecen en la tabla 3.5.

El DPCH en el enlace de bajada puede utilizar diversidad de transmisión en lazo

Tabla 3.5. Velocidades de Transmisión de Datos Canal Dedicado (DPCH) en el Enlace de Bajada.

Factor de Ensanchamiento	Velocidad de Simbolo DPCH (Ksps)	Velocidad de Bit DPCH (Kbps)	Rango de velocidad DPDCH (Kbps)	Máxima velocidad de transmisión de datos (Kbps) con codificación 1/2 (aprox)
512	7.5	15	3-6	1-3
256	15	30	12-24	6-12
128	30	60	42-51	20-24
64	60	120	90	45
32	120	240	210	105
16	240	480	432	215
8	480	960	912	456
4	960	1920	1872	936
4, con 3 códigos paralelos	2880	5760	5616	2800

abierto o cerrado para obtener un mejor desempeño. El principio de diversidad de transmisión en lazo abierto se presenta en la figura 3.16 donde la información es codificada para transmitirla por dos antenas. Este método es denotado en las especificaciones 3GPP como Diversidad en Transmisión por codificación Espacio Temporal (STTD, *Space Time Transmit Diversity*). Otra posibilidad es el uso del modo de diversidad en transmisión con realimentación, donde la señal es transmitida desde dos antenas basado en la información de realimentación desde el terminal (Holma y Toskala., 2004).

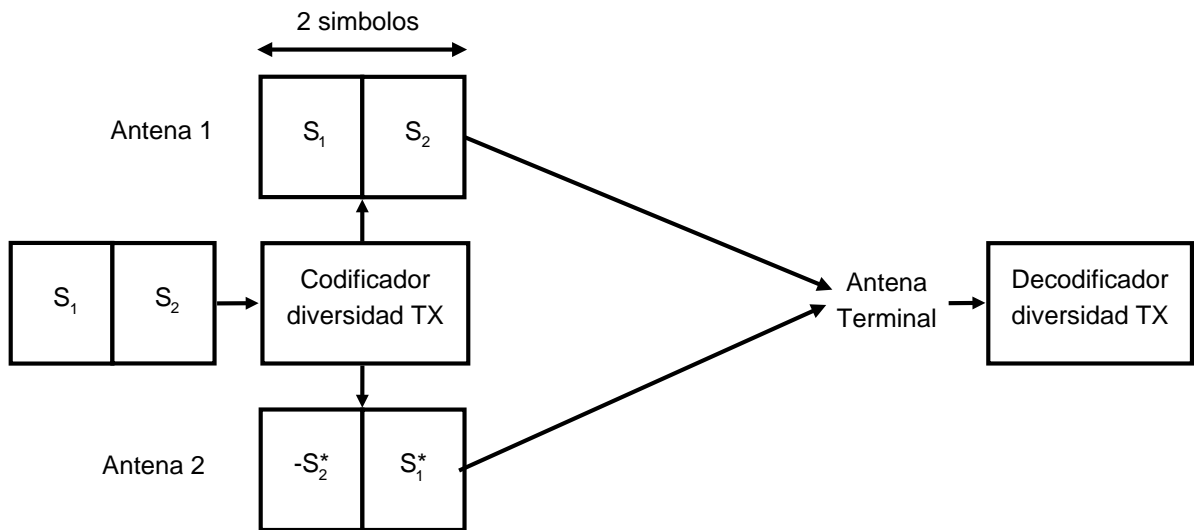


Figura 3.16. Diversidad en Transmisión de Lazo Abierto.

3.7.4 Multiplexación en el Enlace de Bajada

La multiplexación en el enlace de bajada de manera general es similar a la del enlace de subida (ver figura 3.15) pero algunas funciones son realizadas de manera diferente. De igual manera que en el enlace de subida el entrelazado se realiza en dos etapas: inter-trama e intra-trama. La adaptación de velocidad permite balancear la energía por símbolo requerida para diferentes calidades de servicio. Los servicios pueden ser mapeados en más de un código, si la capacidad que ofrece un único código no es suficiente. Existen diferencias en la forma en que se realiza la adaptación de velocidad y la segmentación. La utilización de posiciones fijas o variables de bit determina el punto de inserción del indicador de DTX. El uso de posiciones fija significa que los campos en el canal de transporte siempre utilizarán las mismas posiciones y que cuando exista una disminución en la velocidad de transmisión de datos se utiliza los indicadores de DTX. El uso de posiciones fijas se encuentra relacionado al posible uso de la detección de la velocidad de transmisión de datos y el formato de transmisión utilizado dado que el campo TFCI no fue transmitido (*blind rate detection*). Con posiciones de bit flexibles es diferente ya que los bits no utilizados por un servicios serán asignados a otros servicios. Los bits del indicador de DTX no son transmitidos por el aire; ellos solo son insertados para informar al transmisor en cuales posiciones de bit el transmisor debe ser apagado. (Holma y Toskala., 2004).

Tablas y diagramas más detallados de la multiplexación y codificación en el enlace de bajada se pueden encontrar en el Apéndice A. Los parámetros y valores de requerimientos en el enlace de bajada se pueden encontrar en el Apéndice B.

3.8 Codificación de Canal para Datos de Usuario

En UTRA han sido definidos dos métodos de codificación de canal. Codificación convolucional con tasas de codificación 1/2 y 1/3 para bajas velocidades de transmisión de datos y codificación turbo con tasa de codificación 1/3 para altas velocidades de transmisión de datos, la cual logra un alto desempeño cuando se transmiten grandes bloques de datos (Holma y Toskala., 2004).

La codificación convolucional se basa en una longitud de restricción igual a 9 con el uso de bits de cola. El método de codificación/decodificación turbo se basa en el método de Códigos Convolucionales Concatenados Paralelos (PCCC, *Parallel Concatenated Convolutional Code*) de 8 estados (Holma y Toskala., 2004).

La máxima medida de un bloque de datos de información ha sido limitado a 5114 bits para codificación turbo. La mínima medida de un bloque de datos de información es 320 bits para codificación de canal (Holma y Toskala., 2004).

3.9 Codificación de Canal para TFCI

El TFCI puede transportar de 1 a 10 bits de información relacionada al formato de transporte. La codificación se basa en el uso de códigos Reed-Muller de segundo orden, perforado de 32 a 30 bits, transportando hasta 10 bits de información. La codificación TFCI se visualiza en la figura 3.17 (Holma y Toskala., 2004).

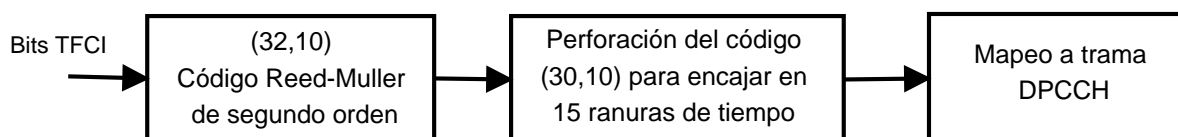


Figura 3.17. Codificación de Canal para TFCI.

3.10 Señalización

Para propósitos de señalización una gran cantidad de información necesita ser transmitida entre la red y los terminales. Estos canales ya han sido mencionados en este mismo capítulo, en este aparte se resaltan detalles en aquellos canales que son de mayor interés para las simulaciones a nivel de enlace y a nivel de sistema.

3.10.1 Canal Piloto Común (CPICH)

El canal piloto común es un canal código no modulado, el cual es aleatorizado con el código de aleatorización primario específico de la celda. La función del CPICH es ayudar a la estimación del canal por parte de los terminales móviles para el canal dedicado. Existen dos tipos de canales piloto común: primario y secundario. El primario siempre se encuentra bajo el código de aleatorización primario con una asignación de código de canalización fijo y solo existe un solo canal por celda o sector. El secundario puede tener cualquier código de canalización de longitud 256 y puede estar bajo un código de aleatorización secundario. Una función muy importante del canal primario está relacionada con los procesos de traspaso (HO) y selección/reselección de celda. La reducción del nivel de potencia del CPICH puede generar traspasos de terminales a otras celdas, al igual que el incremento de su nivel puede invitar a terminales a realizar el proceso de traspaso a la celda. La variación del nivel de potencia del CPICH es utilizada como una técnica de balanceo o distribución de carga en la red. El CPICH no transporta ninguna información de señalización de niveles superiores, ni tampoco ningún canal de transporte es mapeado en el CPICH. El CPICH utiliza un factor de ensanchamiento igual a 256 (Holma y Toskala., 2004).

3.10.2 Canal de Sincronización (SCH)

El canal de sincronización es necesario para el proceso de búsqueda de celda. El SCH consiste de dos canales: primario y secundario. El SCH primario utiliza una secuencia de ensanchamiento de 256 chips idéntica en todas las celdas. El SCH secundario utiliza diferentes combinaciones de códigos representando diferentes grupos de códigos. Una vez el terminal de usuario ha detectado el SCH secundario, éste ha logrado la sincronización de trama y ranura, también obtiene información

sobre el grupo de celdas a las cuales esta conectado. Existen 64 grupos de códigos, indicados por el SCH secundario. Un proceso de búsqueda de celda completo se realiza cuando el terminal de usuario es encendido o cuando esté ingresa al área de servicio, lo que implica la búsqueda del grupo de códigos. Al igual que el CPICH, ningún canal de transporte se mapea sobre el SCH, tal que solo se transmite para procesos de búsqueda de celda. El SCH es multiplexado en el tiempo con el Canal Físico de Control Común Primario (PCCPCH). Para el SCH existen siempre 256 chips de los 2560 chips disponibles en cada ranura. Los canales SCH primario y secundario son transmitidos de forma paralela como se observa en la figura 3.18 (Holma y Toskala., 2004).

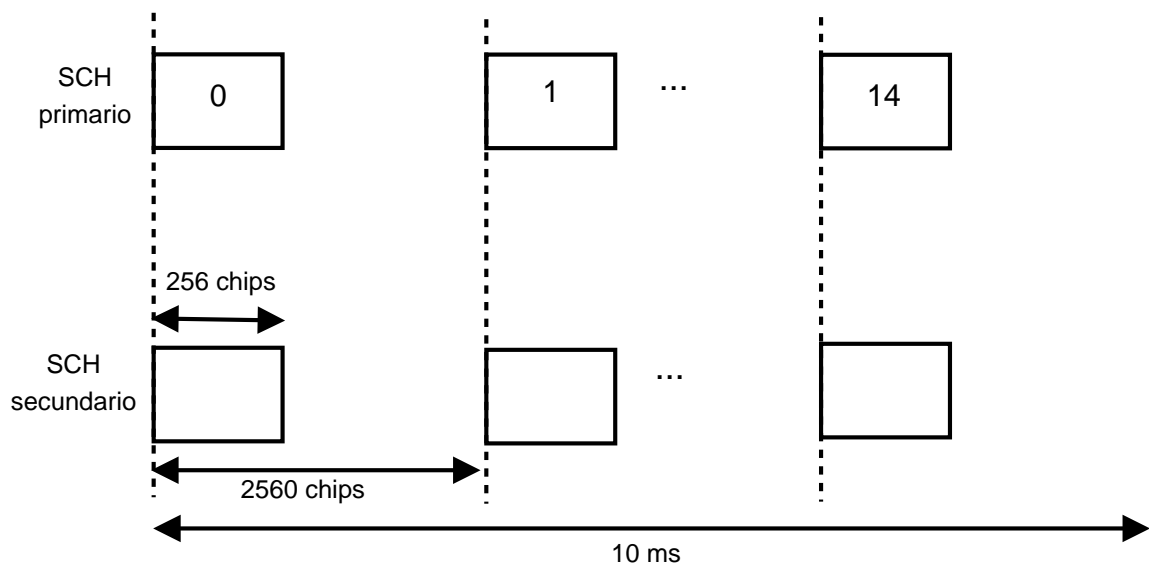


Figura 3.18. Canales de Sincronización Primario y Secundario.

3.10.3 Canal Físico de Control Común Primario (PCCPCH)

El PCCPCH es el canal físico que transporta el canal BCH. El PCCPCH necesita ser demodulado por todos los terminales de usuario en el sistema. El PCCPCH no contiene información de control de nivel 1, ni información de control de potencia. La velocidad de transmisión de datos del canal es 30 Kbps con factor de ensanchamiento igual a 256. La velocidad es reducida a 27 Kbps, lo cual se visualiza en la figura 3.19, donde se presenta un periodo libre de 256 chips durante cada ranura.

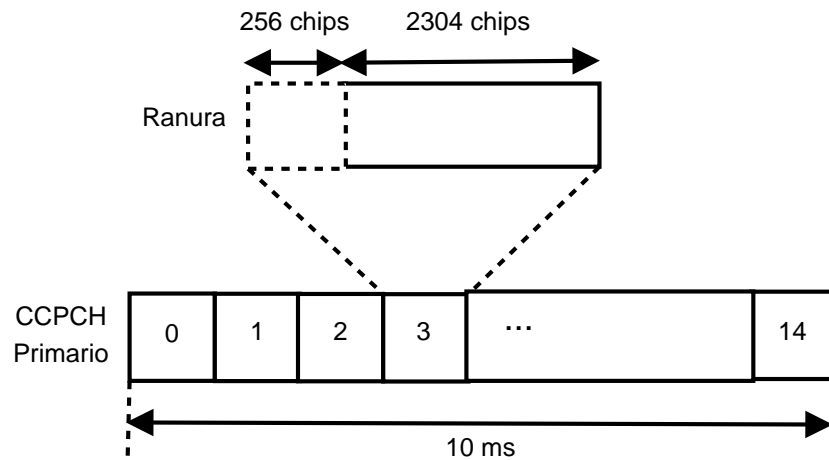


Figura 3.19. Estructura de trama PCCPCH.

la codificación del canal para el PCCPCH es codificación convolucional de tasa 1/2 con entrelazado de 20 ms sobre dos tramas consecutivas. El PCCPCH se transmite con lata potencia para que sea escuchado por todos los terminales de usuario dentro de una celda, lo cual tiene un impacto directo sobre la capacidad del sistema. Si la decodificación del PCCPCH falla, el terminal de acceso no puede acceder al sistema, ya que no obtiene parámetros críticos del sistema tales como los códigos de acceso aleatorio o los códigos utilizados utilizados por otros canales comunes (Holma y Toskala., 2004).

3.10.4 Canal Físico de Control Común Secundario (SCCPCH)

El SCCPCH es el canal físico que transportados canales de transporte diferentes: el Canal de Acceso hacia Adelante (FACH) y el Canal de Notificación (PCH). Los dos canales pueden compartir un SCCPCH o pueden utilizar diferentes canales físicos. El SCCPCH no contiene información de control de potencia.

Capítulo 4

Capacidad y Cobertura de WCDMA

En este capítulo se describen los conceptos básicos para determinar la capacidad de un sistema CDMA y específicamente de un sistema WCDMA, basado en los trabajos, documentos, artículos y libros de Luis Mendo Tomás y Jose María Hernando Rabános (Mendo., 1997, 2001, 2004; Mendo y Hernando., 2002).

4.1 Capacidad de Sistema

La capacidad del sistema puede entenderse como el número máximo de usuarios por celda a los que el sistema puede atender simultáneamente (Mendo., 1997).

En sistemas de Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA, *Frequency Division Multiple Access*) y TDMA la capacidad está limitada directamente por el ancho de banda disponible, limitación rígida, que no permite brindar servicio a ningún usuario más cuando todas las frecuencias o todos los intervalos de tiempo están ocupados. Si se utiliza en cada celda todo el ancho de banda disponible, la interferencia cocanal entre celdas llega a ser intolerables, por lo que debe dividirse el ancho de banda disponible en varios grupos de canales, cada uno de los cuales se asigna a una celda y se reutiliza a una distancia superior a la distancia mínima de reuso, lo que garantiza que la CIR o relación de protección sea lo suficientemente alta. Un grupo de celdas en el que se utiliza todo el ancho de banda constituye una agrupación o *cluster*. En cada celda los canales se materializan de acuerdo a la técnica utilizada, FDMA o TDMA (Mendo., 1997).

Se debe tener en cuenta que en CDMA se transmiten las señales ensanchadas

en frecuencia durante todo el tiempo, de modo que cada una ocupa todo el ancho de banda. En DS-CDMA el ensanchamiento se obtiene multiplicando la señal de información original por una secuencia de código. En recepción las señales pueden separarse en virtud de sus propiedades de correlación, derivadas de una elección adecuada de las secuencias de código. Existen tres posibilidades para esta elección: secuencias ortogonales, cuasi-ortogonales y pseudoaleatorias (Mendo., 1997).

La primera opción es elegir las secuencias de código de modo que las señales sean ortogonales, modo que permite separar las señales en recepción de manera perfecta. Si tiempo o intervalo de símbolo corresponde a C chips, el número máximo de canales ortogonales posibles es igual a C , igual que en TDMA. La limitación de capacidad sigue siendo rígida (limitación por dimensiones: número de canales). En esta opción es necesario que las transmisiones de todos los usuarios estén sincronizadas para garantizar la ortogonalidad entre todas las señales. Cualquier desplazamiento o corrimiento en el tiempo, o la propagación en entornos multitrayecto hace que las señales pierdan su ortogonalidad, logrando un cierto grado de separación en recepción, pero no total. Para minimizar la interferencia de otras células se deben asignar las secuencias código o códigos de canalización, según una estructura de agrupación, como en TDMA o FDMA (Mendo., 1997).

Con señales cuasi-ortogonales la separación de señales en recepción no es total, existe un cierto grado de interferencia. El sistema actúa frente a señales interferentes sincronizadas o no y frente al multitrayecto. La protección contra multitrayecto se puede utilizar a favor como una forma de diversidad, que mejora la calidad de recepción y en definitiva el desempeño del sistema. La interferencia es limitada según las características de la familia utilizada. El número de secuencias cuasi-ortogonales sigue siendo del orden de C , y se debe recurrir a la estructura celular clásica formando agrupaciones, por lo que en esencia este caso es igual al caso ortogonal (Mendo., 1997).

Las señales pseudoaleatorias tienen la característica de que, una vez desensanchada la señal de interés, las demás se comportan como ruido de banda ancha, el cual puede reducirse mediante filtrado en el demodulador. Este caso no requiere que las señales estén sincronizadas entre sí. En este caso el número de secuencias es grande, lo que permite asignar una distinta a cada usuario del sistema, sin necesidad de reutilización, por lo tanto no es necesario establecer agrupaciones. Para un usuario dado, los demás son fuentes de interferencia cuya superposición

puede modelarse como ruido gaussiano. Así, cada usuario contribuye al nivel de interferencia total, y se pueden añadir usuarios mientras la interferencia no pase de un nivel establecido como límite de calidad. De este modo, la capacidad ya no está limitada por dimensiones, sino por interferencia (Mendo., 1997).

4.1.1 Capacidad en Sistemas no Celulares

En sistemas no celulares las técnicas clásicas de acceso múltiple (FDMA, TDMA) proporcionan una mayor capacidad que CDMA (Mendo., 1997).

Sea R la velocidad de transmisión de datos de la señal generada por los usuarios. Se considera que el ancho de banda necesario para transmitir cada una de estas señales es aproximadamente $B = R$. Sea W el ancho de banda total disponible. En el caso de FDMA, TDMA o CDMA ortogonal la capacidad del sistema o número de canales disponibles está dada por la ecuación 4.1 (Mendo., 1997).

$$K = \frac{W}{B} = \frac{W}{R} \quad (4.1)$$

Suponiendo un receptor convencional (no Rake) para CDMA pseudoaleatorio, el cual garantiza protección frente a multitrayecto, sin obtener la ganancia por diversidad frente a multitrayecto. El receptor se divide en dos partes: desensanchador y demodulador, tal como aparece en la figura 4.1 (Mendo., 1997).

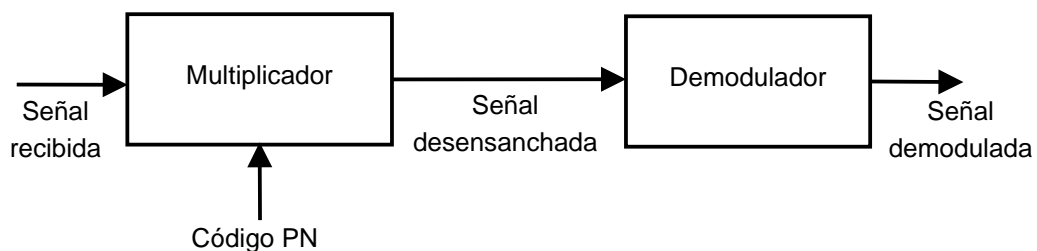


Figura 4.1. Diagrama Funcional receptor Convencional.

Después del multiplicador la señal recibida se desensancha recuperando su ancho de banda original, $B = R$, mientras que las demás señales permanecen ensanchadas, con un ancho de banda $W = CB$, señales interferentes que se comportan como ruido gaussiano de banda ancha a la entrada del demodulador. Sea α_v el factor medio de actividad vocal (Mendo., 1997).

Suponiendo un control ideal de potencia que compensa las variaciones del canal de modo que todas las señales se reciben con el mismo nivel de potencia S , la densidad espectral de potencia de ruido equivalente se presenta en la ecuación 4.2 (Mendo., 1997).

$$I_0 = \alpha_v(K - 1) \frac{S}{W} = \alpha_v(K - 1) \frac{S}{CB} \quad (4.2)$$

Adicionalmente el receptor introduce ruido térmico. Sea N_0 la densidad espectral de potencia de ruido térmico. La densidad total de ruido e interferencia se presenta en la ecuación 4.3 (Mendo., 1997).

$$N'_0 = N_0 + I_0 \quad (4.3)$$

El sistema tendrá una calidad objetivo, expresada en términos de la relación $\frac{E_b}{N'_0}$ media para obtener la probabilidad de error deseada. La energía de bit puede expresarse tal como se presenta en la ecuación 4.4 (Mendo., 1997).

$$E_b = \frac{S}{R} \quad (4.4)$$

Para satisfacer el objetivo de calidad, debe cumplirse la ecuación 4.5 (Mendo., 1997).

$$\frac{E_b}{N'_0} = \frac{S}{R(N_0 + I_0)} = \frac{S}{R(N_0 + \alpha_v(K - 1) \frac{S}{W})} = \frac{W}{R(\frac{N_0 W}{S} + \alpha_v(K - 1))} \quad (4.5)$$

Despejando y suponiendo $K \gg 1$ se obtiene la ecuación 4.6 (Mendo., 1997).

$$K = \frac{1}{\alpha_v} \left(\frac{\frac{W}{R}}{\frac{E_b}{N'_0}} - \frac{N_0 W}{S} \right) \quad (4.6)$$

Con objetivo de facilitar la comparación, se aproxima K para este caso de CDMA pseudoaleatorio, tal como aparece en la ecuación 4.7 (Mendo., 1997).

$$K \approx \frac{1}{\alpha_v} \frac{\frac{W}{R}}{\frac{E_b}{N'_0}} \quad (4.7)$$

Comparando 4.1 y 4.7 se notan dos diferencias entre las técnicas clásicas de acceso y el CDMA pseudoaleatorio en sistemas no celulares (Mendo., 1997):

- En los métodos clásicos la capacidad no depende de la calidad requerida y está limitada por el ancho de banda disponible. La calidad solo influye en la potencia de transmisión que será necesaria. Por el contrario, en CDMA pseudoaleatorio la capacidad está limitada por la relación E_b/N_0 necesaria, que depende de la calidad requerida y de las técnicas de modulación y codificación utilizadas.
- En el caso de sistemas no celulares la capacidad de las técnicas clásicas de acceso es superior, siempre que la relación E_b/N_0 requerida sea mayor de $\frac{1}{\alpha_v}$.

4.1.2 Capacidad en Sistemas Celulares

En los sistemas celulares las técnicas clásicas de acceso sufren una importante reducción de la capacidad debido a la imposibilidad de reutilizar todos los canales en células contiguas. La reducción para la técnica CDMA pseudoaleatoria (PN) es considerablemente inferior, y esto, unido a la mejor adaptación de esta técnica a las características del entorno móvil celular, hace que en este tipo de sistemas la técnica CDMA pseudoaleatoria (PN) sea más eficiente (Mendo., 1997).

El parámetro que mide la pérdida de capacidad (entendida como número de canales) en un sistema celular respecto a un sistema no celular, o sistema formado por una célula aislada, se denomina eficiencia de reutilización, ρ , y se define en la ecuación 4.8 (Mendo., 1997).

$$\rho = \frac{\text{Número de canales en un sistema no celular}}{\text{Número de canales por celda en un sistema celular}} \quad (4.8)$$

No se debe confundir este parámetro con el factor de reutilización, ϕ , que tiene sentido fundamentalmente en los sistemas clásicos FDMA y TDMA, en los que representa el número de celdas (sectorizadas o no) por agrupación o *cluster*. En los sistemas clásicos la eficiencia de reutilización coincide con el factor de reutilización, y este se elige como el mínimo valor posible que satisface la relación señal/interferencia cocanal requerida o relación de protección. Así, en sistemas celulares FDMA y TDMA, el número máximo de usuarios por celda viene definido por la ecuación 4.9 (Mendo., 1997).

$$K_{celda} = \frac{1}{\phi} \frac{W}{R} \quad (4.9)$$

En el caso de celdas sectorizadas con s sectores por celda, existen s/ϕ sectores por agrupación, por lo tanto el número de usuarios por sector es el expresado en la ecuación 4.20. La ventaja de la sectorización es que permite utilizar factores de reutilización mayores y con ello incrementar la relación señal a interferencia cocanal (Mendo., 1997).

$$K_{sector} = \frac{1}{s\phi} \frac{W}{R} \quad (4.10)$$

En los sistemas celulares clásicos, o limitados por dimensiones, la calidad determina indirectamente la capacidad a través del factor de reutilización ϕ : si se permite una relación señal a interferencia menor se logra disminuyendo ϕ lo que incrementa la capacidad K (Mendo., 1997).

En sistemas CDMA pseudoaleatorios la capacidad se determina directamente por el nivel total de interferencia. Por tanto la eficiencia de reutilización es simplemente el aumento de interferencia producido al insertar la celda en el escenario constituido por las demás celdas. Este aumento es consecuencia de la aparición de interferencias procedentes del exterior de la celda, además de las generadas en la propia celda. Por tanto en CDMA pseudoaleatorio la eficiencia de reutilización se calcula como aparece en la ecuación 4.11 (Mendo., 1997).

$$\rho = \frac{I_{total}}{I_{int}} = 1 + \frac{I_{ext}}{I_{int}} \quad (4.11)$$

Donde I_{int} es el nivel de interferencia procedente de la propia celda, I_{ext} el nivel de interferencia generado por las demás celdas del sistema e I_{total} la suma de ambas. La interferencia calculada en 4.2 corresponde a la denominada interferencia interna (Mendo., 1997).

Para calcular la capacidad en un sistema CDMA pseudoaleatorio se debe determinar la eficiencia de reutilización ρ . Este valor depende sensiblemente del exponente de la ley de propagación, así como del criterio utilizado en la distribución celular. Un valor bastante utilizado de ρ es 5/3 (Mendo., 1997).

A partir de 4.11 la interferencia total puede ser calculada como aparece en la ecuación 4.12 (Mendo., 1997).

$$I_{total} = I_{int} + I_{ext} = \rho I_{int} \quad (4.12)$$

Por lo tanto, la densidad espectral de interferencia equivalente será la expresada en la ecuación 4.13 (Mendo., 1997).

$$I_0 = \alpha_v \rho (K - 1) \frac{S}{W} \quad (4.13)$$

La relación Energía de bit a densidad espectral de potencia de ruido aparece en la ecuación 4.14 (Mendo., 1997).

$$\frac{E_b}{N'_0} = \frac{S}{R(N_0 + I_0)} = \frac{S}{R(N_0 + \alpha_v \rho (K - 1) \frac{S}{W})} = \frac{W}{R(\frac{N_0 W}{S} + \alpha_v \rho (K - 1))} \quad (4.14)$$

Despejando y suponiendo $K \gg 1$ se obtiene la ecuación 4.15 (Mendo., 1997).

$$K = \frac{1}{\alpha_v \rho} \left(\frac{W}{\frac{R}{E_b}} - \frac{N_0 W}{S} \right) \quad (4.15)$$

En la ecuación 4.16 se aproxima K de manera similar al caso de sistema no celular o de celda aislada, y se ve como la capacidad se ha reducido aproximadamente en un factor $1/\rho$ con respecto al caso de celda aislada (Mendo., 1997).

$$K \approx \frac{1}{\alpha_v \rho} \left(\frac{W}{\frac{R}{E_b}} \right) \quad (4.16)$$

En CDMA pseudoloratorio, con celdas sectorizadas con s sectores por celda, la antena ve aproximadamente s veces menos interferencia, lo que se traduce directamente en un aumento de la capacidad en un factor s. En la práctica el incremento es menor porque con los patrones de radiación que se logran en la práctica debe existir un traslapamiento parcial entre los mismos para cubrir toda la superficie de la celda (Mendo., 1997).

por tanto, las expresiones para las capacidades por celda y por sector respectivamente son mostradas en las ecuaciones 4.17 y 4.18 (Mendo., 1997).

$$K = \frac{s}{\alpha_v \rho} \left(\frac{\frac{W}{R}}{\frac{E_b}{N'_0}} - \frac{N_0 W}{S} \right) \quad (4.17)$$

$$K_s = \frac{K}{s} = \frac{s}{\alpha_v \rho} \left(\frac{\frac{W}{R}}{\frac{E_b}{N'_0}} - \frac{N_0 W}{S} \right) \quad (4.18)$$

Para facilitar la comparación, la ecuación 4.17 se aproxima a 4.19 (Mendo., 1997).

$$K \approx \frac{s}{\alpha_v \rho} \left(\frac{\frac{W}{R}}{\frac{E_b}{N'_0}} \right) \quad (4.19)$$

Se compara la capacidad en sistemas celulares clásicos, ecuación 4.9, con la de CDMA pseudoaleatorio, ecuación 4.19. Para ello se utilizan los siguientes valores típicos (Mendo., 1997):

- TDMA: Agrupación de 4 celdas, cada celda 3 sectores. $\phi=4$ y $s=3$. (Ecuación 4.20).

$$K_{celda} = \frac{1}{\phi} \frac{W}{R} = 0.25 \frac{W}{R} \quad (4.20)$$

- CDMA pseudoaleatorio: $\alpha_v=0.4$, $\rho=5/3$, $E_b/N'_0=7$ dB, cada celda 3 sectores ($s=3$). (Ecuación 4.21).

$$K = \frac{s}{\alpha_v \rho} \left(\frac{\frac{W}{R}}{\frac{E_b}{N'_0}} \right) = 0.9 \frac{W}{R} \quad (4.21)$$

Comparando las ecuaciones 4.20 y 4.21 se nota que se puede lograr un incremento de la capacidad en un factor de 3 o 4. Se debe tener en cuenta las simplificaciones realizadas, por lo tanto los cálculos realizados son aproximados, y únicamente de orientación (Mendo., 1997).

En CDMA la actividad vocal discontinua de los usuarios permite duplicar aproximadamente la capacidad de una celda, interrumpiendo la transmisión en los periodos de inactividad como lo indica la ecuación 4.19 (Mendo., 1997).

En TDMA y en general en sistemas ortogonales (limitados por dimensiones), la interferencia sobre un canal dado se produce desde un número reducido de celdas cocanal. En CDMA pseudoaleatorio un usuario es interferido por todos los demás usuarios del sistema, y una parte importante de interferencia, $1/\rho \approx 60\%$, se origina en la propia celda, siendo el 40% restante generada en las demás celdas del sistema (Mendo., 1997).

En un sistema celular CDMA pseudoaleatorio, suponiendo que todas las celdas del sistema se encuentran sirviendo al mismo número de usuarios K , cuando un nuevo usuario accede al sistema, suponiendo S fija, la relación E_b/N'_0 disminuye, acorde a la ecuación 4.17. Para compensar esta disminución, sin que las conexiones o su calidad se vean afectadas el valor de S debe incrementarse para todos los usuarios del sistema. El incremento requerido con cada nuevo usuario es mayor según aumenta K , y llega un momento en el que las estaciones móviles no pueden transmitir con una mayor potencia. En este punto ya no pueden acceder más móviles a la celda, pues ello conlleva a una degradación en la E_b/N'_0 , al no poder incrementar S . este valor máximo de K es la capacidad del sistema dada por 4.17, considerando E_b/N'_0 requerido y S como el valor máximo de potencia recibida en la estación base (Mendo., 1997).

Al aumentar la potencia S en que se reciben las señales el efecto del ruido se hace despreciable, y la capacidad tiende asintóticamente a un valor máximo (*power pole* o *pole point*, dado por la ecuación 4.22, que es el valor aproximado utilizado anteriormente en las comparaciones de la capacidad de sistemas clásicos y CDMA pseudoaleatorio. La figura 4.2 muestra la capacidad de un sistema CDMA pseudoaleatorio, con $E_b/N'_0=7$ dB, $W/R=128$, $s=1$, $\rho=5/3$ y $\alpha_v=0.4$ (Mendo., 1997).

$$K_{max} = \frac{W}{\alpha_v \rho} \left(\frac{R}{E_b} \right) \frac{1}{N'_0} \quad (4.22)$$

Acercarse al valor máximo exige cada vez un aumento mayor en la potencia con la cual deben transmitir las estaciones móviles. Normalmente la potencia transmitida máxima se fija de modo que la capacidad real del sistema K sea una fracción η de

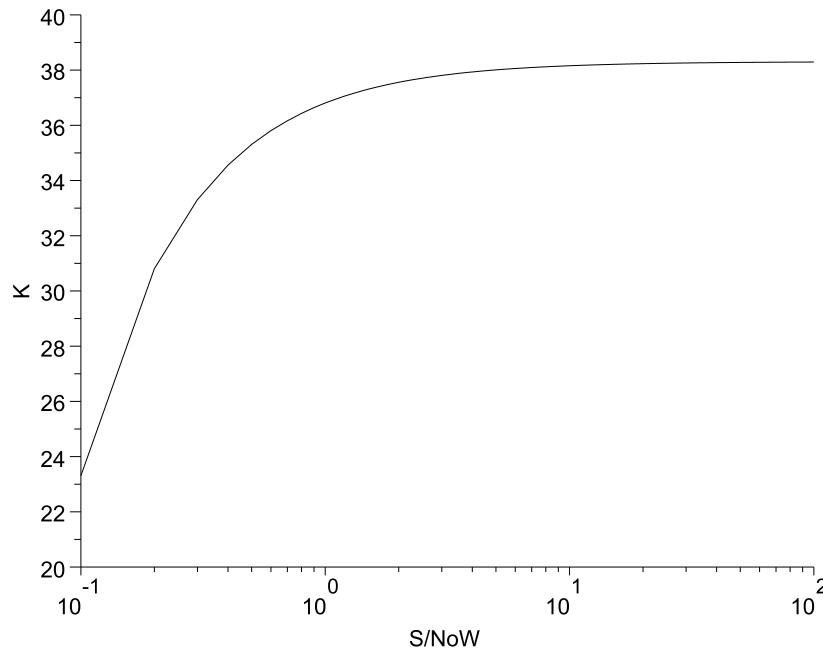


Figura 4.2. Capacidad de un Sistema CDMA PN.

la capacidad máxima (respecto a S) K_{max} , como se ve en la ecuación 4.23 (Mendo., 1997).

$$K_{max} = \eta K_{max} \quad (4.23)$$

Siendo 0.9 un valor típico para η . η puede expresarse, sustituyendo 4.17 y 4.22 en 4.23, como aparece en la ecuación 4.24, la cual se interpreta como la contribución relativa de la interferencia al ruido equivalente global (interferencia más ruido térmico). Es decir, la reducción de capacidad K respecto a la máxima capacidad K_{max} es igual a la relación entre interferencia por acceso múltiple y el nivel de interferencia más ruido (Mendo., 1997).

$$\eta = \frac{K}{K_{max}} = 1 - \frac{N_0 W \frac{E_b}{N_0}}{S \frac{W}{R}} = 1 - \frac{N_0}{N'_0} = \frac{N'_0 - N_0}{N'_0} \quad (4.24)$$

En la estimación realizada de la capacidad del sistema, ecuación 4.17, se ha supuesto implícitamente que el número de usuarios es igual en todas las celdas, pues de lo contrario se modificaría el valor de ρ en la misma ecuación. Si la carga en

las demás celdas, particularmente en las celdas vecina, es inferior a la capacidad del sistema K, es posible permitir un número mayor de usuarios en la celda considerada (principio de distribución de interferencia) (Mendo., 1997).

Cuando un nuevo usuario accede al sistema se debe incrementar la potencia transmitida por todas las estaciones móviles, y cuando se llega al límite de potencia no se puede dar servicio a más usuarios sin degradar la calidad, produciendo bloqueo (Mendo., 1997).

4.1.3 Control de Potencia en el Enlace de Subida y Asignación Celular

El problema de control de potencia y la asignación celular se encuentran estrechamente relacionados con la capacidad de sistemas CDMA, dado el carácter limitado por interferencia de este tipo de sistemas. El análisis a realizar del sistema es estático, lo que implica que su configuración depende en un instante determinado de las condiciones externas impuestas al mismo. En el sistema o red a simular, las únicas variables que pueden ser controladas son la asignación celular o de usuarios a las estaciones base y la potencia de transmisión de los dispositivos móviles, variables internas que permiten alcanzar los objetivos de calidad (Mendo., 2001).

En el análisis que sigue se considera que el sistema cuenta con una única portadora. El problema se resume en encontrar, para una determinada configuración, una asignación que resulte óptima según un criterio especificado. Para un sistema en una configuración dada, se dice que éste se encuentra en situación de degradación si no existe asignación que teniendo en cuenta las limitaciones de potencia de los equipos, permita a todos los móviles lograr las respectivas calidades objetivo. El concepto de degradación es estático para el sistema a analizar, dado que se aplica al sistema en un instante determinado (Mendo., 2001).

El modelo a utilizar en el análisis de la capacidad y cobertura de un sistema CDMA, a partir del control de potencia en el enlace de subida y la asignación celular, se basa en un modelo simplificado que no considera los efectos de control de potencia en lazo cerrado, tales como la ganancia de traspaso con continuidad (*soft handover*) frente a desvanecimiento multirayecto. Como consecuencia de esta simplificación, las potencias de transmisión necesarias para una asignación fija pueden obtenerse mediante la solución de un sistema de ecuaciones lineales. El traspaso por continuidad se lleva a cabo mediante diversidad de selección. Por lo tanto se

considera que en el instante de observación cada usuario se encuentra asignado a una única estación base (la que haya sido seleccionada por el algoritmo de macrodiversidad), con una SIR objetivo igual a la que tendría en caso de no encontrarse en situación de traspaso. La linealidad simplifica el análisis mediante descripciones macroscópicas. Si se incluyen consideraciones relacionadas con el control de potencia en lazo cerrado, las ecuaciones resultantes son no lineales (Mendo., 2001).

Para el modelado y el análisis a través de simulación se debe considerar una red celular CDMA con M estaciones base, y que en un instante determinado existen K usuarios con llamadas activas (Mendo., 2001).

Conceptos de configuración y asignación

Dado que cada móvil se encuentra asignado a una única estación base, se define la asignación ϕ como el vector cuyo elemento k -ésimo denota la estación base que atiende al usuario k . La asignación de usuarios a estaciones base se considera fija (Mendo., 2001).

Para el usuario k en su base $\phi(k)$, la SIR objetivo tiene un valor $\gamma(\phi(k), k)$. Por lo tanto la expresión de la SIR, en el modelo simplificado, se obtiene a partir de la ecuación 4.25 (Mendo., 2001).

$$\Gamma(m, k) = \frac{\alpha(m, k)P(k)}{\sum_{l \neq k} \alpha(m, l)P(l) + \eta_{bs}(m)W} \quad (4.25)$$

La configuración del sistema, o conjunto de condiciones externas que afectan al mismo, en un instante determinado viene dado por M , K , y por los siguientes parámetros (Mendo., 2001):

- Matriz de atenuación α de orden $M \times K$, donde $\alpha(m, k)$ es la atenuación de transmisión en veces desde el usuario k hasta la base m , con $0 < \alpha(m, k) < 1$. La atenuación $\alpha(m, k)$ viene dada por la atenuación determinista de trayecto, el desvanecimiento por sombra, las ganancias de antenas y las pérdidas en terminales.
- Matriz de SIRs objetivo γ de orden $M \times K$, donde $\gamma(m, k) > 0$ representa la SIR objetivo promedio para el usuario k en la base m . $\gamma(m, k) > 0$ es la SIR promedio necesaria para que el móvil k alcance la calidad necesaria cuando está asignado a la base m .

- Vector de ruido v de orden $M \times 1$, que considera las potencias de ruido térmico de las estaciones base: $v(m) = \eta_{bs}(m)W > 0$, donde $\eta_{bs}(m)$ representa la densidad espectral de potencia de ruido y W representa el ancho de banda de las señales ensanchadas.
- Vector de potencias máximas P_{max} de orden $K \times 1$, donde $P_{max}(k)$ representa la potencia máxima de transmisión del terminal móvil del usuario k .

El vector de asignación ϕ , aunque se considere fijo, no viene impuesto externamente, sino que es seleccionado por la red de acuerdo con un criterio especificado, por lo que no forma parte de la configuración del sistema (Mendo., 2001).

4.2 Ecuaciones de Control de Potencia en el Enlace de Subida

El estado del sistema en el instante de observación queda caracterizado por α , γ , v y P_{max} (configuración del sistema) y el vector de asignación ϕ (Mendo., 2001).

Se denomina descripción microscópica de la red a un sistema de ecuaciones en términos de las K potencias individuales transmitidas, cada una correspondiente a un usuario. La condición de que las SIRs sean iguales a sus respectivos valores para todos los usuarios se expresa como un sistema de K ecuaciones en términos de las potencias $P(i)$ transmitidas por los móviles, tal como aparece en la ecuación 4.26 (Mendo., 2001).

$$\gamma(\phi(k), k) = \frac{\alpha(\phi(k), k)P(k)}{\sum_{j=1, j \neq k}^K \alpha(\phi(k), j)P(j) + v(\phi(k))} \quad (4.26)$$

A partir de la ecuación 4.26 se despeja $v(\phi(k))$ (Mendo., 2001).

$$\frac{\alpha(\phi(k), k)P(k)}{\gamma(\phi(k), k)} = \sum_{j=1, j \neq k}^K \alpha(\phi(k), j)P(j) + v(\phi(k)) \quad (4.27)$$

$$v(\phi(k)) = \frac{\alpha(\phi(k), k)P(k)}{\gamma(\phi(k), k)} - \sum_{j=1, j \neq k}^K \alpha(\phi(k), j)P(j) \quad (4.28)$$

El sistema de ecuaciones lineales representado por la ecuación 4.28 se puede escribir en forma matricial como aparece en la ecuación 4.29 (Mendo., 2001).

$$AP = N \quad (4.29)$$

Donde A es la matriz K x K definida por la ecuación 4.30 (Mendo., 2001).

$$A(i, j) = \begin{cases} \alpha(\phi(i), j) & \text{si } i \neq j \\ \frac{\alpha(\phi(i), i)}{\gamma(\phi(i), i)} & \text{si } i = j \end{cases} \quad (4.30)$$

El vector N, de orden K x 1, viene dado por la ecuación 4.31 (Mendo., 2001).

$$N(i) = v(\phi(i)) \quad (4.31)$$

P es el vector de potencias transmitidas (vector de incógnitas), de orden K x 1 (Mendo., 2001).

El sistema 4.29 constituye una descripción microscópica de la red celular, ya que se formula en términos de las potencias transmitidas por los K usuarios. Suponiendo A no singular con $B = A^{-1}$, las potencias de transmisión se obtienen como se muestra en la ecuación 4.32 (Mendo., 2001).

$$P = BN \quad (4.32)$$

En la práctica, para un cierto K, las atenuaciones dependen de las posiciones (arbitrarias) de los móviles, y pueden por tanto modelarse como variables aleatorias. En este caso A es una matriz estocástica (Mendo., 2001).

4.3 Ecuaciones Factor de carga en el Enlace de Subida

Partiendo de la relación energía de bit a densidad espectral de potencia de ruido E_b/N_0 , la cual se indica de manera general en la ecuación 4.33, se busca llegar a una definición general del factor de carga en el enlace de subida que pueda ser aplicada en la simulación estática a nivel de sistema (Holma y Toskala., 2004).

$$(E_b/N_0)_j = \text{Ganancia Procesamiento Usuario } j \frac{\text{Potencia de Señal Usuario } j}{\text{Potencia Recibida Total (Excluyendo Potencia } j)} \quad (4.33)$$

La ecuación 4.33 puede ser expresada como la ecuación 4.34 (Holma y Toskala., 2004).

$$(E_b/N_0)_j = \frac{W}{v_j R_j} \frac{P_j}{I_{Total} - P_j} \quad (4.34)$$

Donde W es la tasa de chip, P_j es la potencia de la señal recibida desde el usuario j , v_j es el factor de actividad del usuario j , R_j es la velocidad de transmisión de datos del usuario j , e I_{total} es la potencia total recibida de banda ancha incluyendo la potencia de ruido térmico en la estación base. Despejando P_j se obtiene la ecuación 4.35 (Holma y Toskala., 2004).

$$P_j = \frac{1}{1 + \frac{W}{(E_b/N_0)_j R_j v_j}} I_{Total} \quad (4.35)$$

Se define $P_j = L_j I_{total}$ y se obtiene el factor de carga de una conexión, tal como se indica en la ecuación 4.36 (Holma y Toskala., 2004).

$$L_j = \frac{1}{1 + \frac{W}{(E_b/N_0)_j R_j v_j}} \quad (4.36)$$

La interferencia recibida total, excluyendo la potencia de ruido térmico P_N , puede ser escrita como la suma de las potencias recibidas de todos los N usuarios en la misma celda, tal como se indica en la ecuación 4.37 (Holma y Toskala., 2004).

$$I_{Total} - P_N = \sum_{j=1}^N P_j = \sum_{j=1}^N L_j I_{Total} \quad (4.37)$$

El margen de interferencia (*noise rise*) se define como la relación de la potencia recibida total de banda ancha a la potencia de ruido térmico, tal como aparece en la ecuación 4.38 (Holma y Toskala., 2004).

$$\text{Margen de Interferencia} = \frac{I_{Total}}{P_N} \quad (4.38)$$

Utilizando la ecuación 4.37 se puede obtener la ecuación 4.39 (Holma y Toskala., 2004).

$$\text{Margen de Interferencia} = \frac{I_{Total}}{P_N} = \frac{1}{1 - \sum_{j=1}^N L_j} = \frac{1}{1 - \eta_{UL}} \quad (4.39)$$

De la ecuación 4.39 se define el factor de carga en el enlace de subida tal como aparece en la ecuación 4.40 (Holma y Toskala., 2004).

$$\eta_{UL} = \sum_{j=1}^N L_j \quad (4.40)$$

Cuando η_{UL} llega a ser cercano a 1, el margen de interferencia tiende a infinito y el sistema ha alcanzado un polo de capacidad (Holma y Toskala., 2004).

Adicionalmente, en el calculo del factor de carga se debe tener en cuenta la interferencia proveniente de otras celdas, el cual es tenido en cuenta a través de la relación de interferencia de otras celdas con respecto a la interferencia de la propia celda, i , la cual se indica en la ecuación 4.41 (Holma y Toskala., 2004).

$$i = \frac{\text{Interferencia Proveniente de Otras Celdas}}{\text{Interferencia de la Propia Celda}} \quad (4.41)$$

El factor de carga en el enlace de subida puede ser escrito tal como aparece en la ecuación 4.42 (Holma y Toskala., 2004).

$$\eta_{UL} = (1 + i) \sum_{j=1}^N L_j = (1 + i) \sum_{j=1}^N \frac{1}{1 + \frac{W}{(E_b/N_0)_j R_j v_j}} \quad (4.42)$$

El factor de carga permite estimar el margen de interferencia que debe ser tenido en cuenta sobre la potencia de ruido térmico debido a interferencia. El margen de interferencia en unidades logarítmicas se presenta en la ecuación 4.43 (Holma y Toskala., 2004).

$$\text{Margen de Interferencia(dB)} = 10 \text{Log}_{10} \left(\frac{1}{1 - \eta_{UL}} \right) \quad (4.43)$$

El valor requerido de E_b/N_0 puede ser obtenido de simulaciones a nivel de enlace.

4.4 Evaluación y Análisis de Desempeño de WCDMA a Nivel de Enlace en el Enlace de Subida Canal Desvanecimiento Caso 1

Las simulaciones a nivel de sistema que permitirán realizar la evaluación y análisis de capacidad y cobertura requieren como parámetro de entrada la relación E_b/N_0 para una condición de canal determinada, para las diferentes velocidades de transmisión de datos de referencia, y considerando en el enlace de subida diversidad o

no en recepción. La evaluación y análisis del desempeño de los enlaces de subida y de bajada se encuentran de manera completa en el Apéndice D: Resultados de Simulación a Nivel de Enlace. Las simulaciones a nivel de enlace fueron realizadas haciendo uso de la herramienta SPD. Para la evaluación y análisis de capacidad y cobertura en el enlace de subida se seleccionó el canal con desvanecimiento caso 1, dado que este es uno de los canales con mayor exigencia de calidad en lo relacionado con los valores de E_b/N_0 para una determinada tasa de error de bit (BER), en comparación con los otros canales definidos por 3GPP.

Las figuras 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19 y 4.20, presentan los resultados de la evaluación de desempeño en el enlace de subida para las diferentes velocidades de transmisión de datos de referencia, teniendo en cuenta o no la diversidad de recepción en estación base. La tabla 4.1 resume los valores de E_b/N_0 para la condición de canal con desvanecimiento caso 1, para las diferentes velocidades de transmisión de datos de referencia, con o sin diversidad de recepción.

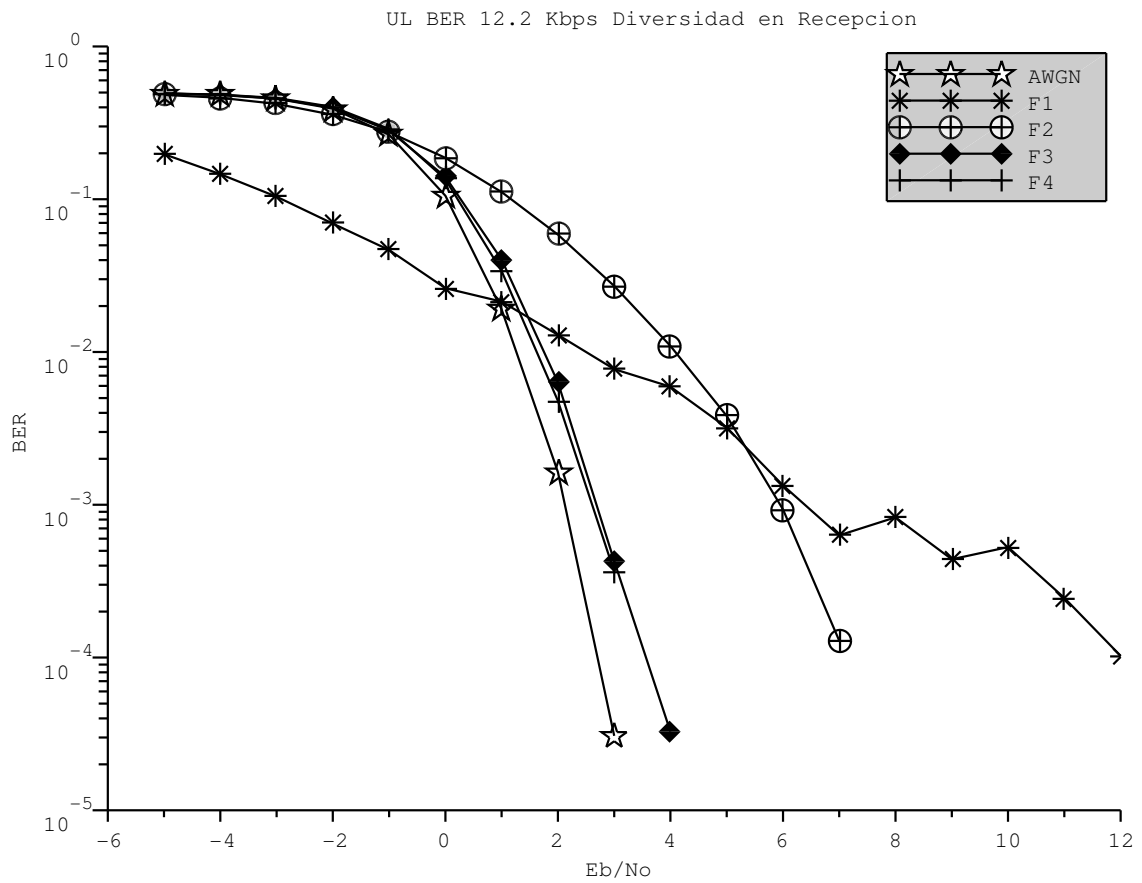


Figura 4.3. Tasa de Error de Bit (BER) para 12 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

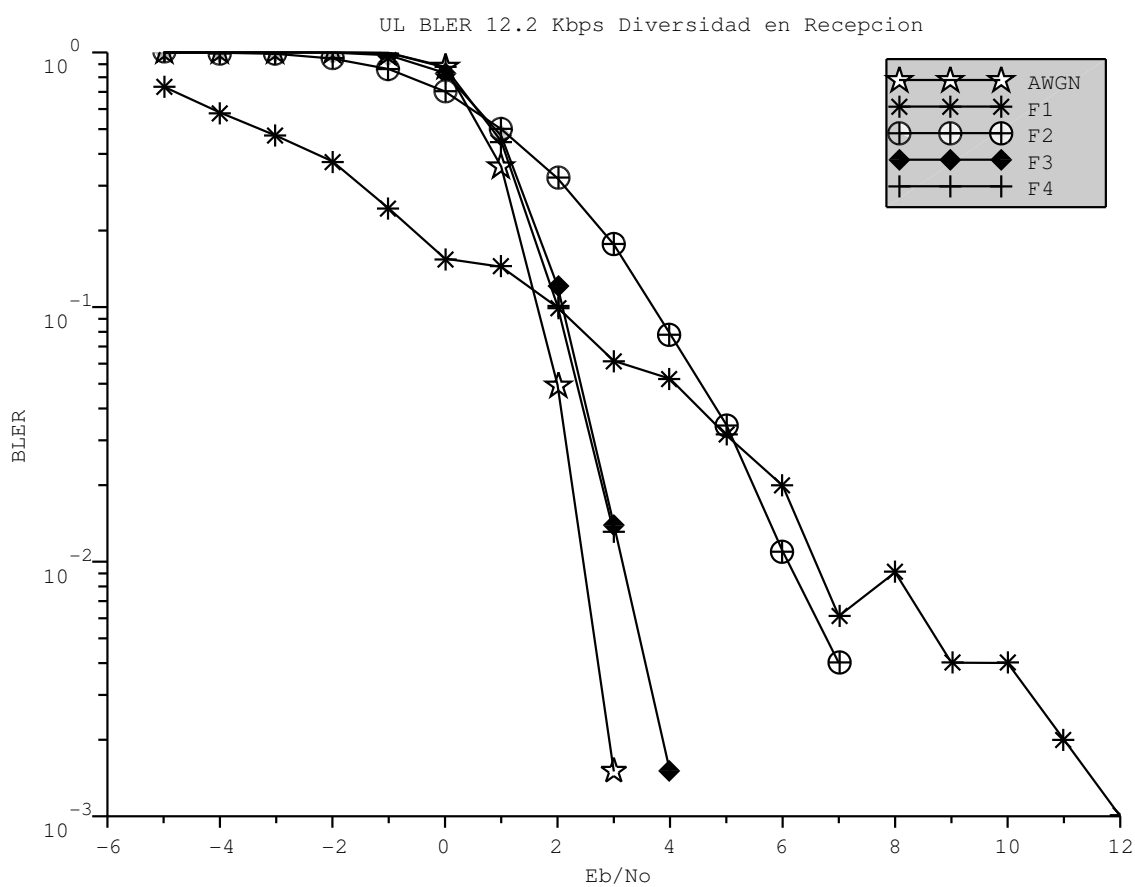


Figura 4.4. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 12.2 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

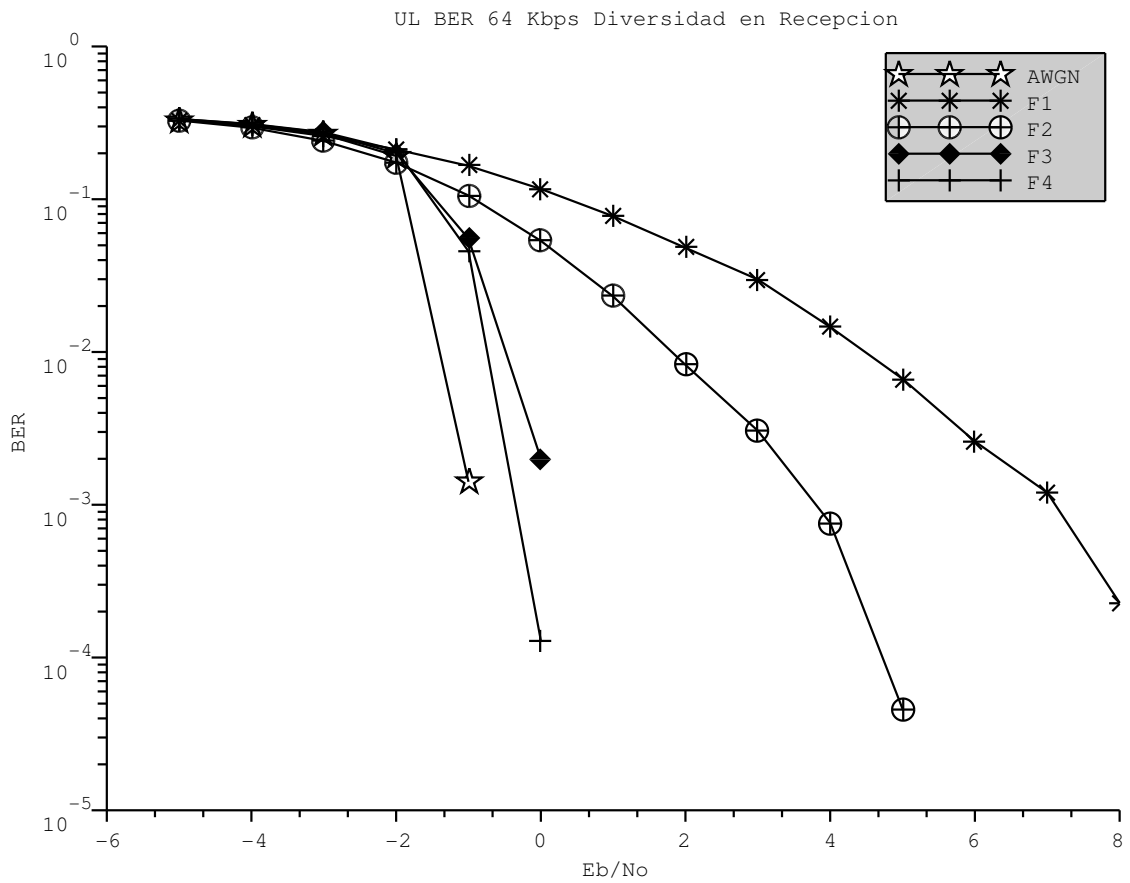


Figura 4.5. Tasa de Error de Bit (BER) para 64 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

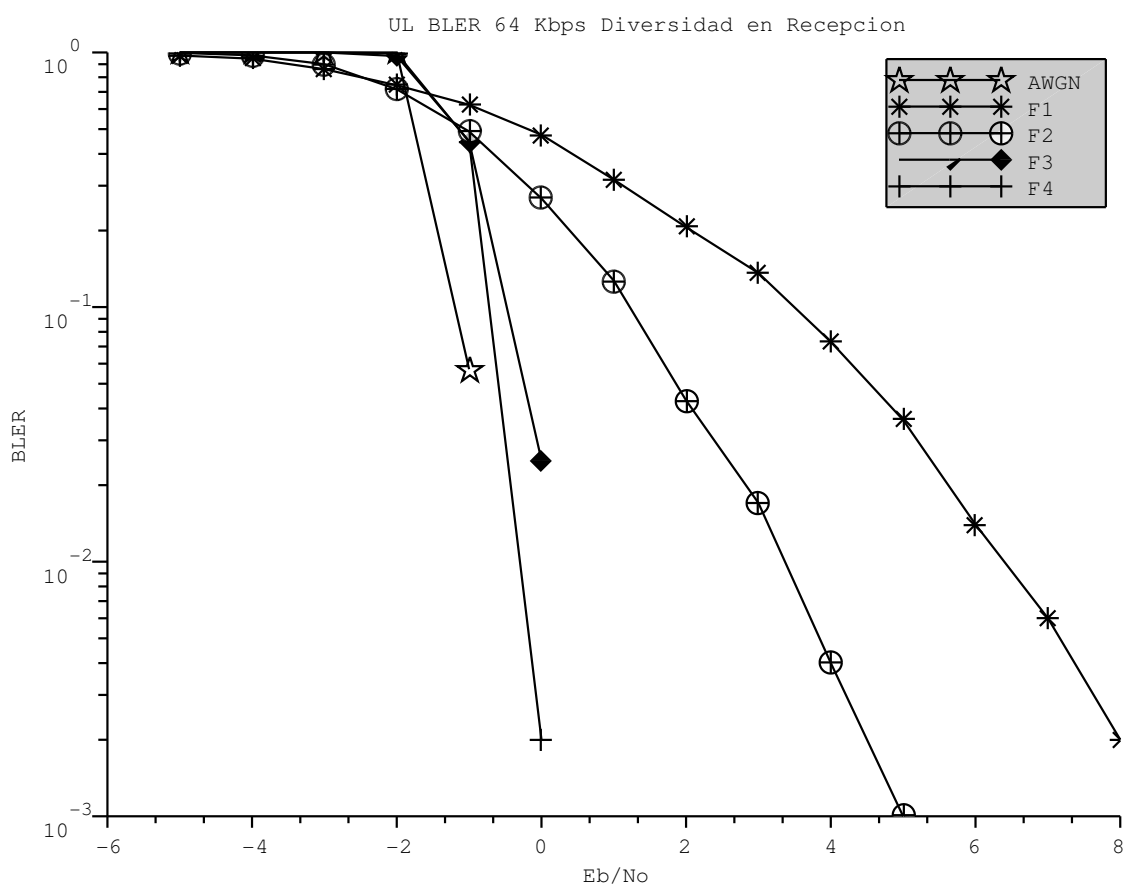


Figura 4.6. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 64 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

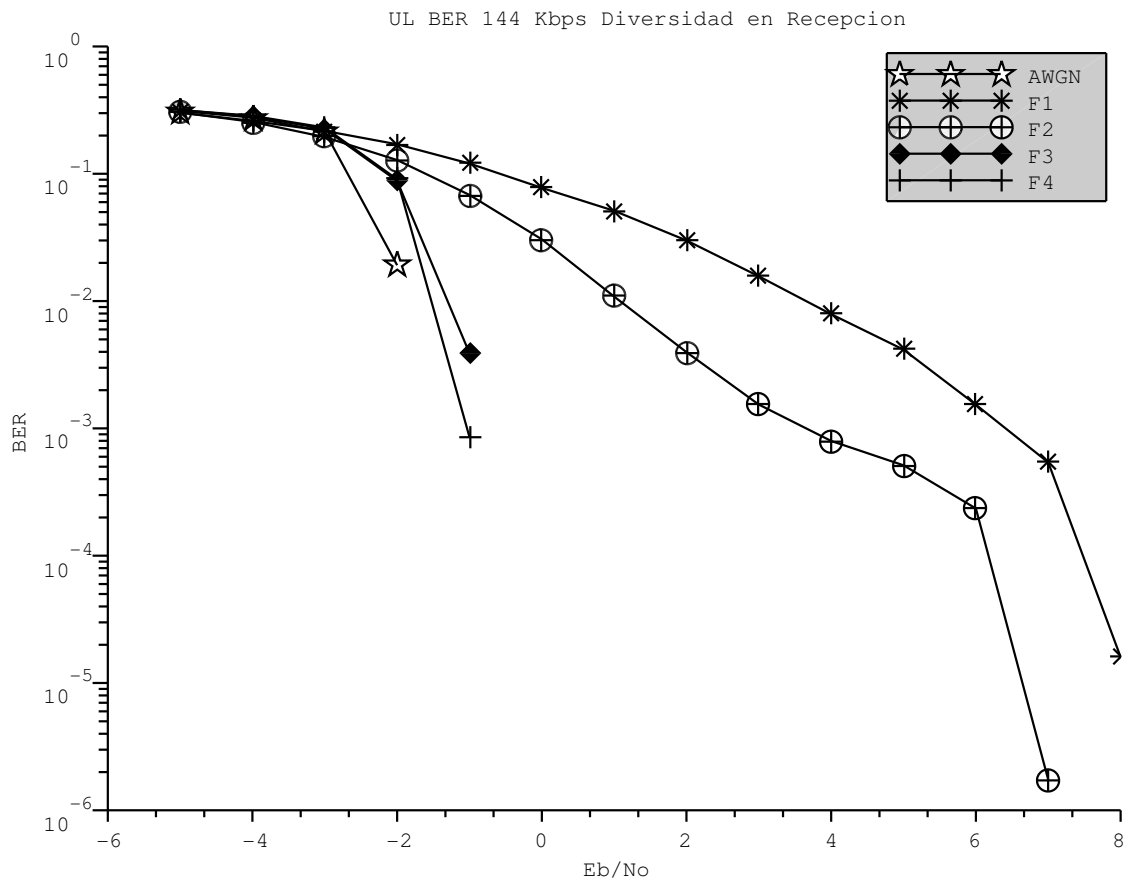


Figura 4.7. Tasa de Error de Bit (BER) para 144 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

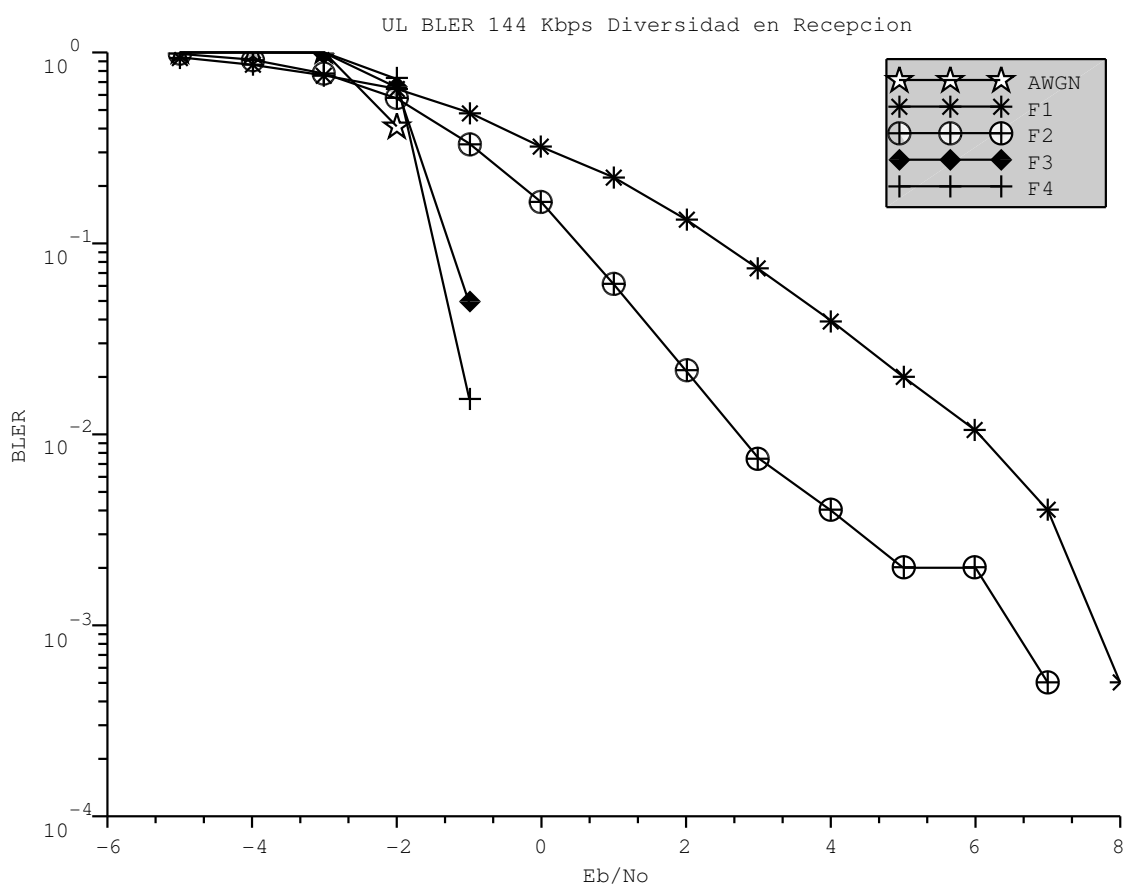


Figura 4.8. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 144 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

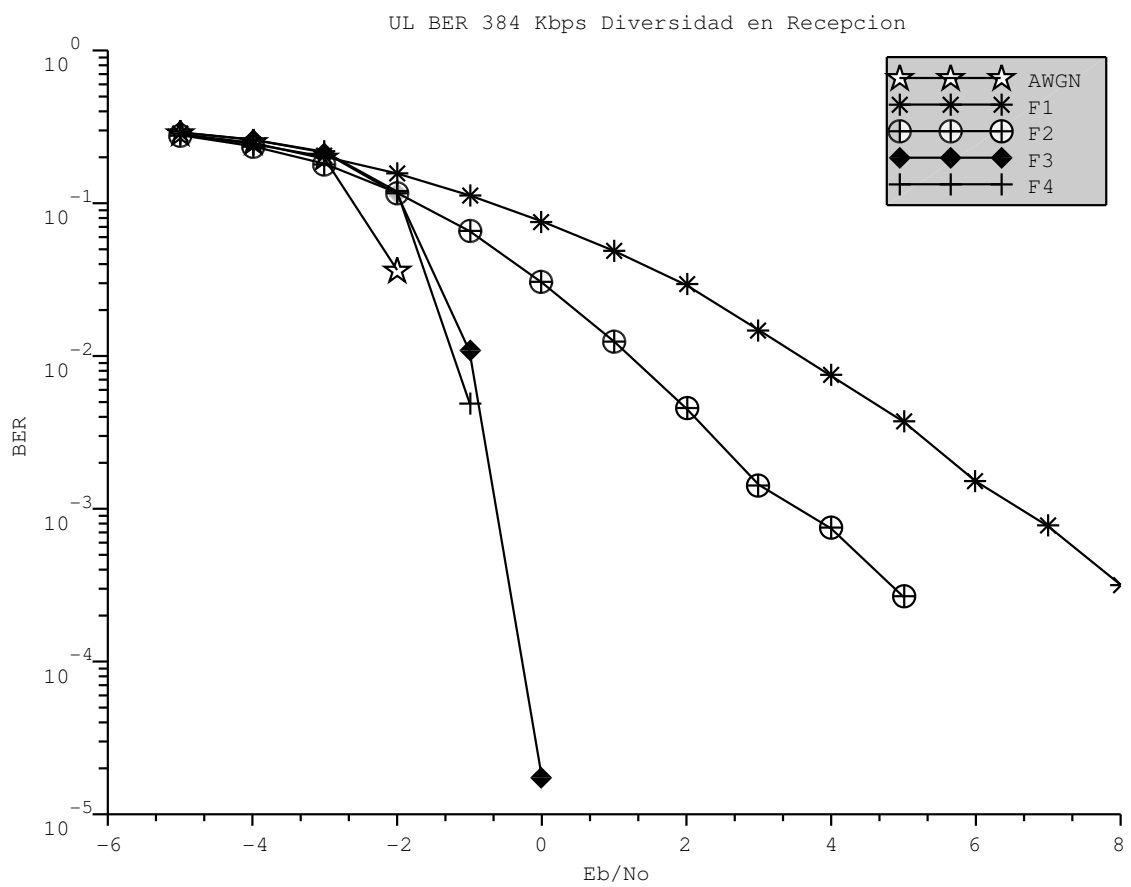


Figura 4.9. Tasa de Error de Bit (BER) para 384 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

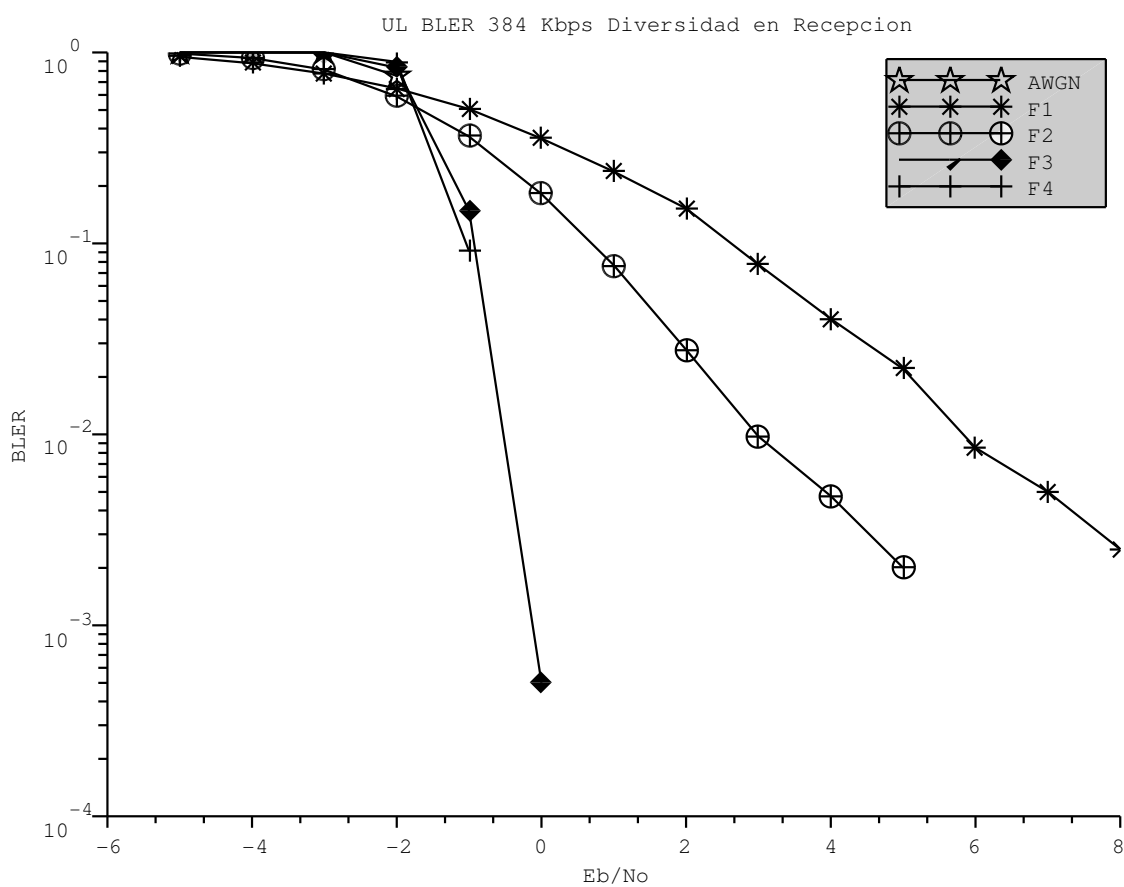


Figura 4.10. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 384 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

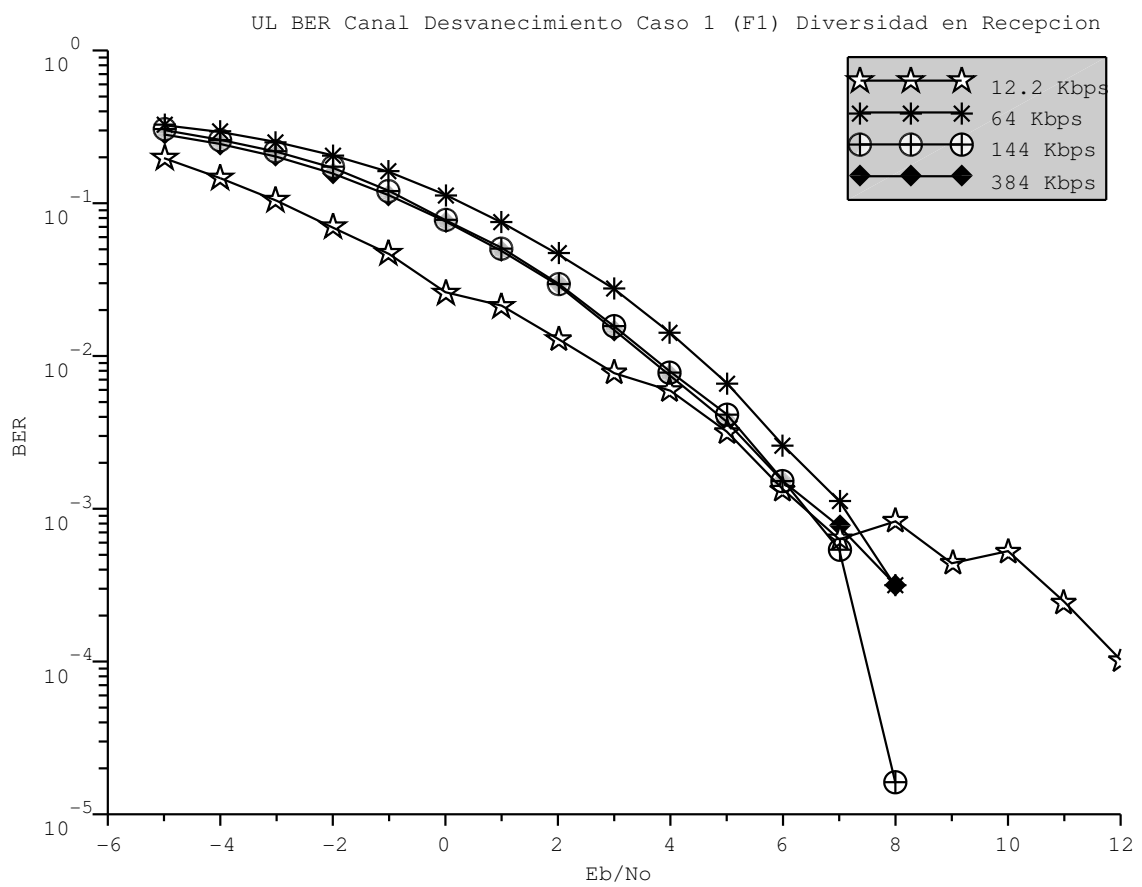


Figura 4.11. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 1 (F1) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

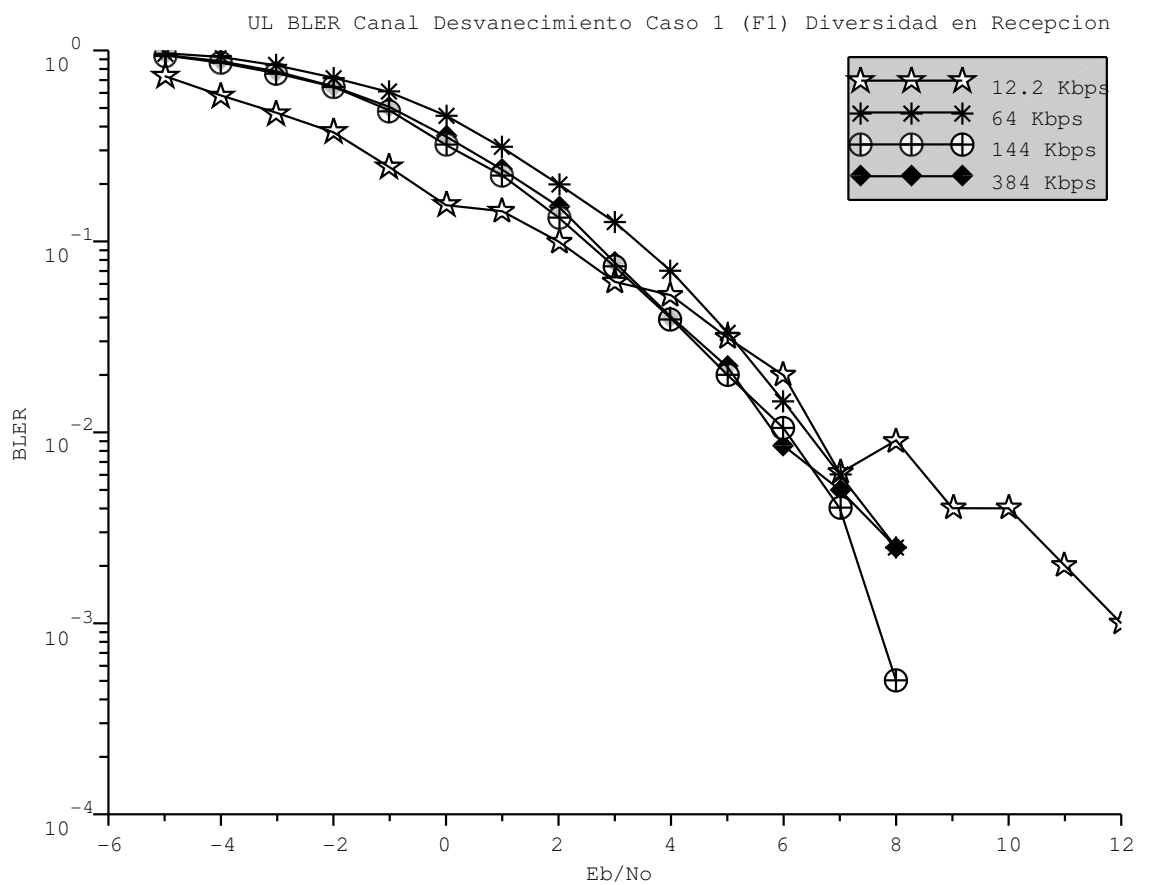


Figura 4.12. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 1 (F1) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

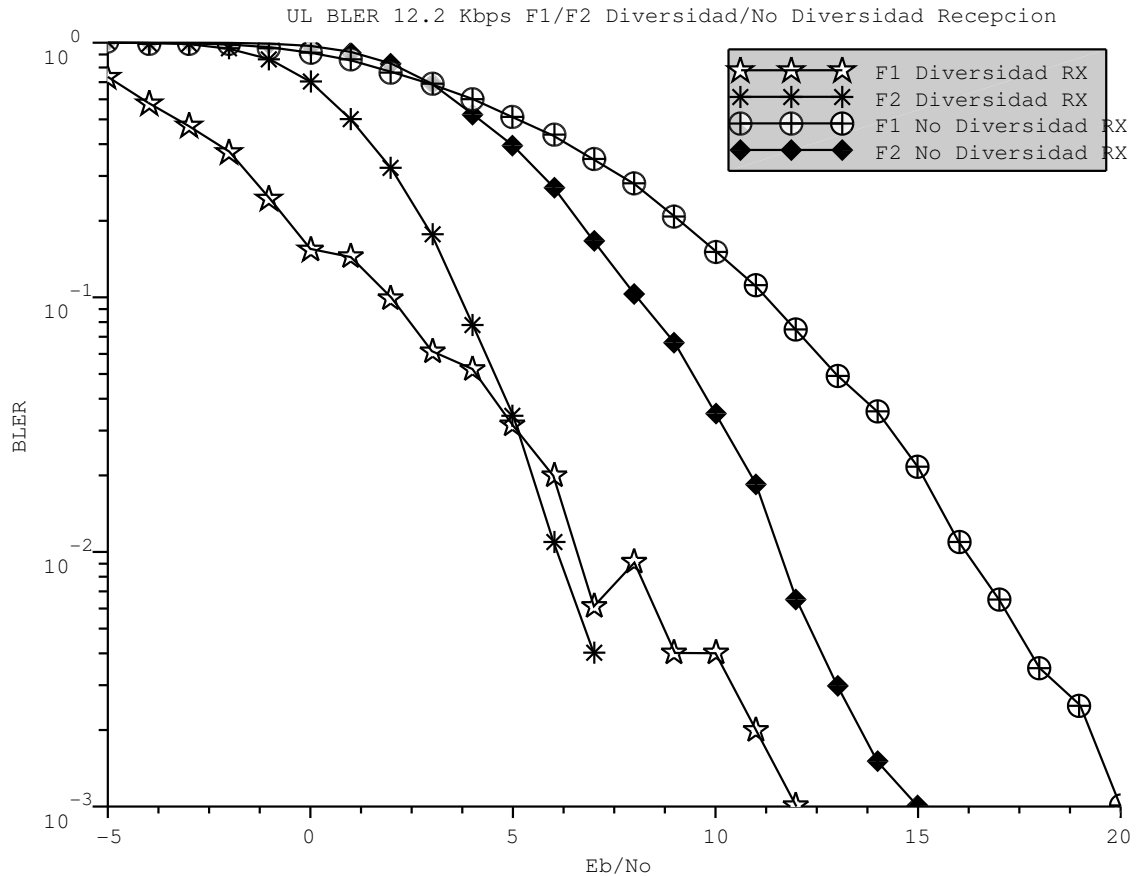


Figura 4.13. Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.

4.5 Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura

La estimación de capacidad y cobertura se basa en simulaciones estáticas a nivel de sistema y utiliza como medida de calidad la probabilidad de degradación por celda y global del sistema. La capacidad y en especial la cobertura se estima para unas condiciones determinadas, mediante un número significativo de realizaciones de la simulación estática. La capacidad del sistema se determina por aquellas configu-

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura

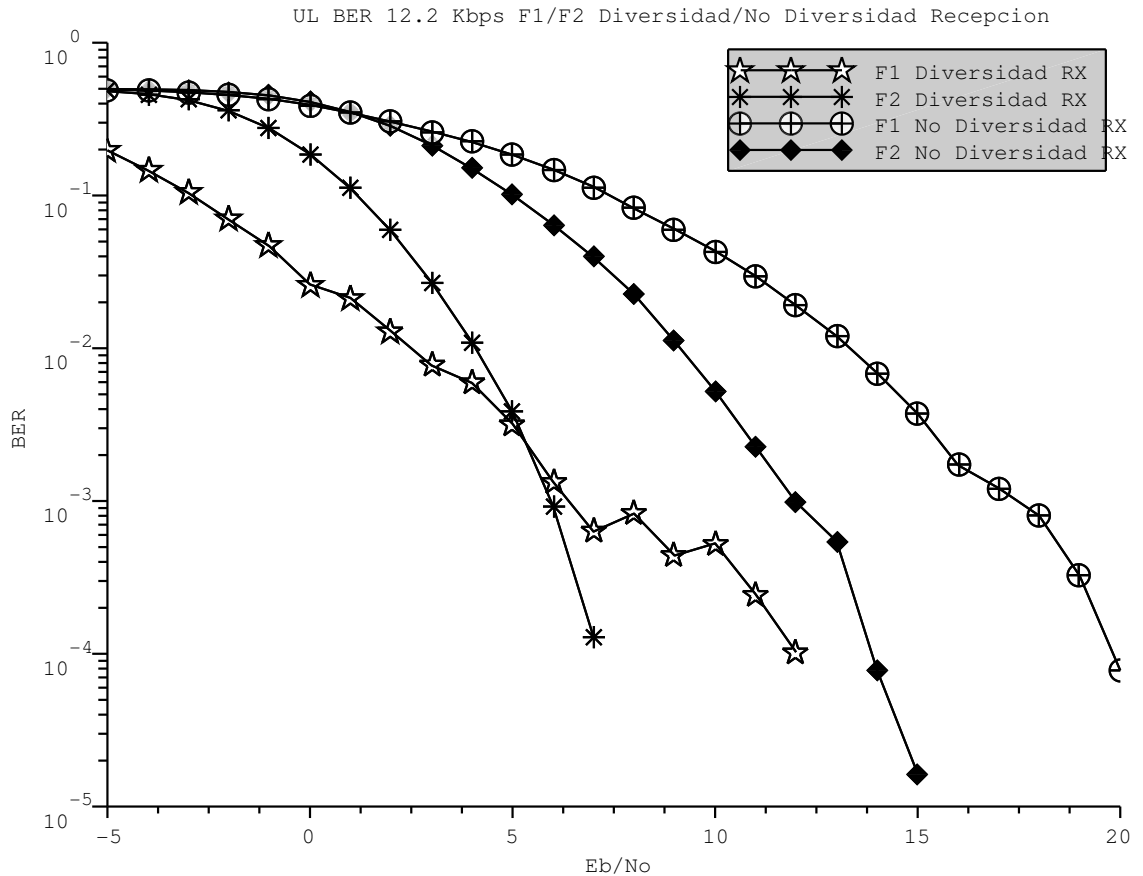


Figura 4.14. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.

raciones del sistema que generan una probabilidad de degradación inferior al valor máximo permitido (Mendo., 2004; Mendo y Hernando., 2002).

Los resultados de todas las realizaciones se analizan estadísticamente por medio del método de Monte Carlo¹. Para obtener resultados validos estadísticamente

¹El método de Monte Carlo o experimentos de Monte Carlo son una clase de algoritmos computacionales que se basan en la repetición de fenómenos aleatorios para calcular sus resultados. El método de Monte Carlo es generalmente utilizado en simulación de sistemas matemáticos y físicos. Debido a la dependencia sobre cálculos repetidos de números aleatorios o pseudoaleatorios, este método es más adecuado para cálculos en computador y es utilizado cuando es inviable o imposible obtener un resultado exacto con un algoritmo determinístico. El método de Monte Carlo es especialmente útil en el estudio de sistemas con un gran número de gra-

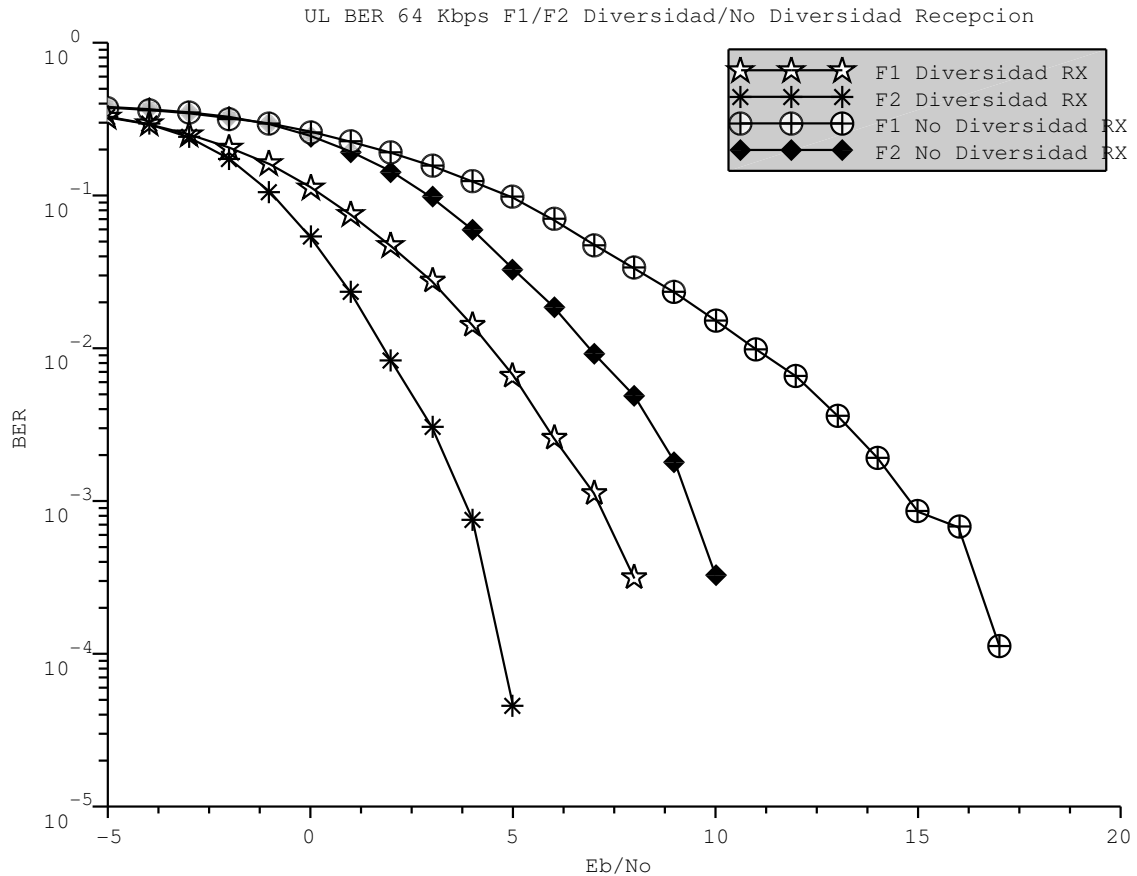


Figura 4.15. Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.

las simulaciones son realizadas un número muy elevado de veces (Mendo., 2004; Mendo y Hernando., 2002).

La simulación se inicia con la generación del escenario y la creación de un número definido de usuarios con llamadas activas en el sistema, y la definición de las características de las estaciones bases y los equipos de usuario (condiciones externas). Los usuarios se distribuyen sobre el escenario de manera aleatoria uniforme. Se calcula la atenuación de propagación entre los usuarios móviles y las

dos de libertad, tales como fluidos, materiales desordenados, sólidos fuertemente acoplados, y estructuras celulares. De manera más general, el método de Monte Carlo es útil para modelar fenómenos con valores inciertos en sus entradas, tales como el calculo de riesgo en negocios.

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura

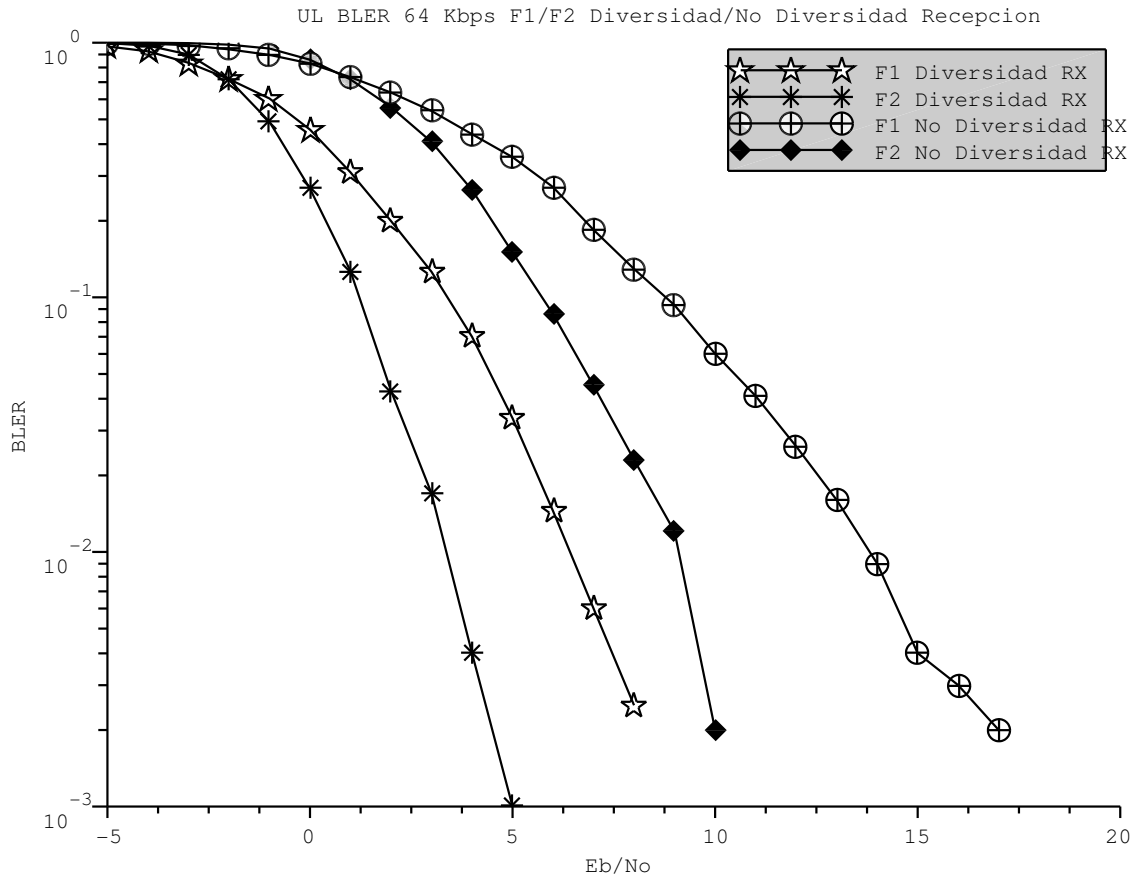


Figura 4.16. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.

diferentes estaciones base, según el modelo de propagación aplicado. Acorde a la atenuación de propagación se realiza la asignación celular, o asignación de los usuarios a las estaciones base, basado en el criterio de mínima atenuación (menor distancia a la estación base). Teniendo en cuenta la atenuación de propagación y las características de los equipos (estaciones base y equipos de usuario) se calcula la potencia de transmisión necesaria para cada uno de los equipos de usuario (control de potencia) y se evalúa si el sistema se encuentra en situación de degradación (*outage*) y se almacenan los resultados, retornando al principio para llevar a cabo una nueva realización, hasta alcanzar el número de realizaciones definidas. Final-

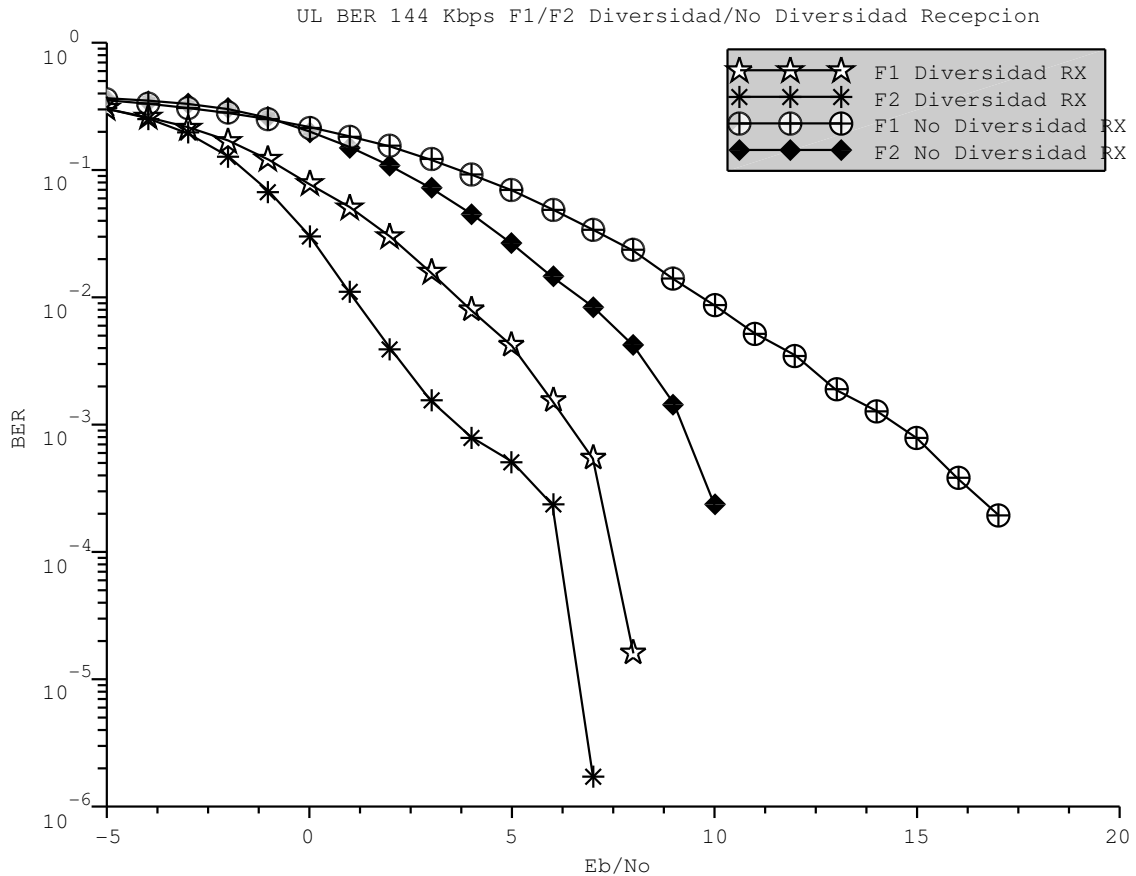


Figura 4.17. Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.

mente se procesan y se visualizan los resultados. El algoritmo general planteado para la simulación y análisis de capacidad y cobertura se muestra en la figura 4.21 (Mendo., 2004; Mendo y Hernando., 2002).

Cada realización corresponde a una foto instantánea de la red. El núcleo de la simulación es el mecanismo de control de potencia, y el análisis de los resultados permitirá determinar la capacidad y cobertura del sistema (Mendo., 2004; Mendo y Hernando., 2002).

La simulación del sistema exige el parámetro de nivel de enlace: SIR objetivo (relacionado con la relación (E_b/N_0) objetivo), valor obtenido para un tipo de canal

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura

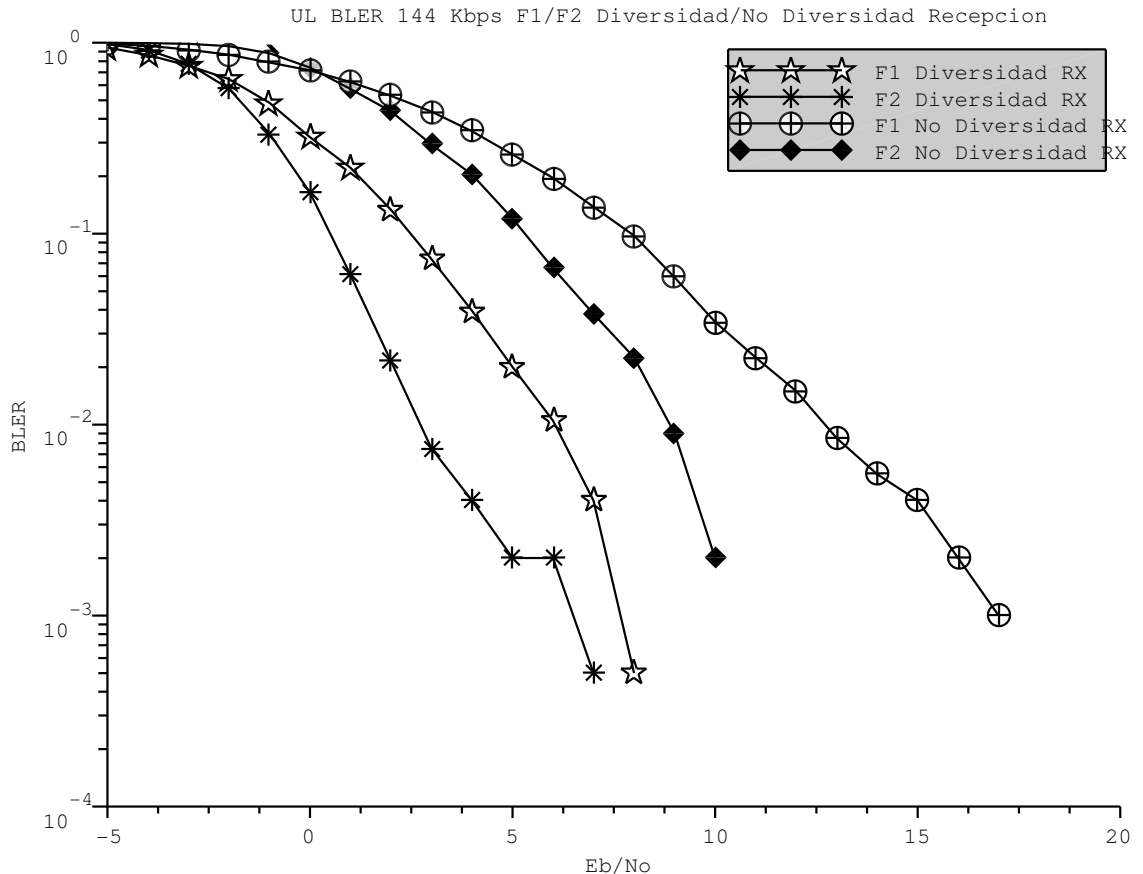


Figura 4.18. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.

especifico por medio de las simulaciones a nivel de enlace. La simulación no considera ganancia por traspaso suave o con continuidad (Mendo., 2004; Mendo y Hernando., 2002).

Al no considerar la ganancia por traspaso suave o con continuidad y otros efectos del control de potencia en lazo cerrado, el sistema de ecuaciones que describe el sistema es un sistema lineal. La solución de dicho sistema define la potencia con la cual cada usuario debe transmitir (Mendo., 2004; Mendo y Hernando., 2002).

Cada realización puede llevar a dos situaciones diferentes (Mendo., 2004; Mendo y Hernando., 2002):

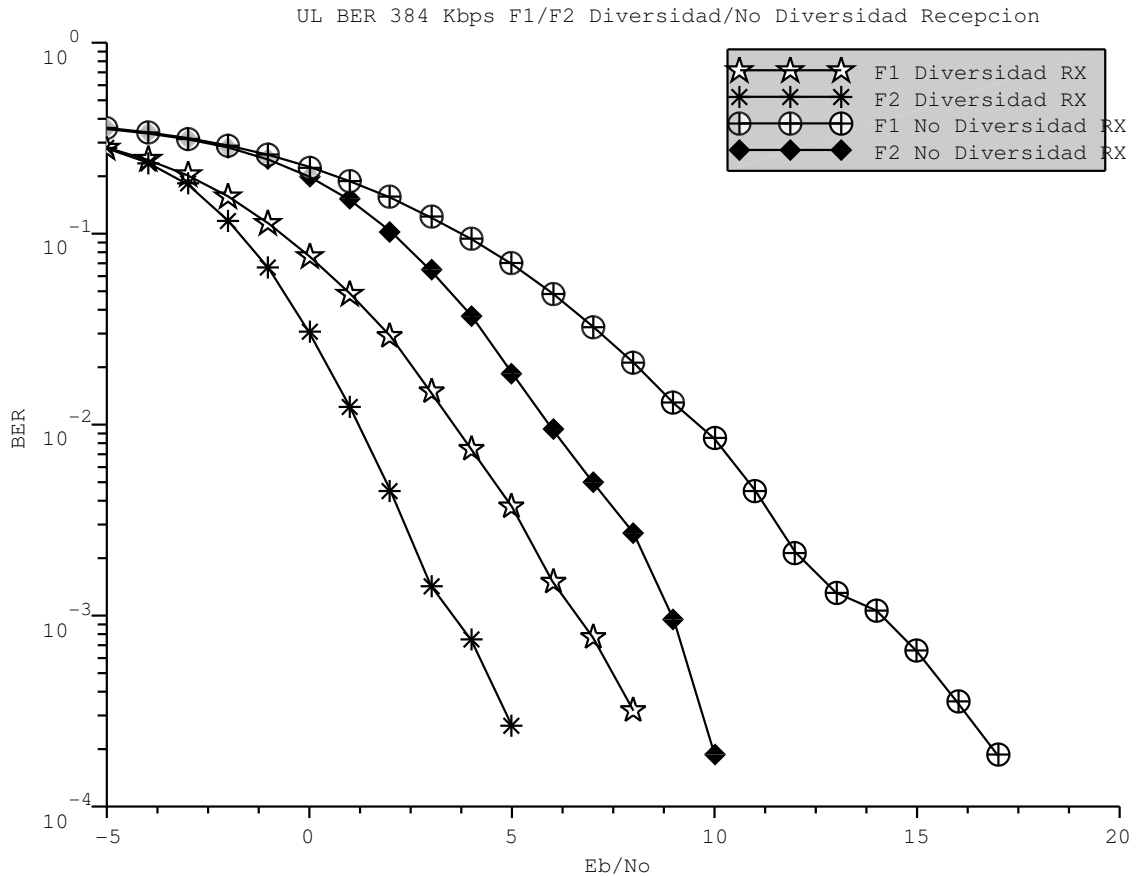


Figura 4.19. Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.

- Todos los usuarios logran la calidad de servicio deseada con potencias de transmisión dentro del rango permitido. Configuración admisible.
- Algunos usuarios sufren degradación de la calidad de su comunicación para cumplir con las restricciones de potencia. En este caso, se menciona que el sistema se encuentra en degradación (*outage*). La degradación se aplica como un concepto global, dado que aplica a la red como un todo.
 - Potencias positivas pero alguna(s) supera(n) el valor máximo permitido. Limitación por potencia.

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura

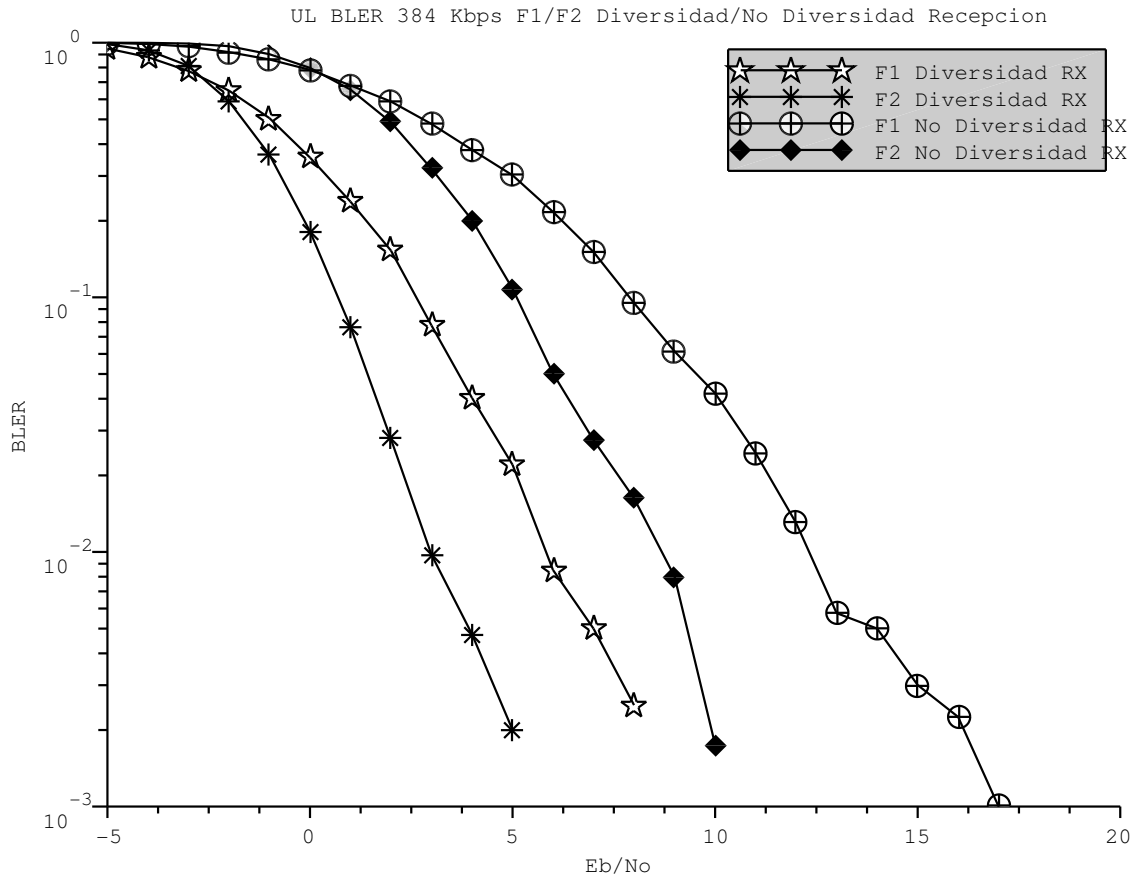


Figura 4.20. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.

– Potencias negativas. Limitación intrínseca.

En este análisis la probabilidad de degradación global (*Global outage probability*) es utilizada como una medida de desempeño para determinar la capacidad del sistema.

La simulación considera una red celular WCDMA en modo FDD en un entorno urbano, con estaciones base microcelulares y utiliza modelos desarrollados para la caracterización de la atenuación, la asignación celular, el control de potencia y la caracterización a nivel de enlace. En la simulación se define el número de usuarios, la velocidad de transmisión de datos de referencia que soporta el servicio ofrecido

Tabla 4.1. Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 1.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX (dB)	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX (dB)	BER con diversidad de BS en RX	BER sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	2	11.3	$12.9653 \cdot 10^{-3}$	$26.5499 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	6.8	16.3	$0.7727 \cdot 10^{-3}$	$1.5676 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
64 Kbps	3.6	8.9	$20.7077 \cdot 10^{-3}$	$24.1118 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	6.6	13.9	$1.7629 \cdot 10^{-3}$	$2.0867 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
144 Kbps	2.6	8	$21.3711 \cdot 10^{-3}$	$23.2268 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	6.1	12.8	$1.4354 \cdot 10^{-3}$	$2.1995 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
384 Kbps	2.8	8	$17.6549 \cdot 10^{-3}$	$21.1537 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	5.9	12.5	$1.7331 \cdot 10^{-3}$	$1.7334 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$

al usuario y el valor SIR o (E_b/N_0) que define la calidad del servicio.

Las características generales de la simulación y de los diferentes escenarios y condiciones a simular son:

- Número de realizaciones iguales a 10000.
- nueve (9) celdas omnidireccionales.
- Dos escenarios básicos microcelulares de simulación: 3000 m X 3000 m (9000000 m^2 , radio de celda igual a 500m) y 900 m X 900 m (810000 m^2 , radio de celda igual a 150m).
- Velocidades de transmisión de datos de referencia: 12.2, 64, 144 y 384 Kbps.
- El SIR objetivo para cada una de las velocidades de transmisión de datos de referencia, se basa en los resultados obtenidos por medio de la simulación a nivel de enlace para el caso condición de propagación multitrayecto

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 13

- desvanecimiento caso 1, $BLER < 1 \times 10^{-2}$, uno de los casos de más alta exigencia en el análisis a nivel de enlace.

- Frecuencia igual a 2000 MHz.
- Ganancia de antena UE igual a 0 dBi.
- Ganancia de antena BS igual a 3 dBi.
- Tasa de chip igual a 3.84 Mcps.
- Figura de ruido de recepción en estación base igual a 5 dB.
- Potencia máxima de UE: 21 dBm (125 mW) para servicios de voz (12.2 Kbps) y 24 dBm (250 mW) para servicios de datos (64, 144 y 384 Kbps).
- Las simulaciones se realizan teniendo en cuenta y no la diversidad por recepción en estación base.
- El modelo de propagación utilizado para calcular la atenuación de propagación es el de pérdidas de trayecto para ambientes de prueba de transeúntes para exteriores a interiores (*Path loss model for outdoor to indoor and pedestrian test environment*).
- La mínima pérdida de acoplamiento (MCL, *Minimum Coupling Loss*) es igual a 56 dB, que es la mínima atenuación total que debe existir entre el equipo de usuario y la estación base, valor que reemplaza al valor de atenuación calculado utilizando el modelo de propagación cuando los usuarios se encuentran muy cercanos a la estación base (distancia menor a 5 m).
- En caso de estar en condición de degradación (*outage*) por limitación de potencia, la simulación localiza al usuario que excede la potencia máxima permitida en mayor valor, lo apaga y nuevamente realiza el control de potencia, y así sucesivamente hasta que las potencias de los equipos de usuario se encuentren dentro del rango de potencias permitidas.

- En caso de estar en condición de degradación (*outage*) por limitación intrínseca, la simulación localiza al usuario que excede la potencia máxima permitida en mayor valor, lo apaga y nuevamente realiza el control de potencia, y así sucesivamente hasta que las potencias de los equipos de usuario se encuentren por debajo de la máxima potencia de transmisión permitida. Si se mantienen valores de potencia negativa, se inicia una nueva realización con una nueva distribución de usuarios.

La simulación presenta las siguientes limitantes:

- Se consideran celdas no sectorizadas, con un patrón de radiación omnidireccional. No se tiene en cuenta la ubicación (orientación o dirección) de los usuarios con respecto a la estación base. No se tiene en cuenta el efecto de parámetros relacionados a la inclinación (*tilt*) de antena.
- Se consideran las estaciones base alineadas tanto de manera horizontal como vertical. Se considera que su área de servicio es circular, por lo cual no considera emplazamientos que correspondan a una distribución de estaciones base en una distribución geométrica basada en celdas hexagonales.
- La simulación no considera en el escenario la generación de una cuadrícula tipo Manhattan, como lo realizan en la mayoría de las simulaciones en entornos microcelulares.
- El control de potencia es ideal.
- La simulación no considera la aplicación de políticas de control de admisión y control de congestión.

Se debe tener en cuenta que los controles de potencia, admisión y congestión hacen parte de la gestión de recursos radio (RRM).

El cálculo de potencia y de factor de carga se realiza teniendo en cuenta las ecuaciones indicadas en este capítulo.

4.5.1 Modelo de Propagación Seleccionado para la Simulación

El modelo de propagación utilizado para calcular la atenuación de propagación es el de pérdidas de trayecto para ambientes de prueba de transeúntes para exteriores a interiores (*Path loss model for outdoor to indoor and pedestrian test environment*). El escenario al que se aplica este modelo se caracteriza por pequeñas celdas y baja potencia de transmisión. Las estaciones base con antenas a baja altura son localizadas en exteriores, los usuarios transeúntes son localizados en calles o dentro de edificios. Una regla de pérdida de trayecto geométrica de R^{-4} es apropiada. Si el trayecto entre el móvil y la estación base presenta Línea de Vista (LOS, *Line of Sight*) sobre una calle (modelo de cañon o guía de onda) y se encuentra libre la zona de Fresnel, la pérdida de trayecto debe seguir una regla de pérdida de trayecto de R^{-2} . Para regiones donde no se encuentra libre la zona de Fresnel debido a obstáculos tales como arboles y edificios una regla de pérdida de trayecto de R^{-6} es apropiada. El desvanecimiento Log-normal o por sombra con una desviación estándar igual a 10 y 12 dB es razonable para exteriores e interiores respectivamente, el cual es incluido en el modelo. Las pérdidas por penetración en edificios se definen iguales a 12 dB con una desviación estándar igual a 8 dB. Las tasas de desvanecimiento Rayleigh y/o Rician son generalmente fijadas para velocidades de desplazamiento de transeúntes (3GPP TR 25.942 V7.0.0 , 2007; ETSI TR 101 112 V3.1.0 , 1997).

La ecuación 4.44 describe la formula general de pérdidas de trayecto para el modelo seleccionado.

$$L = 40\text{Log}_{10}(R) + 30\text{Log}_{10}(f) + 49 \quad (4.44)$$

Donde: R es la separación en kilómetros entre la estación base y el móvil. f es la frecuencia portadora de 2000 MHz para aplicaciones WCDMA(UMTS).

Nota: L en ninguna circunstancia debe ser menor que las pérdidas de espacio libre. Este modelo es valido para casos Sin Linea de Vista (NLOS, *Non-Line-of-Sight*) y describe el peor caso de propagación. Este modelo es utilizado para evaluar la cobertura y permitir evaluaciones simples de capacidad.

4.5.2 Forma General de Calculo del Factor de Carga en el Enlace de Subida en la Simulación

Para la simulación estática a nivel de sistema, donde el sistema cuenta con varias celdas, se puede calcular el factor de carga de cada una de las celdas teniendo en cuenta la potencia recibida en cada estación de cada uno de los usuarios, haciendo uso de la ecuación 4.45, la cual se obtiene a partir de 4.39.

$$\eta_{UL} = 1 - \frac{P_N}{I_{Total}} \quad (4.45)$$

Donde P_N es la potencia de ruido térmico en cada estación base e I_{Total} representa la suma de todas las potencias recibidas por la estación base proveniente de todos los usuarios con llamadas activas en el sistema que incluye la potencia de ruido.

4.5.3 Herramienta Software para la Implementación de la Simulación

la simulación se implementó haciendo uso de la herramienta Scilab, la cual es una herramienta programación basada en un lenguaje de alto nivel de código abierto, para calculo científico y que es soportada por diferentes sistemas operativos. Scilab es una de las alternativas de código abierto a Matlab.

4.5.4 Escenarios de Simulación a Nivel de Sistema

En las figuras 4.22 4.23 aparecen los dos escenarios básicos utilizados para la simulación a nivel de sistema, donde la figura 4.22 representa el escenario de 3000 m X 3000 m (9000000 m^2 , radio de celda igual a 500m) y la figura 4.23 representa el escenario de 900 m X 900 m (810000 m^2 , radio de celda igual a 150m). En las figuras aparecen representadas por rombos las estaciones base y en el presente documento van estar consideradas por números arábigos iniciando por la estación base que se encuentra en la parte inferior izquierda, y continuando sucesivamente de izquierda a derecha y de abajo a arriba, hasta contabilizar la ultima estación base, la número nueve, la que se encuentra en la esquina superior derecha. La celda presente en todo el centro del escenario es la celda número 5.

La figura 4.24 muestra el escenario 1 en el cual se han distribuido de manera aleatoria uniforme 40 usuarios, los cuales son representados por puntos rellenos de

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 17

color oscuro.

4.5.5 Plan de Pruebas de Simulación en el Enlace de Subida

La tabla 4.2 indica en resumen las pruebas realizadas en los dos escenarios definidos, con diversidad y sin diversidad de recepción en estación base, para las diferentes velocidades de transmisión de datos de referencia, el canal considerado (desvanecimiento caso 1), indicando el número de usuarios en el escenario para cada velocidad de transmisión de datos, con el fin de obtener los resultados que permitan a analizar las potencias de las estaciones móviles o equipos de usuarios (UE), el factor de carga en el enlace de subida, la cobertura, la probabilidad de degradación y el número de veces que la simulación genera limitación intrínseca, en conclusión el análisis de capacidad y cobertura.

4.5.6 Resultados Simulación en el Enlace de Subida

Para cada uno de los escenarios y características definidas se repite al menos 10000 veces la simulación estática a nivel de sistema, obteniendo una gran cantidad de resultados gráficos y numéricos. Se presenta a modo de ejemplo resultados gráficos en la determinación de las potencias requeridas por los usuarios al aplicar el control de potencia ideal (solución al sistema lineal de ecuaciones), el factor de carga en el enlace de subida y la cobertura. Con respecto a la cobertura los resultados son muy variables y no representan el efecto de la carga en el sistema. Los resultados finalmente son presentados en tablas para cada uno de los escenarios y características de cada una de las simulaciones, en la cual se consideran aquellos resultados que mayor número de ocurrencia presentan en el total de simulaciones, los cuales representan el valor medio o esperado, valor válido estadísticamente.

Las figuras 4.25, 4.26, 4.27 y 4.28, presentan los resultados de la potencia requerida por las estaciones móviles (UE) que se conectan a la estación base 5 en cada uno de los dos escenarios, teniendo en consideración y no la diversidad de recepción en estación base, para 100 y 40 usuarios respectivamente (en todo el escenario) y para la velocidad de transmisión de datos de referencia de 12.2 Kbps. En las mencionadas figuras se observa que a menor tamaño de escenario menor es la potencia de transmisión requerida en la estación móvil (UE) y de igual manera sucede cuando existe diversidad de recepción en estación base, teniendo en cuenta

que los escenarios con diversidad cuentan con un mayor número de usuarios. En la celda 5, para 40 usuarios en el sistema, sin diversidad de recepción en estación base, las potencias requeridas por las estaciones móviles en moda son iguales a 21² y 6 dBm para los escenarios de simulación 1 y 2 respectivamente. En la celda 5, para 100 usuarios en el sistema, con diversidad de recepción en estación base, las potencias requeridas por las estaciones móviles en moda son iguales a 12 y -9 dBm, para los escenarios de simulación 1 y 2 respectivamente. Demás medidas estadísticas relacionadas con la potencia en estos casos específicos se encuentran en la tabla 4.3. De las figuras 4.25, 4.26, 4.27 y 4.28 se puede observar que la distribución de los valores presenta una distribución normal o Gaussiana. De la tabla 4.3 se concluye que la desviación estándar de la potencia se encuentra entre los 8 y 9 dBs para los escenarios con y sin diversidad en recepción.

Las figuras 4.29, 4.30, 4.31 y 4.32, presentan los resultados del factor de carga en el enlace de subida para la celda 5 en cada uno de los dos escenarios, teniendo en consideración y no la diversidad de recepción en estación base, para 100 y 40 usuarios respectivamente (en todo el escenario) y para la velocidad de transmisión de datos de referencia de 12.2 Kbps. En las mencionadas figuras se observa para los escenarios sin diversidad de recepción en estación base, a menor tamaño de escenario mayor es el factor de carga en el enlace de subida, mientras que para los escenarios con diversidad, sin importar el tamaño de las celdas, el factor de carga es el mismo. Se debe tener en cuenta que los escenarios con diversidad cuentan con un mayor número de usuarios. En la celda 5, para 40 usuarios en el sistema, sin diversidad de recepción en estación base, los factores de carga en moda son iguales a 60³ y 90% para los escenarios de simulación 1 y 2 respectivamente. En la celda 5, para 100 usuarios en el sistema, con diversidad de recepción en estación base, los factores de carga en moda son iguales a 30%, para los escenarios de simulación 1 y 2 respectivamente. Demás medidas estadísticas relacionadas con el factor de carga en estos casos específicos se encuentran en la tabla 4.4. De las figuras 4.29, 4.30, 4.31 y 4.32 se puede observar que la distribución de los valores presenta una distribución normal o Gaussiana. De la tabla 4.4 se concluye que existe una menor dispersión de los factores de carga en los escenarios propuestos con diversidad.

²El valor específico de potencia considera que las estaciones móviles manejan valores de potencia de transmisión entre el valor especificado menos 3 dB y el valor como tal.

³El valor específico de factor de carga considera que este se debe encontrar entre el valor especificado menos 10% y ese mismo valor.

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura

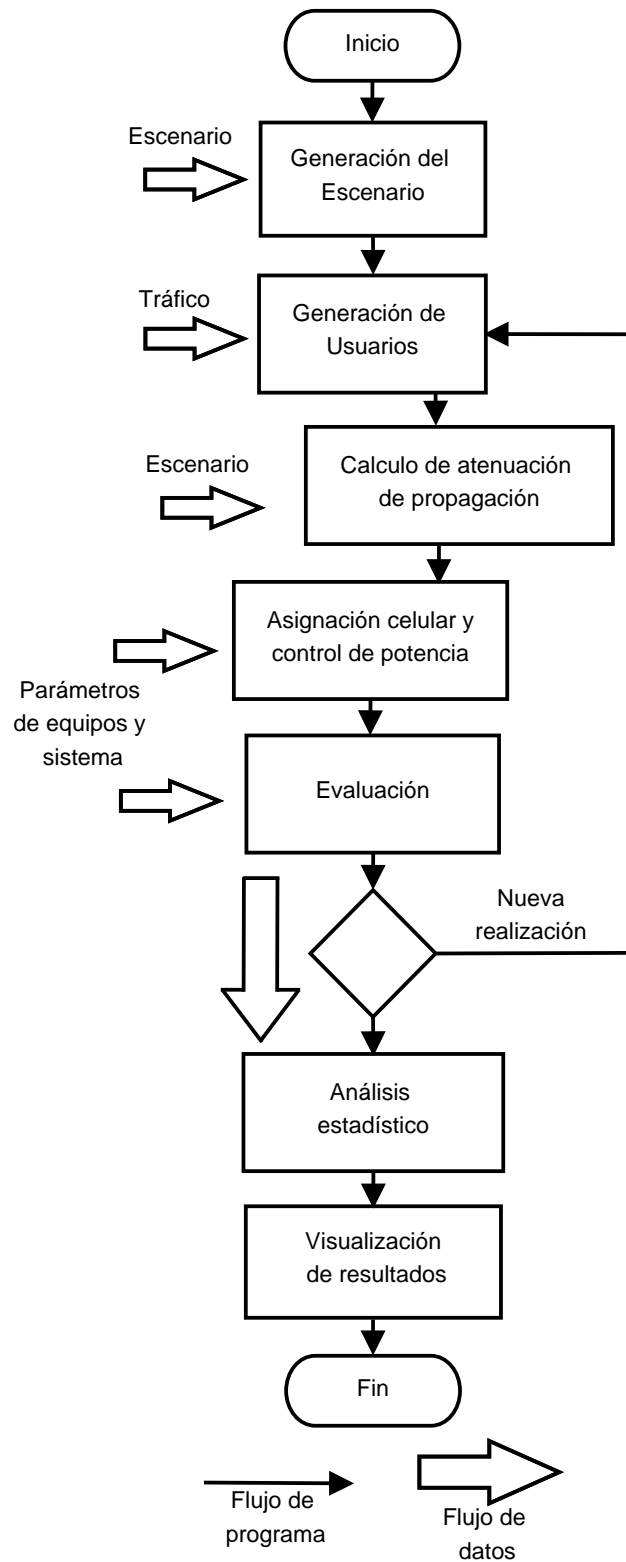


Figura 4.21. Algoritmo General de Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura.

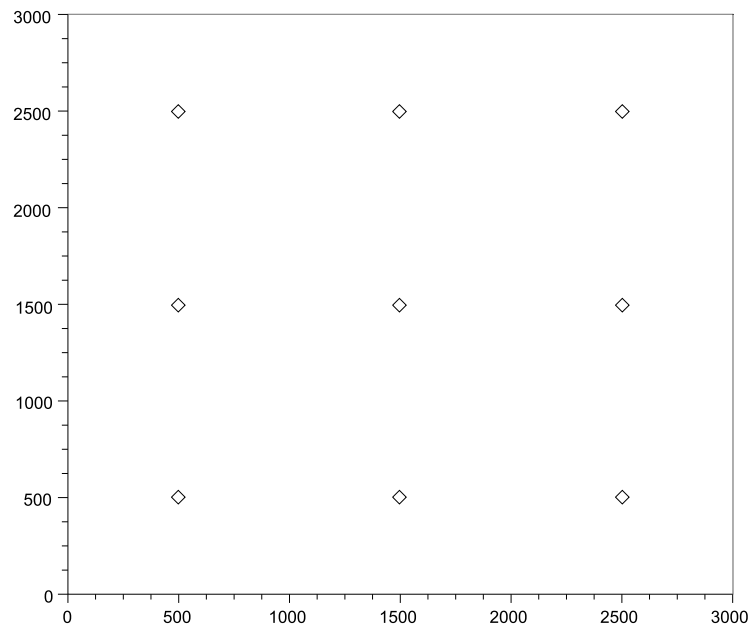


Figura 4.22. Escenario de Simulación 1 (3000 m X 3000 m).

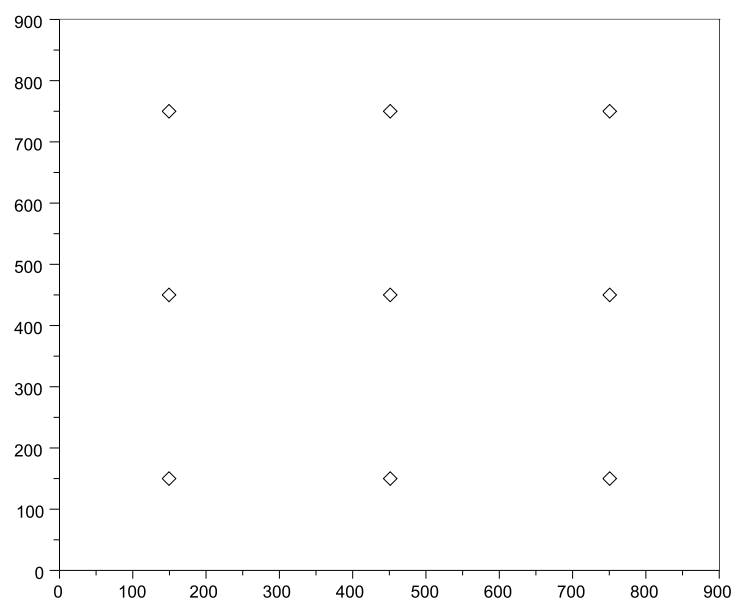


Figura 4.23. Escenario de Simulación 2 (900 m X 900 m).

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura

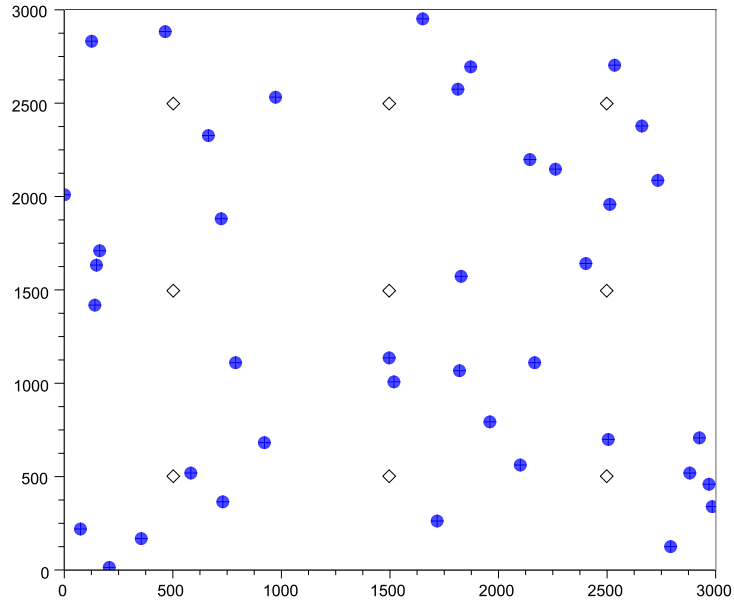


Figura 4.24. Escenario de Simulación 1 con 40 usuarios.

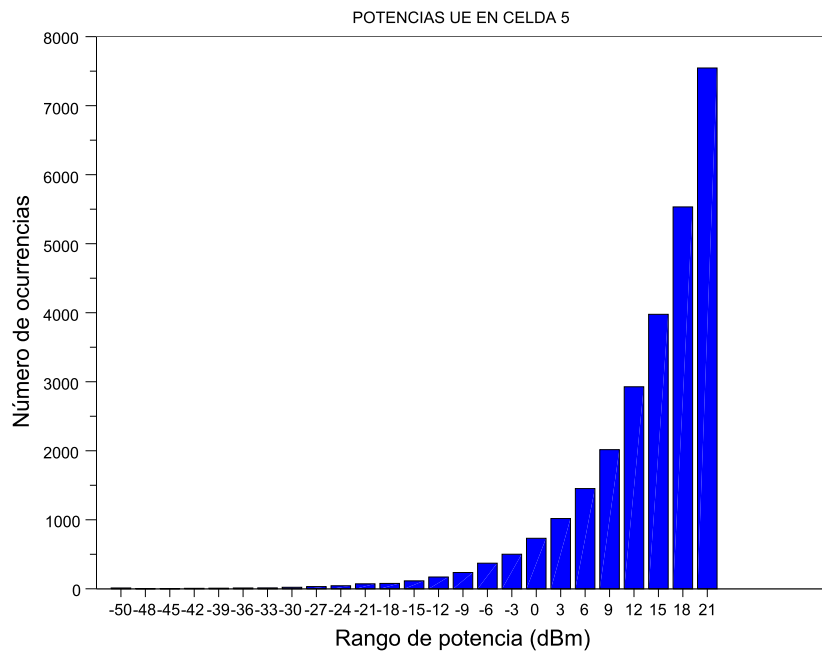


Figura 4.25. Potencia UE Escenario de Simulación 1 con 40 Usuarios, sin Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.

Tabla 4.2. Plan de Pruebas de Simulación en el Enlace de Subida.

Sin Diversidad de Recepción en BS		Con Diversidad de Recepción en BS	
Escenario 1 (3000 m x 3000 m)	Escenario 2 (900 m x 900 m)	Escenario 1 (3000 m x 3000 m)	Escenario 2 (900 m x 900 m)
Velocidades de transmisión de datos de referencia de 12.2 , 64, 144 y 384 Kbps	Velocidades de transmisión de datos de referencia de 12.2 , 64, 144 y 384 Kbps	Velocidades de transmisión de datos de referencia de 12.2 , 64, 144 y 384 Kbps	Velocidades de transmisión de datos de referencia de 12.2 , 64, 144 y 384 Kbps
E_b/N_0 Canal caso desvanecimiento 1 (F1)		E_b/N_0 Canal caso desvanecimiento 1 (F1)	
Número de usuarios para 12.2 Kbps: 10, 20, 30 y 40.	Número de usuarios para 12.2 Kbps: 10,20,30 y 40.	Número de usuarios para 12.2 Kbps: 100, 200 y 250.	Número de usuarios para 12.2 Kbps: 100, 200, 300 y 400.
Número de usuarios para 64 Kbps: 10.	Número de usuarios para 64 Kbps: 10 y 20.	Número de usuarios para 64 Kbps: 20, 40, 60 y 80.	Número de usuarios para 64 Kbps: 20, 40, 60 y 80.
Número de usuarios para 144 Kbps: 5 y 10.	Número de usuarios para 144 Kbps: 10.	Número de usuarios para 144 Kbps: 10, 20, 30 y 40.	Número de usuarios para 144 Kbps: 10, 20, 30 y 40.
Número de usuarios para 384 Kbps: 5.	Número de usuarios para 384 Kbps: 5.	Número de usuarios para 384 Kbps: 5 y 10.	Número de usuarios para 384 Kbps: 5, 10, 15 y 20.
Potencia UE, carga en el UL, Cobertura, probabilidad de degradación y limitación intrínseca.			

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura

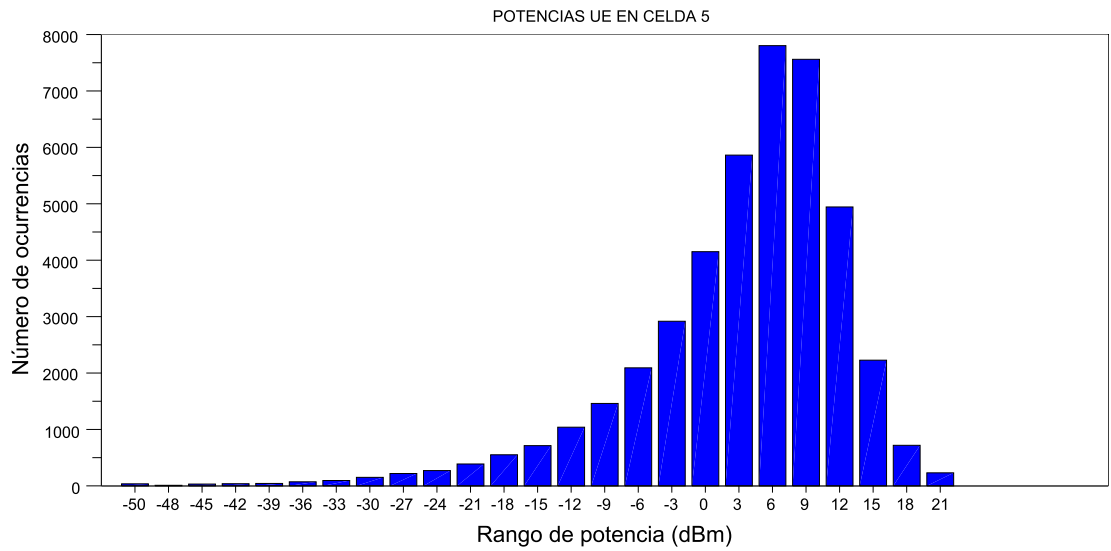


Figura 4.26. Potencia UE Escenario de Simulación 2 con 40 Usuarios, sin Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.

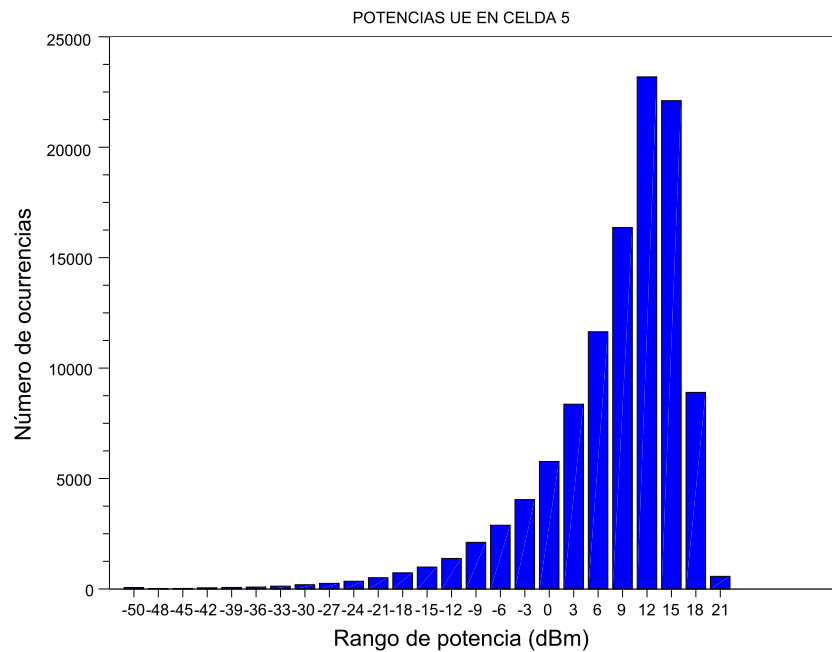


Figura 4.27. Potencia UE Escenario de Simulación 1 con 100 Usuarios, con Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.

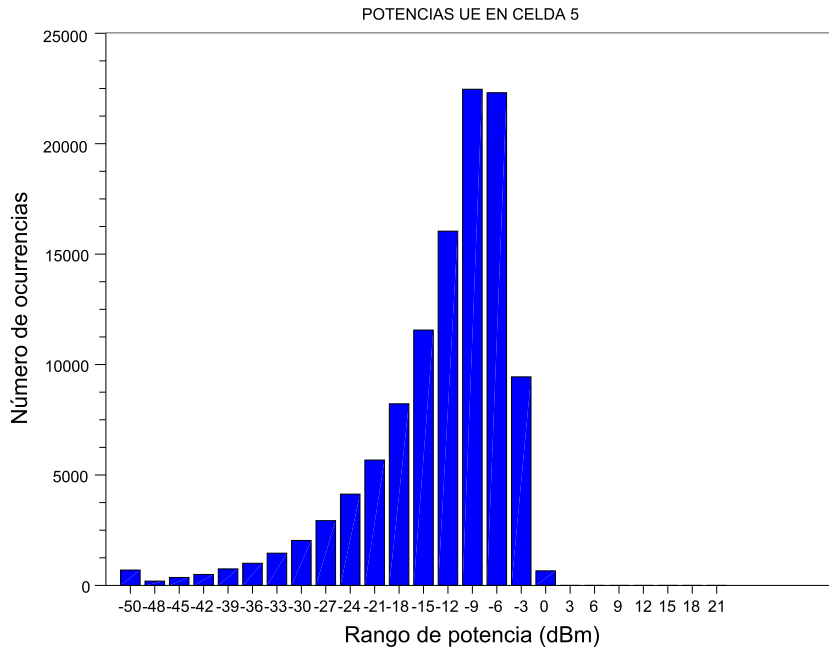


Figura 4.28. Potencia UE Escenario de Simulación 2 con 100 Usuarios, con Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.

Tabla 4.3. Estadística de la Potencia (dBm) en 4 casos específicos para usuarios con velocidad de transmisión de datos de referencia a 12.2 Kbps.

Medida	Escenario 1		Escenario 2	
	Sin diversidad 40 usuarios	Con diversidad 100 usuarios	Sin diversidad 40 usuarios	Con diversidad 100 usuarios
Media	14	7.95	3.08	-12.94
Moda	21	12	6	-9
Mediana	15	9	6	-12
Varianza	63.82	78.73	87.55	76.58
Desviación estándar	8	8.87	9.36	8.75

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 125

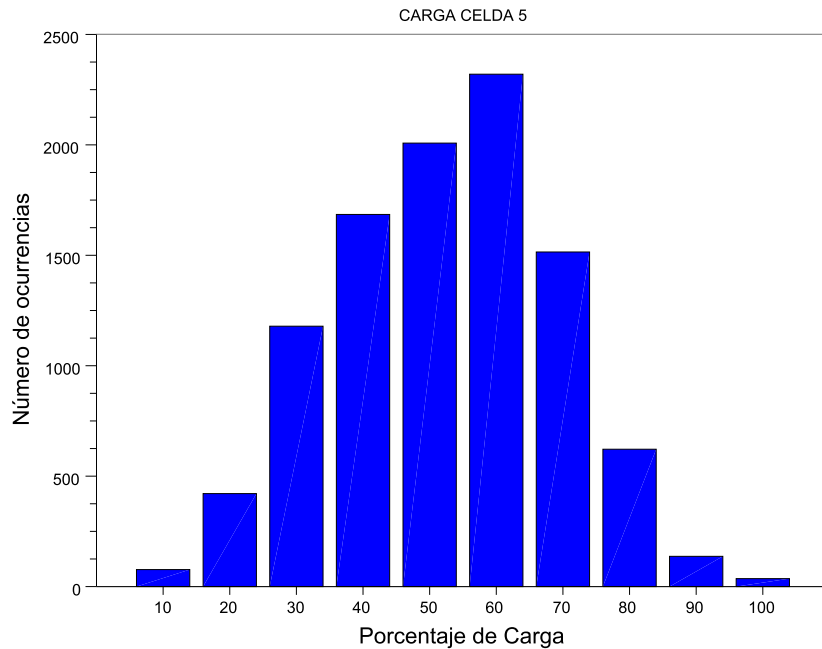


Figura 4.29. Factor de Carga Enlace de Subida Escenario de Simulación 1 con 40 Usuarios, sin Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.

Las figuras 4.33, 4.34, 4.35 y 4.36, presentan los resultados de máxima cobertura en el enlace de subida para la celda 5 en cada uno de los dos escenarios, teniendo en consideración y no la diversidad de recepción en estación base, para 100 y 40 usuarios respectivamente (en todo el escenario) y para la velocidad de transmisión de datos de referencia de 12.2 Kbps. Como ya se ha mencionado antes los resultados no son concluyentes entre la relación entre cobertura y carga del sistema, y en las figuras mencionadas se nota como la mayor distancia a la que se encuentra un usuario de la estación base se encuentra entre el radio de la celda y la distancia existente entre la estación base y la diagonal relacionada con el área cuadrada que le corresponde. Posteriormente se realizará un análisis diferente para determinar el compromiso entre carga y cobertura. Medidas estadísticas relacionadas con el rango de cobertura en estos casos específicos se encuentran en la tabla 4.5. De la tabla 4.5 se concluye que existe una menor dispersión del máximo rango de cobertura en el escenario 2 con diversidad. Existe un menor rango de cobertura al esperado y una mayor dispersión de valores para el escenario 1 sin diversidad.

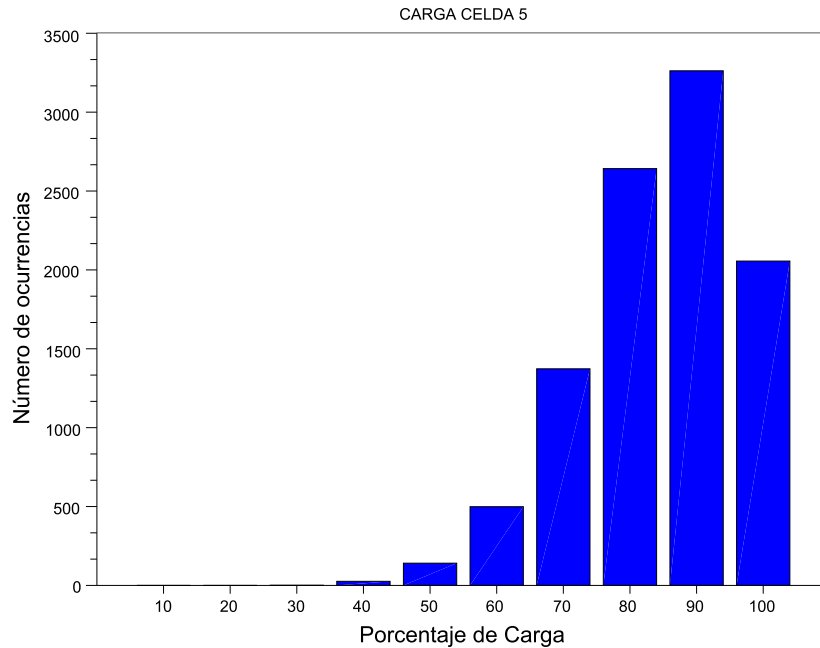


Figura 4.30. Factor de Carga Enlace de Subida Escenario de Simulación 2 con 40 Usuarios, sin Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.

Tabla 4.4. Estadística del factor de carga (%) en 4 casos específicos para usuarios con velocidad de transmisión de datos de referencia a 12.2 Kbps.

Medida	Escenario 1		Escenario 2	
	Sin diversidad 40 usuarios	Con diversidad 100 usuarios	Sin diversidad 40 usuarios	Con diversidad 100 usuarios
Media	49.89	28.82	84.38	28.84
Moda	60	30	90	30
Mediana	50	30	90	30
Varianza	288.12	27.6	144.64	27.12
Desviación estándar	16.97	5.25	12.03	5.21

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 127

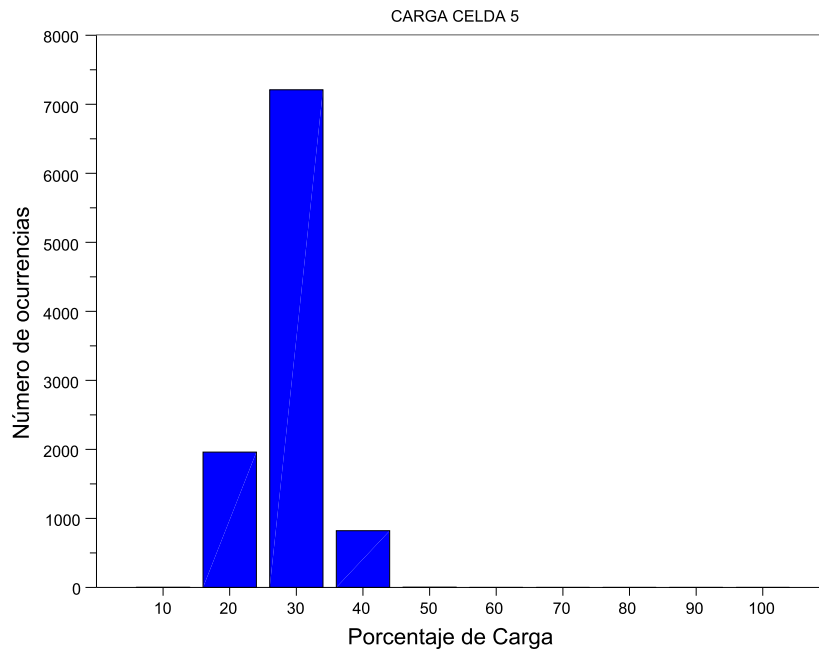


Figura 4.31. Factor de Carga Enlace de Subida Escenario de Simulación 1 con 100 Usuarios, con Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.

Tabla 4.5. Estadística del rango de cobertura (m) en 4 casos específicos para usuarios con velocidad de transmisión de datos de referencia a 12.2 Kbps.

Medida	Escenario 1		Escenario 2	
	Sin diversidad 40 usuarios	Con diversidad 100 usuarios	Sin diversidad 40 usuarios	Con diversidad 100 usuarios
Media	397.82	544.35	153.73	163.27
Moda	450	550	165	165
Mediana	400	550	165	165
Varianza	6171.02	388.08	370.19	36.48
Desviación estándar	78.55	19.7	19.24	6.04

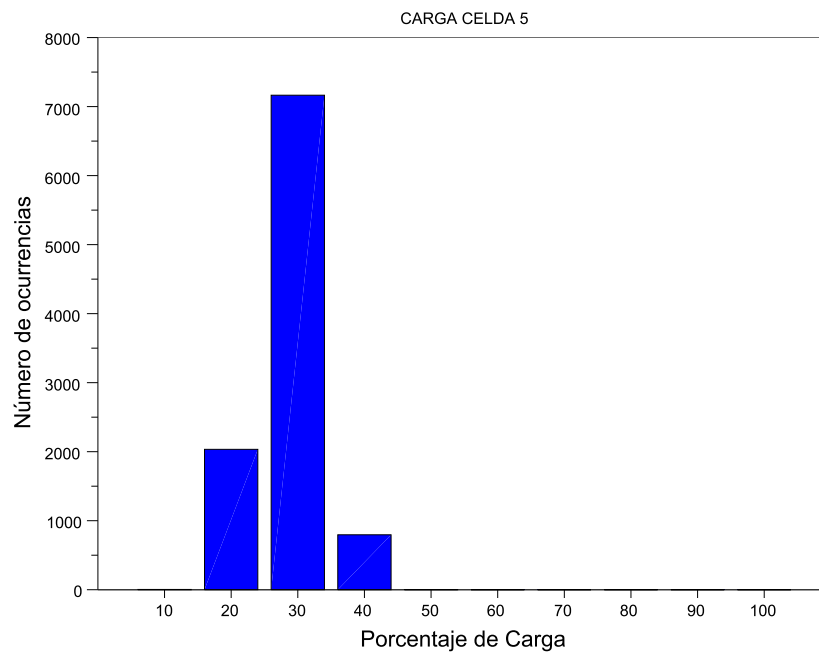


Figura 4.32. Factor de Carga Enlace de Subida Escenario de Simulación 2 con 100 Usuarios, con Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 129

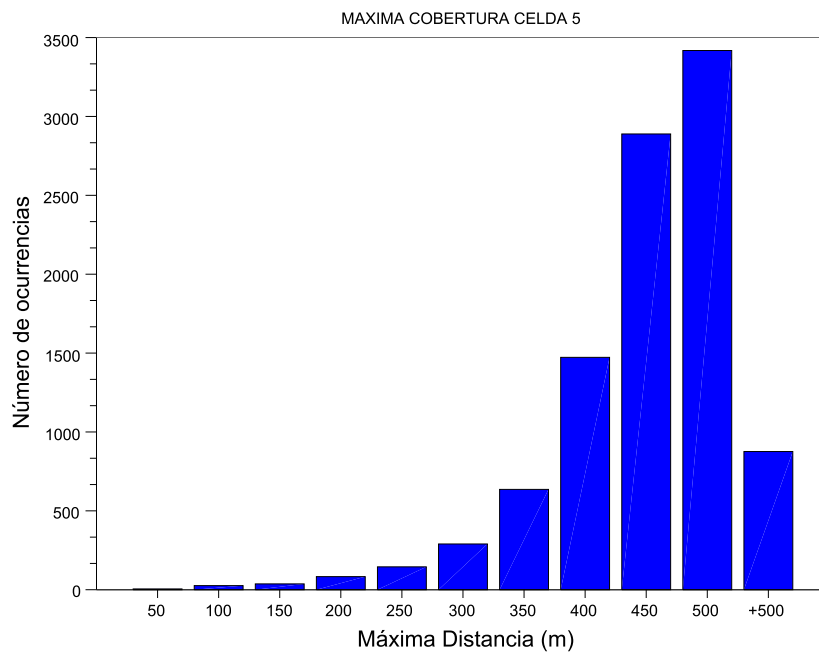


Figura 4.33. Máxima Cobertura en el Enlace de Subida Escenario de Simulación 1 con 40 Usuarios, sin Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.

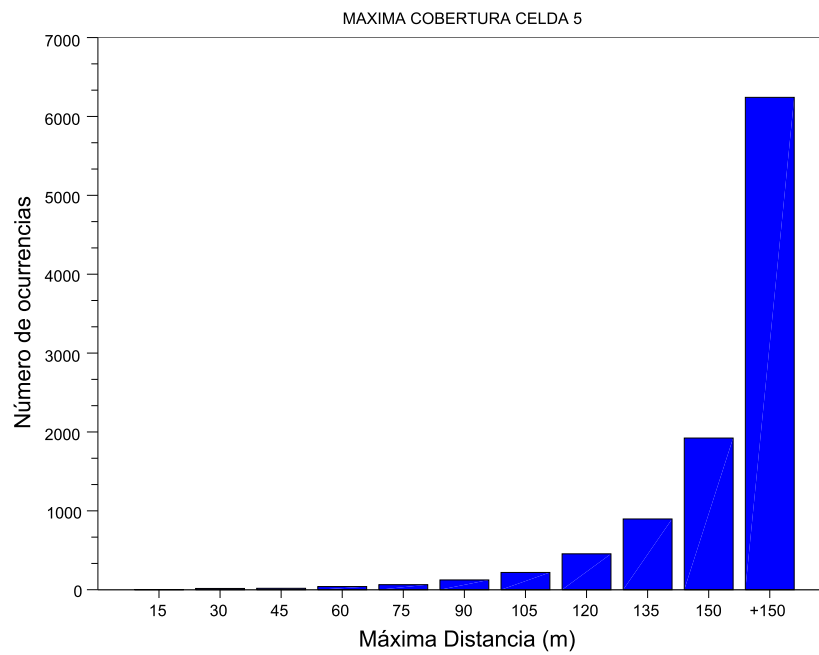


Figura 4.34. Máxima Cobertura en el Enlace de Subida Escenario de Simulación 2 con 40 Usuarios, sin Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 131

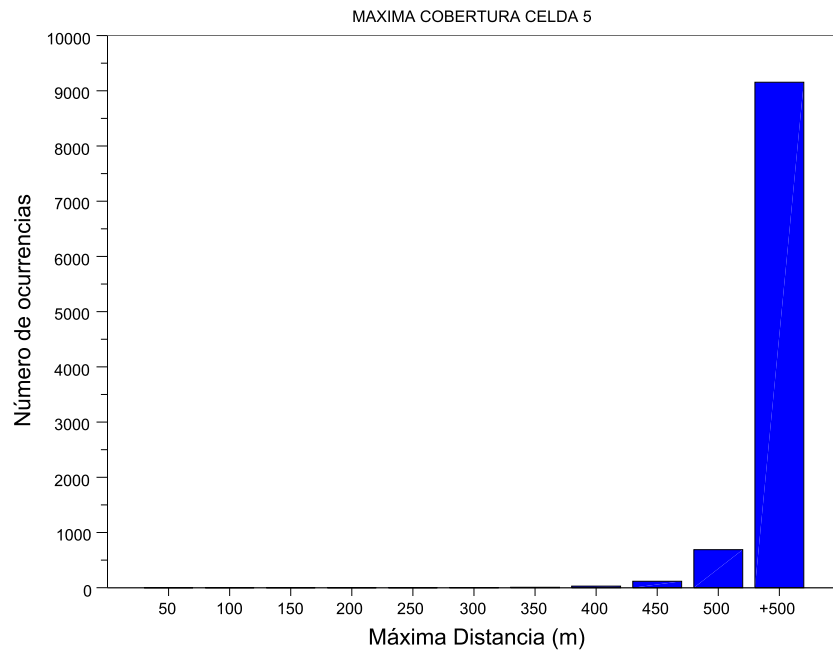


Figura 4.35. Máxima Cobertura en el Enlace de Subida Escenario de Simulación 1 con 100 Usuarios, con Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.

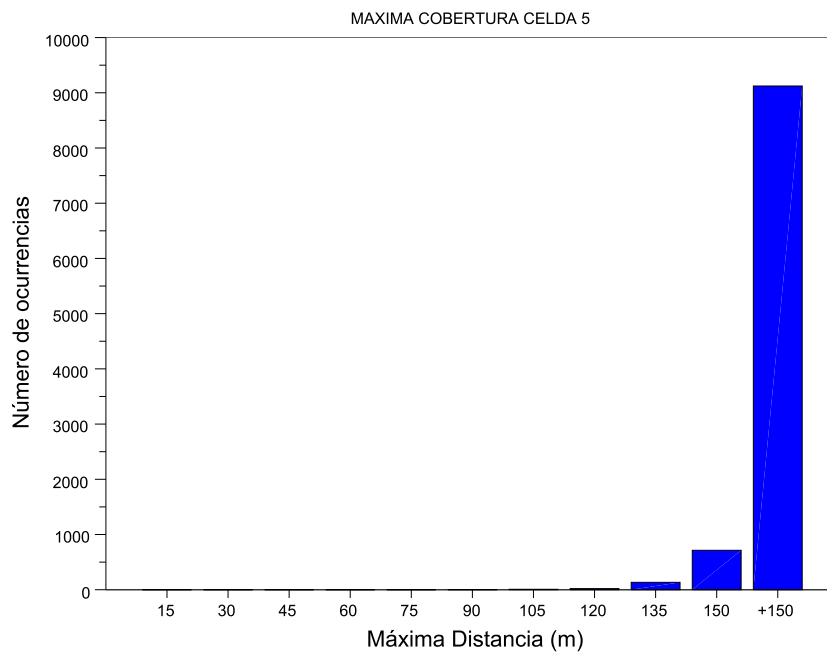


Figura 4.36. Máxima Cobertura en el Enlace de Subida Escenario de Simulación 2 con 100 Usuarios, con Diversidad de Recepción en Estación Base Celda 5.

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 133

Las tablas 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.36, 4.37, 4.38, 4.39, 4.40, 4.41, 4.42, 4.43, 4.44, 4.45, 4.46, 4.47, 4.48, 4.49 y 4.50, presentan los resultados obtenidos en los dos escenarios de simulación, con y sin diversidad de recepción en estación base, y teniendo en cuenta las diferentes características mencionadas en la tabla 4.2.

Tabla 4.6. Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(18-21)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(10-20)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	27	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0	

Tabla 4.7. Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(18-21)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(20-30)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	32	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0.1	

Tabla 4.8. Resultados de Simulación para 30 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(18-21)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(30-40)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	36	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	4.6	

Tabla 4.9. Resultados de Simulación para 40 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(18-21)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(30-40)	(1-3), 6 y (8-9)
Factor de carga en el UL (%)	(50-60)	5
Factor de carga en el UL (%)	(60-70)	4 y 7
Probabilidad de degradación global (%)	39	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	50	

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 135

Tabla 4.10. Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(0-3)	(1-2), 4 y (6-9)
Potencia de transmisión (dBm)	((-3)-0)	3 y 5
Factor de carga en el UL (%)	(10-20)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0	

Tabla 4.11. Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(0-3)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(20-30)	1,7 y 9
Factor de carga en el UL (%)	(30-40)	(2-6) y 8
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0.2	

Tabla 4.12. Resultados de Simulación para 30 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(0-3)	(1-4) y (6-9)
Potencia de transmisión (dBm)	(3-6)	5
Factor de carga en el UL (%)	(50-60)	(1-4) y (6-9)
Factor de carga en el UL (%)	(60-70)	5
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	4.3	

Tabla 4.13. Resultados de Simulación para 40 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(3-6)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(70-80)	1,3,(6-7) y 9
Factor de carga en el UL (%)	(80-90)	2,(4-5) y 8
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	50.3	

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 137

Tabla 4.14. Resultados de Simulación para 100 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(9-12)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(10-20)	1 y (7-8)
Factor de carga en el UL (%)	(20-30)	(2-6) y 9
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0	

Tabla 4.15. Resultados de Simulación para 200 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(12-15)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(40-50)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0	

Tabla 4.16. Resultados de Simulación para 250 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(12-15)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(50-60)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0	

Tabla 4.17. Resultados de Simulación para 100 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	((-12)-(-9))	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(20-30)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0	

Tabla 4.18. Resultados de Simulación para 200 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	((-9)-(-6))	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(40-50)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0	

Tabla 4.19. Resultados de Simulación para 300 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	((-6)-(-3))	(1-8)
Potencia de transmisión (dBm)	((-9)-(-6))	9
Factor de carga en el UL (%)	(40-50)	6
Factor de carga en el UL (%)	(60-70)	(1-5) y (7-9)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0	

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 139

Tabla 4.20. Resultados de Simulación para 400 Usuarios a 12.2 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	((-3)-0)	(1-4) y (6-9)
Potencia de transmisión (dBm)	(0-3)	5
Factor de carga en el UL (%)	(80-90)	(1-4) y (6-9)
Factor de carga en el UL (%)	(90-100)	5
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	2.9	

Tabla 4.21. Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(21-24)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(0-10)	1, 7 y 9
Factor de carga en el UL (%)	(20-30)	3
Factor de carga en el UL (%)	(30-40)	2, (4-6) y 8
Probabilidad de degradación global (%)	72	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	20.2	

Tabla 4.22. Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(3-6)	(3-4) y 7
Potencia de transmisión (dBm)	(6-9)	(1-2), (5-6) y (8,9)
Factor de carga en el UL (%)	(30-40)	(1-4) y (6-9)
Factor de carga en el UL (%)	(60-70)	9
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	20.8	

Tabla 4.23. Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(9-12)	(1-4) y (6-9)
Potencia de transmisión (dBm)	(12-15)	9
Factor de carga en el UL (%)	(90-100)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	1	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	2396.1	

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 141

Tabla 4.24. Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(21-24)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(10-20)	(1-4) y (6-9)
Factor de carga en el UL (%)	(20-30)	5
Probabilidad de degradación global (%)	2	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0	

Tabla 4.25. Resultados de Simulación para 40 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(21-24)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(30-40)	(1-4) y (6-9)
Factor de carga en el UL (%)	(40-50)	5
Probabilidad de degradación global (%)	6	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0	

Tabla 4.26. Resultados de Simulación para 60 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(21-24)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(50-60)	(1-4) y (6-9)
Factor de carga en el UL (%)	(60-70)	5
Probabilidad de degradación global (%)	11	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	4.5	

Tabla 4.27. Resultados de Simulación para 80 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(21-24)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(60-70)	(1-3) y (7-8)
Factor de carga en el UL (%)	(70-80)	(4-6) y 9
Probabilidad de degradación global (%)	16	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	110.1	

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 143

Tabla 4.28. Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	((-3)-0)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(10-20)	(1-4) y (7-9)
Factor de carga en el UL (%)	(20-30)	(5-6)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0	

Tabla 4.29. Resultados de Simulación para 40 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	((-3)-0)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(30-40)	1, 3, 7 y 9
Factor de carga en el UL (%)	(40-50)	2,(4-6) y 8
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0	

Tabla 4.30. Resultados de Simulación para 60 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(0-3)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(50-60)	3
Factor de carga en el UL (%)	(60-70)	(1-2) y (4-9)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	4.2	

Tabla 4.31. Resultados de Simulación para 80 Usuarios a 64 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(3-6)	(1-4) y (6-9)
Potencia de transmisión (dBm)	(6-9)	5
Factor de carga en el UL (%)	(80-90)	1, 3, 7 y 9
Factor de carga en el UL (%)	(90-100)	2, (4-6) y 8
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	108.6	

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 145

Tabla 4.32. Resultados de Simulación para 5 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(21-24)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(0-10)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	53	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	16.9	

Tabla 4.33. Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(21-24)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(40-50)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	57	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	242.6	

Tabla 4.34. Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(6-9)	9
Potencia de transmisión (dBm)	(9-12)	(1-8)
Factor de carga en el UL (%)	(80-90)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	238.6	

Tabla 4.35. Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(21-24)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(10-20)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	12	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0	

Tabla 4.36. Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(21-24)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(20-30)	3 y 9
Factor de carga en el UL (%)	(30-40)	5
Factor de carga en el UL (%)	(40-50)	(1-2), 4, (6-8)
Probabilidad de degradación global (%)	18	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0.7	

Tabla 4.37. Resultados de Simulación para 30 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(21-24)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(40-50)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	23	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	15.9	

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 147

Tabla 4.38. Resultados de Simulación para 40 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(21-24)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(50-60)	(1-4) y (6-9)
Factor de carga en el UL (%)	(60-70)	5
Probabilidad de degradación global (%)	27	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	176.3	

Tabla 4.39. Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(0-3)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(10-20)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0	

Tabla 4.40. Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(0-3)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(40-50)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0.8	

En las tablas 4.6, 4.7, 4.8, y 4.9 se puede observar para servicios a 12.2 Kbps en el escenario 1 y sin diversidad en recepción, que un número considerable de terminales móviles requieren una potencia mayor a la máxima permitida para este tipo de servicios (21 dBm), lo que hace que un gran porcentaje de ellos se encuentren en situación de degradación (*outage*). La exigencia del máximo nivel de potencia se debe al tamaño del escenario de simulación (radio de celda igual a 500 m). Al incrementar gradualmente el número de usuarios se incrementa el factor de carga y los casos con limitación intrínseca. A partir de estos resultados no se puede obtener un valor aceptable o de referencia para estimar la capacidad del sistema.

En las tablas 4.10, 4.11, 4.12 y 4.13 se puede observar para servicios a 12.2 Kbps en el escenario 2 y sin diversidad en recepción, que los terminales móviles

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura

Tabla 4.41. Resultados de Simulación para 30 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(3-6)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(50-60)	1, 3, 7 y 9
Factor de carga en el UL (%)	(60-70)	2, 4, 6 y 8
Factor de carga en el UL (%)	(70-80)	9
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	13.5	

requieren una potencia acorde al número de usuarios en el escenario entre -3 y 6 dBm. A mayor cantidad de usuarios mayor es el nivel de potencia requerido por el terminal móvil, y de esa misma manera se incrementa el factor de carga. Cuando el factor de carga supera el valor del 50 %, la limitación intrínseca toma valores considerables. Es interesante notar que al tener en promedio más de dos usuarios por celda, los resultados muestran que la celda más cargada y en la que se requieren mayores niveles de potencia es la número 5 (la celda del centro del escenario), y que las celdas menos cargadas, con menor exigencia de potencia a los terminales móviles son las número 1, 3, 7 y 9 (las celdas de los extremos en el escenario). Estadísticamente no existe degradación (*outage*) en el sistema, dadas las potencias bajas de transmisión requeridas por los terminales móviles (radio de celda igual a 150 m). Al incrementar gradualmente el número de usuarios se incrementa el factor de carga y los casos con limitación intrínseca. A partir de estos resultados se define la capacidad no por el factor de degradación que en general es igual a 0 sino a partir del factor de carga, buscando que este último sea menor al 50 %. Por lo tanto, para el sistema bajo las consideraciones mencionadas se define que su capacidad es de 20 usuarios.

En las tablas 4.14,4.15 y 4.16 se puede observar para servicios a 12.2 Kbps en el escenario 1 y con diversidad en recepción, que gracias a la diversidad se puede contar con un mayor número de usuarios en el sistema, esto debido al menor

Tabla 4.42. Resultados de Simulación para 40 Usuarios a 144 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(6-9)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(80-90)	(1-4) y (7-9)
Factor de carga en el UL (%)	(90-100)	(5-6)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	176.8	

Tabla 4.43. Resultados de Simulación para 5 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(21-24)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(0-10)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	64	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	375.1	

valor de E_b/N_0 requerido. Los terminales móviles requieren una potencia acorde al número de usuarios en el escenario entre 9 y 15 dBm. A mayor cantidad de usuarios mayor es el nivel de potencia requerido por el terminal móvil, y de esa misma manera se incrementa el factor de carga. La probabilidad de degradación (*outage*) y la limitación intrínseca no toman valores diferentes a cero a pesar de que se incremente el número de usuarios o la carga sobre el sistema. Estadísticamente no existe degradación en el sistema, dadas las potencias medias de transmisión requeridas por los terminales móviles. Al incrementar gradualmente el número de usuarios se incrementa el factor de carga. A partir de estos resultados se define la capacidad no por el factor de degradación o los casos con limitación intrínseca

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 151

Tabla 4.44. Resultados de Simulación para 5 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 2 sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(9-12)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(60-70)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	293.5	

Tabla 4.45. Resultados de Simulación para 5 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(21-24)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(0-10)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	39	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	1.5	

que en general son iguales a 0 sino a partir del factor de carga, buscando que este último sea menor al 50 %. Por lo tanto, para el sistema bajo las consideraciones mencionadas se define que su capacidad es de 200 usuarios.

En las tablas 4.17, 4.18, 4.19 y 4.20, se puede observar para servicios a 12.2 Kbps en el escenario 2 y con diversidad en recepción, que gracias a la diversidad se puede contar con un mayor número de usuarios en el sistema, esto debido al menor valor de E_b/N_0 requerido. Los terminales móviles requieren una potencia acorde al número de usuarios en el escenario entre -12 y -3 dBm. A mayor cantidad de usuarios mayor es el nivel de potencia requerido por el terminal móvil, y de esa misma manera se incrementa el factor de carga. La probabilidad de degradación (*outage*) y la limitación intrínseca en general son iguales a cero, a excepción de la

Tabla 4.46. Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 1 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(21-24)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(0-10)	2, (4-6) y 8
Factor de carga en el UL (%)	(2-30)	1, 3, 7 y 9
Probabilidad de degradación global (%)	43	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	20.5	

Tabla 4.47. Resultados de Simulación para 5 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(3-6)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(0-10)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	0.7	

limitación intrínseca cuando la carga del sistema llega a ser muy alta, cercana al 100 %. Estadísticamente no existe degradación en el sistema, dadas las potencias bajas de transmisión requeridas por los terminales móviles. Al incrementar gradualmente el número de usuarios se incrementa el factor de carga. Los resultados muestran que la celda más cargada y en la que se requieren mayores niveles de potencia es la número 5 (la celda del centro del escenario), y que las celdas menos cargadas, con menor exigencia de potencia a los terminales móviles son las número 1, 3, 7 y 9 (las celdas de los extremos en el escenario). A partir de estos resultados se define la capacidad no por el factor de degradación o los casos con limitación intrínseca que en general son iguales a 0 sino a partir del factor de carga, buscando que este

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 153

Tabla 4.48. Resultados de Simulación para 10 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(3-6)	(1-4) y (6-8)
Potencia de transmisión (dBm)	(6-9)	5 y 9
Factor de carga en el UL (%)	(30-40)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	19.8	

Tabla 4.49. Resultados de Simulación para 15 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(6-9)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(80-90)	(1-9)
Probabilidad de degradación global (%)	0	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	155.8	

último sea menor al 50 %. Por lo tanto, para el sistema bajo las consideraciones mencionadas se define que su capacidad es de 200 usuarios.

En la tabla 4.21, se puede observar para servicios a 64 Kbps en el escenario 1 y sin diversidad en recepción, que un número considerable de terminales móviles requieren una potencia mayor a la máxima permitida para este tipo de servicios (24 dBm), lo que hace que un gran porcentaje de ellos se encuentren en situación de degradación (*outage*) y que se presente un número considerable de situaciones con limitación intrínseca. La exigencia del máximo nivel de potencia se debe al tamaño del escenario de simulación (radio de celda igual a 500 m). A partir de estos resultados no se puede obtener un valor aceptable o de referencia para estimar la

Tabla 4.50. Resultados de Simulación para 20 Usuarios a 384 Kbps en el Escenario de Simulación 2 con Diversidad de Recepción en Estación Base.

Característica	Valor	celdas
Potencia de transmisión (dBm)	(9-12)	(1-9)
Factor de carga en el UL (%)	(80-90)	1, 3, 7 y 9
Factor de carga en el UL (%)	(90-100)	2, (4-6) y 8
Probabilidad de degradación global (%)	1	
Porcentaje de limitación intrínseca (%)	1944.3	

capacidad del sistema.

En las tablas 4.22 y 4.23 se puede observar para servicios a 64 Kbps en el escenario 2 y sin diversidad en recepción, que los terminales móviles requieren una potencia acorde al número de usuarios en el escenario entre 3 y 15 dBm. A mayor cantidad de usuarios mayor es el nivel de potencia requerido por el terminal móvil, y de esa misma manera se incrementa el factor de carga y considerablemente las situaciones con limitación intrínseca. Estadísticamente no existe degradación (*outage*) en el sistema, dadas las potencias medias de transmisión requeridas por los terminales móviles (radio de celda igual a 150 m). A partir de estos resultados no se puede obtener un valor aceptable o de referencia para estimar la capacidad del sistema.

En las tablas 4.24, 4.25, 4.26 y 4.27, se puede observar para servicios a 64 Kbps en el escenario 1 y con diversidad en recepción, que gracias a la diversidad se puede contar con un mayor número de usuarios en el sistema, esto debido al menor valor de E_b/N_0 requerido. Los terminales móviles requieren una potencia en promedio entre 21 y 24 dBm, con un número considerable de terminales móviles que requieren una potencia mayor a la máxima permitida para este tipo de servicios (24 dBm), lo que hace que un porcentaje medio de ellos se encuentren en situación de degradación (*outage*). A mayor cantidad de usuarios mayor es el nivel de potencia requerido por el terminal móvil, y de esa misma manera se incrementa el factor de carga y con ello la probabilidad de degradación (*outage*) y la limitación intrínseca.

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 155

La limitación intrínseca toma valores diferentes a 0 y considerables cuando el factor de carga en general en el sistema es mayor a 50 %. Los resultados muestran que la celda más cargada y en la que se requieren mayores niveles de potencia es la número 5 (la celda del centro del escenario), y que las celdas menos cargadas, con menor exigencia de potencia a los terminales móviles son las número 1, 3, 7 y 9 (las celdas de los extremos en el escenario). A partir de estos resultados se define la capacidad, cuando el factor de carga es menor al 50 % caso en el cual la probabilidad de degradación es menor al 6 % y las situaciones con limitación intrínseca igual a 0. Por lo tanto, para el sistema bajo las consideraciones mencionadas se define que su capacidad es de 40 usuarios.

En las tablas 4.28, 4.29, 4.30 y 4.31, se puede observar para servicios a 64 Kbps en el escenario 2 y con diversidad en recepción, que gracias a la diversidad se puede contar con un mayor número de usuarios en el sistema, esto debido al menor valor de E_b/N_0 requerido. Los terminales móviles requieren una potencia acorde al número de usuarios en el escenario entre -3 y 9 dBm. A mayor cantidad de usuarios mayor es el nivel de potencia requerido por el terminal móvil, y de esa misma manera se incrementa el factor de carga. La probabilidad de degradación (*outage*) en general es igual a 0 y la limitación intrínseca toma valores considerables cuando el factor de carga en el sistema es mayor a 50 %. Estadísticamente no existe degradación en el sistema, dadas las potencias bajas de transmisión requeridas por los terminales móviles. Los resultados muestran que la celda más cargada y en la que se requieren mayores niveles de potencia es la número 5 (la celda del centro del escenario), y que las celdas menos cargadas, con menor exigencia de potencia a los terminales móviles son las número 1, 3, 7 y 9 (las celdas de los extremos en el escenario). A partir de estos resultados se define la capacidad no por el factor de degradación, sino por un factor de carga menor al 50 % que hace que las situaciones con limitación intrínseca sean iguales a 0. Por lo tanto, para el sistema bajo las consideraciones mencionadas se define que su capacidad es de 40 usuarios.

En las tablas 4.32 y 4.33, se puede observar para servicios a 144 Kbps en el escenario 1 y sin diversidad en recepción, que con un bajo número de terminales móviles un porcentaje considerable de ellos requieren una potencia mayor a la máxima permitida para este tipo de servicios (24 dBm), lo que hace que un gran porcentaje de ellos se encuentren en situación de degradación (*outage*) y que se presente un número considerable de situaciones con limitación intrínseca. La exi-

gencia del máximo nivel de potencia se debe al tamaño del escenario de simulación (radio de celda igual a 500 m). A partir de estos resultados no se puede obtener un valor aceptable o de referencia para estimar la capacidad del sistema.

En las tabla 4.34, se puede observar para servicios a 144 Kbps en el escenario 2 y sin diversidad en recepción, que los terminales móviles requieren una potencia entre 6 y 12 dBm. Estadísticamente no existe degradación (*outage*) en el sistema, dadas las potencias medias de transmisión requeridas por los terminales móviles (radio de celda igual a 150 m), sin embargo estas generan un factor de carga entre 80 y 90 %, lo cual a su vez hace que se presente un número considerable de situaciones con limitación intrínseca. A partir de estos resultados no se puede obtener un valor aceptable o de referencia para estimar la capacidad del sistema.

En las tablas 4.35, 4.36, 4.37 y 4.38, se puede observar para servicios a 144 Kbps en el escenario 1 y con diversidad en recepción, que gracias a la diversidad se puede contar con un mayor número de usuarios en el sistema, esto debido al menor valor de E_b/N_0 requerido. Los terminales móviles requieren una potencia en promedio entre 21 y 24 dBm, con un número considerable de terminales móviles que requieren una potencia mayor a la máxima permitida para este tipo de servicios (24 dBm), lo que hace que un porcentaje considerable de ellos se encuentren en situación de degradación (*outage*). A mayor cantidad de usuarios mayor es el nivel de potencia requerido por el terminal móvil, y de esa misma manera se incrementa el factor de carga y con ello la probabilidad de degradación (*outage*) y la limitación intrínseca. La limitación intrínseca toma valores diferentes a 0 y considerables cuando el factor de carga en general en el sistema es mayor a 50 %. Los resultados muestran que la celda más cargada y en la que se requieren mayores niveles de potencia es la número 5 (la celda del centro del escenario), y que las celdas menos cargadas, con menor exigencia de potencia a los terminales móviles son las número 1, 3, 7 y 9 (las celdas de los extremos en el escenario). La probabilidad de degradación es considerable, por lo tanto y principalmente a partir de este resultado no se puede obtener un valor aceptable o de referencia para estimar la capacidad del sistema.

En las tablas 4.39, 4.40, 4.41, 4.42, se puede observar para servicios a 144 Kbps en el escenario 2 y con diversidad en recepción, que gracias a la diversidad se puede contar con un mayor número de usuarios en el sistema, esto debido al menor valor de E_b/N_0 requerido. Los terminales móviles requieren una potencia

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 157

acorde al número de usuarios en el escenario entre 0 y 9 dBm. A mayor cantidad de usuarios mayor es el nivel de potencia requerido por el terminal móvil, y de esa misma manera se incrementa el factor de carga. La probabilidad de degradación (*outage*) en general es igual a 0 y la limitación intrínseca toma valores considerables cuando el factor de carga en el sistema es mayor a 50 %. Estadísticamente no existe degradación en el sistema, dadas las potencias bajas de transmisión requeridas por los terminales móviles. Los resultados muestran que la celda más cargada y en la que se requieren mayores niveles de potencia es la número 5 (la celda del centro del escenario), y que las celdas menos cargadas, con menor exigencia de potencia a los terminales móviles son las número 1, 3, 7 y 9 (las celdas de los extremos en el escenario). A partir de estos resultados se define la capacidad no por el factor de degradación, sino por un factor de carga menor al 50 % que hace que las situaciones con limitación intrínseca sean iguales a 0.8. Por lo tanto, para el sistema bajo las consideraciones mencionadas se define que su capacidad es de 20 usuarios.

En la tabla 4.43 se puede observar para servicios a 384 Kbps en el escenario 1 y sin diversidad en recepción, que con un bajo número de terminales móviles un porcentaje considerable de ellos requieren una potencia mayor a la máxima permitida para este tipo de servicios (24 dBm), lo que hace que un gran porcentaje de ellos se encuentren en situación de degradación (*outage*) y que se presente un número considerable de situaciones con limitación intrínseca, a pesar de que el factor de carga no es mayor al 10 %. La exigencia del máximo nivel de potencia se debe al tamaño del escenario de simulación (radio de celda igual a 500 m). A partir de estos resultados no se puede obtener un valor aceptable o de referencia para estimar la capacidad del sistema.

En la tabla 4.44 se puede observar para servicios a 384 Kbps en el escenario 2 y sin diversidad en recepción, que los terminales móviles requieren una potencia entre 9 y 12 dBm. Estadísticamente no existe degradación (*outage*) en el sistema, dadas las potencias medias de transmisión requeridas por los terminales móviles (radio de celda igual a 150 m), sin embargo estas generan un factor de carga entre 60 y 70 %, lo cual a su vez hace que se presente un número considerable de situaciones con limitación intrínseca. A partir de estos resultados no se puede obtener un valor aceptable o de referencia para estimar la capacidad del sistema.

En las tablas 4.45 y 4.46 se puede observar para servicios a 384 Kbps en el escenario 1 y con diversidad en recepción, que gracias a la diversidad se puede

contar con un mayor número de usuarios en el sistema, esto debido al menor valor de E_b/N_0 requerido. Los terminales móviles requieren una potencia en promedio entre 21 y 24 dBm, con un número considerable de terminales móviles que requieren una potencia mayor a la máxima permitida para este tipo de servicios (24 dBm), lo que hace que un porcentaje considerable de ellos se encuentren en situación de degradación (*outage*). La probabilidad de degradación y las situaciones con limitación intrínseca son considerables, a pesar de que el factor de carga en el enlace de subida de manera general es menor a 10 %. La probabilidad de degradación y la limitación intrínseca son considerables, por lo tanto y a partir de estos resultados no se puede obtener un valor aceptable o de referencia para estimar la capacidad del sistema.

En las tablas 4.47, 4.48, 4.49 y 4.50 se puede observar para servicios a 384 Kbps en el escenario 2 y con diversidad en recepción, que gracias a la diversidad se puede contar con un mayor número de usuarios en el sistema, esto debido al menor valor de E_b/N_0 requerido. Los terminales móviles requieren una potencia acorde al número de usuarios en el escenario entre 3 y 12 dBm. A mayor cantidad de usuarios mayor es el nivel de potencia requerido por el terminal móvil, y de esa misma manera se incrementa el factor de carga. La probabilidad de degradación (*outage*) en general es igual a 0 y la limitación intrínseca toma valores considerables cuando el factor de carga en el sistema es mayor a 10 %. Estadísticamente no existe degradación en el sistema, dadas las potencias medias de transmisión requeridas por los terminales móviles. A partir de estos resultados se define la capacidad no por el factor de degradación, sino por un factor de carga menor al 10 % que hace que las situaciones con limitación intrínseca sean iguales a 0.7. Por lo tanto, para el sistema bajo las consideraciones mencionadas se define que su capacidad es de 5 usuarios.

La tabla 4.51 muestra los resultados numéricos obtenidos por medio del análisis de los resultados de simulación a nivel de sistema, que permiten definir la capacidad como el número simultáneo de usuarios con llamadas activas en el sistema que hacen que el sistema cuente con una probabilidad de degradación (menor a 5 %) y/o factor de carga bajo (menor a 50 %), y en últimas con situaciones con limitación intrínseca bastante bajas (menor a 1). De la tabla 4.51 se concluye que la capacidad puede ser definida completamente en el escenario 2 con diversidad de recepción en estación base para la condición de canal con desvanecimiento caso 1 (F1). A

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 159

mayores velocidades de transmisión de datos de usuario, una menor cantidad de comunicaciones simultaneas pueden ser soportadas por el sistema.

Tabla 4.51. Tabla Resumen de Capacidad para las Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos en el Enlace de Subida Canal Caso F1 con/sin Diversidad de Recepción en Estación Base.

	Escenario 1		Escenario 2	
	SD	CD	SD	CD
12.2	NA	200	20	200
64	NA	40	NA	40
144	NA	NA	NA	20
384	NA	NA	NA	5

4.5.7 Análisis de Cobertura en el Enlace de Subida

En la tabla 4.52 se encuentra un balance de enlace (RLB, *Radio Link Budget*) para un servicio de voz a 12.2 kbps en el enlace de subida, para un canal caso de desvanecimiento 1 (F1), sin diversidad de recepción en estación base, con un factor de carga igual a 50%, y a partir del cual se calcula la máxima distancia entre la estación móvil (UE) y la estación base (nodo B), haciendo uso del modelo de propagación seleccionado en la simulación a nivel de sistema. En la tabla 4.53 se encuentra en resumen los valores de distancia de cobertura para todas las velocidades de transmisión de datos de referencia consideradas en la simulación, teniendo en cuenta y no la diversidad de recepción en la estación base, y factores de carga en el enlace de subida iguales a 10%, 50% y 90%, para el canal con desvanecimiento caso 1 (F1). Se debe tener en cuenta que para velocidades de transmisión de datos de referencia mayores a 12.2 Kbps la potencia máxima de transmisión del terminal móvil es de 24 dBm y las pérdidas por cuerpo son iguales a 0 dB, esto último dado que se considera que es un servicio de datos y que el terminal en este caso estará un poco más distante del cuerpo del usuario.

Tomando como base la tabla 4.53 para un factor de carga igual a 50 % se puede analizar que la distancia de cobertura va del valor mayor al menor para las velocidades de transmisión de datos de 64, 12.2, 144 y 384 Kbps cuando no existe diver-

sidad de recepción en la estación base, y 12.2, 64, 144 y 384 Kbps cuando existe diversidad de recepción en estación base. Las distancias presentadas se encuentran de cierta manera relacionadas al escenario 2, las cuales son mayores al aplicar diversidad de recepción en estación base, siendo los resultados coherentes con los resultados de capacidad. Se debe recordar que a través de la simulación a nivel de sistema no fue clara la relación entre capacidad y cobertura.

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 161

Tabla 4.52. Balance de Enlace para un Servicio de Voz a 12.2 Kbps en el Enlace de Subida Canal Caso F1 sin Diversidad de Recepción en Estación Base y Factor de Carga igual a 50%.

Característica	Valor	
Tasa de bit (bps)	12200	
Tasa de chip (cps)	3840000	
Transmisor (móvil)		
Potencia máxima de transmisión terminal móvil (dBm)	21	a
Ganancia antena móvil (dBi)	0	b
Pérdidas cuerpo (dB)	0	c
Potencia Isotrópica Radiada equivalente (PIRE) (dBm)	24	d=a+b-c
Receptor (Estación base)		
Densidad espectral de potencia de ruido térmico (dBm/Hz)	-174	e
Figura ruido receptor BS	5	f
Densidad espectral de potencia de ruido en el receptor (dBm/Hz)	-169	g=e+f
Potencia de ruido en el receptor (dBm)	-103.2	h=g+10Log(Tasa de chip)
Factor de carga (%)	50	i
Margen de interferencia (dB)	3	j=10Log(1/(1-(i/100)))
Potencia de ruido (dBm) + Interferencia (dBm)	-100.1	k=h+j
Ganancia de procesamiento (dB)	25	l=10log(Tasa de chip/tasa de bit)

(Eb/No) requerido	16.3	m. caso F1 sin diversidad. BLER 1e-2
Sensibilidad del receptor	-108.8	$n=m-l+k$
Ganancia antena estación base (dBi)	3	o
Pérdida de cable en estación base (dB)	0	p
Margen de desvanecimiento rápido (dB)	4	q. Valor asumido. Desplazamiento móvil: transeúnte 3 Km/h
Máxima pérdida de trayecto (dB)	125.8	$r=d-n+o-p-q$
Margen de Desvanecimiento por sombra (Log-normal) (dB)	0	s. Lo tiene en cuenta el modelo de propagación.
Ganancia de traspaso suave o continuo (SHO) (dB)	0	t. No se considera en la simulación SHO.
Pérdida de propagación permitida (dB)	125.8	$u=r-s+t$
f(MHz)	2000	v
Distancia (Km)	0.28	$y=10^{\hat{u}-30\log(v)-49}/40$

4.5. Algoritmo General de la Simulación para Análisis de Capacidad y Cobertura 163

Tabla 4.53. Tabla Resumen de Cobertura para las Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos en el Enlace de Subida Canal Caso F1 con/sin Diversidad de Recepción en Estación Base y Factor de Carga variable.

Velocidad de transmisión de datos (Kbps)	Factor de carga UL (%)	Distancia (Km) sin diversidad	Distancia (Km) con diversidad
12.2	10	0.32	0.56
12.2	50	0.28	0.48
12.2	90	0.19	0.32
64	10	0.35	0.53
64	50	0.30	0.45
64	90	0.20	0.30
144	10	0.30	0.44
144	50	0.26	0.38
144	90	0.17	0.26
384	10	0.24	0.35
384	50	0.21	0.30
384	90	0.14	0.20

Capítulo 5

Conclusiones

- Los sistemas basados en CDMA son limitados por interferencia generada por usuarios quienes tienen llamadas activas en el sistema, dado que los usuarios hacen uso simultaneo de las mismas frecuencias, por ello y para evitar efectos de interferencia de acceso múltiple (MAI) es necesario ejecutar procedimientos de control rápido de potencia. Esto hace que exista un compromiso entre capacidad y cobertura, y que estas sean variables y dependientes de la cantidad de interferencia o carga en el sistema.
- WCDMA debe su éxito a la claridad y al libre acceso de sus especificaciones, y al apoyo y respaldo de fabricantes importantes en el mundo de las telecomunicaciones. WCDMA mantiene el éxito y la popularidad de GSM, la tecnología antecesora, y junto a sus evoluciones se mantendrá vigente en el mercado al menos durante los próximos cinco años.
- Para modelar y simular cualquier sistema de telecomunicaciones es importante aplicar y adaptar una metodología de simulación de sistemas, dado que esta permitirá ir desde lo general a lo específico en la comprensión de un sistema complejo y permitirá obtener una abstracción adecuada del mismo y definir claramente los objetivos de simulación.
- En el desarrollo de este trabajo de grado se realizaron simulaciones a nivel de enlace y a nivel de sistema. La simulación a nivel de enlace tuvo como

objetivo analizar las diferentes etapas de procesamiento en transmisión relacionadas con la codificación y multiplexación, mapeo en canales físicos y la modulación y ensanchamiento; analizar el efecto de los diferentes modelos de canal definidos por el 3GPP; y los procesos inversos al transmisor ejecutados en el receptor, para determinar el desempeño (BER) para diferentes valores de la relación E_b/N_0 , y determinar para cada velocidad de transmisión de datos de referencia (12.2, 64, 144 y 384 Kbps) cual es el valor de la relación E_b/N_0 que permite lograr la BLER requerida. Se evalúa el desempeño a nivel de enlace considerando diversidad o no de recepción en la estación base. La simulación estática a nivel de sistema toma como parámetros los resultados obtenidos en la simulación a nivel de enlace, para analizar el comportamiento y desempeño de una red WCDMA en términos de capacidad y cobertura, aplicando un procedimiento de gestión de recursos radio (RRM) como es el control de potencia, que en este caso es ideal.

- En la evaluación y análisis de desempeño a nivel del enlace de subida se observa como de manera general el mejor desempeño con diversidad en recepción se presenta bajo la condición de un canal estático o que solo incluye ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN). El desempeño del enlace bajo las condiciones de canal con desvanecimiento casos 3 y 4 son muy similares y muy cercanas al desempeño del sistema bajo condiciones de canal estático o AWGN, las características de multitrayectoria de estos canales son muy similares a excepción de la velocidad considerada de desplazamiento del terminal móvil. El enlace bajo las condiciones de propagación con desvanecimiento casos 1 y 2 presenta un menor desempeño con respecto a los canales mencionados, siendo de manera general el caso 1 el de mayor requerimiento de E_b/N_0 para una determinada BER. El enlace presenta un desempeño muy similar bajo la condición de propagación en movimiento (*moving*) con respecto al sistema bajo la condición de propagación estática o AWGN. El peor desempeño del enlace se presenta bajo la condición de propagación nacimiento/muerte (*Birth/Death*) en comparación con las otras condiciones de propagación en los canales del enlace.
- En la evaluación y análisis de desempeño a nivel del enlace de subida se

observa que bajo condiciones de propagación de canal estático o AWGN presenta un mejor desempeño o un menor requerimiento de E_b/N_0 para una determinada BER a mayores velocidades de transmisión de datos, presentando el enlace un desempeño muy similar para las velocidades de transmisión de datos de 144 Kbps y 384 Kbps. Un enlace bajo condiciones de propagación de canal con desvanecimiento caso 1 presenta un desempeño muy similar para las diferentes velocidades de transmisión de datos de referencia, presentando de manera ligera un mejor desempeño para la velocidad de transmisión de datos de 12.2 Kbps. Un enlace bajo condiciones de propagación de canal con desvanecimiento caso 2 presenta un desempeño muy similar para las diferentes velocidades de transmisión de datos de referencia, presentando el peor desempeño para la velocidad de transmisión de datos de 12.2 Kbps. Un enlace bajo condiciones de propagación de canal con desvanecimientos casos 3 y 4 presenta de mejor a peor desempeño para las velocidades de transmisión de datos de 144 Kbps, 384 Kbps, 64 Kbps y 12.2 Kbps respectivamente. El enlace presenta un desempeño y un comportamiento muy similar para las velocidades de transmisión de datos de 144 Kbps y 384 Kbps. Un enlace bajo condiciones de propagación de canal en movimiento (*moving*) presenta un mejor desempeño para la velocidad de transmisión de datos de 64 Kbps en comparación a 12 Kbps. Un enlace bajo condiciones de propagación de canal nacimiento/muerte (*birth/death*) presenta un mejor desempeño para la velocidad de transmisión de datos de 64 Kbps en comparación a 12 Kbps.

- En la evaluación y análisis de desempeño a nivel del enlace de subida se observa la diferencia de desempeño cuando existe y no diversidad de recepción, para condiciones de propagación estática (AWGN) y desvanecimiento casos 1, 2, 3 y 4 y velocidades de transmisión de datos de 12.2 Kbps, 64 Kbps, 144 Kbps y 384 Kbps. Con diversidad en recepción se requiere una menor E_b/N_0 para una determinada BER , lo que demuestra la ganancia que le ofrece al sistema el uso de la diversidad en recepción. La diversidad en recepción presenta una mayor ganancia para el sistema con condición de propagación de desvanecimiento caso 1. Para un enlace con un canal con condición de propagación en movimiento (*moving*) y velocidad de transmisión de 12.2 Kbps no se presenta ganancia por diversidad en recepción, dado que el desempeño es

muy similar. La diversidad en recepción si presenta ganancia para condición de propagación en movimiento (*moving*) y velocidad de transmisión de datos de 64 Kbps. En el caso de un sistema con un canal con condición de propagación nacimiento/muerte (*Birth/Death*) la diversidad en recepción no brinda una ganancia, por el contrario desmejora su desempeño para las velocidades de transmisión de datos de 12.2 Kbps y 64 Kbps.

- Los valores de los requerimiento de desempeño en el enlace de subida son menores a los requerimientos expresados por las especificaciones técnicas 3GPP, pero los valores obtenidos mantienen la diferencia o ganancia por diversidad en recepción, excepto para el caso del enlace con canal con condición de propagación nacimiento/muerte (*birth/death*) donde se concluye que en la simulación la diversidad en recepción no brinda ninguna ganancia al sistema, por el contrario deteriora el desempeño del sistema.
- En la evaluación y análisis de desempeño a nivel del enlace de bajada para las velocidades de transmisión de datos de 12.2 y 64 Kbps, se observa como de manera general el mejor desempeño del enlace se presenta bajo la condición de un canal estático o que solo incluye ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN). El desempeño del enlace bajo las condiciones de canal con desvanecimiento casos 3 y 6 son muy similares, diferenciándose las características del canal en la velocidad de desplazamiento considerada para el terminal móvil. El enlace bajo las condiciones de propagación con desvanecimiento caso 1 requiere de un alto valor de \hat{I}_{or}/I_{oc} para lograr un buen desempeño. El enlace bajo las condiciones de propagación con desvanecimiento caso 2 presenta el peor desempeño. El comportamiento y el desempeño del enlace bajo las condiciones de propagación en movimiento (*moving*) y nacimiento/muerte (*Birth/Death*) son muy similares.
- En la evaluación y análisis de desempeño a nivel del enlace de bajada para las velocidades de transmisión de datos de 144 y 384 Kbps, se observa como de manera general el mejor desempeño del enlace se presenta bajo la condición de un canal estático o que solo incluye ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN), para el valor \hat{I}_{or}/I_{oc} dado. El desempeño del enlace bajo las condiciones de canal con desvanecimiento casos 3 y 6 son muy similares y comparables al

desempeño del enlace con canal estático o AWGN, teniendo en cuenta que para las condiciones de canal con desvanecimiento casos 3 y 6 se requiere valores mucho mayores de \hat{I}_{or}/I_{oc} en comparación con el valor requerido para el enlace con canal estático o AWGN. El enlace bajo las condiciones de propagación con desvanecimiento casos 1 y 2 presenta el peor desempeño, a pesar de que para el caso 1 el requerimiento de \hat{I}_{or}/I_{oc} es mucho mayor que los otros casos de desvanecimiento, siendo este el valor más alto.

- En la evaluación y análisis de desempeño a nivel del enlace de bajada presenta que un enlace bajo condiciones de canal estático o AWGN y desvanecimiento caso 1 presentan un mejor desempeño o un menor requerimiento de $DPCH E_c/I_{or}$ para una determinada BER a menores velocidades de transmisión de datos. Un enlace bajo condiciones de desvanecimiento casos 2, 3 y 6 presenta un mejor desempeño o un menor requerimiento de $DPCH E_c/I_{or}$ para una determinada BER para las velocidades de 12, 144, 64 y 384 Kbps respectivamente, teniendo en cuenta que el enlace fue evaluado para diferentes valores de \hat{I}_{or}/I_{oc} . Para el caso del enlace bajo condición de desvanecimiento caso 2, para un valor de $DPCH E_c/I_{or} > -5$, el desempeño es mejor para la velocidad de transmisión de datos de 384 Kbps que para 64 Kbps. Un enlace bajo condiciones de propagación de canal en movimiento (*moving*) y nacimiento/muerte (*birth/death*) presentan un mejor desempeño para la velocidad de transmisión de datos de 12.2 Kbps en comparación a 64 Kbps, para igual valor de \hat{I}_{or}/I_{oc} .
- Los valores de requerimiento de desempeño en el enlace de bajada son menores a los requerimientos expresados por las especificaciones técnicas 3GPP, manteniendo en la mayoría de los canales o condiciones de propagación la diferencia entre los valores obtenidos y los valores de los requerimientos.
- En la simulación a nivel de sistema se nota como a mayor cantidad de usuarios, o mayores velocidades de transmisión de datos mayor es la interferencia en el sistema la cual se establece a través del factor de carga, lo que implica que los usuarios deben transmitir con un mayor nivel de potencia, subiendo considerablemente el piso de ruido, haciendo que muchos de los terminales excedan la máxima potencia de transmisión permitida según la clase de termi-

nal móvil y servicio, y por lo tanto no se les pueda brindar servicio (situación de degradación (*outage*)). Cuando la carga es demasiado alta en una celda es posible obtener valores de potencia en unidades naturales negativos, lo que implica una limitación intrínseca del sistema, dado que en la práctica no es posible obtener este tipo de valores.

- En este trabajo final de maestría se define la capacidad como el número simultáneo de usuarios que pueden ser atendidos por el sistema en un determinado instante de tiempo, cumpliendo condiciones de calidad relacionadas con la probabilidad de degradación y el factor de carga.
- En la simulación estática a nivel de sistema se analizaron dos escenarios microcelulares cada uno constituido por nueve celdas, a partir de la cual se obtiene la capacidad en el enlace de subida teniendo en cuenta la diversidad o no en recepción, las diferentes velocidades de transmisión de datos, y los resultados obtenidos de desempeño a nivel de enlace.
- En la simulación estática a nivel de sistema se observó que en los dos escenarios con o sin diversidad de recepción, al incrementar el número de usuarios y distribuirlos de manera uniforme, la celda con mayor carga es la número 5 (la celda central del sistema), y las celdas con menor carga son las celdas 1,3, 7 y 9 (las celdas ubicadas en las esquinas del sistema).
- En la simulación estática a nivel de sistema se observó que en los dos escenarios la diversidad de recepción permite al reducir el valor de E_b/N_0 incrementar el número de usuarios atendidos de manera simultánea. En el escenario 1 muchos de los usuarios exceden los niveles de máximos de potencia dado el tamaño del escenario, presentándose degradación y casos con limitación intrínseca. En el escenario 2 las potencias requeridas de los terminales móviles se encuentran dentro del rango permitido, las cuales se incrementan al existir un mayor número de usuarios y con ello el factor de carga, sin presentar degradación y solo limitaciones intrínsecas para altos valores de carga.
- La capacidad (numero de usuarios atendidos en el sistema) se define completamente para el escenario 2 con diversidad de recepción en estación base

igual a 200, 40, 20 y 5, para las velocidades de transmisión de datos de 12.2, 64 , 144 y 384 Kbps respectivamente.

- Por medio de la simulación estática a nivel de sistema no se pudo observar la relación entre interferencia (carga) y cobertura, la cual tuvo que ser analizada por medio del análisis del balance de enlace. A mayores velocidades de transmisión de datos y a mayor carga, menor es la distancia de cobertura. Cuando existe diversidad de recepción mayor cobertura se logra en comparación a un sistema sin diversidad. las distancias determinadas estan más acordes con las medidas del escenario 2.

Apéndice A

Multiplexación y Codificación de Canal

A continuación se visualizan de manera general los procesos sobre las señales relacionados con multiplexación y codificación de canal, en los canales definidos por 3GPP como de referencia (3GPP TS 25.101 V8.2.0., 2008; 3GPP TS 25.104 V8.2.0 , 2008).

A.1 Multiplexación y Codificación en el Enlace de Subida para 12.2 Kbps

Los parámetros de referencia para el canal de transporte y físico en el enlace de subida a 12.2 Kbps aparecen en la tablas A.1 y A.2 y los procesos de multiplexación, codificación de canal y procedimiento se visualizan de manera general en la figura A.1.

A.2 Multiplexación y Codificación en el Enlace de Subida para 64 Kbps

Los parámetros de referencia para el canal de transporte y físico en el enlace de subida a 64 Kbps aparecen en la tablas A.3 y A.4 y los procesos de multiplexación, codificación de canal y procedimiento se visualizan de manera general en la figura A.2.

Tabla A.1. Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Subida para 12.2 Kbps.

Parámetro	DTCH	DCCH
Número canal de transporte	1	2
Medida del bloque de transporte ¹	244	100
Medida del conjunto bloques de transporte ^{2 3}	244	100
Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI)	20 ms	40 ms
Tipo de protección de errores	Codificación convolucional	Codificación convolucional
Tasa de codificación	1/3	1/3
Atributo adaptación de velocidad	256	256
Medida CRC	16	12

Tabla A.2. Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Subida para 12.2 Kbps.

Parámetro	Nivel	Unidad
Velocidad de transmisión de datos	12.2	Kbps
DPDCH	60	Kbps
DPCCH	15	Kbps
Relación de potencia DPCCH/DPDCH	-2.69	dB
TFCI	Habilitado	
Repetición	22	%

A.3 Multiplexación y Codificación en el Enlace de Subida para 144 Kbps

Los parámetros de referencia para el canal de transporte y físico en el enlace de subida a 144 Kbps aparecen en la tablas A.5 y A.6 y los procesos de multiplexación,

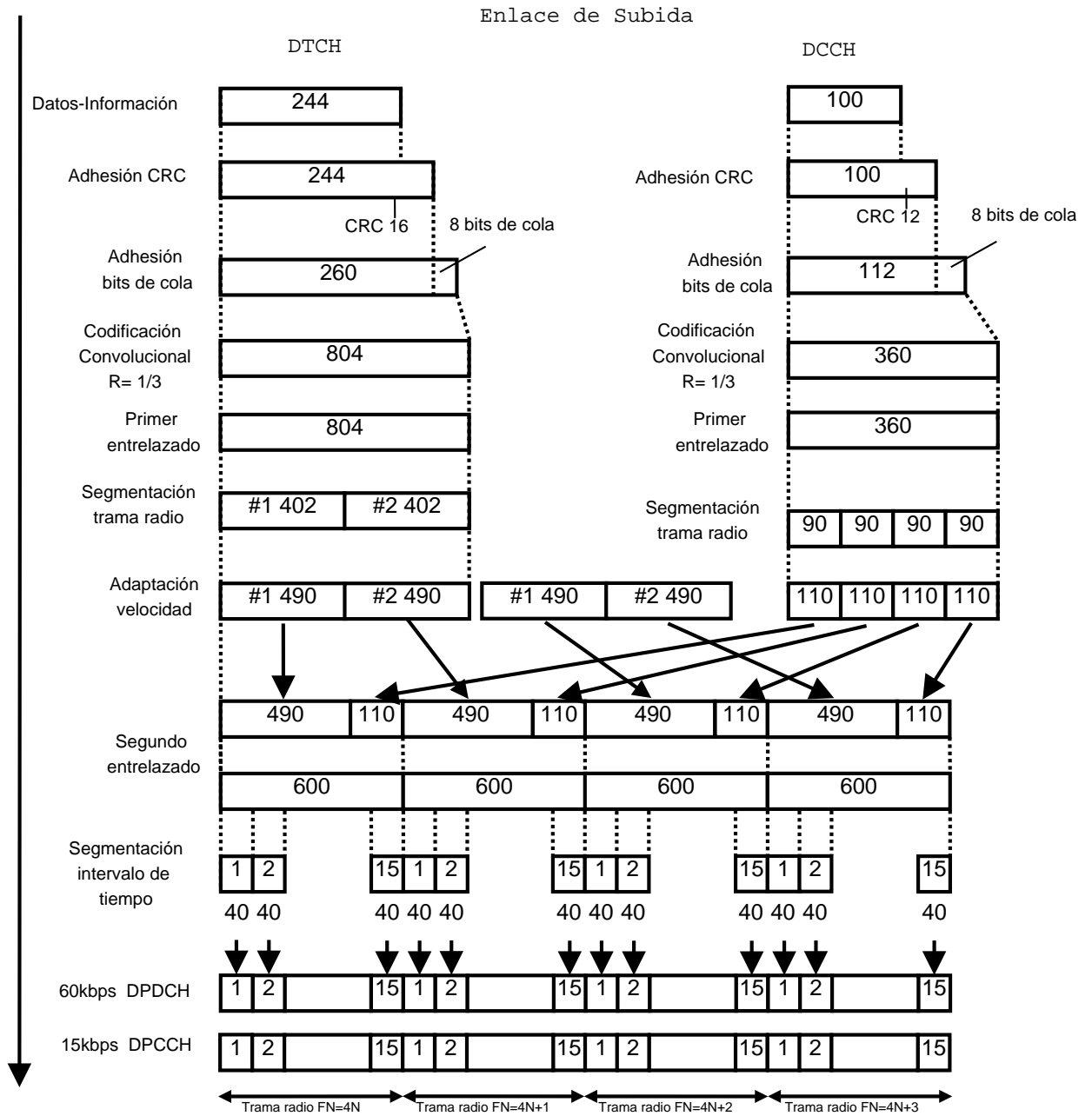


Figura A.1. Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Subida para 12.2 Kbps.

codificación de canal y procedimiento se visualizan de manera general en la figura A.3.

Tabla A.3. Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Subida para 64 Kbps.

Parámetro	DTCH	DCCH
Número canal de transporte	1	2
Medida del bloque de transporte	2560	100
Medida del conjunto bloques de transporte	2560	100
Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI)	40 ms	40 ms
Tipo de protección de errores	Codificación turbo	Codificación convolucional
Tasa de codificación	1/3	1/3
Atributo adaptación de velocidad	256	256
Medida CRC	16	12

Tabla A.4. Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Subida para 64 Kbps.

Parámetro	Nivel	Unidad
Velocidad de transmisión de datos	64	Kbps
DPDCH	240	Kbps
DPCCH	15	Kbps
Relación de potencia DPCCH/DPDCH	-5.46	dB
TFCI	Habilitado	
Repetición	19	%

A.4 Multiplexación y Codificación en el Enlace de Subida para 384 Kbps

Los parámetros de referencia para el canal de transporte y físico en el enlace de subida a 384 Kbps aparecen en la tablas A.7 y A.8 y los procesos de multiplexación,

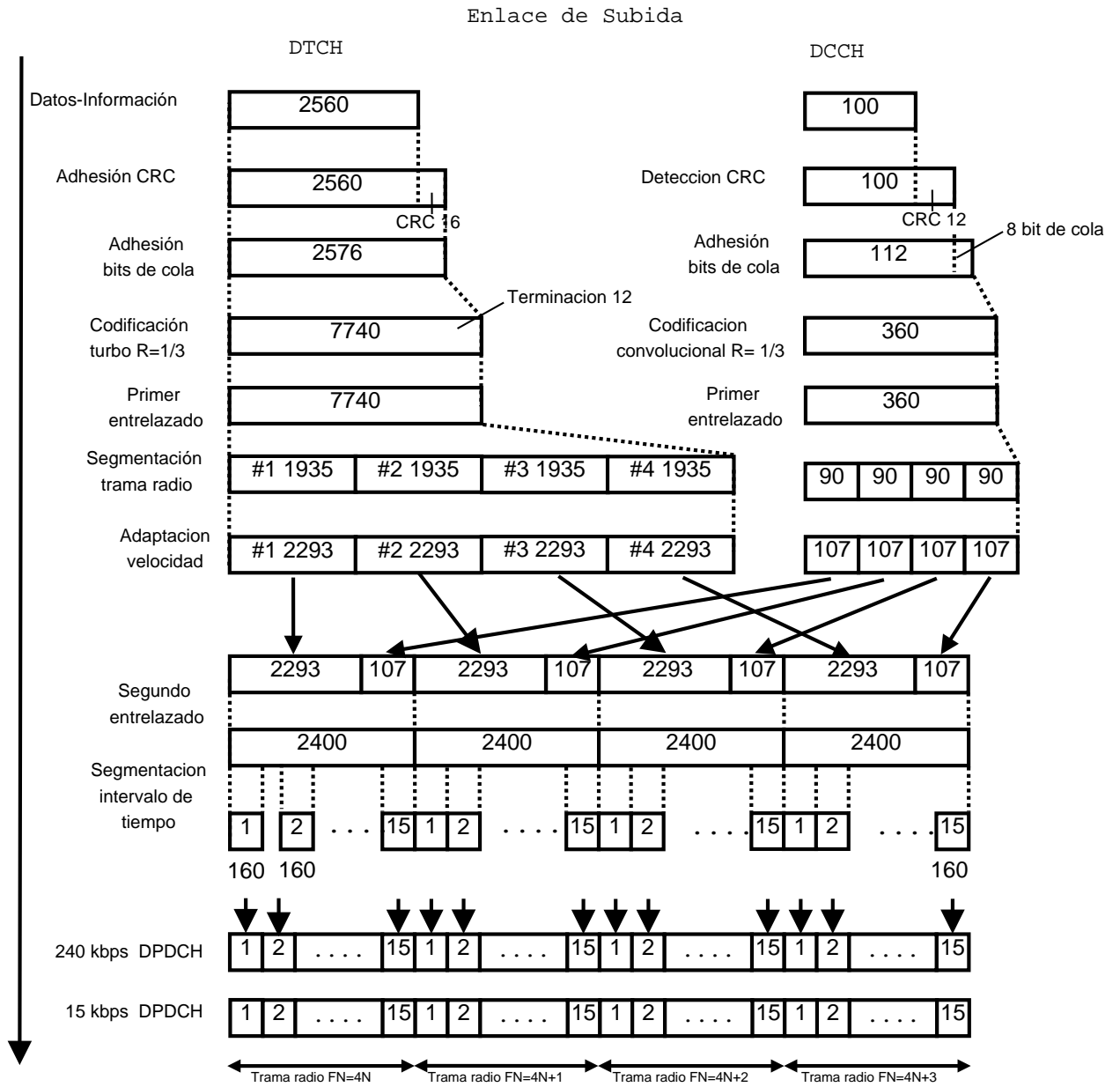


Figura A.2. Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Subida para 64 Kbps.

codificación de canal y procedimiento se visualizan de manera general en la figura A.4.

Tabla A.5. Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Subida para 144 Kbps.

Parámetro	DTCH	DCCH
Número canal de transporte	1	2
Medida del bloque de transporte	2880	100
Medida del conjunto bloques de transporte	5660	100
Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI)	40 ms	40 ms
Tipo de protección de errores	Codificación turbo	Codificación convolucional
Tasa de codificación	1/3	1/3
Atributo adaptación de velocidad	256	256
Medida CRC	16	12

Tabla A.6. Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Subida para 144 Kbps.

Parámetro	Nivel	Unidad
Velocidad de transmisión de datos	144	Kbps
DPDCH	480	Kbps
DPCCH	15	Kbps
Relación de potencia DPCCH/DPDCH	-9.54	dB
TFCI	Habilitado	
Repetición	8	%

A.5 Multiplexación y Codificación en el Enlace de Bajada para 12.2 Kbps

Los parámetros de referencia para el canal de transporte y físico en el enlace de bajada a 12.2 Kbps aparecen en las tablas A.9 y A.10 y los procesos de multiplexación,

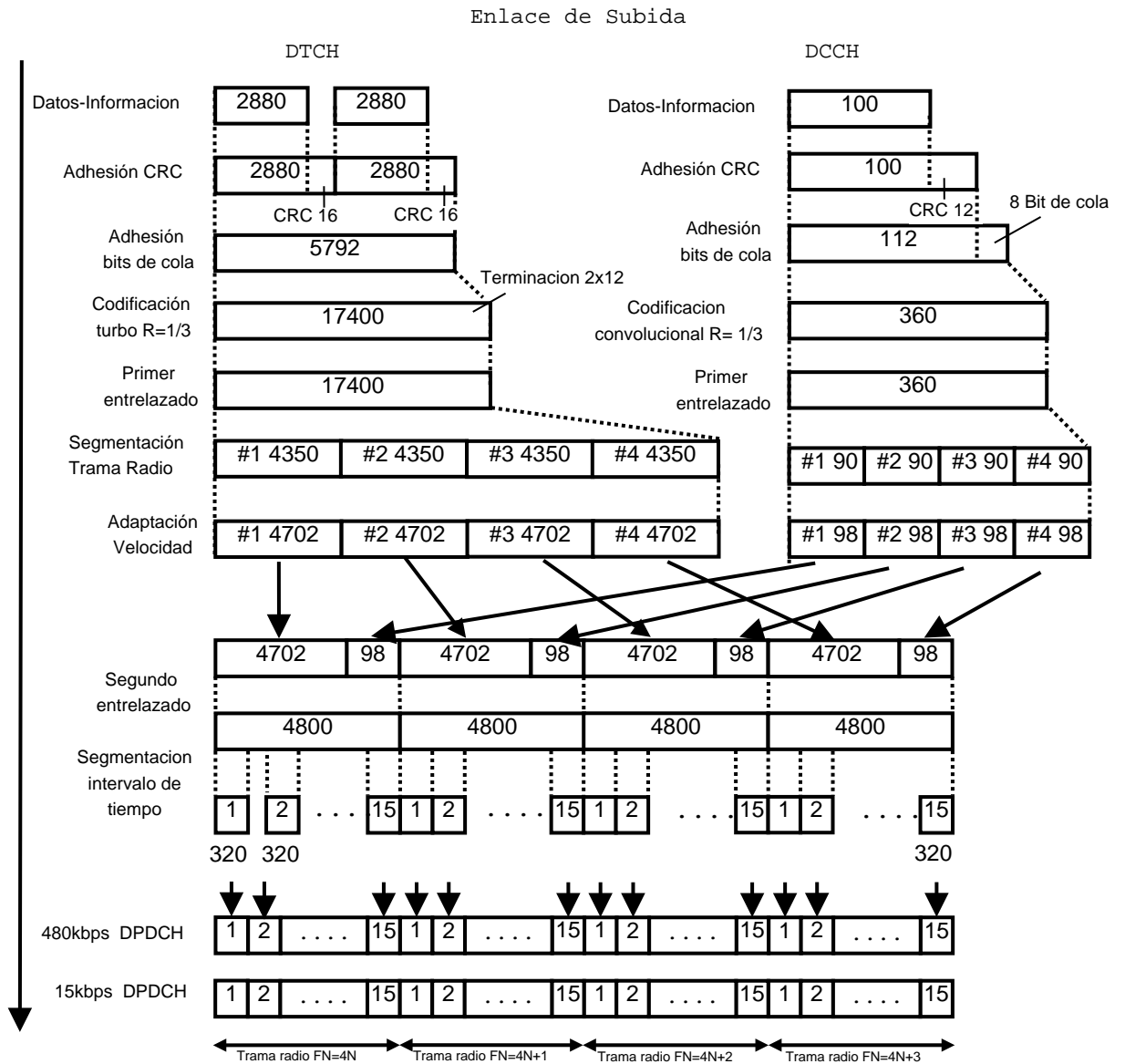


Figura A.3. Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Subida para 144 Kbps.

codificación de canal y procedimiento se visualizan de manera general en la figura A.5.

Tabla A.7. Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Subida para 384 Kbps.

Parámetro	DTCH	DCCH
Número canal de transporte	1	2
Medida del bloque de transporte	3840	100
Medida del conjunto bloques de transporte	15360	100
Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI)	40 ms	40 ms
Tipo de protección de errores	Codificación turbo	Codificación convolucional
Tasa de codificación	1/3	1/3
Atributo adaptación de velocidad	256	256
Medida CRC	16	12

Tabla A.8. Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Subida para 384 Kbps.

Parámetro	Nivel	Unidad
Velocidad de transmisión de datos	384	Kbps
DPDCH	960	Kbps
DPCCH	15	Kbps
Relación de potencia DPCCH/DPDCH	-9.54	dB
TFCI	Habilitado	
Perforación	18	%

A.6 Multiplexación y Codificación en el Enlace de Bajada para 64 Kbps

Los parámetros de referencia para el canal de transporte y físico en el enlace de bajada a 64 Kbps aparecen en la tablas A.11 y A.12 y los procesos de multiplexación,

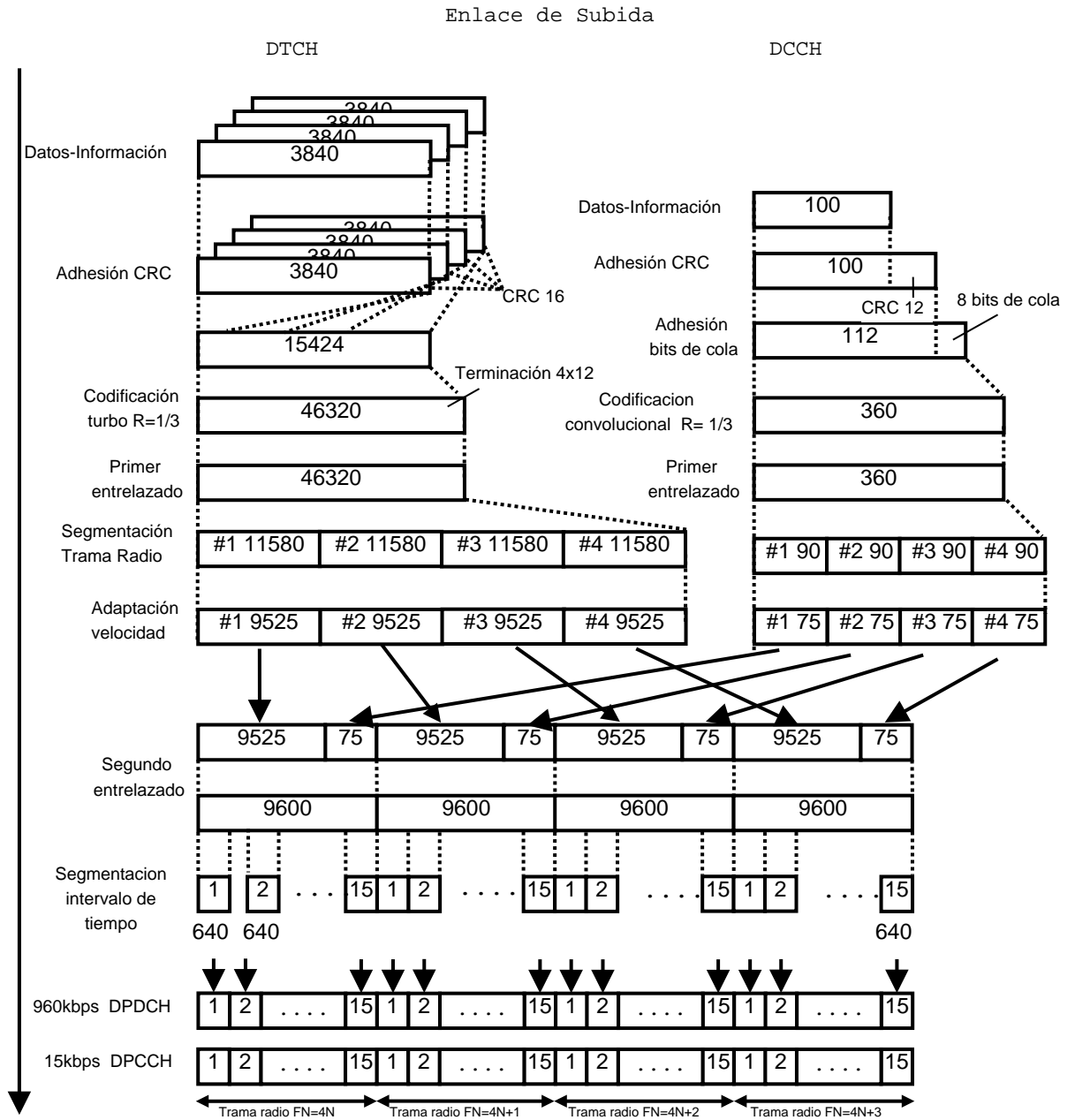


Figura A.4. Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Subida para 384 Kbps.

codificación de canal y procedimiento se visualizan de manera general en la figura A.6.

Tabla A.9. Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Bajada para 12.2 Kbps.

Parámetro	DTCH	DCCH
Número canal de transporte	1	2
Medida del bloque de transporte	244	100
Medida del conjunto bloques de transporte	244	100
Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI)	20 ms	40 ms
Tipo de protección de errores	Codificación convolucional	Codificación convolucional
Tasa de codificación	1/3	1/3
Atributo adaptación de velocidad	256	256
Medida CRC	16	12

Tabla A.10. Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Bajada para 12.2 Kbps.

Parámetro	Nivel	Unidad
Velocidad de transmisión de datos	12.2	Kbps
DPCH	30	Ksps
TFCI	Habilitado	
Perforación	14.7	%

A.7 Multiplexación y Codificación en el Enlace de Bajada para 144 Kbps

Los parámetros de referencia para el canal de transporte y físico en el enlace de bajada a 144 Kbps aparecen en la tablas A.13 y A.14 y los procesos de multiplexación,

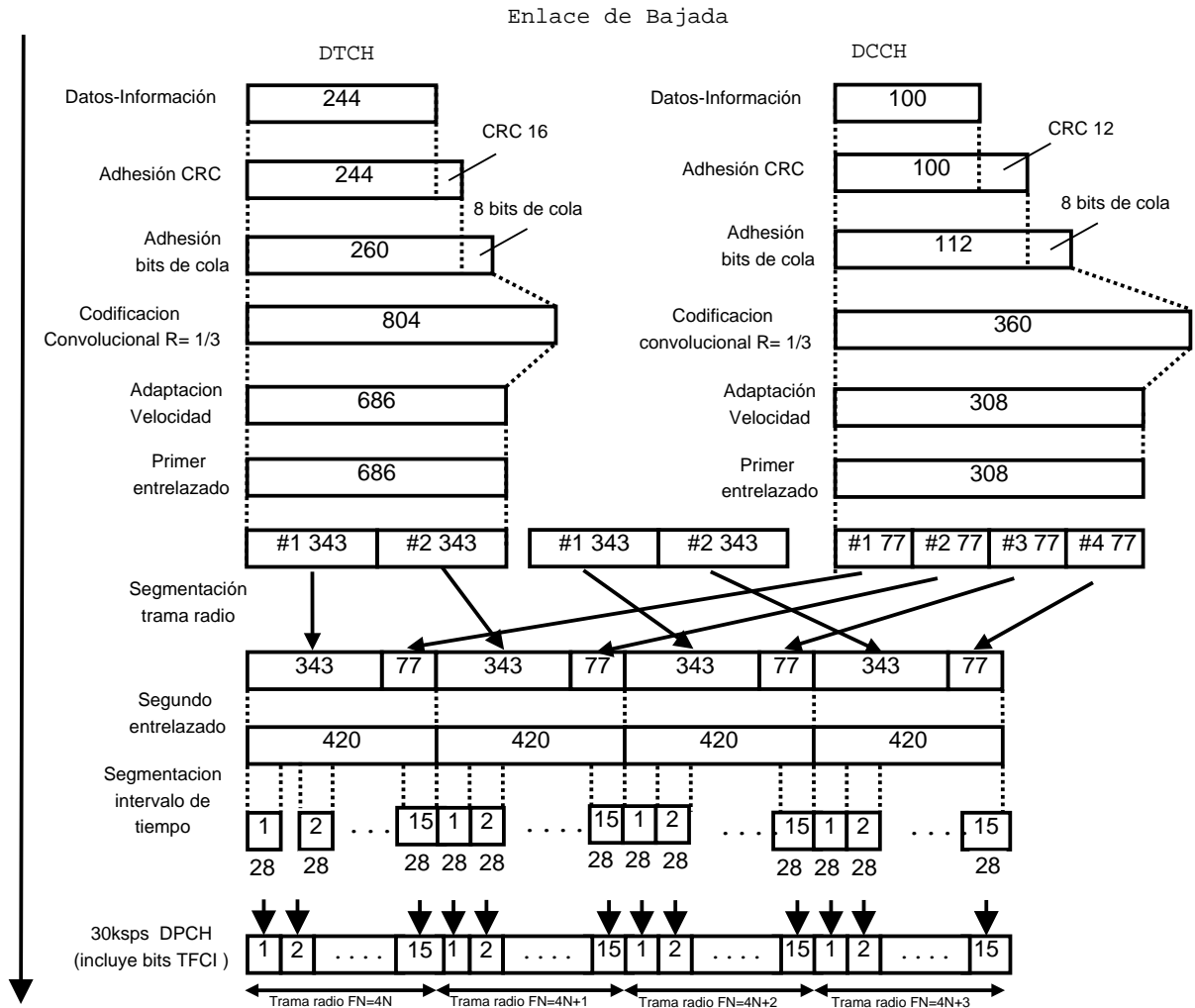


Figura A.5. Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Bajada para 12.2 Kbps.

codificación de canal y procedimiento se visualizan de manera general en la figura A.7.

A.8 Multiplexación y Codificación en el Enlace de Bajada para 384 Kbps

Los parámetros de referencia para el canal de transporte y físico en el enlace de bajada a 384 Kbps aparecen en la tablas A.15 y A.16 y los procesos de multiplexación, codificación de canal y procedimiento se visualizan en la figura A.8.

Tabla A.11. Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Bajada para 64 Kbps.

Parámetro	DTCH	DCCH
Número canal de transporte	1	2
Medida del bloque de transporte	1280	100
Medida del conjunto bloques de transporte	1280	100
Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI)	20 ms	40 ms
Tipo de protección de errores	Codificación turbo	Codificación convolucional
Tasa de codificación	1/3	1/3
Atributo adaptación de velocidad	256	256
Medida CRC	16	12

Tabla A.12. Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Bajada para 64 Kbps.

Parámetro	Nivel	Unidad
Velocidad de transmisión de datos	64	Kbps
DPCH	120	Ksps
TFCI	Habilitado	
Repetición	2.9	%

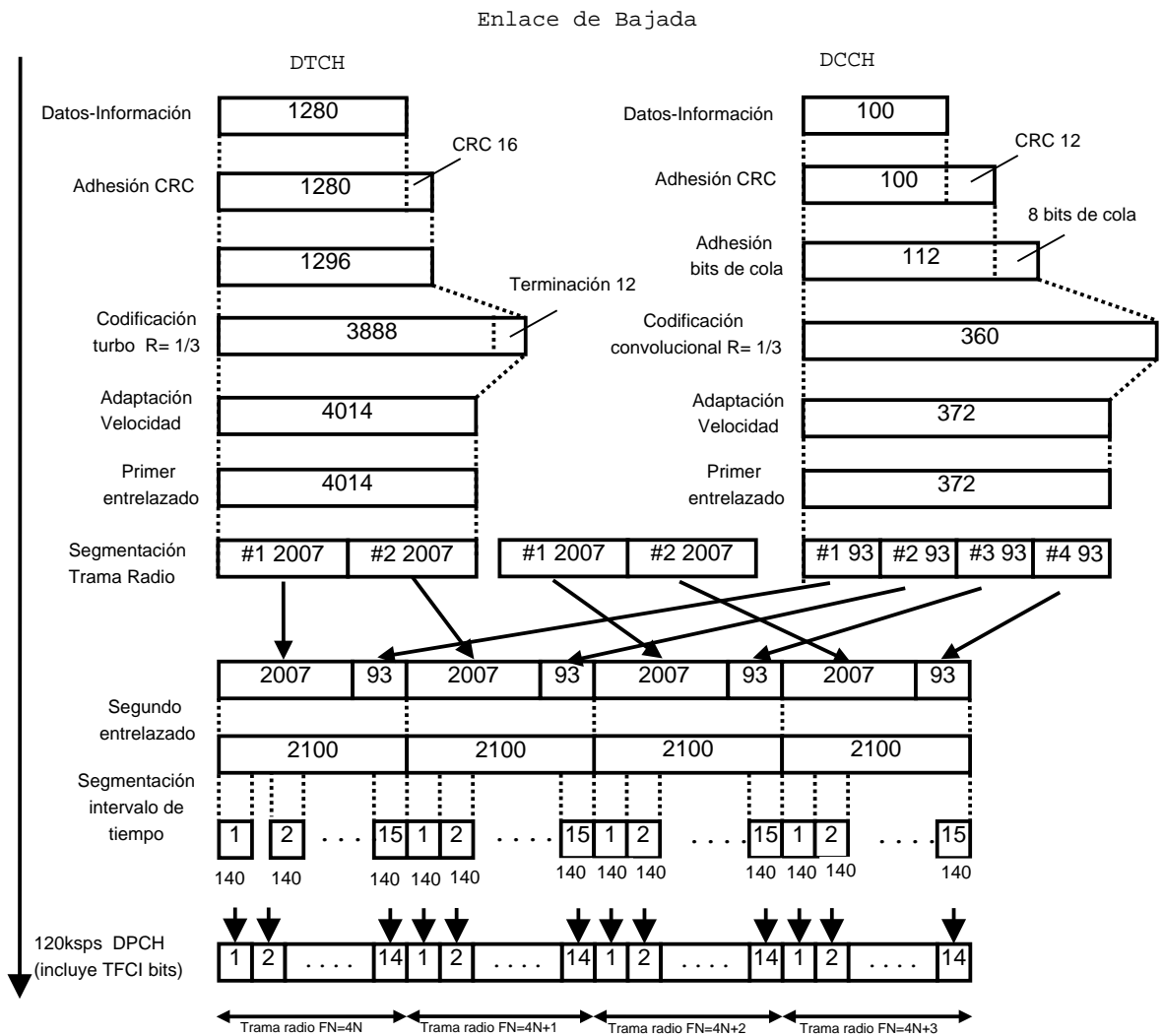


Figura A.6. Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Bajada para 64 Kbps.

Tabla A.13. Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Bajada para 144 Kbps.

Parámetro	DTCH	DCCH
Número canal de transporte	1	2
Medida del bloque de transporte	2880	100
Medida del conjunto bloques de transporte	2880	100
Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI)	20 ms	40 ms
Tipo de protección de errores	Codificación turbo	Codificación convolucional
Tasa de codificación	1/3	1/3
Atributo adaptación de velocidad	256	256
Medida CRC	16	12

Tabla A.14. Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Bajada para 144 Kbps.

Parámetro	Nivel	Unidad
Velocidad de transmisión de datos	144	Kbps
DPCH	240	Ksps
TFCI	Habilitado	
Perforación	2.7	%

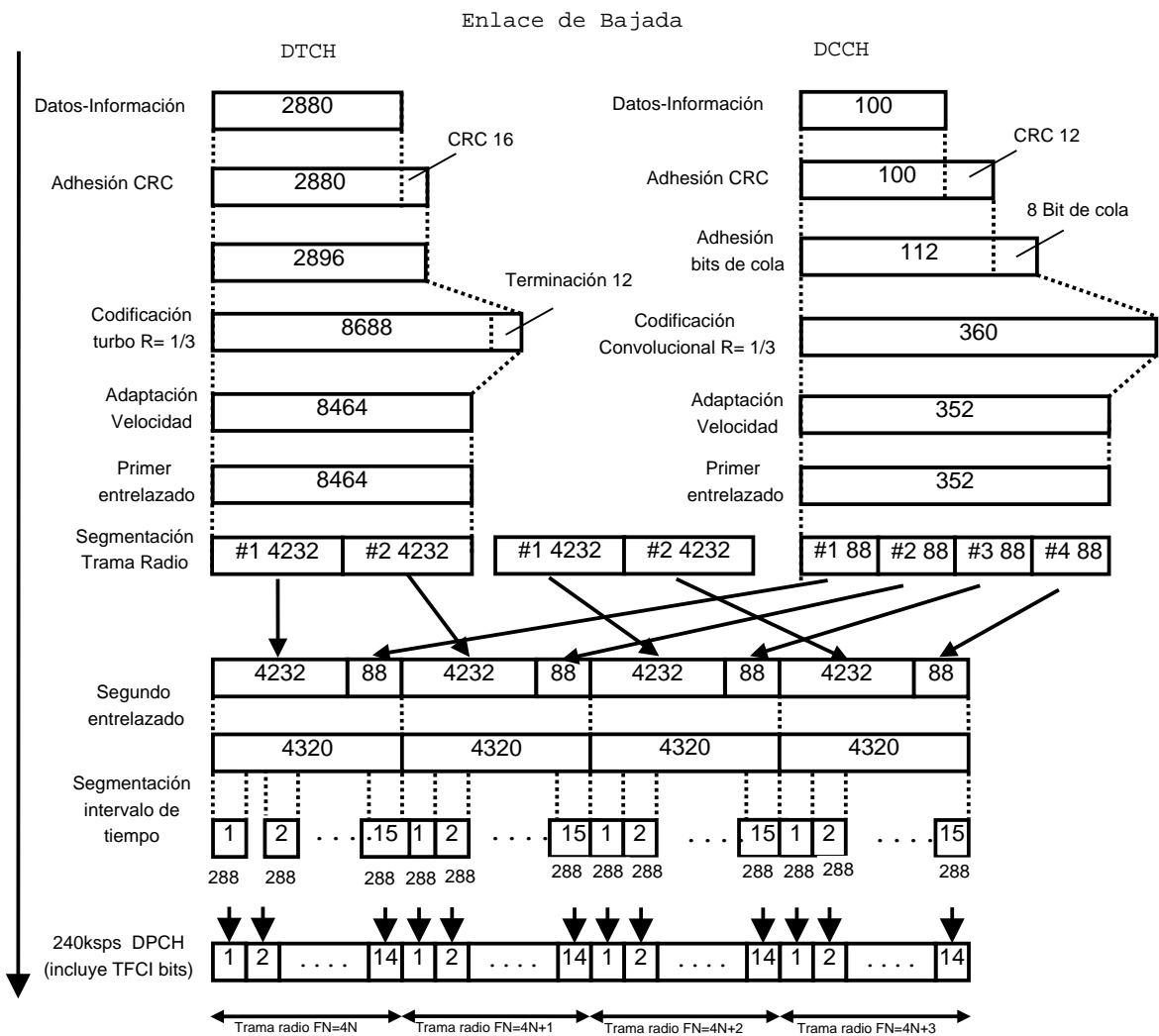


Figura A.7. Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Bajada para 144 Kbps.

Tabla A.15. Parámetros de Referencia Canal de Transporte en el Enlace de Bajada para 384 Kbps.

Parámetro	DTCH	DCCH
Número canal de transporte	1	2
Medida del bloque de transporte	3840	100
Medida del conjunto bloques de transporte	3840	100
Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI)	10 ms	40 ms
Tipo de protección de errores	Codificación turbo	Codificación convolucional
Tasa de codificación	1/3	1/3
Atributo adaptación de velocidad	256	256
Medida CRC	16	12

Tabla A.16. Parámetros de Referencia Canal Físico en el Enlace de Bajada para 384 Kbps.

Parámetro	Nivel	Unidad
Velocidad de transmisión de datos	384	Kbps
DPCH	480	Ksps
TFCI	Habilitado	
Perforación	22	%

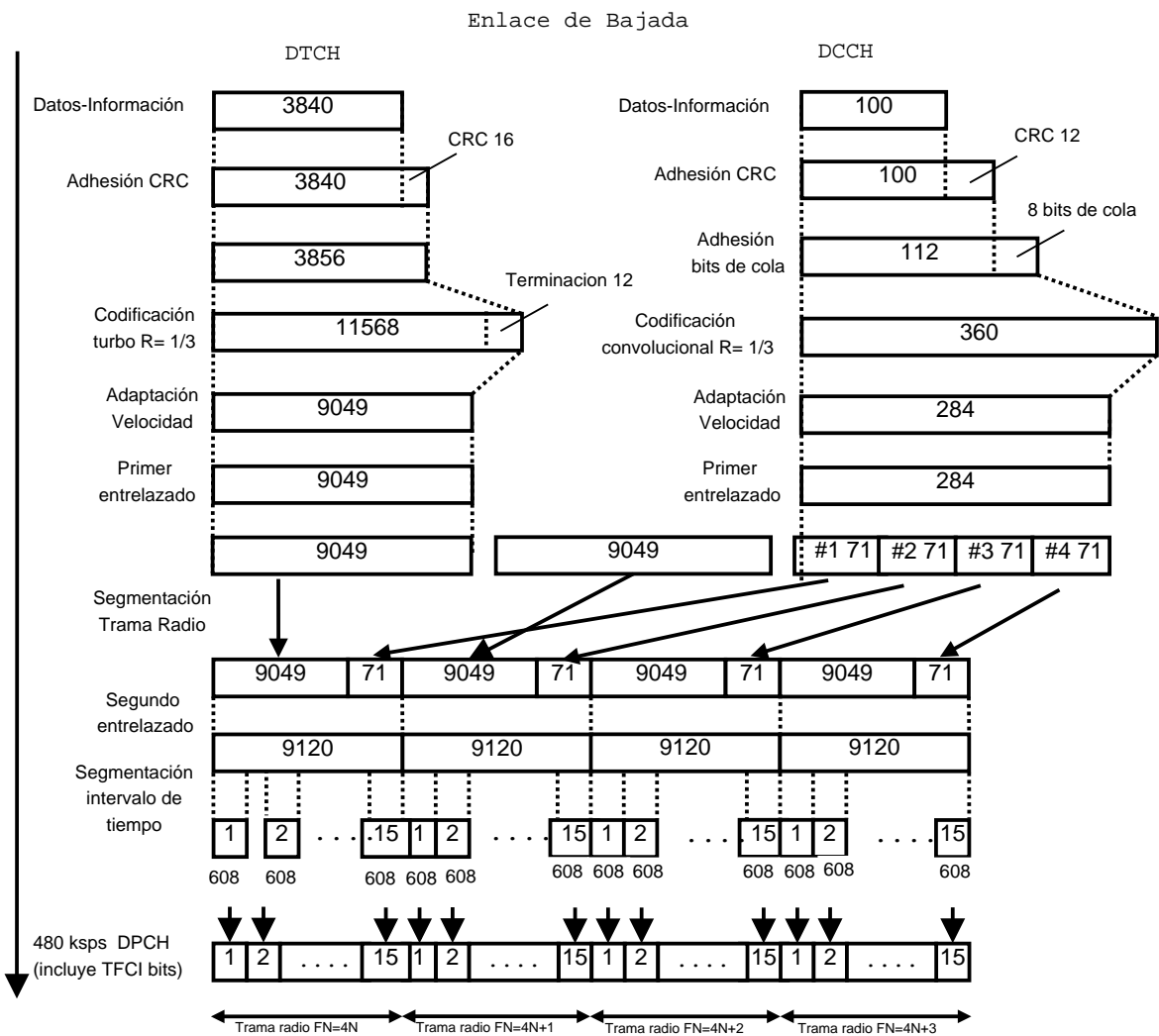


Figura A.8. Multiplexación y Codificación de Canal en el Enlace de Bajada para 384 Kbps.

Apéndice B

Requerimientos de Desempeño

Los requerimientos de desempeño tanto en el enlace de subida como en el enlace de bajada son especificados por las recomendaciones 3GPP (3GPP TS 25.101 V8.2.0., 2008; 3GPP TS 25.104 V8.2.0 , 2008).

La relación E_b/N_0 se define en función de la relación E_c/N_0 en B.1:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{E_c}{N_0} \frac{L_{chip}}{L_{inf}} \quad (\text{B.1})$$

Donde: E_c es la energía total recibida por chip de todos los trayectos en una antena de DPDCH, DPCCH, etc.

N_0 es la densidad espectral de potencia de ruido total debida a todas las fuentes de ruido.

L_{chip} es el número de chips por trama.

L_{inf} es el número de bits de información en el DTCH excluyendo los bits CRC por trama.

B.1 Requerimientos de Desempeño en el Enlace de Subida

B.1.1 Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Estática

El modelo de canal en condición de propagación estática solo considera el efecto del Ruido Blanco Gaussiano Aditivo (AWGN, *Additive White Gaussian Noise*). No

se considera desvanecimiento/multitrayecto en este modelo de propagación. Los requerimientos de desempeño del DCH en condiciones de propagación estática o canal de Ruido Gaussiano Blanco Aditivo se determinan por la máxima BLER permitida cuando la señal a la entrada del receptor se encuentre en el límite E_b/N_0 especificado. Los valores de requerimiento de desempeño mínimo aparecen en la tabla B.1.

Tabla B.1. Requerimientos de Desempeño para canal AWGN.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	n.a.	n.a.	$< 10^{-1}$
	5.1 dB	8.3 dB	$< 10^{-2}$
64 Kbps	1.5 dB	4.7 dB	$< 10^{-1}$
	1.7 dB	4.8 dB	$< 10^{-2}$
144 Kbps	0.8 dB	3.8 dB	$< 10^{-1}$
	0.9 dB	4.0 dB	$< 10^{-2}$
384 Kbps	0.9 dB	4.0 dB	$< 10^{-1}$
	1.0 dB	4.1 dB	$< 10^{-2}$

B.1.2 Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Multitrayecto

La tabla B.2 presenta las condiciones de propagación que son utilizadas para obtener las medidas de desempeño en un ambiente de desvanecimiento multitrayecto. Todos los trayectos aplican el clásico corrimiento *Doppler*.

Los requerimientos de desempeño del DCH en condiciones de propagación multitrayecto se determinan por la máxima BLER permitida cuando la señal a la entrada del receptor se encuentre en el límite E_b/N_0 especificado. Los valores de requerimiento de desempeño mínimo aparecen en las tablas B.3, B.4, B.5 y B.6.

Tabla B.2. Condiciones de propagación en Ambientes Multitrayecto.

Caso 1		Caso 2		Caso 3		Caso 4	
Velocidad para bandas 1900/2100, 1800/1900, 1700/1800, 1700/2100 MHz 3Km/h		Velocidad para bandas 1900/2100, 1800/1900, 1700/1800, 1700/2100 MHz 3Km/h		Velocidad para bandas 1900/2100, 1800/1900, 1700/1800, 1700/2100 MHz 120Km/h		Velocidad para bandas 1900/2100, 1800/1900, 1700/1800, 1700/2100 MHz 250Km/h	
Velocidad para bandas 800, 900 MHz 7Km/h		Velocidad para bandas 800, 900 MHz 7Km/h		Velocidad para bandas 800, 900 MHz 280Km/h		Velocidad para bandas 800, 900 MHz 583Km/h	
Velocidad para bandas 2500/2600 MHz 2.3Km/h		Velocidad para bandas 2500/2600 MHz 2.3Km/h		Velocidad para bandas 2500/2600 MHz 92Km/h		Velocidad para bandas 2500/2600 MHz 192Km/h	
Velocidad para bandas 1400 MHz 4.1Km/h		Velocidad para bandas 1400 MHz 4.1Km/h		Velocidad para bandas 1400 MHz 166Km/h		Velocidad para bandas 1400 MHz 345Km/h	
Velocidad para bandas 700 MHz 8Km/h		Velocidad para bandas 700 MHz 8Km/h		Velocidad para bandas 700 MHz 320Km/h		Velocidad para bandas 700 MHz 668Km/h	
Retardo relativo (ns)	Potencia relativa promedio (dB)	Retardo relativo (ns)	Potencia relativa promedio (dB)	Retardo relativo (ns)	Potencia relativa promedio (dB)	Retardo relativo (ns)	Potencia relativa promedio (dB)
0	0	0	0	0	0	0	0
976	-10	976	0	260	-3	260	-3
		20000	0	521	-6	521	-6
				781	-9	781	-9

Tabla B.3. Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 1.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	n.a.	n.a.	$< 10^{-1}$
	11.9 dB	19.1 dB	$< 10^{-2}$
64 Kbps	6.2 dB	11.6 dB	$< 10^{-1}$
	9.2 dB	15.9 dB	$< 10^{-2}$
144 Kbps	5.4 dB	10.8 dB	$< 10^{-1}$
	8.4 dB	15 dB	$< 10^{-2}$
384 Kbps	5.8 dB	11.2 dB	$< 10^{-1}$
	8.8 dB	15.5 dB	$< 10^{-2}$

Tabla B.4. Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 2.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	n.a.	n.a.	$< 10^{-1}$
	9.0 dB	15 dB	$< 10^{-2}$
64 Kbps	4.3 dB	9.2 dB	$< 10^{-1}$
	6.4 dB	12.3 dB	$< 10^{-2}$
144 Kbps	3.7 dB	8.2 dB	$< 10^{-1}$
	5.6 dB	11.5 dB	$< 10^{-2}$
384 Kbps	4.1 dB	8.7 dB	$< 10^{-1}$
	6.1 dB	12.1 dB	$< 10^{-2}$

Tabla B.5. Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 3.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	n.a.	n.a.	$< 10^{-1}$
	7.2 dB	10.8 dB	$< 10^{-2}$
	8.0 dB	11.7 dB	$< 10^{-3}$
64 Kbps	3.4 dB	7.1 dB	$< 10^{-1}$
	3.8 dB	7.7 dB	$< 10^{-2}$
	4.1 dB	8.5 dB	$< 10^{-3}$
144 Kbps	2.8 dB	6 dB	$< 10^{-1}$
	3.2 dB	6.7 dB	$< 10^{-2}$
	3.6 dB	7.2 dB	$< 10^{-3}$
384 Kbps	3.2 dB	6.5 dB	$< 10^{-1}$
	3.6 dB	7.2 dB	$< 10^{-2}$
	4.2 dB	7.9 dB	$< 10^{-3}$

Tabla B.6. Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 4.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	n.a.	n.a.	$< 10^{-1}$
	10.2 dB	13.8 dB	$< 10^{-2}$
	11.0 dB	14.7 dB	$< 10^{-3}$
64 Kbps	6.4 dB	10.1 dB	$< 10^{-1}$
	6.8 dB	10.7 dB	$< 10^{-2}$
	7.1 dB	11.5 dB	$< 10^{-3}$
144 Kbps	5.8 dB	9 dB	$< 10^{-1}$
	6.2 dB	9.7 dB	$< 10^{-2}$
	6.6 dB	10.2 dB	$< 10^{-3}$
384 Kbps	6.2 dB	9.5 dB	$< 10^{-1}$
	6.6 dB	10.2 dB	$< 10^{-2}$
	7.2 dB	10.9 dB	$< 10^{-3}$

B.1.3 Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación en Movimiento

Las condiciones de propagación dinámica para la evaluación del desempeño de banda base se realiza con modelos de canal sin desvanecimiento en 2 etapas o trayectos, uno estático (P_0), y uno en movimiento (P_1). La diferencia de tiempo entre los dos trayectos (ver figura B.1) se define por la ecuación B.2. Los parámetros de la ecuación se presentan en la tabla B.7. Las etapas o trayectos tienen igual intensidad y fase.

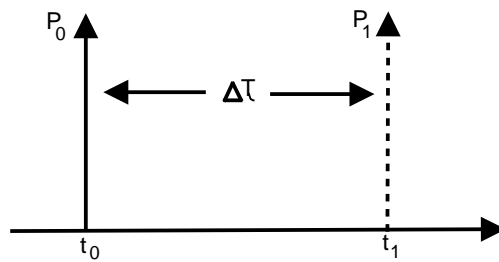


Figura B.1. Condiciones de Propagación en Movimiento.

$$\Delta\tau = B + \frac{A}{2}(1 + \text{sen}(\Delta\omega t)) \quad (\text{B.2})$$

Tabla B.7. Parámetros de Condición de Propagación en Movimiento.

Parámetro	Valor
A	$5\mu s$
B	$1\mu s$
$\Delta\omega$	$40 \times 10^{-3} s^{-1}$

Los requerimientos de desempeño del DCH en condiciones de propagación en movimiento (*moving*) se determinan por la máxima BLER permitida cuando la señal a la entrada del receptor se encuentre en el límite E_b/N_0 especificado. Los valores de requerimiento de desempeño mínimo se visualiza en la tabla B.8.

Tabla B.8. Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación en Movimiento.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	n.a.	n.a.	$< 10^{-1}$
	5.7 dB	8.7 dB	$< 10^{-2}$
64 Kbps	2.1 dB	5.3 dB	$< 10^{-1}$
	2.2 dB	5.5 dB	$< 10^{-2}$

B.1.4 Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte

Las condiciones de propagación dinámica para la evaluación del desempeño de banda base se realiza con modelos de canal sin desvanecimiento en 2 etapas o trayectos, los cuales alternan entre "nacimiento" y "muerte". Las posiciones de los trayectos son aleatoriamente seleccionadas con igual probabilidad como aparece en la figura B.2. Para BS con diversidad en recepción, la misma posición de los trayectos debe ser aplicada a ambos conectores de antena en recepción, y el cambio de tiempos en el trayecto es sincronizado sobre los dos conectores de antena en el receptor. Las señales AWGN aplicadas a los dos conectores de antena en el receptor son no correlacionadas.

1. Dos trayectos, P_1 y P_2 son aleatoriamente seleccionados del grupo $[-5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5] \mu s$. Los trayectos tienen igual magnitud y fase.
2. Después de 191 ms, P_1 desaparece y reaparece inmediatamente en una nueva localización seleccionada aleatoriamente del grupo $[-5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5] \mu s$ excluyendo P_2 . Las magnitudes y fases de P_1 y P_2 se mantienen inalteradas.
3. Después de un tiempo adicional de 191 ms, P_2 desaparece y reaparece inmediatamente en una nueva localización seleccionada aleatoriamente del grupo

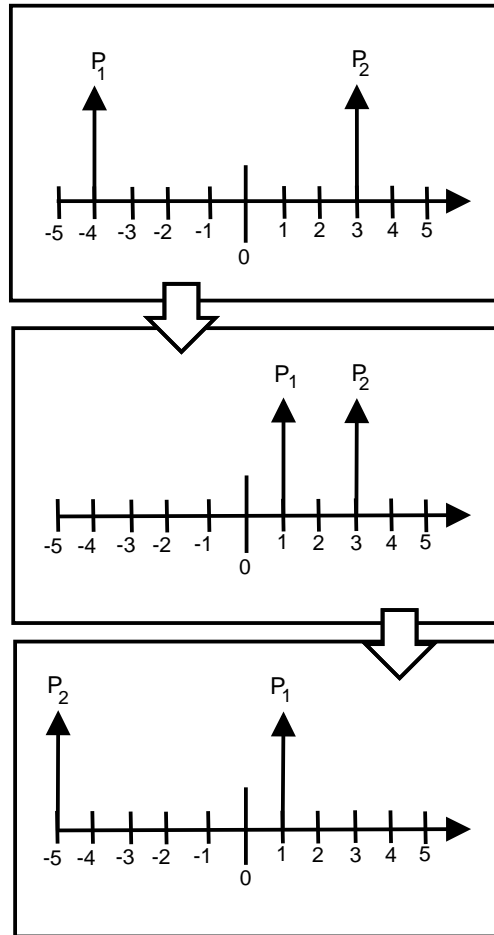


Figura B.2. Secuencia de Propagación Nacimiento/Muerte.

$[-5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5] \mu s$ excluyendo P_1 . Las magnitudes y fases de P_1 y P_2 se mantienen inalteradas.

4. La secuencia en 2 y 3 se repite.

Los requerimientos de desempeño del DCH en condiciones de propagación Nacimiento/Muerte (*Birth/Death*) se determinan por la máxima BLER permitida cuando la señal a la entrada del receptor se encuentre en el límite E_b/N_0 especificado. Los valores de requerimiento de desempeño mínimo se visualiza en la tabla B.9.

Tabla B.9. Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	n.a.	n.a.	$< 10^{-1}$
	7.7 dB	10.8 dB	$< 10^{-2}$
64 Kbps	4.1 dB	7.4 dB	$< 10^{-1}$
	4.2 dB	7.5 dB	$< 10^{-2}$

B.2 Requerimientos de Desempeño en el Enlace de Bajada

Inicialmente se expresa el significado de ciertas relaciones de importancia en el enlace de bajada (3GPP TS 25.101 V8.2.0., 2008).

- $DPCH_{Ec}$: Energía promedio por chip para DPCH.
- \hat{I}_{or} : Densidad espectral de potencia recibida (integrada en un ancho de banda de $(1+\alpha)$ veces la tasa de chip y normalizada a la tasa de chip) de la señal en el enlace de bajada medida en el conector de antena del UE o estación móvil. \hat{I}_{or} es la densidad espectral de la señal de la celda objetivo pero también incluye las celdas con las cuales el UE esta en SHO.
- I_{oc} : Densidad espectral de potencia (integrada en un ancho de banda de ruido igual a la tasa de chip y normalizada a la tasa de chip) de una fuente de ruido blanco limitado en banda (simulando interferencia de celdas, las cuales no son definidas en el procedimiento de prueba) medida en el conector de antena del UE o estación móvil. I_{oc} es la densidad espectral de todos los canales de todas las celdas a las que el UE no esta conectado (celdas no en SHO). Efectivamente, representa la interferencia. \hat{I}_{or}/I_{oc} se define como la SIR en el UE.

- $\frac{DPCH_E_c}{I_{or}}$: Relación de la energía por chip transmitida del DPCH a la densidad espectral de potencia transmitida total en el conector de antena del nodo B o estación base. Representa la fracción de la potencia transmitida total por el amplificador de alta potencia (I_{or}) para el canal DPCH ($DPCH_E_c$ para el código o canal).

B.2.1 Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Estática

Los requerimientos de desempeño del DCH en condiciones de propagación estática se determinan por la BLER. La BLER se especifica para cada velocidad de transmisión de datos. Para los parámetros especificados en la tabla B.10 la relación de potencia promedio en el enlace de bajada $\frac{DPCH_E_c}{I_{or}}$ debe estar por debajo del valor especificado de BLER en la tabla B.11.

Tabla B.10. Parámetros en Condición de Propagación Estática.

Parámetro	Unidad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
Fase de referencia		P-CPICH			
\hat{I}_{or}/I_{oc}	dB	-1			
I_{oc}	dBm/3.84 MHz	-60			
Velocidad de transmisión de datos	Kbps	12.2	64	144	384

B.2.2 Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Multitrayecto

Los requerimientos de desempeño del DCH en condiciones de propagación multitrayecto se determinan por la BLER. La BLER se especifica para cada velocidad de transmisión de datos. Para los parámetros especificados en las tablas B.12, B.14, B.16 y B.18 la relación de potencia promedio en el enlace de bajada $\frac{DPCH_E_c}{I_{or}}$ debe estar por debajo del valor especificado de BLER en las tablas B.13, B.15, B.17 y B.19.

Tabla B.11. Requerimientos de Desempeño para canal AWGN.

Número de prueba	$\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$	BLER
1	-16.6 dB	10^{-2}
2	-13.1 dB	10^{-1}
	-12.8 dB	10^{-2}
3	-9.9 dB	10^{-1}
	-9.8 dB	10^{-2}
4	-5.6 dB	10^{-1}
	-5.5 dB	10^{-2}

B.2.3 Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación en Movimiento

Los requerimientos de desempeño del DCH en condiciones de propagación en movimiento se determinan por la BLER. La BLER se especifica para cada velocidad de transmisión de datos. Para los parámetros especificados en la tabla B.20 la relación de potencia promedio en el enlace de bajada $\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$ debe estar por debajo del valor especificado de BLER en la tabla B.21.

B.2.4 Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte

Los requerimientos de desempeño del DCH en condiciones de propagación nacimiento/muerte se determinan por la BLER. La BLER se especifica para cada velocidad de transmisión de datos. Para los parámetros especificados en la tabla B.22 la relación de potencia promedio en el enlace de bajada $\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$ debe estar por debajo del valor especificado de BLER en la tabla B.23.

Tabla B.12. Parámetros en Condición de Propagación Multitrayecto Caso 1.

Parámetro	Unidad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
Fase de referencia		P-CPICH			
\hat{I}_{or}/I_{oc}	dB	9			
I_{oc}	dBm/3.84 MHz	-60			
Velocidad de transmisión de datos	Kbps	12.2	64	144	384

Tabla B.13. Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 1.

Número de prueba	$\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$	BLER
1	-15 dB	10^{-2}
2	-13.9 dB	10^{-1}
	-10 dB	10^{-2}
3	-10.6 dB	10^{-1}
	-6.8 dB	10^{-2}
4	-6.3 dB	10^{-1}
	-2.2 dB	10^{-2}

Tabla B.14. Parámetros en Condición de Propagación Multitrayecto Caso 2.

Parámetro	Unidad	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8
Fase de referencia		P-CPICH			
\hat{I}_{or}/I_{oc}	dB	-3	-3	3	6
I_{oc}	dBm/3.84 MHz	-60			
Velocidad de transmisión de datos	Kbps	12.2	64	144	384

Tabla B.15. Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 2.

Número de prueba	$\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$	BLER
5	-7.7 dB	10^{-2}
6	-6.4 dB	10^{-1}
	-2.7 dB	10^{-2}
7	-8.1 dB	10^{-1}
	-5.1 dB	10^{-2}
8	-5.5 dB	10^{-1}
	-3.2 dB	10^{-2}

Tabla B.16. Parámetros en Condición de Propagación Multitrayecto Caso 3.

Parámetro	Unidad	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11	Prueba 12
Fase de referencia		P-CPICH			
\hat{I}_{or}/I_{oc}	dB	-3	-3	3	6
I_{oc}	dBm/3.84 MHz	-60			
Velocidad de transmisión de datos	Kbps	12.2	64	144	384

Tabla B.17. Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 3.

Número de prueba	$\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$	BLER
9	-11.8 dB	10^{-2}
10	-8.1 dB	10^{-1}
	-7.4 dB	10^{-2}
	-6.8 dB	10^{-3}
11	-9.0 dB	10^{-1}
	-8.5 dB	10^{-2}
	-8.0 dB	10^{-3}
12	-5.9 dB	10^{-1}
	-5.1 dB	10^{-2}
	-4.4 dB	10^{-3}

Tabla B.18. Parámetros en Condición de Propagación Multitrayecto Caso 6.

Parámetro	Unidad	Prueba 17	Prueba 18	Prueba 19	Prueba 20
Fase de referencia		P-CPICH			
\hat{I}_{or}/I_{oc}	dB	-3	-3	3	6
I_{oc}	dBm/3.84 MHz	-60			
Velocidad de transmisión de datos	Kbps	12.2	64	144	384

Tabla B.19. Requerimientos de Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto caso 6.

Número de prueba	$\frac{DPCH-E_c}{I_{or}}$	BLER
17	-8.8 dB	10^{-2}
18	-5.1 dB	10^{-1}
	-4.4 dB	10^{-2}
	-3.8 dB	10^{-3}
19	-6.0 dB	10^{-1}
	-5.5 dB	10^{-2}
	-5.0 dB	10^{-3}
20	-2.9 dB	10^{-1}
	-2.1 dB	10^{-2}
	-1.4 dB	10^{-3}

Tabla B.20. Parámetros en Condición de Propagación en Movimiento.

Parámetro	Unidad	Prueba 1	Prueba 2
Fase de referencia		P-CPICH	
\hat{I}_{or}/I_{oc}	dB	-1	
I_{oc}	dBm/3.84 MHz	-60	
Velocidad de transmisión de datos	Kbps	12.2	64

Tabla B.21. Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación en Movimiento.

Número de prueba	$\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$	BLER
1	-14.5 dB	10^{-2}
2	-10.9 dB	10^{-2}

Tabla B.22. Parámetros en Condición de Propagación Nacimiento/Muerte.

Parámetro	Unidad	Prueba 1	Prueba 2
Fase de referencia		P-CPICH	
\hat{I}_{or}/I_{oc}	dB	-1	
I_{oc}	dBm/3.84 MHz	-60	
Velocidad de transmisión de datos	Kbps	12.2	64

Tabla B.23. Requerimientos de Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte.

Número de prueba	$\frac{DPCH E_c}{I_{or}}$	BLER
1	-12.6 dB	10^{-2}
2	-8.7 dB	10^{-2}

Apéndice C

Aplicación y Adaptación de la Metodología de Simulación de Equipos de Telecomunicaciones a la Simulación a Nivel de Enlace de WCDMA

La aplicación y adaptación de una metodología de simulación para el análisis a nivel de enlace del desempeño de la tecnología WCDMA tanto en el enlace de subida como de bajada para diferentes velocidades de transmisión de datos, a nivel físico en banda base y para el modo FDD se basa en el trabajo de grado de pregrado titulado "simulación y Análisis de Desempeño del Nivel Físico de WCDMA en modo FDD" (Urbano y Diaz., 2007), el cual contiene la aplicación y adaptación de la metodología expuesta en el trabajo de grado titulado "Metodología para la simulación de Equipos de Telecomunicaciones" (Muñoz y Muñoz., 1995). El trabajo de grado de pregrado (Urbano y Diaz., 2007) formula un modelo de simulación de un enlace de tráfico en el enlace de bajada a 12.2 Kbps a nivel físico del sistema WCDMA en el modo FDD. Por esta razón este apéndice busca retomar los aspectos más importantes de la aplicación y adaptación de dicha metodología de simulación e incluir los parámetros más importantes que deben ser considerados en el análisis de desempeño de la tecnología WCDMA a nivel de enlace para velocidades de transmisión de datos de 12.2 Kbps, 64 Kbps, 144 Kbps y 384 Kbps en el enlace de subida (UL) y en el enlace de bajada (DL), a nivel físico en banda base. En este apéndice se realiza revisión, corrección, complemento y ampliación en la descripción del modelo de simulación obtenido en el trabajo de pregrado.

Otros trabajos de grado de pregrado en los cuales se ha aplicado y adaptado

la metodología descrita en (Muñoz y Muñoz., 1995) con el objeto de obtener un modelo de simulación son:

- "Estudio, Análisis y Simulación de Sistemas de Comunicaciones Móviles basados en CDMA" (Bolaños y Estupiñan., 2004). Este trabajo realizó el modelado y simulación de la configuración de radio 3 (RC3) del sistema CDMA 2000-1X, a través de la utilización de MATLAB® como herramienta de simulación, con el objeto de evaluar su desempeño a nivel físico.
- "Simulación de Bluetooth con Matlab" (Lopez y Villamarin. , 2005). Este trabajo realizó el modelado y simulación a nivel físico en banda base de Bluetooth con el objeto de evaluar su desempeño en un enlace punto a punto. La simulación fue realizada utilizando Matlab.
- "Análisis y Simulación de UWB (Ultra Wide Band) a Nivel Físico con Matlab" (Arboleda y Arroyo. , 2006). Este trabajo realizó el modelado y simulación de un enlace UWB con el objeto de analizar el procesamiento de señal realizado a nivel físico en los sistemas UWB, de acuerdo a las normas existentes y profundizar en el conocimiento de OFDM y sus aplicaciones. La simulación fue realizada utilizando Matlab.
- "Simulación y Análisis del Nivel Físico del Estándar IEEE 802.11b" (Mera y David., 2007). Este trabajo realizó el modelado y la simulación a nivel físico en banda base de la tecnología de red de área local inalámbrica IEEE 802.11b con el objeto de evaluar su desempeño. La simulación fue realizada utilizando Matlab.
- "Evaluación y Análisis del Desempeño de la Tecnología Zigbee (IEEE 802.15.4)" (Portilla y Tascon. , 2009). Este trabajo realizó el modelado y la simulación a nivel físico en banda base de un enlace punto a punto Zigbee. Los resultados de evaluación del desempeño se compararon con los resultados obtenidos al implementar una red punto a punto basad en el mismo estándar. Se debe tener en cuenta que este trabajo de grado utilizó la herramienta SPD en la simulación.

- "Evaluación y Análisis del Desempeño en el Nivel Físico para Redes de Area Local Inalámbrica (WLAN) IEEE 802.11g" (Lopez y Esguerra. , 2009). Este trabajo de grado realizó un análisis del desempeño del estándar IEEE 802.11g a nivel físico en banda base, haciendo una consideración especial a la técnica de transmisión OFDM. Dicho análisis estuvo basado en el modelado y la simulación de un enlace punto a punto. Adicionalmente se estableció una comunicación punto a punto entre dos dispositivos con interfaces IEEE 802.11g para determinar el desempeño de la comunicación ante interferencia. Se debe tener en cuenta que este trabajo de grado utilizó la herramienta SPD en la simulación.
- "Análisis de Interferencia en Femtoceldas para WCDMA" (Muñoz y Valdes., 2010). Este trabajo analizó por medio de una simulación básica estática a nivel de sistema, la interferencia presentada en una femtocelda para sistemas WCDMA y el efecto que puede tener una micro/pico pico o microcelda sobre la femtocelda y los usuarios, cuando esta última se encuentra subordinada a la primera, observando los efectos sobre la capacidad y cobertura del sistema. La capacidad fue analizada por medio de un control ideal de potencia en una simulación básica estática a nivel de sistema.
- "Evaluación y Análisis del Desempeño de la Tecnología HSDPA" (Realpe y Ruiz., 2011). Este trabajo evaluó y analizó el desempeño de la tecnología HSDPA a nivel físico en banda base, teniendo en cuenta ciertos procedimientos novedosos que involucran al nivel físico y al nivel de enlace de datos. Se debe tener en cuenta que este trabajo de grado utilizó la herramienta SPD en la simulación.

C.1 Formulación del Problema

C.1.1 Adquisición de Información sobre el Funcionamiento del Sistema

El sistema estará conformado tanto para el enlace de subida como el enlace de bajada por los siguientes subsistemas: transmisor, canal y receptor.

Subsistema: transmisor

El transmisor generará los canales lógicos DCCH y DTCH como bloques de información con sus respectivas medidas y en los tiempos definidos (TTI) para cada una de las velocidades de transmisión de datos a simular (12.2 Kbps, 64 Kbps, 144 Kbps y 384 Kbps) tanto para el enlace de subida como para el enlace de bajada, acorde a lo expuesto en el apéndice A. Los canales lógicos DCCH y DTCH conformarán el canal de transporte DCH, el cual a su vez será mapeado en el DPDCH. El Canal DPCCH será generado con los campos básicos acorde a lo expuesto en el capítulo 3 de este trabajo final de maestría, y su importancia radica en que contiene información que indica el formato de transporte utilizado por el DPDCH. El subsistema entregará una señal digital, modulada y de espectro ensanchado.

Para obtener una señal digital, modulada y de espectro ensanchado se siguen los procesos indicados en el capítulo 3 y apéndice A:

- Codificación y multiplexación de los canales de transporte.

A los bloques de datos en los correspondientes tamaños acorde a la velocidad de transmisión de datos, se les calcula y añade el CRC, se concatenan los bloques de transporte y se segmentan en bloques de código, a los cuales se aplica los procesos de codificación de canal (convolucional o turbo), ecualización de la trama radio, primer entrelazado, segmentación de la trama radio, adaptación de velocidades de transmisión de datos, y finalmente multiplexación de los canales de transporte para formar un CCTrCH.

En el enlace de bajada a diferencia del enlace de subida, después de la codificación de canal y a cambio de la ecualización de la trama radio se realizan los procesos de adaptación de velocidad e inserción de indicación de transmisión discontinua (DTX) cuando las posiciones de los bits son fijas. Cuando las posiciones de los bits son flexibles la inserción de indicación DTX se realiza después de la formación del CCTrCH. Se debe tener en cuenta que dado que el proceso de adaptación de velocidad se realiza después de la codificación en el enlace de bajada, este proceso ya no se realizará en el mismo enlace después del proceso de segmentación de la trama radio.

- Mapeo en los canales físicos.

Se recibe el CCTrCH sobre el cual se realiza los procesos de segmentación del canal físico, segundo entrelazado y se realiza su mapeo sobre el canal físico en las ranuras de la trama del DPDCH. El canal DPCCH se forma en una instancia distinta con los campos: TFCI, FBI, TPC y bits piloto, dentro de los cuales el mayor interés en la simulación se centra en el campo TFCI que contiene información acerca del formato de transporte utilizado por el DPDCH, y dada su importancia este campo debe estar protegido y por lo tanto se debe aplicar la codificación de canal definida en el estándar.

- Modulación y ensanchamiento.

La modulación se realiza de manera diferente en el enlace de subida y en el enlace de bajada. En el enlace de subida el canal DPDCH va a la rama I (componente real) y el canal DPCCH va a la rama Q (componente imaginaria) del modulador IQ respectivamente, adicionalmente se aplica un factor ganancia en la rama Q para compensar la diferencia de potencias entre las dos ramas debido a las diferentes velocidades de transmisión de datos. En el enlace de bajada los canales DPDCH y DPCCH se combinan para formar el Canal Físico dedicado (DPCH, *Dedicated Physical Channel*) el cual ingresa al modulador IQ, los bits en posiciones pares van a la rama I y los bits en posiciones impares van a la rama Q. En el enlace de subida los códigos de canalización o ensanchamientos utilizados por DPDCH y DPCCH, o en las respectivas ramas I y Q son diferentes. En el enlace de bajada los bits presentes en las ramas I y Q se multiplican por el mismo código de ensanchamiento, o la secuencia compleja resultad del proceso de modulación se multiplica por el código ortogonal que es una secuencia real. En este punto se obtiene una secuencia compleja de alta velocidad tanto para el enlace de bajada como el enlace de subida, la cual es multiplicada por una secuencia compleja de aleatorización. El resultado es una secuencia compleja de alta velocidad a la que se aplica la función de conformación de pulsos. En este punto ya se tiene una señal digital, modulada y de espectro ensanchado en banda base, la cual puede ser aplicada al modulador de radio frecuencia. En el enlace de bajada después del proceso de aleatorización se adicionan a la señal obtenida, las señales de los canales de control común (P-SCH, S-SCH, CPICH, etc.).

Se observarán y evaluarán los siguientes factores:

- Velocidad de transmisión de datos y dimensión de las señales antes y después de cada proceso y subproceso.
- Espectro de frecuencias antes y después del ensanchamiento.

Subsistema: canal

El canal recibirá una señal de espectro ensanchado y entregará una señal de espectro ensanchado afectada por AWGN y/o desvanecimiento por multitrayectoria.

Los diferentes modelos de canal y sus características se encuentran en el Apéndice B.

En este subsistema se realizan los siguientes procesos:

- Adición de ruido. A la señal digital compleja de espectro ensanchado a la entrada del canal se le adiciona AWGN para obtener una señal afectada por ruido.
- Aplicación de las características de multitrayectoria. La señal de entrada se somete a trayectos independientes lo que implica atenuación y retardos diferentes, y luego se suman las contribuciones de cada trayecto para conformar una sola señal de salida.

Se observarán y evaluarán los siguientes factores:

- Señal en el dominio del tiempo antes del canal.
- Señal en el dominio de la frecuencia antes del canal.
- Señal en el dominio del tiempo después del canal.
- Señal en el dominio de la frecuencia después del canal.

Subsistema: receptor

El receptor recibirá una señal de espectro ensanchado afectada por AWGN y/o desvanecimiento multitrayecto, y entregará una señal digital correspondiente a la señal de datos del canal de transporte DTCH, a la respectiva velocidad de transmisión de datos (La medida del bloque de datos en el correspondiente TTI), que será la señal recuperada.

Para obtener una señal digital, modulada y de espectro ensanchado se siguen los procesos indicados en el capítulo 3 y apéndice A, los cuales son inversos a los definidos en el transmisor:

- Demodulación y desensanchamiento.

Se filtra la señal recibida desde el canal con un filtro de Raíz de Coseno Alzado (RRC, *Root Raised Cosine*) (el mismo elemento con la función de conformación de pulsos), la señal pasa a través del receptor tipo *Rake*, después de lo cual la señal se desaleatoriza, se separa en componentes real e imaginaria y se desensancha, reconstruyendo los campos de la trama.

Al igual que en transmisión se debe tener en cuenta que en el enlace de subida, los códigos de desensanchamiento son diferentes para las ramas I y Q, que las señales desensanchadas en las ramas I y Q representan los canales DPDCH y DPCCH respectivamente. En el enlace de bajada, se desensanchan con el mismo código las señales presentes en la ramas I y Q, cuyos resultados ingresan al demodulador IQ, produciendo un flujo binario real, el cual lleva información de los canales DPDCH y DPCCH. En este punto ya se obtiene una señal digital real desensanchada.

- Desmapeo desde los canales físicos.

En este punto se retiran del DPCCH los campos TFCI, bits piloto, TPC y FBI. Es importante tanto en el enlace de subida como en el enlace de bajada el campo TFCI, ya que este brinda información acerca del formato de trama utilizado por el DPDCH. Se realiza el proceso de decodificación de canal del TFCI, y con ello se obtiene la información requerida para interpretar el canal DPDCH. Al canal DPDCH se le realiza el segundo desentrelazado y se concatena el canal físico. En el caso del enlace de bajada se deben detectar las

transmisiones discontinuas (DTX). Al final de este proceso se obtiene tanto para el enlace de subida como el de bajada el CCTrCH.

- Demultiplexación y decodificación de los canales de transporte.

El CCTrCH se demultiplexa en canales de transporte, a partir de los cuales se concatena la trama radio, se realiza el primer desentrelazado, se realiza el procedimiento de desadaptación de velocidad, se decodifica el canal, se concatenan los bloques de código, se segmenta en bloques de transporte, y por último se verifica el CRC. En el enlace de bajada se retiran los indicadores de transmisión discontinua (DTX) si fueron insertados en transmisión.

Se observarán y evaluarán los siguientes factores:

- Velocidad de transmisión de datos y dimensión de las señales antes y después de cada proceso y subproceso.
- Espectro de frecuencias antes y después del desensanchamiento.
- BLER obtenido a partir de la verificación del CRC y BER a partir de la comparación de la información transmitida y recibida.

C.1.2 Fines de la simulación

El propósito de la simulación a nivel de enlace es representar los diferentes procesos tales como modulación, codificación y ensanchamiento tanto en el enlace de subida como en el enlace de bajada de la tecnología WCDMA en el modo FDD a nivel físico en banda base, para diferentes velocidades de transmisión de datos y evaluar el desempeño de la tecnología para diferentes condiciones en el canal de comunicaciones.

C.1.3 Formulación del Objetivo de la simulación

Analizar el desempeño de tecnología WCDMA en el enlace de subida y en el enlace de bajada para diferentes velocidades de transmisión de datos, por medio del análisis de parámetros tales como la BER y BLER para diferentes condiciones del canal.

C.2 Recolección y Procesamiento de Datos

Para identificar los elementos y las propiedades del sistema se recurre a la información presente en el capítulo 3 y Apéndices A y B. Debido a la complejidad del sistema se abordará cada subsistema desde los siguientes puntos de vista:

- Identificación de clases y objetos.
- Identificación de sujetos.
- Identificación de estructuras.
- Definición de atributos.
- Definición de servicios o métodos.

C.2.1 Subsistema: transmisor

Identificación de Clases y Objetos

El subsistema transmisor consta de los siguientes elementos: codificador y multiplexor, mapeador en el canal físico y modulador y ensanchador. Estos elementos corresponden a los objetos del sistema.

Identificación de Sujetos

En este subsistema se identifican los siguientes sujetos: el codificador y multiplexor, el mapeador en el canal físico, y el modulador y ensanchador, para los cuales se justificó realizar una estructura.

Identificación de Estructuras

De acuerdo a las características de cada objeto en el subsistema, se identifica la estructura *Whole-part* ó de ensamblaje para su descripción .

- Codificador y multiplexor.

El objeto codificador y multiplexor se divide en nueve componentes básicos para el enlace de subida: generador CRC, concatenador de bloques de transporte (BT) y segmentador en bloques código (BC), codificador del canal, ecualizador trama radio, generador indicador DTX (posiciones fijas de bit), primer entrelazador, segmentador trama radio, adaptador de velocidad y multiplexor canales de transporte. La estructura del objeto se muestra en la figura C.1.

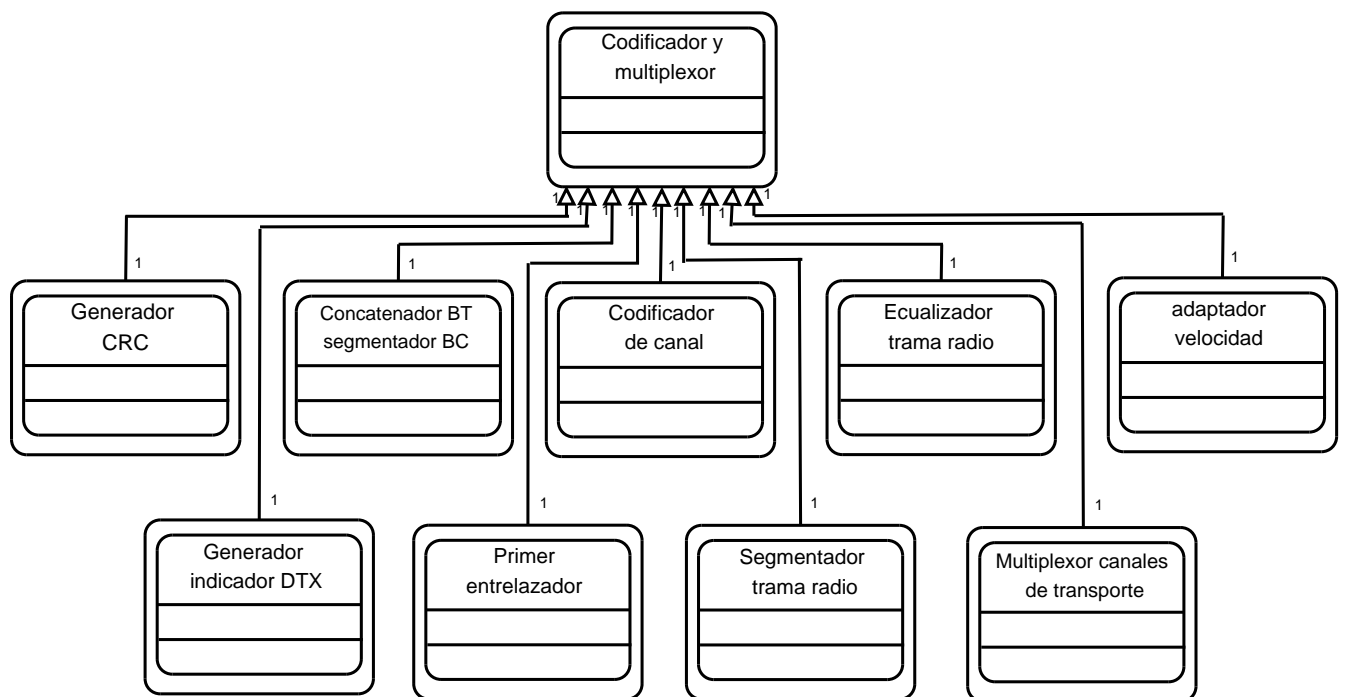


Figura C.1. Estructura *Whole-Part* Objeto Codificador y Multiplexor.

- Mapeador en el canal físico.

El objeto mapeador en el canal físico se divide en cuatro componentes básicos: generador indicador DTX (posiciones flexibles de bit), segmentador canal físico, segundo entrelazador y constructor campos trama. La estructura del objeto se muestra en la figura C.2.

- Modulador y ensanchador.

El objeto modulador y ensanchador se divide en cuatro componentes básicos: modulador, ensanchador, aleatorizador, y conformador de pulsos. El componente modulador actúa como un mapeador de datos IQ y su función depende

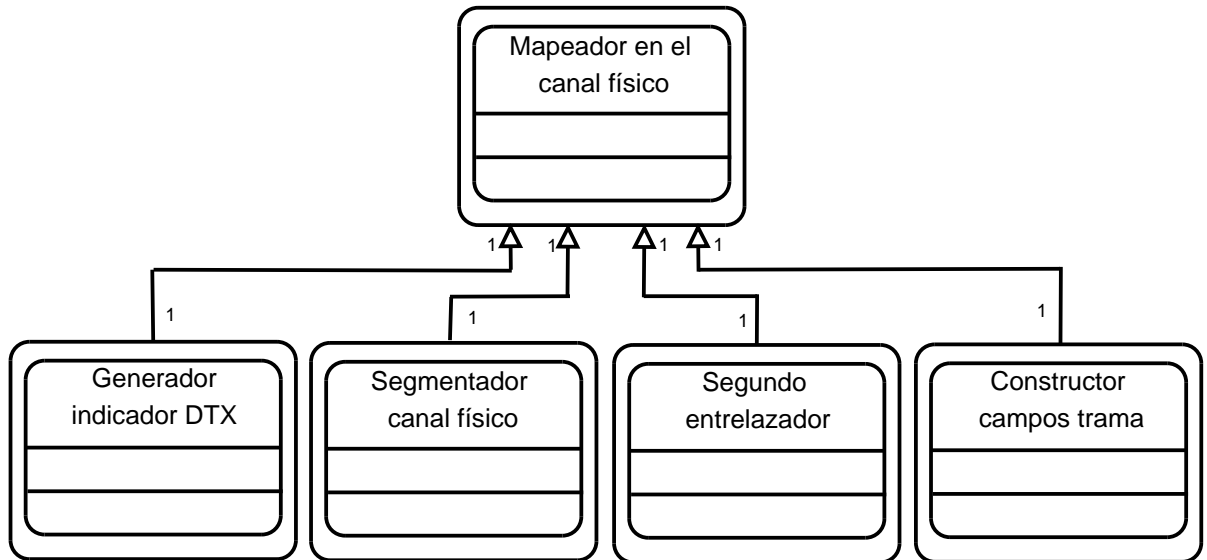


Figura C.2. Estructura *Whole-Part* Objeto Mapeador en el Canal Físico.

de si esta operando en el enlace de subida o de bajada. La estructura del objeto se muestran en la figura C.3.

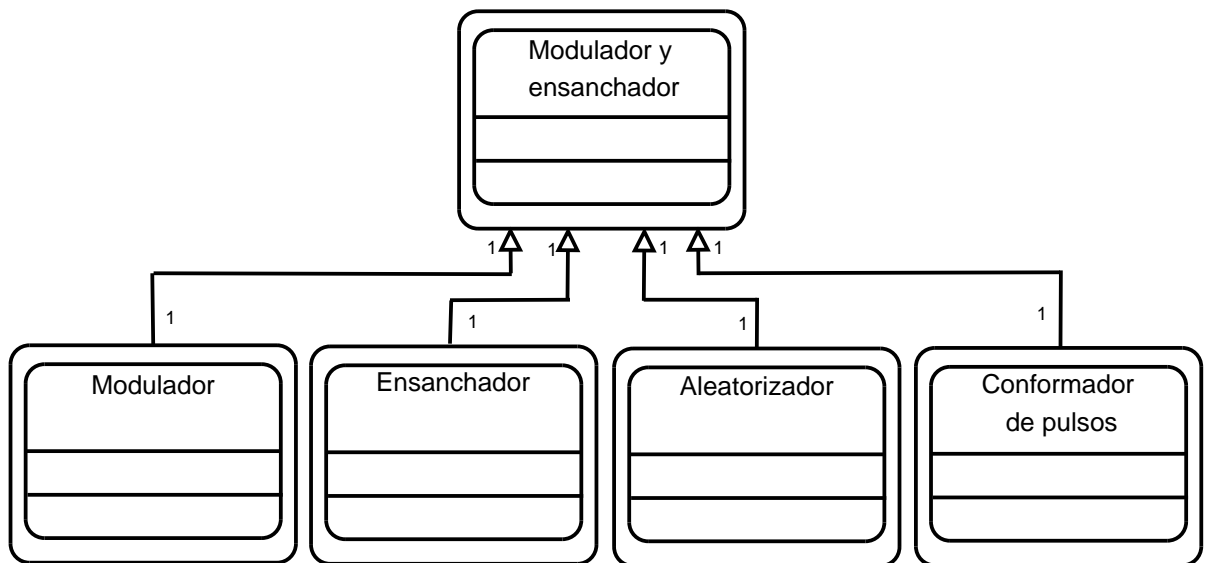


Figura C.3. Estructura *Whole-Part* Objeto Modulador y Ensanchador.

Definición de Atributos

En la definición de atributos se considera cada objeto de forma independiente. Los valores de los atributos parten de las definiciones brindadas en (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008) y lo indicado en el apéndice A.

- Atributos del codificador y multiplexor.
 - Nombre: número de bits CRC.
Descripción: atributo que representa el número de bits CRC de acuerdo a los polinomios generadores.
 - Nombre: número de bits por canal de transporte.
Descripción: atributo que representa el número de bits que conforman cada canal de transporte.
 - Nombre: atributos de la función concatenadora de bloques de transporte (BT) y segmentadora en bloques código (BC).
Descripción: atributos que representan el número de bits por canal de transporte, número de bits de relleno, número de palabras código y el número de bits en cada palabra código.
 - Nombre: tipo de codificación.
Descripción: atributo que determina que codificación se va aplicar sobre los bits de datos y control.
 - Nombre: atributo de ecualización trama radio.
Descripción: este atributo se utiliza para calcular el número de bits a repetir, que permita asegurar que la información a transmitir se pueda dividir en bloques de igual tamaño cuando la transmisión toma más de 10ms.
 - Nombre: adaptación de velocidad de transmisión de datos.
Descripción: este atributo se utiliza para calcular el número de bits a repetir ó a eliminar en forma selectiva (puncturing). En el enlace de bajada este atributo depende de la inserción del indicador de DTX.
 - Nombre: patrón del primer entrelazado.
Descripción: atributo que determina el tamaño de la matriz a formar y el patrón de permutación entre columnas, que a su vez depende del tamaño

de los bloques de datos y el TTI. En el enlace de bajada este atributo depende de la inserción del indicador de DTX.

- Nombre: segmentación trama radio.

Descripción: atributo que determina la segmentación de la señal y el tamaño de los bloques de segmentación cuando el TTI es mayor a 10 ms.

- Nombre: multiplexación canales de transporte.

Descripción: atributo que determina los canales de transporte que serán multiplexados para formar el CCTrCH.

- Nombre: inserción DTX.

Descripción: atributo que determina si los canales de transporte en el enlace de bajada incluyan indicadores de inserción DTX.

- Atributos del mapeador en el canal físico.

- Nombre: número de canales físicos.

Descripción: atributo que determina el número de canales físicos entre los que se dividen los bits de la señal de entrada.

- Nombre: patrón de segundo entrelazado.

Descripción: atributo que determina el tamaño de la matriz a formar y el patrón de permutación entre columnas, que a su vez depende del tamaño de los bloques de datos y el TTI. En el enlace de bajada este atributo depende de la inserción del indicador de DTX.

- Nombre: formato campos de trama.

Descripción: atributo definido por los niveles superiores que determina el formato con el cual se deben construir los campos de la trama.

- Nombre: inserción DTX.

Descripción: atributo que determina si los canales de transporte en el enlace de bajada incluyan indicadores de inserción DTX.

- Atributos del modulador y ensanchador.

– Modulador UL.

Descripción: atributo que determina la asignación de los canales DPDCH y DPCCH a las ramas I y Q del modulador.

– Modulador DL.

Descripción: atributo que determina la forma en que el canal DPCH (combinación de DPDCH y DPCCH) será aplicado a un modulador IQ.

– Nombre: factor de ensanchamiento UL.

Descripción: atributo que determina el número de chips por bit en el UL.

– Nombre: factor de ensanchamiento DL.

Descripción: atributo que determina el número de chips por símbolo en el UL.

– Nombre: secuencia código largo (*long code*) *gold*.

Descripción: atributo que determina el código gold a utilizar.

– Nombre: relación de potencias DPDCH y DPCCH.

Descripción: atributo que determina la diferencia entre las potencias de los canales DPDCH y DPCCH.

– Nombre: filtro conformador de pulso.

Descripción: atributo que determina el tipo de filtro conformador de pulso a utilizar en transmisión.

– Nombre: factor de *Roll-off*.

Descripción: atributo que se encuentra entre los valores de 0 y 1 y determina el ancho de banda del filtro (parámetro de diseño del filtro).

Definición de Servicios

- Servicios del codificador y multiplexor.

- Nombre: calcular el CRC.

- Descripción: determina los bits que permiten la detección de errores que se agregan al canal de transporte de acuerdo a la información transportada por éste último y el polinomio generador de CRC.

- Nombre: concatenar bloques de transporte (BT) y segmentar en bloques código (BC).
Descripción: calcula el número de bits por canal de transporte, concatena los bloques de transporte, determina el número de bits de relleno, el número de palabras código, el número de bits en cada palabra de código y segmenta los bloques de transporte en bloques de palabras código.
- Nombre: codificar el canal.
Descripción: realiza la codificación de canal en cada canal de transporte de manera separada.
- Nombre: ecualizar trama radio.
Descripción: Repite bits para asegurar que la información a transmitir se pueda dividir en bloques de igual tamaño cuando la transmisión toma más de 10ms.
- Nombre: adaptar velocidades de transmisión de datos.
Descripción: repite ó elimina de forma selectiva los bits en un canal de transporte para asegurar que la velocidad total de transmisión de bits después de la multiplexación de canales de transporte sea idéntica a la velocidad total de transmisión de bits del canal físico dedicado asignado.
- Nombre: insertar DTX.
Descripción: Inserta la indicación de DTX en tramas con posiciones de bits fijas, cuando le es señalizado desde los niveles superiores por reducción en la velocidad de transmisión de datos.
- Nombre: primer entrelazado.
Descripción: entrelaza la secuencia de bits entrantes escribiéndolos en la matriz fila por fila, permutando las columnas acorde a un patrón específico y leyendo la matriz resultante columna por columna.
- Nombre: segmentar la trama radio.
Descripción: cuando el TTI de un bloque de transporte es mayor que 10ms, la secuencia de bits de entrada se mapea en varias tramas radio consecutivas.
- Nombre: multiplexar canales de transporte.

Descripción: multiplexa los canales de transporte asociados a los canales DTCH y DCCH generando el CCTrCH que será transmitido en una trama de 10ms .

- Servicios del mapeador en el canal físico.

- Nombre: insertar DTX.

- Descripción: Inserta la indicación de DTX en tramas con posiciones de bits flexibles, cuando le es señalado desde los niveles superiores para permitir que la capacidad sea utilizada por otros servicios.

- Nombre: segmentar canal físico.

- Descripción: cuando se utiliza más de un canal físico la segmentación del canal físico divide los bits entre los diferentes canales físicos.

- Nombre: segundo entrelazado.

- Descripción: entrelaza la secuencia de bits entrantes escribiéndolos en la matriz fila por fila, permutando las columnas acorde a un patrón específico y leyendo la matriz resultante columna por columna.

- Nombre: construir tramas.

- Descripción: construye los campos de la trama de acuerdo a un formato especificado por los niveles superiores.

- Servicios del modulador y ensanchador.

- Nombre: modular.

- Descripción: En el enlace de subida asigna los canales DPDCH y DPCCH a las ramas I y Q del modulador respectivamente. Al DPDCH que va a través de la rama Q lo multiplica por un factor de ganancia para compensar la diferencia de potencia por las diferentes velocidades de transmisión de datos de DPDCH y DPCCH. En el enlace de bajada los canales DPDCH y DPCCH se combinan para formar el DPCH, del cual se toman parejas de bits los cuales son mapeados en la ramas I y Q del modulador.

- Nombre: ensanchar.

- Descripción: En el enlace de subida realiza el ensanchamiento por separado de las secuencias provenientes de las ramas I y Q del modulador IQ

al multiplicar con códigos ortogonales las dos secuencias. En el enlace de bajada el ensanchamiento (también llamado canalización) se produce al multiplicar la secuencia de entrada de valor complejo por una secuencia ortogonal de valor real.

- Nombre: aleatorizar.

Descripción: realiza la aleatorización de una señal de entrada de valor complejo utilizando una secuencia de código *gold* (ó secuencia larga), en la que el periodo se restringe a 10ms. La misma secuencia es utilizada por todos los canales, incluyendo los comunes en el enlace de bajada. En el enlace de subida cada terminal utiliza una secuencia de aleatorización distinta para diferenciar y mantener la ortogonalidad con las comunicaciones de otros terminales.

- Nombre: filtrar para conformación de pulso.

Descripción: Realiza separadamente el filtrado de las componentes real e imaginaria de la secuencia compleja obtenida hasta el momento con filtros del tipo raíz de coseno alzado.

- Nombre: generar potencias DPDCH y DPCCH.

Descripción: genera las potencias de los canales DPDCH y DPCCH con la relación definida para ellos.

C.2.2 Subsistema: canal

Identificación de Clases y Objetos

El subsistema canal consta de las siguientes partes básicas: AWGN y multitrayectoria. Estos elementos corresponden a los objetos del sistema.

Identificación de Sujetos

En este subsistema se identifican los siguientes sujetos: AWGN y multitrayectoria, para los cuales se justificó realizar una estructura.

Identificación de Estructuras

De acuerdo a las características de cada objeto en el subsistema, se identifica la estructura *Whole-part* ó de ensamblaje para su descripción. La estructura del subsistema se muestran en la figura C.4.

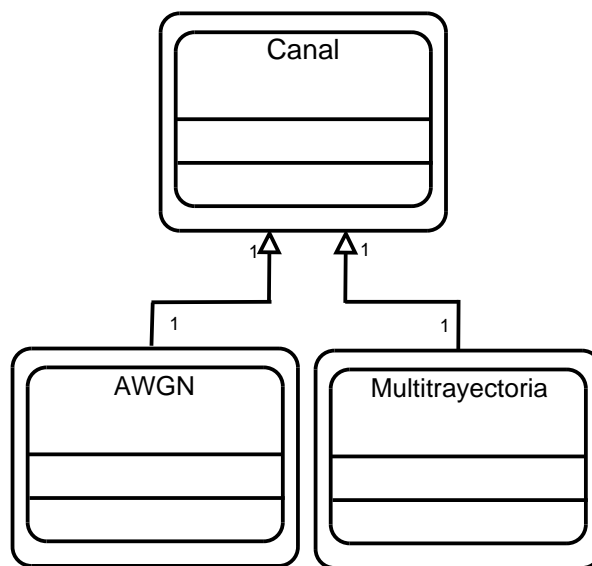


Figura C.4. Estructura *Whole-Part* del Subsistema Canal.

Definición de Atributos

- Nombre: relación Eb/No.

Descripción: representa la relación entre la energía de bit con respecto a la densidad de potencia del ruido que afecta la señal en un canal AWGN.

- Nombre: perfil de trayectos.

Descripción: atributo que representa el número de trayectos entre el transmisor y el receptor, definiendo la atenuación y el retardo relativo generado en los trayectos con respecto a un trayecto principal.

Definición de Servicios

- Nombre: AWGN.

Descripción: adiciona Ruido Gaussiano Blanco a la señal.

- Nombre: desvanecimiento por multitrayectoria.

Descripción: Genera los múltiples trayectos entre el transmisor y receptor con las atenuaciones y retardos relativos definidos en el apéndice B, que hace que múltiples ecos de la señal lleguen al receptor en diferentes tiempos y con diferentes niveles.

C.2.3 Subsistema: receptor

Identificación de Clases y Objetos

El subsistema receptor consta de los siguientes elementos: demodulador y desensanchador, desmapeador del canal físico y decodificador y demultiplexor. Estos elementos corresponden a los objetos del sistema.

Identificación de Sujetos

En este subsistema se identifican los siguientes sujetos: demodulador y desensanchador, desmapeador del canal físico y decodificador y demultiplexor, para los cuales se justificó realizar una estructura.

Identificación de Estructuras

De acuerdo a las características de cada objeto en el subsistema, se identifica la estructura *Whole-part* o de ensamblaje para su descripción.

- Demodulador y desensanchador.

El objeto demodulador y desensanchador se divide en cuatro componentes básicos: filtro, receptor tipo *Rake*, demodulador y reconstructor de los campos de la trama. El componente receptor tipo *Rake* a su vez se subdivide en: dedo (*Rake*) y combinador. El componente dedo (*Rake*) a su vez se subdivide en: desaleatorizador y desensanchador. La estructura del objeto se muestran en la figura C.5.

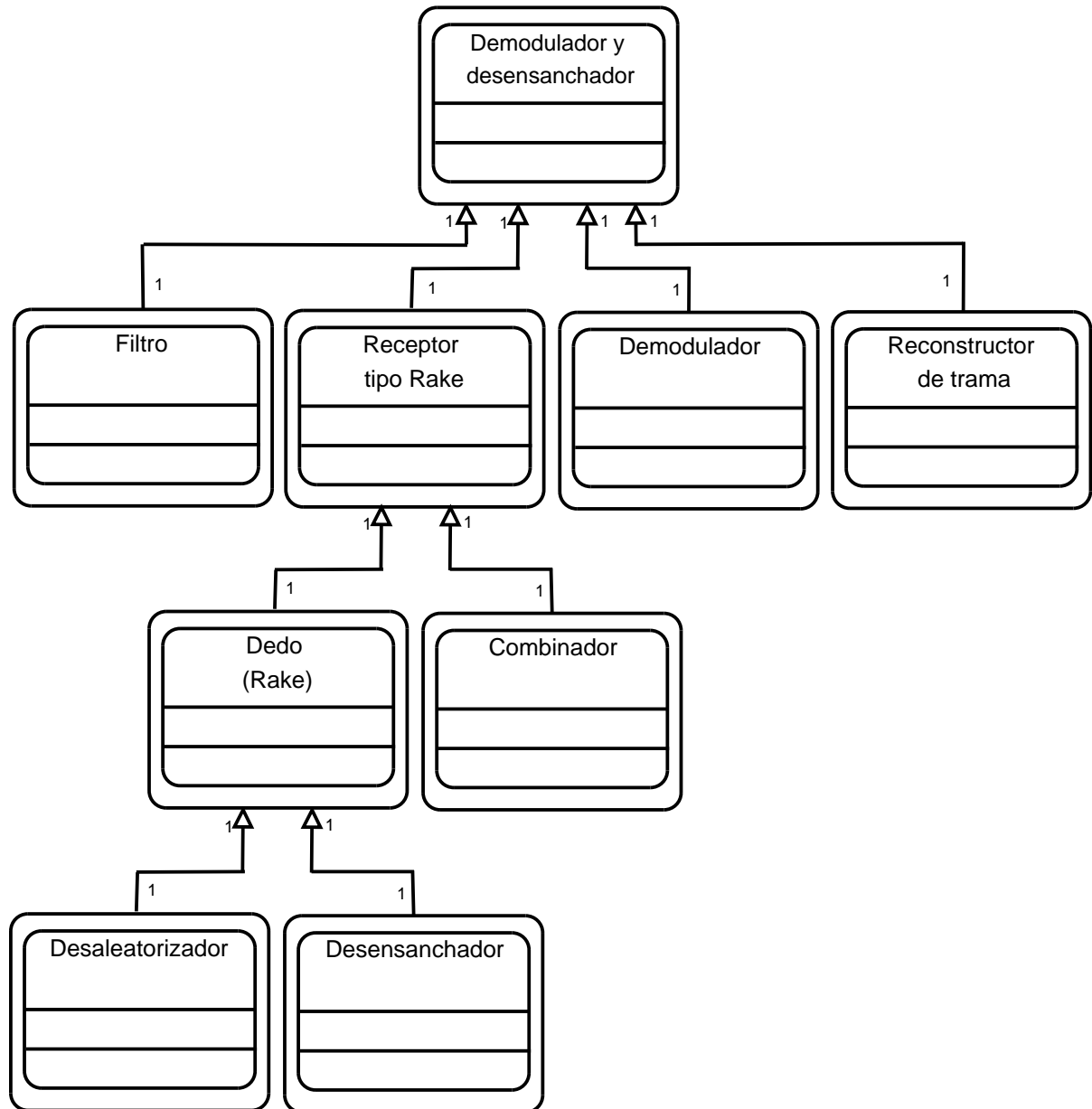


Figura C.5. Estructura *Whole-Part* Objeto Demodulador y Desensanchador.

- Desmapeador del canal físico.

El objeto desmapeador del canal físico se divide en cuatro componentes básicos: reconstructor trama, segundo desentrelazador, concatenador del canal físico y detector transmisión otros servicios. La estructura del objeto se muestra en la figura C.6.

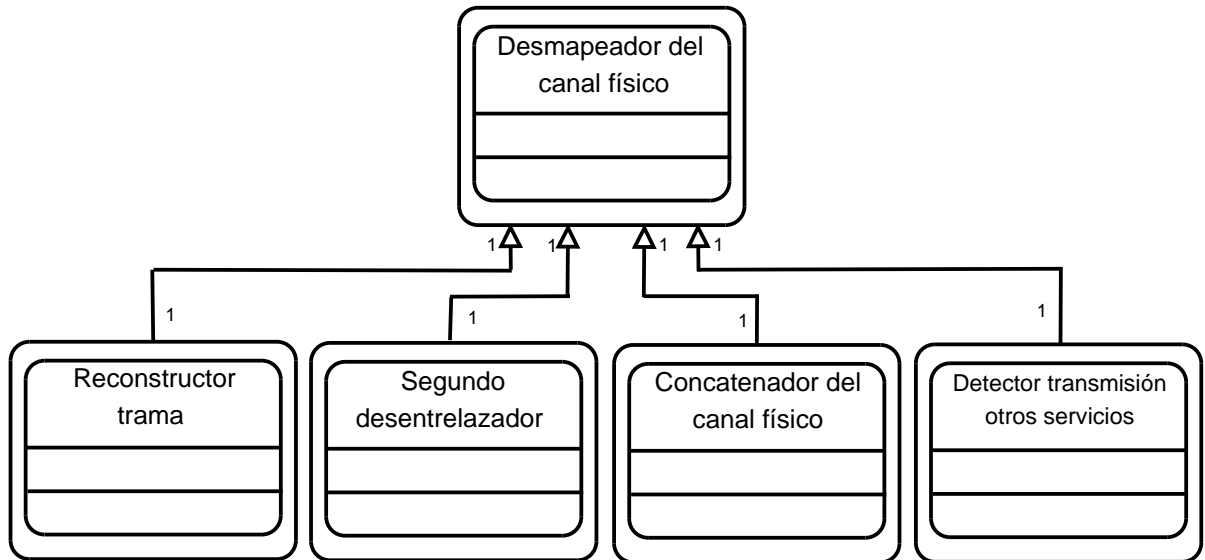


Figura C.6. Estructura *Whole-Part* Objeto Desmapeador del Canal Físico.

- Decodificador y demultiplexor.

El objeto decodificador y demultiplexor se divide en nueve componentes básicos: demultiplexor canales de transporte, desadaptador de velocidad, concatenador trama radio, primer desentrelazador, detector DTX, desecualizador trama radio, decodificador de canal, concatenador de bloques código (BC) y segmentador en bloques de transporte (BT) y detector de errores. La estructura del objeto se muestra en la figura C.7.

Definición de Atributos

En la definición de atributos se considera cada objeto de forma independiente. Los valores de los atributos parten de las definiciones brindadas en (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008) y lo indicado en el apéndice A.

- Atributos del demodulador y desensanchador.
 - Nombre: tipo de filtro.
Descripción: atributo que representa tipo de filtro que se va a aplicar a la señal en recepción.
 - Nombre: factor de *roll-off*.

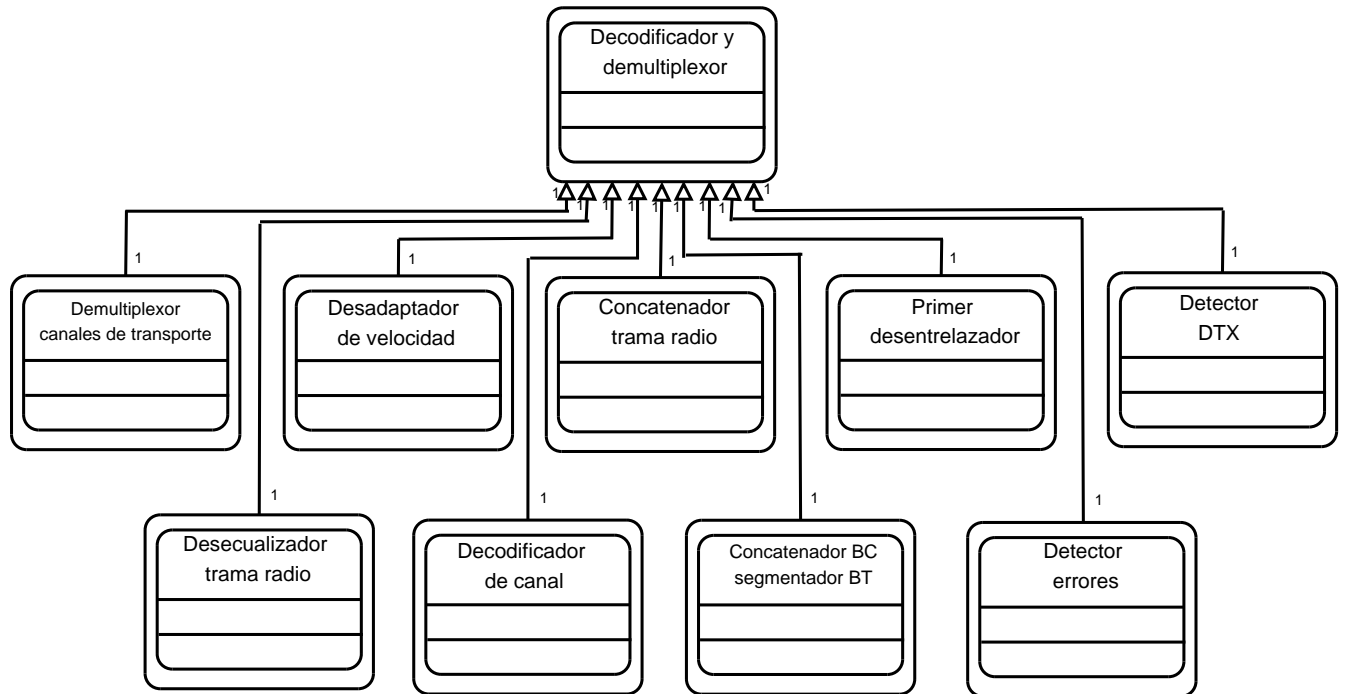


Figura C.7. Estructura *Whole-Part* Objeto Decodificador y Demultiplexor.

Descripción: atributo que se encuentra entre los valores de 0 y 1 y determina el ancho de banda del filtro (parámetro de diseño del filtro).

- Nombre: número de dedos (*fingers*) activos.

Descripción: determina el número de dedos activos en el receptor tipo *Rake*.

- Nombre: atenuación y retardos relativos en el canal.

Descripción: determina la atenuación y retardos relativos que fueron aplicados en los diferentes trayectos del canal para compensarlos en cada uno de los dedos o derivaciones del receptor tipo *Rake*.

- Nombre: secuencia código largo (*long code*) *gold*.

Descripción: atributo que determina el código *gold* a utilizar para la desaleatorización.

- Nombre: factor de ensanchamiento UL.

Descripción: atributo que determina el número de chips por bit en el UL.

- Nombre: factor de ensanchamiento DL.

Descripción: atributo que determina el número de chips por símbolo en el UL.

- Demodulador UL.

Descripción: atributo que determina la asignación del componente real e imaginario de la secuencia compleja a los canales DPDCH y DPCCH respectivamente.

- Demodulador DL.

Descripción: atributo que permite a partir de una secuencia obtener el canal DPCH (combinación de DPDCH y DPCCH).

- Atributos del desmapeador del canal físico.

- Nombre: formato del campo de la trama.

Descripción: atributo definido por los niveles superiores que determinan con que formato se deben reconstruir los campos de la trama.

- Nombre: patrón de segundo desentrelazado.

Descripción: atributo que determina el tamaño de la matriz a formar y el patrón de permutación entre columnas.

- Nombre: número de canales físicos.

Descripción: atributo que representa el número de canales físicos que deben ser concatenados.

- Nombre: inserción DTX.

Descripción: atributo que determina si existe información de otros servicios dentro del canal físico.

- Atributos del decodificador y demultiplexor.

- Nombre: demultiplexación canales de transporte.

Descripción: atributo que determina el número de canales de transporte que serán obtenidos al demultiplexar el CCTrCH.

- Nombre: número de bits por canal de transporte.

Descripción: atributo que representa el número de bits que conforman cada canal de transporte.

- Nombre: desadaptación de velocidad de transmisión de datos.
Descripción: este atributo se utiliza para calcular el número de bits a repetir ó a eliminar en forma selectiva (puncturing) y así eliminar los bits de relleno o restablecer los eliminados.
- Nombre: concatenación trama radio.
Descripción: atributo que determina el número de canales de transporte que serán concatenados acordes al TTI.
- Nombre: patrón del primer desentrelazado.
Descripción: atributo que determina el tamaño de la matriz a formar y el patrón de permutación entre columnas, que a su vez depende del tamaño de los bloques de datos y el TTI.
- Nombre: atributo de desecualización trama radio.
Descripción: este atributo se utiliza para calcular el número de bits a eliminar, como proceso inverso a la ecualización de la trama radio.
- Nombre: tipo de decodificación.
Descripción: atributo que determina el tipo de decodificación que se va a aplicar a los canales de transporte de datos y control.
- Nombre: atributos de la función concatenadora de bloques código (BC) y segmentadora en bloques de transporte (BT).
Descripción: atributos que representan el número de bits por canal de transporte, número de bits de relleno, número de palabras de código y el número de bits en cada palabra de código.
- Nombre: polinomio generador de CRC.
Descripción: atributo que permite calcular los bits CRC de los bloques de transporte y compararlos con los recibidos y generados en la transmisión para la detección de errores.
- Nombre: detección DTX.
Descripción: atributo que habilita la detección de símbolos que representan transmisión discontinua.

Definición de Servicios

- Servicios del demodulador y desensanchador.
 - Nombre: filtrar.

Descripción: Realiza el filtrado de la secuencia compleja con un filtro de raíz de coseno alzado (RRC) con un valor de *roll-off* determinado.

Nombre: recepción tipo *Rake*.

Descripción: En cada una de las diferentes derivaciones o dedos del receptor tipo *Rake*, la secuencia compleja se desaleatoriza haciendo uso de la secuencia de código largo *gold*, se separa en componentes real e imaginaria, se desensancha utilizando el o los correspondientes códigos de canalización y la secuencia de código *gold*. Teniendo en cuenta las atenuaciones y retardos introducidos en el canal, estas son compensadas en cada uno de los dedos *Rake* y las secuencias complejas obtenidas en cada uno de los dedos *Rake* se combinan de manera coherente. En el caso del desensanchamiento en el enlace de bajada este se obtiene al multiplicar la secuencia compleja por el código ortogonal utilizado en transmisión debidamente sincronizado con la secuencia recibida. En el caso del desensanchamiento en el enlace de subida este requiere separar las componentes real e imaginaria de la secuencia compleja y multiplicarlas por los códigos ortogonales utilizados en transmisión debidamente sincronizados con las secuencias real e imaginaria recibidas. Los silencios detectados por ausencia de señal en los dedos *Rake* debido a transmisión discontinua se señalizan o se convierten en símbolos que serán tenidos en cuenta en la demultiplexación y decodificación.
 - demodular.

Descripción: En el enlace de subida relaciona las secuencias presentes en las ramas I y Q a los canales DPDCH y DPCCH respectivamente. En el enlace de bajada la secuencia compleja es introducida a un demodulador IQ (desmapeo IQ) la cual debe generar una secuencia real que corresponde al canal DPCH (combinación de los canales DPDCH y DPCCH).
- Servicios del desmapeador del canal físico.

- Nombre: reconstruir tramas.
Descripción: reconstruye los campos de la trama de acuerdo a un formato especificado por los niveles superiores.
- Nombre: segundo desentrelazado.
Descripción: desentrelaza la secuencia de bits entrantes escribiéndolos en la matriz columna por columna, permutando las columnas acorde a un patrón específico y leyendo la matriz resultante fila por fila.
- Nombre: concatenar canal físico.
Descripción: cuando se utiliza más de un canal físico la concatenación de los canales físicos permite obtener el CCTrCH.
- Nombre: detectar DTX.
Descripción: extrae la información que corresponde a otros servicios y que fue incluida en el transmisor.
- Servicios del decodificador y demultiplexor.
 - Nombre: demultiplexar canales de transporte.
Descripción: demultiplexa los canales de transporte a partir del CCTrCH.
 - Nombre: concatenar trama radio.
Descripción: concatena las tramas radio consecutivas que fueron segmentadas en el transmisor para restablecer el TTI original.
 - Nombre: primer desentrelazado.
Descripción: desentrelaza la secuencia de bits entrantes escribiéndolos en la matriz columna por columna, permutando las columnas acorde a un patrón específico y leyendo la matriz resultante fila por fila.
 - Nombre: detectar DTX.
Descripción: Detecta los símbolos que representan que hubo transmisión discontinua.
 - Nombre: Desadaptar velocidades de transmisión de datos.
Descripción: extrae los bits de relleno ó inserta los bits eliminados en forma selectiva en el canal de transporte para recuperar la velocidad de

transmisión de datos que se tenía originalmente en este punto en el transmisor.

- Nombre: desecualizar trama radio.

Descripción: elimina los bits que fueron introducidos en el transmisor.

- Nombre: decodificar el canal.

Descripción: realiza la decodificación de canal en cada canal de transporte de manera separada.

- Nombre: Concatenar bloques código (BC) y segmentar en bloques de transporte (BT).

Descripción: concatena los bloques código, calcula el número de palabras código por bloque y el número de bits en cada palabra código, segmenta en bloques de transporte, determina el número de bits de relleno y los elimina.

- Nombre: detector de error.

Descripción: extrae los bits que corresponden al CRC calculado en el transmisor, calcula el CRC del bloque de transporte restante con el polinomio generador utilizado en transmisión y definido por las especificaciones, y compara su resultado con el valor recibido para detectar errores en la transmisión. La detección de errores permiten determinar que hay errores en el bloque de transporte, por lo tanto permite obtener el parámetro de desempeño BLER. El bloque de datos recibido se compara con el transmitido para obtener el parámetro de desempeño BER.

C.3 Formulación del Modelo de simulación

Luego del estudio y análisis de las especificaciones 3GPP se procede a plantear el modelo de simulación que no es más sino la abstracción de las características que se consideran necesarias del sistema, con las cuales se podrán observar y analizar con claridad los procesos que son objeto de estudio y obtener los parámetros que permiten evaluar el desempeño del sistema. Esta abstracción permitirá reducir significativamente la complejidad del sistema y facilitará la implementación del sistema en una herramienta de simulación. De acuerdo a lo planteado el sistema se modelará teniendo en cuenta los siguientes subsistemas:

- Transmisor.
- Canal.
- Receptor.

La estructura general del sistema a simular se muestra en la figura C.8.

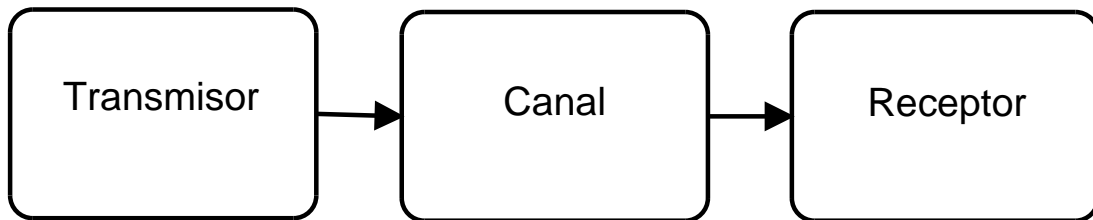


Figura C.8. Estructura General del Sistema.

C.3.1 Modelo de simulación: Subsistema Transmisor

El subsistema transmisor de manera general contiene los componentes que se visualizan en la figura C.9.

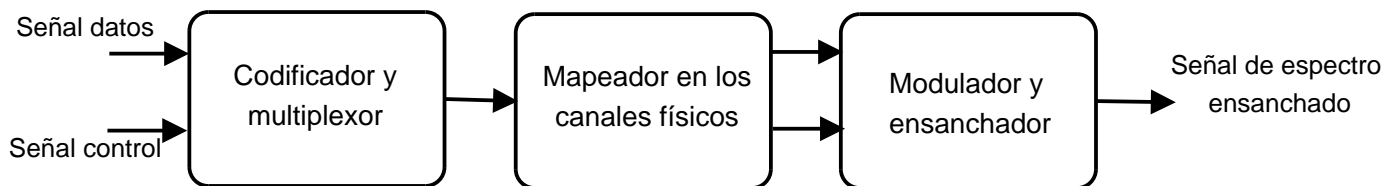


Figura C.9. Estructura General Subsistema Transmisor.

El bloque codificador y multiplexor en el enlace de subida y en el enlace de bajada presenta la estructura interna que se visualiza en las figuras C.10 y C.11.

El bloque mapeador en los canales físicos en el enlace de subida y en el enlace de bajada presenta la estructura interna que se visualiza en las figuras C.12 y C.13.

El bloque modulador y ensanchador en el enlace de subida y en el enlace de bajada presenta la estructura interna que se visualiza en las figuras C.14 y C.15.

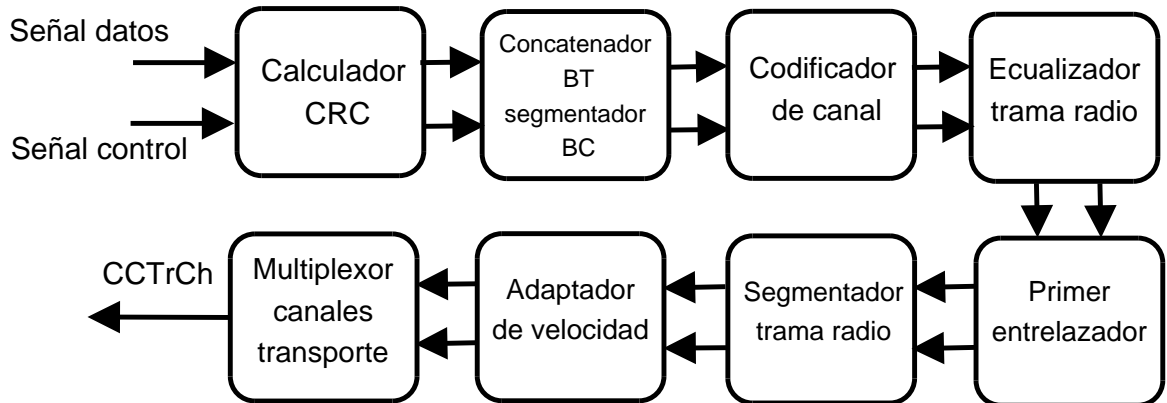


Figura C.10. Estructura Interna Bloque Codificador y Multiplexor en el Enlace de Subida.

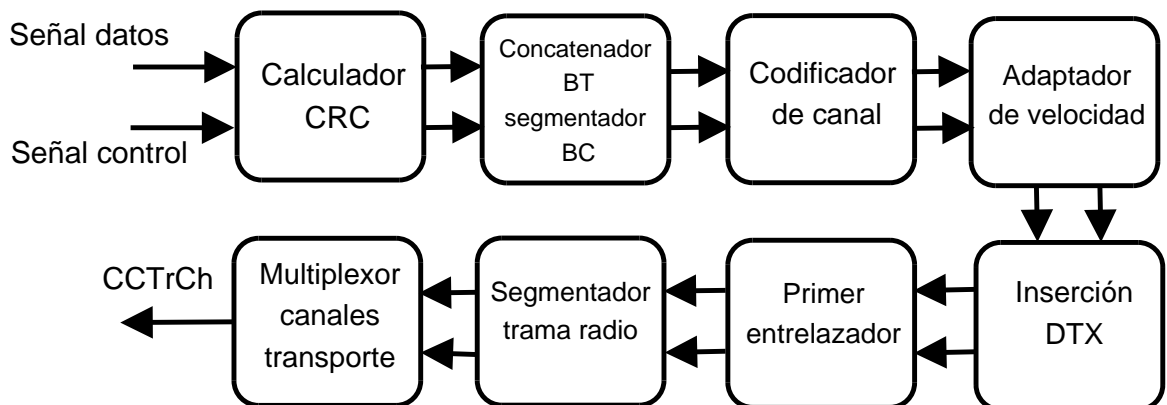


Figura C.11. Estructura Interna Bloque Codificador y Multiplexor en el Enlace de Bajada.

Codificador y Multiplexor

- Señales de entrada: señales digitales (datos y control) relacionadas a la información de usuario.
- Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión de bits de datos: en la tabla C.1. Se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos que soportará la simulación y la respectiva dirección del enlace.
 - velocidad de bits de control: 2.5 kbps.

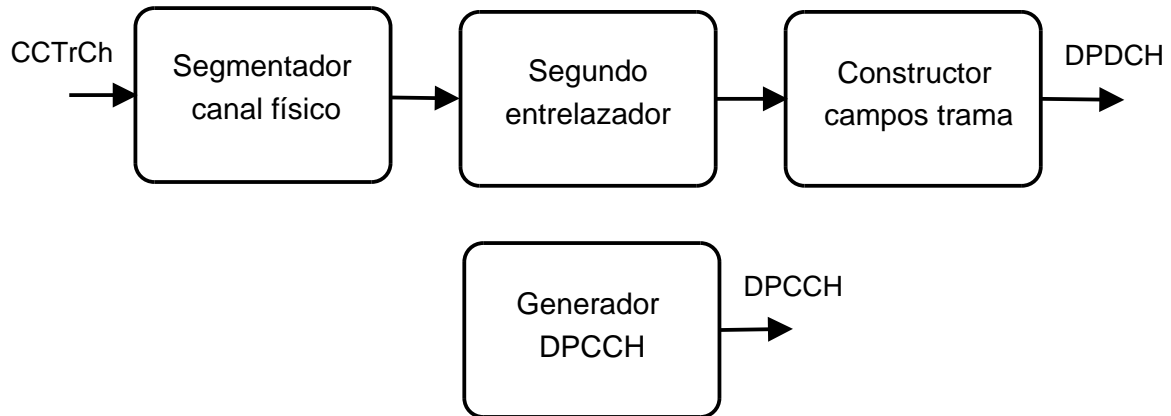


Figura C.12. Estructura Interna Bloque Mapeador en los Canales Físicos en el Enlace de Subida.

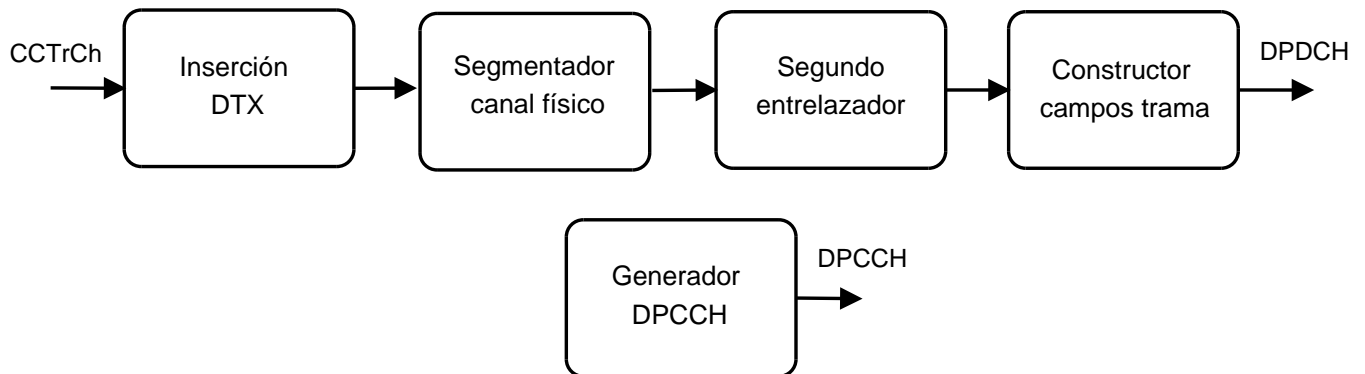


Figura C.13. Estructura Interna Bloque Mapeador en los Canales Físicos en el Enlace de Bajada.

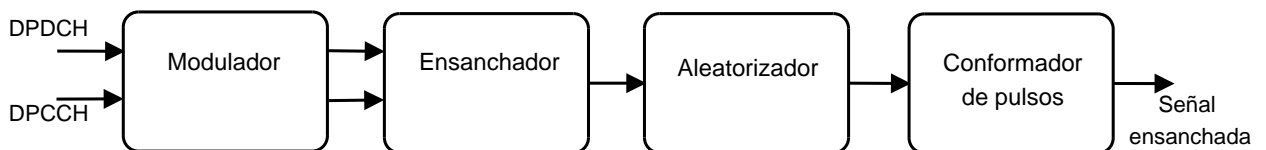


Figura C.14. Estructura Interna Bloque Modulador y Ensanchador en los Canales Físicos en el Enlace de Subida.

- Tamaño de cada bloque de transporte: en la tabla C.2 se observan los tamaños de los bloques de transporte para los canales de transporte DTCH y DCCH relacionados a las diferentes velocidades de transmisión de datos que soportará la simulación y la respectiva dirección del enlace.

- Señal de salida: señal digital compuesta codificada.

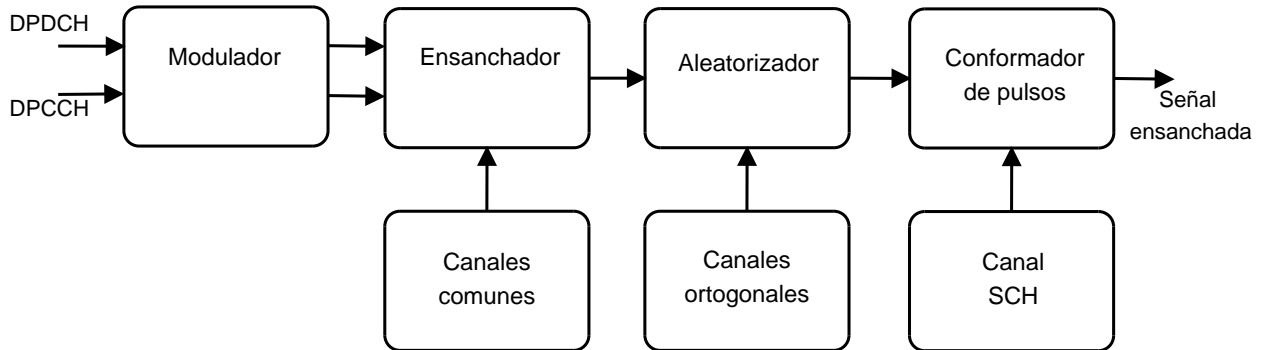


Figura C.15. Estructura Interna Bloque Modulador y Ensanchador en los Canales Físicos en el Enlace de Bajada.

Tabla C.1. Velocidades de Transmisión de Bits de Datos.

Enlace	Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)
UL	12.2
	64
	144
	384
DL	12.2
	64
	144
	384

- Variables de salida:

- Velocidad de transmisión de datos CCTrCH: en la tabla C.3 se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos del canal de transporte compuesto CCTrCH, que soportará la simulación, relacionada a la velocidad de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
- Tamaño CCTrCH: en la tabla C.3 se observan los diferentes tamaños del canal de transporte compuesto CCTrCH, que soportará la simulación, relacionada a la velocidad de transmisión de datos DTCH y la dirección

Tabla C.2. tamaños Bloques de Transporte.

Canal	Enlace	Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Número Bloques de Transporte	Bits por Bloque de Transporte	TTI (ms)
DTCH	UL	12.2	1	244	20
		64	1	2560	40
		144	2	2880	40
		384	4	3840	40
	DL	12.2	1	244	20
		64	1	1280	20
		144	1	2880	20
		384	1	3840	10
DCCH	UL/DL	2.5	1	100	40

del enlace.

- Señales propias de procesos internos:

El bloque codificador y multiplexor, identificado como sujeto en el análisis y recolección de información, tiene internamente ocho (8) componentes en el enlace de subida y de bajada con sus respectivas señales y variables. Estas se indican a continuación para cada componente.

– Calculador CRC.

- * Señales de entrada: señales digitales de datos y control en bloques de transporte que conforman el DTCH y el DCCH respectivamente, con las características especificadas en la tabla C.2.
- * Variables de entrada:
 - Polinomio generador CRC.

Tabla C.3. tamaños CCTrCH.

Enlace	Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Número de bits en un CCTrCH	Velocidad de Transmisión de Datos CCTrCH (Kbps)
UL	12.2	600	60
	64	2400	240
	144	4800	480
	384	9600	960
DL	12.2	420	42
	64	2100	210
	144	4320	432
	384	9120	912

- Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH): ver tabla C.2 según dirección del enlace y velocidad de transmisión de datos.
 - Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 2.5 Kbps.
 - Número de bloques de transporte (DTCH) por TTI: ver tabla C.2 según dirección del enlace y velocidad de transmisión de datos.
 - Número de bloques de transporte (DCCH) por TTI: 1.
 - Tamaño bloque de transporte (DTCH): ver tabla C.2 según dirección del enlace y velocidad de transmisión de datos.
 - Tamaño bloque de transporte (DCCH): 100.
 - TTI (DTCH): ver tabla C.2 según dirección del enlace y velocidad de transmisión de datos.
 - TTI (DCCH): 40 ms.
- * Señales de salida: Señales digitales de datos y control en bloques de transporte que conforman el DTCH y el DCCH respectivamente incluyendo los bits de verificación de redundancia cíclica (CRC), con

las características especificadas en la tabla C.4.

Tabla C.4. tamaños Bloques de Transporte a la Salida Calculador CRC.

Canal	Enlace	Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Número Bloques de Transporte	Bits por Bloque de Transporte + bits CRC	TTI (ms)	Velocidad Transmisión de Datos salida (Kbps)
DTCH	UL	12.2	1	244+16	20	13
		64	1	2560+16	40	64.4
		144	2	2880+16	40	144.8
		384	4	3840+16	40	385.6
	DL	12.2	1	244+16	20	13
		64	1	1280+16	20	64.8
		144	1	2880+16	20	144.8
		384	1	3840+16	10	385.6
DCCH	UL/DL	2.5	1	100+12	40	2.8

* Variables de salida:

- Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH): ver tabla C.4 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
- Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 2.8 Kbps.
- Número de bloques de transporte (DTCH) por TTI: ver tabla C.4 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
- Número de bloques de transporte (DCCH) por TTI: 1.
- Tamaño bloque de transporte (DTCH): ver tabla C.4 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
- Tamaño bloque de transporte (DCCH): 112.
- TTI (DTCH): ver tabla C.4 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.

· TTI (DCCH):40 ms.

- * Descripción: La detección de errores en los bloques de transporte es posible gracias al uso de la verificación de redundancia cíclica (CRC). La medida del CRC es 24, 16, 12, 8 ó 0 bits y se señala desde los niveles superiores que medida de CRC debe ser utilizado para cada canal de transporte. El número de bits CRC definidos para cada una de las direcciones del enlace y velocidad de transmisión de datos, se adicionan independientemente a cada bloque de transporte antes de que sea concatenado y codificado. El número de bits CRC es uno de los parámetros dados por las especificaciones (3GPP TS 25.101 V8.2.0., 2008; 3GPP TS 25.104 V8.2.0 , 2008; 3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008) y que se encuentran en el apéndice A de este documento. El generador o calculador CRC es típicamente implementado como un conjunto de registros de corrimiento con re-alimentación. Se utiliza el bloque de transporte entero para calcular los bits de paridad CRC de cada bloque de transporte. Los bits de paridad son generados por los polinomios generadores cíclicos presentados en las ecuaciones C.1, C.2, C.3 y C.4.

$$g_{CRC24}(D) = D^{24} + D^{23} + D^6 + D^5 + D + 1 \quad (C.1)$$

$$g_{CRC16}(D) = D^{16} + D^{12} + D^5 + 1 \quad (C.2)$$

$$g_{CRC12}(D) = D^{12} + D^{11} + D^3 + D^2 + D + 1 \quad (C.3)$$

$$g_{CRC8}(D) = D^8 + D^7 + D^4 + D^3 + D + 1 \quad (C.4)$$

– Concatenador BT y Segmentado BC

- * Señales de entrada: señales digitales de datos y control en bloques de transporte que conforman el DTCH y el DCCH respectivamente y que incluyen los bits CRC, con las características especificadas en la tabla C.4.
- * Variables de entrada:

- Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH): ver tabla C.4 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 2.8 Kbps.
 - Número de bloques de transporte (DTCH) por TTI: ver tabla C.4 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Número de bloques de transporte (DCCH) por TTI: 1.
 - Tamaño bloque de transporte (DTCH): ver tabla C.4 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Tamaño bloque de transporte (DCCH): 112.
 - TTI (DTCH): ver tabla C.4 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
 - TTI (DCCH):40 ms.
- * Señales de salida: Señales digitales de datos y control en bloques de transporte que conforman el DTCH y el DCCH respectivamente incluyendo los bits de verificación de redundancia cíclica (CRC), con las características especificadas en la tabla C.5. Se debe tener en cuenta que solo se realiza concatenación de los bloques de transporte para las velocidades de transmisión de datos de 144 Kbps y 384 Kbps para lograr un bloque código y en ningún caso se realiza segmentación del bloque código. Para las otras velocidades de transmisión de datos existe un mapeo directo y transparente de bloques de transporte en bloques código.
- * Variables de salida:
- Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH): ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 2.8 Kbps.
 - Número de bloques de transporte (DTCH) por TTI: ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Número de bloques de transporte (DCCH) por TTI: 1.
 - Tamaño bloque de transporte (DTCH): ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.

Tabla C.5. tamaños Bloques Código.

Canal	Enlace	Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Número Bloques Código	Bits por Bloque Código	TTI (ms)	Velocidad Transmisión de Datos salida (Kbps)
DTCH	UL	12.2	1	260	20	13
		64	1	2576	40	64.4
		144	1	5792	40	144.8
		384	1	15424	40	385.6
	DL	12.2	1	260	20	13
		64	1	1296	20	64.8
		144	1	2896	20	144.8
		384	1	3856	10	385.6
DCCH	UL/DL	2.5	1	112	40	2.8

- Tamaño bloque de transporte (DCCH): 112.
 - TTI (DTCH): ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
 - TTI (DCCH):40 ms.
 - Bits de relleno:0.
- * Descripción: Todos los bloques de transporte en un TTI son serialmente concatenados para construir un bloque código. Si el número de bits en un TTI es mayor que la máxima medida de un bloque código, se ejecuta la segmentación del bloque código después de la concatenación de los bloques de transporte. La máxima medida de los bloques código depende si se utiliza codificación de canal convolucional o turbo para el canal de transporte. Los bloques código después de la segmentación tienen la misma medida. Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 ,

2008).

La máxima medida de los bloques código son:

- Codificación convolucional: 504 bits.
- Codificación turbo: 5114.

– Codificador de canal.

- * Señales de entrada: Señales digitales de datos (DTCH) y control (DCCH) en bloques código con las características especificadas en la tabla C.5.
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH): ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 2.8 Kbps.
 - Número de bloques código (DTCH) por TTI: 1.
 - Número de bloques código (DCCH) por TTI: 1.
 - Número de bits por bloque código (DTCH) por TTI: ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Número de bits por bloque código (DCCH) por TTI: 112.
 - TTI bloque código (DTCH): ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
 - TTI bloque código (DCCH):40 ms.
 - Bits de relleno:0.
 - Tipo de codificación.
 - Tasa de codificación.
- * Señales de salida: Señales digitales de datos (DTCH) y control (DCCH) en bloques códigos que fueron codificados con los métodos y las tasas de codificación especificadas en la tabla C.6.
- * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) de bloques código codificados: ver tabla C.6 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.

Tabla C.6. características Bloques Código Después de la Codificación de Canal.

Canal	Enlace	Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits por Bloque Código	Codif.	Tasa Codif.	Bits por Bloque Código Codificado	TTI (ms)	Velocidad Transmisión de Datos salida (Kbps)
DTCH	UL	12.2	260	Conv.	1/3	$(260*3)+24$	20	40.2
		64	2576	Turbo	1/3	$(2576*3)+12$	40	193.5
		144	5792	Turbo	1/3	$(5792*3)+(12*2)$	40	435
		384	15424	Turbo	1/3	$(15424*3)+(12*4)$	40	1158
	DL	12.2	260	Conv.	1/3	$(260*3)+24$	20	40.2
		64	1296	Turbo	1/3	$(1296*3)+12$	20	195
		144	2896	Turbo	1/3	$(2896*3)+12$	20	435
		384	3856	Turbo	1/3	$(3856*3)+12$	10	1158
DCCH	UL/DL	2.5	112	Conv.	1/3	$(112*3)+24$	40	9

- Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) de bloques código codificados: 9 Kbps.
 - Tamaño bloque código codificado (DTCH): ver tabla C.6 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Tamaño bloque código codificado (DCCH): 360 bits.
 - TTI bloque código codificado (DTCH): ver tabla C.6 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos.
 - TTI bloque código codificado(DCCH):40 ms.
- * Descripción: Los bloques código son entregados al bloque de codificación de canal. Los siguientes esquemas de codificación de canal y tasas de codificación pueden ser aplicados a los canales de transporte dedicados:

- Codificación convolucional: 1/2 y 1/3.
- Codificación turbo: 1/3.

Los bits resultantes del proceso codificación en función de los bits de entrada y el número de bloques de transporte se indican de manera general con las ecuaciones C.5, C.6 y C.7.

- Codificación convolucional tasa 1/2.

$$bits_salida = (bits_entrada * 2) + (16 * numero_bloques_transporte) \quad (C.5)$$

- Codificación convolucional tasa 1/3.

$$bits_salida = (bits_entrada * 3) + (24 * numero_bloques_transporte) \quad (C.6)$$

- Codificación turbo 1/3.

$$bits_salida = (bits_entrada * 3) + (12 * numero_bloques_transporte) \quad (C.7)$$

Los códigos convolucionales cuentan con una longitud de restricción igual a 9.

El esquema de codificación turbo se basa en Códigos Convolucionales Concatenados en Paralelo (PCCC) con codificadores de 8 estados y un entrelazador interno. La terminación Trellis es realizada tomando los bits de cola de los registros de corrimiento y realimentados después de que todos los bits de información han sido codificados. Los bits de cola son rellenados después de la codificación de los bits de información.

El entrelazador interno de códigos turbo consiste de entradas de bit a una matriz rectangular con relleno, dentro de la cual se realizan permutaciones de filas y columnas, y los bits de salida de la matriz rectangular son recortados. La salida del entrelazador interno de códigos turbo es una secuencia de bits leída columna por columna.

La salida se recorta al eliminar bits falsos o de relleno que fueron incluidos en la matriz rectangular antes de las permutaciones.

Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

– Ecuadorador trama radio.

Proceso valido en el enlace de subida.

- * Señales de entrada: Señales digitales de datos (DTCH) y control (DCCH) en bloques códigos codificados, con las características especificadas en la tabla C.6.
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) de bloques código codificados: ver tabla C.6 según velocidad inicial de transmisión de datos en el enlace de subida.
 - Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) de bloques código codificados: 9 Kbps.
 - Tamaño bloque código codificado (DTCH): ver tabla C.6 según velocidad inicial de transmisión de datos en el enlace de subida.
 - Tamaño bloque código codificado (DCCH): 360 bits.
 - TTI (DTCH): ver tabla C.6 según velocidad inicial de transmisión de datos en el enlace de subida.
 - TTI (DCCH):40 ms.
- * Señales de salida: Señales digitales de datos (DTCH) y control (DCCH) en bloques cuya medida permite que puedan ser segmentados en bloques de igual tamaño con duración de 10 ms cada uno. Las salidas de este proceso serán las mismas entradas, ya que dadas las medidas de los bloques código codificados estos no deben ser rellenados. Los tamaños de los bloques después del proceso de ecualización de trama radio se visualizan en la tabla C.7.
- * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) después del proceso de ecualización de la trama radio: ver tabla C.7 según velocidad inicial de transmisión de datos.

Tabla C.7. características Canales de Transporte Después del Proceso Ecuilización de la Medida de la Trama Radio Enlace de Subida.

Canal	Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits por Bloque Código Codificado	TTI (ms)	Velocidad Transmisión de Datos salida (Kbps)
DTCH	12.2	804	20	40.2
	64	7740	40	193.5
	144	17400	40	435
	384	46320	40	1158
DCCH	2.5	360	40	9

- Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) después del proceso de ecualización de la trama radio: 9 Kbps.
- Tamaño bloque código codificado (DTCH) después del proceso de ecualización de la trama radio: ver tabla C.7 según velocidad inicial de transmisión de datos.
- Tamaño bloque código codificado (DCCH) después del proceso de ecualización de la trama radio: 360 bits.
- TTI (DTCH): ver tabla C.7 según velocidad inicial de transmisión de datos.
- TTI (DCCH):40 ms.

* Descripción: La ecualización de la medida de la trama radio se realiza por el relleno de la secuencia de bits de entrada que asegure que la salida pueda ser dividida en segmentos de igual medida. Este proceso solo se realiza en el enlace de subida.

Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

– Primer entrelazador.

Descripción valida para el enlace de subida.

- * Señales de entrada: Señales digitales de datos (DTCH) y control (DCCH) en bloques cuya medida permite que puedan ser segmentados en bloques de igual tamaño con duración de 10 ms cada uno. Los tamaños de los bloques de entrada se visualizan en la tabla C.7.
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) después del proceso de ecualización de la trama radio: ver tabla C.7 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) después del proceso de ecualización de la trama radio: 9 Kbps.
 - Tamaño bloque código codificado (DTCH) después del proceso de ecualización de la trama radio: ver tabla C.7 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Tamaño bloque código codificado (DCCH) después del proceso de ecualización de la trama radio: 360 bits.
 - TTI (DTCH): ver tabla C.7 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - TTI (DCCH): 40 ms.
 - Número de columnas de la matriz: Depende del valor de TTI tanto para el canal de datos (DTCH) como el canal de control (DCCH).
 - Patrón de entrelazado: Depende del valor de TTI tanto para el canal de datos (DTCH) como el canal de control (DCCH).
- * Señales de salida: Las salidas de este proceso serán las mismas entradas (señales digitales de datos (DTCH) y control (DCCH)), a excepción del cambio deliberado de la posición de los bits.
- * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH): ver tabla C.8 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 9 Kbps.
 - Tamaño bloque código codificado (DTCH) después del proceso de ecualización de la trama radio: ver tabla C.8 según velocidad inicial de transmisión de datos.

Tabla C.8. características canales de Transporte Después del Proceso de Primer Entrelazado en el Enlace de Subida.

Canal	Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits por Canal de Transporte	TTI (ms)	Velocidad Transmisión de Datos salida (Kbps)
DTCH	12.2	804	20	40.2
	64	7740	40	193.5
	144	17400	40	435
	384	46320	40	1158
DCCH	2.5	360	40	9

- Tamaño bloque código codificado (DCCH) después del proceso de ecualización de la trama radio: 360 bits.
- TTI (DTCH): ver tabla C.8 según velocidad inicial de transmisión de datos.
- TTI (DCCH):40 ms.

* Descripción: La función de entrelazado se realiza para contrarrestar el efecto del ruido impulsivo en el canal que genera errores consecutivos en la información transmitida y que al ser la información nuevamente reordenada en el receptor, los errores quedará distribuidos sobre el canal de transporte y esto facilitará la operación del decodificador de canal.

la información de entrada se organiza fila por fila en una matriz cuyo número de columnas es función del valor de TTI. La permutación entre columnas se realiza teniendo en cuenta la tabla C.9. La salida es la lectura de la matriz columna por columna.

Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

– Segmentador trama radio.

Tabla C.9. características Canales de Transporte Después del Proceso de Primer Entrelazado en el Enlace de Subida.

TTI (ms)	Número de Columnas	Patrón de Permutación
10	1	0
20	2	0,1
40	4	0,2,1,3
80	8	0,4,2,6,1,5,3,7

Descripción valida para el enlace de subida.

- * Señales de entrada: Señales digitales de los canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH) después del proceso de primer entrelazado.
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH): ver tabla C.8 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 9 Kbps.
 - Tamaño bloque código codificado (DTCH): ver tabla C.8 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Tamaño bloque código codificado (DCCH): 360 bits.
 - TTI (DTCH): ver tabla C.8 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - TTI (DCCH):40 ms.
- * Señales de salida: A la salida de este proceso se obtienen los canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH) divididos en partes iguales con duración de 10 ms.
- * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) después del proceso de segmentación de la trama radio: ver tabla C.10 según velocidad inicial de transmisión de datos.

Tabla C.10. características Canales de Transporte Después del Proceso de Segmentación de la Trama Radio en el Enlace de Subida.

Canal	Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits por Segmento de Canal de Transporte	Velocidad Transmisión de Datos salida (Kbps)
DTCH	12.2	402	40.2
	64	1935	193.5
	144	4350	435
	384	11580	1158
DCCH	2.5	90	9

- Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) después del proceso de segmentación de la trama radio: 9 Kbps.
- Tamaño trama radio (DTCH) : ver tabla C.10 según velocidad inicial de transmisión de datos.
- Tamaño trama radio (DCCH) : 90 bits.

* Descripción: Cuando el TTI de un canal de transporte es mayor a 10 ms, la secuencia de bit de entrada se segmenta y se mapea en tramas consecutivas cada una con igual cantidad de bits y duración igual a 10ms.

Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

– Adaptador de velocidad

Descripción valida para el enlace de subida.

- * Señales de entrada: Canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH) divididos en partes iguales con duración de 10 ms.
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) después del proceso de segmentación de la trama radio: ver tabla C.10 según

velocidad inicial de transmisión de datos.

- Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) después del proceso de segmentación de la trama radio: 9 Kbps.
 - Tamaño trama radio (DTCH) : ver tabla C.10 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Tamaño trama radio (DCCH) : 90 bits.
 - Atributo de correspondencia de velocidades.
 - porcentaje de repetición o perforación.
- * Señales de salida: A la salida de este proceso se obtienen los canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH) adaptados en velocidad (ver tabla C.11).

Tabla C.11. características Canales de Transporte Después del Proceso de Adaptación de Velocidad en el Enlace de Subida.

Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits Trama Radio DTCH	Bits Trama Radio DCCH	Porcentaje Repetición (Perforación)	Bits Trama Radio DTCH Adaptada	Bits Trama Radio DCCH Adaptada	Velocidad Transmisión de Datos DTCH adaptado (Kbps)	Velocidad Transmisión de Datos DCCH adaptado (Kbps)
12.2	402	90	22	490	110	49	11
64	1935	90	19	2293	107	229.3	10.7
144	4350	90	8	4702	98	470.2	9.8
384	11580	90	(18)	9525	75	952.5	7.5

* Variables de salida:

- Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) después del proceso de adaptación de velocidad: ver tabla C.11 según velocidad inicial de transmisión de datos.

- Velocidad de transmisión bits de datos (DCCH) después del proceso de adaptación de velocidad: ver tabla C.11 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
- Tamaño trama radio (DTCH) después del proceso de adaptación de velocidad: ver tabla C.11 según velocidad inicial de transmisión de datos.
- Tamaño trama radio (DCCH) después del proceso de adaptación de velocidad: ver tabla C.11 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.

* Descripción: Adaptación de velocidad significa que los bits sobre un canal de transporte son repetidos o eliminados (perforados). Los niveles superiores asignan un atributo de adaptación de velocidad para cada canal de transporte. Este atributo es semi-estático y puede solo ser cambiado a través de señalización desde los niveles superiores. El atributo de adaptación de velocidad es utilizado cuando el número de bits a repetir o perforar es calculado.

Cuando el número de bits entre diferentes TTI varía en el enlace de subida, bits son repetidos o perforados para asegurar que la velocidad de transmisión de datos después de la multiplexación de canales de transporte sea igual a la velocidad de transmisión de datos del canal físico dedicado asignado.

En conclusión la adaptación de velocidades provee un mecanismo para mapear los bits de los canales de transporte en la capacidad de los canales físicos disponibles.

Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

– Multiplexor canales de transporte.

Descripción válida para el enlace de subida.

- * Señales de entrada: Canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH) adaptados en velocidad para su mapeo en canales físicos.
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) después del proceso de adaptación de velocidad: ver tabla C.11 según velocidad

inicial de transmisión de datos.

- Velocidad de transmisión bits de datos (DCCH) después del proceso de adaptación de velocidad: ver tabla C.11 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
 - Tamaño trama radio (DTCH) después del proceso de adaptación de velocidad: ver tabla C.11 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Tamaño trama radio (DCCH) después del proceso de adaptación de velocidad: ver tabla C.11 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
- * Señales de salida: A la salida de este proceso se obtiene la multiplexación de los canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH), cuyo resultado es el canal de transporte compuesto codificado (CCTrCH).

Tabla C.12. características Multiplexación Canales de Transporte en el Enlace de Subida.

Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits Trama DTCH	Bits Trama DCCH	Bits CCTrCH	Velocidad Transmisión de Datos CCTrCH (Kbps)
12.2	490	110	600	60
64	2293	107	2400	240
144	4702	98	4800	480
384	9525	75	9600	960

- * Variables de salida:
- Velocidad de transmisión bits de datos CCTrCH: ver tabla C.12 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
 - Tamaño CCTrCH: ver tabla C.12 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.

- * Descripción: Cada 10 ms, una trama radio de cada canal de transporte (DTCH y DCCH) se multiplexa serialmente para formar un canal de transporte compuesto codificado(CCTrCH).

Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

– Adaptador de velocidad

Descripción válida para el enlace de bajada.

- * Señales de entrada: Señales digitales de datos (DTCH) y control (DCCH) en bloques códigos codificados, con las características especificadas en la tabla C.6.
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) de bloques código codificados: ver tabla C.6 según velocidad inicial de transmisión de datos en el enlace de bajada.
 - Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) de bloques código codificados: 9 Kbps.
 - Tamaño bloque código codificado (DTCH): ver tabla C.6 según velocidad inicial de transmisión de datos en el enlace de bajada.
 - Tamaño bloque código codificado (DCCH): 360 bits.
 - TTI (DTCH): ver tabla C.6 según velocidad inicial de transmisión de datos en el enlace de bajada.
 - TTI (DCCH):40 ms.
- * Señales de salida: A la salida de este proceso se obtienen las señales de los bloques código codificados correspondientes a las señales de datos (DTCH) y control (DCCH) adaptados en velocidad.
- * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) después del proceso de adaptación de velocidad: ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DCCH) después del proceso de adaptación de velocidad: ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.

Tabla C.13. características Canales de Transporte Después del Proceso de Adaptación de Velocidad en el Enlace de Bajada.

Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits por Bloque Código Codificado DTCH	Bits por Bloque Código Codificado DCCH	Repetición (Perforación)	Bits por Bloque Código Codificado DTCH Adaptado en Velocidad	Bits por Bloque Código Codificado DCCH Adaptado en Velocidad	TTI DTCH	TTI DCCH	Velocidad Transmisión de Datos salida DTCH (Kbps)	Velocidad Transmisión de Datos salida DCCH (Kbps)
12.2	804	360	(14.7)	686	308	20	40	34.3	7.7
64	3900	360	2.9	4014	372	20	40	200.7	9.3
144	8700	360	(2.7)	8464	352	20	40	423.2	8.8
384	11580	360	(22)	9049	284	10	40	904.9	7.1

- Tamaño bloque código codificado DTCH adaptado en velocidad: ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Tamaño bloque código codificado DCCH adaptado en velocidad: ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
- * Descripción: Adaptación de velocidad significa que los bits sobre un canal de transporte son repetidos o eliminados (perforados). Los niveles superiores asignan un atributo de adaptación de velocidad para cada canal de transporte. Este atributo es semi-estático y puede solo ser cambiado a través de señalización desde los niveles superiores. El atributo de adaptación de velocidad es utilizado cuando el número de bits a repetir o perforar es calculado.
- El número de bits sobre un canal de transporte puede variar entre diferentes TTIs. En el enlace de bajada la transmisión es interrumpida

si el número de bits es menor que el máximo número de bits.

Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

– Inserción DTX

Descripción valida para el enlace de bajada.

- * Señales de entrada: señales de los bloques código codificados correspondientes a las señales de datos (DTCH) y control (DDCH) adaptados en velocidad.
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) después del proceso de adaptación de velocidad: ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DCCH) después del proceso de adaptación de velocidad: ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
 - Tamaño bloque código codificado DTCH adaptado en velocidad: ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Tamaño bloque código codificado DCCH adaptado en velocidad: ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
 - Posición: Argumento que informa si las posiciones de los canales de transporte en la trama radio son fijas o flexibles.
- * Señales de salida: A la salida de este proceso se obtienen las señales de los bloques código codificados correspondientes a las señales de datos (DTCH) y control (DDCH) adaptados en velocidad. Las secuencias de salida serán iguales a las secuencias de entrada. La transmisión discontinua (DTX) debe ser señalizada desde niveles superiores y esto reservará algunos bits en la trama radio.
- * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) después del proceso de adaptación de velocidad: ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos.

- Velocidad de transmisión bits de datos (DCCH) después del proceso de adaptación de velocidad: ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
 - Tamaño bloque código codificado DTCH adaptado en velocidad: ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Tamaño bloque código codificado DCCH adaptado en velocidad: ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
- * Descripción: La primera inserción de los bits de indicación de DTX se utiliza solo si la posición de los canales de transporte es fija en la trama radio. Con un esquema de posición fija un número fijo de bits es reservado por cada canal de transporte en la trama radio. Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).
- Primer entrelazador.

Descripción válida para el enlace de bajada.

- * Señales de entrada: señales de los bloques código codificados correspondientes a las señales de datos (DTCH) y control (DCCH) adaptados en velocidad y con inserción de bits DTX.
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH): ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DCCH): ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
 - Tamaño canal de transporte DTCH: ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Tamaño canal de transporte DCCH: ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
 - TTI (DTCH): ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - TTI (DCCH): 40 ms.

- Número de columnas de la matriz: Depende del valor de TTI tanto para el canal de datos (DTCH) como el canal de control (DCCH).
 - Patrón de entrelazado: Depende del valor de TTI tanto para el canal de datos (DTCH) como el canal de control (DCCH).
- * Señales de salida: Las salidas de este proceso serán las mismas entradas (señales digitales de datos (DTCH) y control (DCCH)), a excepción del cambio deliberado de la posición de los bits.

Tabla C.14. características Canales de Transporte Primer Entrelazador Enlace de Bajada.

Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Tamaño canal de transporte DTCH	Tamaño canal de transporte DCCH	TTI DTCH	TTI DCCH	Velocidad Transmisión de Datos salida DTCH (Kbps)	Velocidad Transmisión de Datos salida DCCH (Kbps)
12.2	686	308	20	40	34.3	7.7
64	4014	372	20	40	200.7	9.3
144	8464	352	20	40	423.2	8.8
384	9049	284	10	40	904.9	7.1

- * Variables de salida:
- Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH): ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DCCH): ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
 - Tamaño canal de transporte DTCH: ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Tamaño canal de transporte DCCH: ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.

- TTI (DTCH): ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - TTI (DCCH): 40 ms.
 - * Descripción: La función de entrelazado se realiza para contrarrestar el efecto del ruido impulsivo en el canal que genera errores consecutivos en la información transmitida y que al ser la información nuevamente reordenada en el receptor, los errores quedará distribuidos sobre el canal de transporte y esto facilitará la operación del decodificador de canal.
la información de entrada se organiza fila por fila en una matriz cuyo número de columnas es función del valor de TTI. La permutación entre columnas se realiza teniendo en cuenta la tabla C.9. La salida es la lectura de la matriz columna por columna.
Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).
- Segmentador trama radio.
- Descripción válida para el enlace de bajada.
- * Señales de entrada: Señales digitales de los canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH) después del proceso de primer entrelazado.
 - * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH): ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
 - Tamaño canal de transporte datos (DTCH): ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Tamaño canal de transporte control (DCCH): ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
 - TTI (DTCH): ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - TTI (DCCH): 40 ms.

- * Señales de salida: A la salida de este proceso se obtienen los canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH) divididos en partes iguales con duración de 10 ms.

Tabla C.15. características Canales de Transporte Después del Proceso de Segmentación de la Trama Radio en el Enlace de Bajada.

Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits Trama Radio DTCH	Bits Trama Radio DCCH	Velocidad Transmisión de Datos salida DTCH (Kbps)	Velocidad Transmisión de Datos salida DCCH (Kbps)
12.2	343	77	34.3	7.7
64	2007	93	200.7	9.3
144	4232	88	423.2	8.8
384	9049	71	904.9	7.1

- * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) después del proceso de segmentación de la trama radio: ver tabla C.15 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) después del proceso de segmentación de la trama radio: ver tabla C.15 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
 - Tamaño trama radio (DTCH) : ver tabla C.15 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Tamaño trama radio (DCCH) : ver tabla C.15 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
- * Descripción: Cuando el TTI de un canal de transporte es mayor a 10 ms, la secuencia de bit de entrada se segmenta y se mapea en tramas consecutivas cada una con igual cantidad de bits y duración igual a 10ms.

Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

– Multiplexor canales de transporte.

Descripción válida para el enlace de bajada.

- * Señales de entrada: Señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y de control (DCCH) en tramas radio.
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) después del proceso de segmentación de la trama radio: ver tabla C.15 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) después del proceso de segmentación de la trama radio: ver tabla C.15 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
 - Tamaño trama radio (DTCH) : ver tabla C.15 según velocidad inicial de transmisión de datos.
 - Tamaño trama radio (DCCH) : ver tabla C.15 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
- * Señales de salida: A la salida de este proceso se obtiene la multiplexación de los canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH), cuyo resultado es el canal de transporte compuesto codificado (CCTrCH).
- * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión bits de datos CCTrCH: ver tabla C.16 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
 - Tamaño CCTrCH: ver tabla C.16 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH.
- * Descripción: Cada 10 ms, una trama radio de cada canal de transporte (DTCH y DCCH) se multiplexa serialmente para formar un canal de transporte compuesto codificado(CCTrCH).

Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Tabla C.16. características Multiplexación Canales de Transporte en el Enlace de Bajada.

Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits Trama DTCH	Bits Trama DCCH	Bits CCTrCH	Velocidad Transmisión de Datos CCTrCH (Kbps)
12.2	343	77	420	42
64	2007	93	2100	210
144	4232	88	4320	432
384	9049	71	9120	912

Mapeador en los Canales Físicos

- Señales de entrada: señal digital compuesta codificada (CCTrCH).
- Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión de datos CCTrCH: en la tabla C.17 se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos que soportará la simulación, basada en la tabla C.12, las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Tamaño CCTrCH: en la tabla C.17 se observan los diferentes tamaños del CCTrCH que soportará la simulación, basada en la tabla C.12, las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
- Señal de salida: señales digitales correspondientes a los canales físicos DPDCH y DPCCH.
- Variables de salida:
 - Tamaño trama DPDCH: en la tabla C.18 se observan los tamaños de la trama DPDCH relacionados a las diferentes velocidades de transmisión

Tabla C.17. características CCTrCH.

Enlace	Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits CCTrCH	Velocidad Transmisión de Datos CCTrCH (Kbps)
UL	12.2	600	60
	64	2400	240
	144	4800	480
	384	9600	960
DL	12.2	420	42
	64	2100	21
	144	4320	432
	384	9120	912

de datos DTCH que soportará la simulación y la respectiva dirección del enlace.

- Tamaño ranura DPDCH: en la tabla C.18 se observan los tamaños de las ranuras DPDCH relacionados a las diferentes velocidades de transmisión de datos DTCH que soportará la simulación y la respectiva dirección del enlace.
- Velocidad transmisión de datos DPDCH: en la tabla C.18 se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos del canal DPDCH relacionadas a las diferentes velocidades de transmisión de datos DTCH que soportará la simulación y la respectiva dirección del enlace.
- Tamaño trama DPCCH: en la tabla C.18 se observan los tamaños de la trama DPCCH relacionados a las diferentes velocidades de transmisión de datos DTCH que soportará la simulación y la respectiva dirección del enlace.
- Tamaño ranura DPDCH: en la tabla C.18 se observan los tamaños de las ranuras DPCCH relacionados a las diferentes velocidades de transmisión de datos DTCH que soportará la simulación y la respectiva dirección del enlace.

- Velocidad transmisión de datos DPCCH: en la tabla C.18 se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos del canal DPCCH relacionadas a las diferentes velocidades de transmisión de datos DTCH que soportará la simulación y la respectiva dirección del enlace.

Tabla C.18. tamaños DPDCH y DPCCH.

Enlace	Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits Trama DPDCH	Bits ranura DPDCH	Bits Trama DPCCH	Bits ranura DPCCH	Velocidad de Transmisión de Datos DPDCH (Kbps)	Velocidad de Transmisión de Datos DPCCH (Kbps)
UL	12.2	600	40	150	10	60	15
	64	2400	160	150	10	240	15
	144	4800	320	150	10	480	15
	384	9600	640	150	10	960	15
DL	12.2	420	28	180	12	42	18
	64	2100	140	300	20	210	30
	144	4320	288	480	32	432	48
	384	9120	608	480	32	912	48

- Señales propias de procesos internos:

El bloque mapeador en los canales físicos, identificado como sujeto en el análisis y recolección de información, tiene internamente cuatro (4) componentes en el enlace de subida y cinco (5) componentes en el enlace de bajada con sus respectivas señales y variables. Estas se indican a continuación para cada componente.

- Inserción DTX.

Descripción válida para el enlace de bajada.

- * Señales de entrada: señal digital compuesta codificada (CCTrCH) con las características especificadas en las tablas C.12 y C.17 .
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión de datos CCTrCH: en la tabla C.17 se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos, basada en la tabla C.12 y las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH en el enlace de bajada.
 - Tamaño CCTrCH: en la tabla C.17 se observan los diferentes tamaños del CCTrCH, basada en la tabla C.12 y las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH en el enlace de bajada.
- * Señales de salida: La salida de este proceso será la misma entrada (CCTrCH), dado que se tiene un flujo constante de datos, y por lo tanto no existe capacidad disponible para otros servicios.

Tabla C.19. características Segunda Inserción DTX en el Enlace de Bajada.

Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits CCTrCH	Velocidad Transmisión de Datos CCTrCH
12.2	420	42
64	2100	210
144	4320	432
384	9120	912

- * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión de datos CCTrCH: en la tabla C.19 se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos del canal físico, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH.
 - Tamaño CCTrCH: en la tabla C.19 se observan los diferentes tamaños del CCTrCH, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH.

- * Descripción: La inserción de bits de indicación DTX se realiza al final de la trama radio. Se debe tener en cuenta que los bits DTX será distribuidos sobre todas las ranuras de la trama radio después del proceso de segundo entrelazado.

Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

– Segmentador canal físico.

- * Señales de entrada: señal digital compuesta codificada (CCTrCH) con las características especificadas en las tablas C.12 y C.17 .

- * Variables de entrada:

- Velocidad de transmisión de datos CCTrCH: en las tablas C.17 y C.19 se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos, basadas en la tabla C.12, las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
- Tamaño CCTrCH: en las tabla C.17 y C.19 se observan los diferentes tamaños del CCTrCH, basadas en la tabla C.12, las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
- Capacidad del canal físico: Define la máxima capacidad del canal físico, la cual debe ser comparada con la capacidad actual del CCTrCHs, basado en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.

- * Señales de salida: La salida de este proceso será la misma entrada (CCTrCH), dado que la capacidad del canal físico es igual a la capacidad del CCTrCH generado por la multiplexación de dos canales de transporte DTCH (DTCH y DCCH).

- * Variables de salida:

- Velocidad de transmisión de datos canal físico: en la tabla C.20 se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos del canal físico, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
- Tamaño canal físico: en la tabla C.20 se observan los diferentes tamaños del canal físico, basada en las velocidades iniciales de

Tabla C.20. características Segmentación del Canal Físico.

Enlace	Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits por Canal Físico	Velocidad Transmisión de Datos Canal Físico (Kbps)	Número de Canales Físicos (Kbps)
UL	12.2	600	60	1
	64	2400	240	1
	144	4800	480	1
	384	9600	960	1
DL	12.2	420	42	1
	64	2100	210	1
	144	4320	432	1
	384	9120	912	1

transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.

- Número de canales físicos: en la tabla C.20 se observan el número de canales físicos, basada en en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
- * Descripción: Cuando se utiliza más de un canal físico, la segmentación de canal físico divide la cantidad de bits total entre diferentes canales físicos.
Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

– Segundo entrelazador.

- * Señales de entrada: Señal digital que representa el canal físico, la cual cuenta con las mismas características del CCTrCH, especificadas en la tabla C.20.
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión de datos del canal físico: en la tabla C.20 se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos

DTCH y la dirección del enlace.

- Tamaño canal físico: en la tabla C.20 se observan los diferentes tamaños del canal físico, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - * Señales de salida: La salida de este proceso es la misma entrada, a excepción del cambio deliberado de la posición de los bits.
 - * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión de datos del canal físico: en la tabla C.20 se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Tamaño canal físico: en la tabla C.20 se observan los diferentes tamaños del canal físico, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - * Descripción: El segundo entrelazado consiste de la escritura fila por fila de los bits correspondientes al canal físico en una matriz de 30 columnas, matriz sobre la cual se realiza permutación de columnas acorde al patrón definido en la tabla C.21. La salida de los bits correspondientes al canal físico corresponden a la lectura de la matriz columna por columna.
- Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Tabla C.21. Patrón de Permutación de Columnas Segundo Entrelazado.

Número de Columnas	Patrón de Permutación entre Columnas
30	0, 20, 10, 5, 15, 25, 3, 13, 23, 8, 18, 28, 1, 11, 21, 6, 16, 26, 4, 14, 24, 19, 9, 29, 12, 2, 7, 22, 27, 17

– Constructor campos trama.

- * Señales de entrada: Señal digital que representa el canal físico después del segundo entrelazado, la cual cuenta de manera general

con las mismas características del CCTrCH, especificadas en la tabla C.20.

* Variables de entrada:

- Velocidad de transmisión de datos DPDCH: en la tabla C.20 se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos del DPDCH, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
- Tamaño DPDCH: en la tabla C.20 se observan los diferentes tamaños del DPDCH, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.

* Señales de salida: señal digital correspondiente a un canal físico dividido en 15 campos o ranuras de tiempo, con las características especificadas en la tabla C.22

* Variables de salida:

- Velocidad de transmisión de datos del canal físico: en la tabla C.22 se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
- Tamaño de la trama: en la tabla C.22 se observan los diferentes tamaños de la trama, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
- Bits por ranura de tiempo: en la tabla C.22 se observan el número de bits por ranura de tiempo, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.

* Descripción: Mapea el canal físico DPDCH en una trama de 15 ranuras de tiempo con duración igual a 10 ms.

Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

– Generador DPCCH.

* Señales de entrada: Ninguna.

* Variables de entrada:

Tabla C.22. características Trama Canal Físico DPDCH.

Enlace	Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits trama DPDCH	Bits ranura DPDCH	Velocidad Transmisión de Datos Canal Físico DPDCH (Kbps)
UL	12.2	600	40	60
	64	2400	160	240
	144	4800	320	480
	384	9600	640	960
DL	12.2	420	28	42
	64	2100	140	210
	144	4320	288	432
	384	9120	608	912

- Velocidad de transmisión de datos del canal físico: velocidad de transmisión de datos DTCH.
- Dirección del enlace: Atributo que define la dirección del enlace.
- * Señales de salida: señal digital correspondiente a un canal físico DPCCH, dividido en 15 campos o ranuras de tiempo.
- * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión de datos DPCCH: en la tabla C.23 se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Tamaño de la trama DPCCH: en la tabla C.23 se observan los diferentes tamaños de la trama, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Bits por ranura de tiempo DPCCH: en la tabla C.23 se observan el número de bits por ranura de tiempo, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH.

Tabla C.23. características Trama Canal Físico DPCCH.

Enlace	Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits trama DPCCH	Bits ranura DPCCH	Velocidad Transmisión de Datos Canal Físico DPCCH (Kbps)
UL	12.2	150	10	15
	64	150	10	15
	144	150	10	15
	384	150	10	15
DL	12.2	180	12	18
	64	300	20	30
	144	480	32	48
	384	480	32	48

- * Descripción: mapea el canal físico DPCCH en una trama de 15 ranuras de tiempo con duración igual a 10 ms. Cada ranura contiene los campos relacionados con bits piloto, TFCI, TPC y FBI. El campo TFCI es de gran importancia ya que contiene la información relacionada con el formato de transporte utilizado por el canal DPDCH, y dada su gran importancia su información se encuentra protegida. Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Modulador y Ensanchador

- Señales de entrada: señales digitales correspondientes a los canales físicos dedicados DPDCH y DPCCH.
- Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión de datos DPDCH: en la tablas C.18 y C.22, se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos DPDCH

- que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
- Velocidad de transmisión de datos DPCCH: en la tabla C.18 y C.23, se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos DPCCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Tamaño DPDCH: en la tabla C.18 y C.22, se observan los diferentes tamaños del DPDCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Tamaño DPCCH: en la tabla C.18, y C.23, se observan los diferentes tamaños del DPCCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Relación de potencia: Atributo válido solo en el enlace de subida. En la tabla C.24 se observan los valores de relación o diferencia de niveles de potencia entre los canales DPDCH y DPCCH, del cual se obtiene el factor de ganancia que debe ser aplicado al canal DPCCH en la rama Q del modulador en el enlace de subida, que compensa las diferencias de potencia debido a las diferentes velocidades de transmisión de datos en las ramas I (DPDCH) y Q (DPCCH).
 - Dirección del enlace.
 - Formato DPCH: Este atributo define la forma en que serán combinados los canales DPDCH y DPCCH para formar el DPCH en el enlace de bajada.
- Señal de salida: señales digitales complejas correspondientes a una señal de espectro ensanchado en banda base.
 - Variables de salida:
 - Velocidad de chip: atributo que representa una señal de alta velocidad y por consiguiente de espectro ensanchado, con un valor igual a 3.84 Mcps para las diferentes velocidades de transmisión de datos DTCH y las dos direcciones de enlace que soportará la simulación.

- Señales propias de procesos internos:

El bloque modulador y ensanchador, identificado como sujeto en el análisis y recolección de información, tiene internamente cuatro (4) componentes en el enlace de subida y siete (7) componentes en el enlace de bajada con sus respectivas señales y variables. Estas se indican a continuación para cada componente.

– Modulador.

- * Señales de entrada: señales digitales correspondientes a los canales físicos dedicados DPDCH y DPCCH.
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión de datos DPDCH: en la tablas C.18 y C.22, se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos DPDCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Velocidad de transmisión de datos DPCCH: en la tabla C.18 y C.23, se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos DPCCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Tamaño DPDCH: en la tabla C.18 y C.22, se observan los diferentes tamaños del DPDCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Tamaño DPCCH: en la tabla C.18, y C.23, se observan los diferentes tamaños del DPCCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Relación de potencia: Atributo valido solo en el enlace de subida. En la tabla C.24 se observan los valores de relación o diferencia de niveles de potencia entre los canales DPDCH y DPCCH, del cual se obtiene el factor de ganancia que debe ser aplicado al

canal DPCCH en la rama Q del modulador en el enlace de subida, que compensa las diferencias de potencia debido a las diferentes velocidades de transmisión de datos en las ramas I (DPDCH) y Q (DPCCH).

- Dirección del enlace.
- Formato DPCH: Este atributo define la forma en que serán combinados los canales DPDCH y DPCCH para formar el DPCH en el enlace de bajada.

Tabla C.24. Relación de Potencias Canales DPDCH y DPCCH en el Enlace de Subida.

Velocidad de transmisión de datos DTCH (Kbps)	Relación de Potencia DPCCH/DPDCH (dB)
12.2	-2.69
64	-5.46
144	-9.54
384	-9.54

- * Señales de salida: Señales binarias que representan las componentes real e imaginaria resultado de la modulación de los canales DPDCH y DPCCH.
- * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión de datos componente de señal real: en las tablas C.25 y C.26, se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos DPDCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Velocidad de transmisión de datos componente de señal imaginaria: en las tablas C.25 y C.26, se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos DPCCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de

datos DTCH y la dirección del enlace.

- Tamaño componente de señal real: en las tablas C.25 y C.26, se observan los diferentes tamaños del DPDCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
- Tamaño componente de señal imaginaria: en las tablas C.25 y C.26, se observan los diferentes tamaños del DPCCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.

Tabla C.25. características de canales DPDCH y DPCCH en el Modulador en el Enlace de Subida.

Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits Rama I por Trama (DPDCH)	Bits Rama Q por Trama (DPCCH)	Velocidad de Transmisión de Datos Rama I (DPDCH) (Kbps)	Velocidad de Transmisión de Datos Rama Q (DPCCH) (Kbps)
12.2	600	150	60	15
64	2400	150	240	15
144	4800	150	480	15
384	9600	150	960	15

- * Descripción: En el enlace de subida se implementa el proceso de multiplexación IQ, en el cual los canales DPDCH y DPCCH son asignados a las ramas I (componente real) y Q (componente imaginario) del modulador respectivamente. En el enlace de bajada los canales DPDCH y DPCCH se combinan basados en un formato específico, lo cual genera el canal DPCH, el cual se aplica al modulador IQ, sus bits pares a la rama I y los bits impares a la rama Q.

Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008).

– Ensanchador.

Tabla C.26. características Canal DPCH en el Modulador en el Enlace de Bajada.

Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Bits Trama DPCH	Bits Rama I	Bits Rama Q	Velocidad de Transmisión de Datos DPCH (Kbps)	Velocidad de Transmisión de Datos DPCH (Ksps)
12.2	600	300	300	60	30
64	2400	1200	1200	240	120
144	4800	2400	2400	480	240
384	9600	4800	4800	960	480

- * Señales de entrada: Señales binarias que representan las componentes real e imaginaria resultado de la modulación de los canales DPDCH y DPCCH. Señales binarias que representan los canales comunes en el enlace de bajada.
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión de datos componente de señal real: en las tablas C.25 y C.26, se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos DPDCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Velocidad de transmisión de datos componente de señal imaginaria: en las tablas C.25 y C.26, se observan las diferentes velocidades de transmisión de datos DPCCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Tamaño componente de señal real: en las tablas C.25 y C.26, se observan los diferentes tamaños del DPDCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
 - Tamaño componente de señal imaginaria: en las tablas C.25 y

- C.26, se observan los diferentes tamaños del DPCCH que soportará la simulación, basada en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH y la dirección del enlace.
- Canales comunes: atributo que identifica los canales comunes que será adicionadas a la señal ensanchada en el enlace de bajada.
 - * Señales de salida: Señal binaria compleja resultado del proceso de ensanchamiento de los canales DPDCH y DPCCH en las ramas I y Q y su combinación en el enlace de subida y el ensanchamiento de las componentes real e imaginaria del canal DPCH y su combinación en el enlace de bajada. En el enlace de bajada la señal binaria compleja ensanchada se suma a señales complejas que representan los canales comunes.
 - * Variables de salida:
 - Factor de ensanchamiento: en la tablas C.27 y C.28 se observan los diferentes factores de ensanchamiento utilizados en las ramas I y Q del ensanchador en el enlace de subida y en el enlace de bajada, basadas en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH.
 - Velocidad de chip: en la tablas C.27 y C.28 se observan las velocidades de chip en los enlaces de bajada y subida, basadas en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH.
 - * Descripción: El ensanchamiento es el proceso principal que identifica a la técnica de transmisión de espectro ensanchado. En el enlace de subida se utilizan diferentes códigos ortogonales, de diferente rama y diferente factor de ensanchamiento para ensanchar las secuencias binarias presentes en las ramas I(DPDCH) y Q(DPCCH). En el enlace de bajada se utiliza el mismo código ortogonal con su respectivo factor de ensanchamiento tanto para la rama I como la rama Q. En ambos enlaces las señales resultantes en las ramas I y Q se combinan para formar la señal compleja de alta velocidad resultante. Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008).

Tabla C.27. características Señales en Ensanchador Enlace de Subida.

Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Factor de Ensanchamiento Rama I (DPDCH)	Factor de Ensanchamiento Rama I (DPDCH)	Velocidad de Chip Rama I (DPDCH) (Mcps)	Velocidad de Chip Rama Q (DPCCH) (Mcps)
12.2	64	256	3.84	3.84
64	16	256	3.84	3.84
144	8	256	3.84	3.84
384	4	256	3.84	3.84

Tabla C.28. características Señales en Ensanchador Enlace de Bajada.

Velocidad Transmisión de Datos DTCH (Kbps)	Factor de Ensanchamiento DPCH	Velocidad de Chip DPCH (Mcps)
12.2	128	3.84
64	32	3.84
144	16	3.84
384	8	3.84

– Aleatorizador.

- * Señales de entrada: Señal digital compleja de alta velocidad que representa la señal ensanchada. En el enlace de bajada se incluye señales complejas de alta velocidad que simulan las comunicaciones activas hacia otros usuarios (interferencia) que parten de la misma estación base.
- * Variables de entrada:
 - Tipo de código de aleatorización: atributo que identifica si el tipo de código a utilizar es corto (*short*) o largo (*long*).
 - Código de aleatorización: atributo que identifica a una señal binaria compleja que permite la aleatorización de la señal binaria

compleja de entrada sin afectar su velocidad o ancho de banda.

- * Señales de salida: Señal digital compleja de alta velocidad aleatorizada (codificada). Además a la salida se obtienen las señales de los canales comunes y las señales que simulan otras comunicaciones activas aleatorizadas (codificadas).
- * Variables de salida:
 - Velocidad de chip: en la tablas C.27 y C.28 se observan las velocidades de chip en los enlaces de bajada y subida, basadas en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH. Se debe tener en cuenta que la velocidad de chip no es afectada por el proceso de aleatorización.
- * Descripción: La aleatorización se necesita en el enlace de bajada para identificar las señales que provienen de una misma estación base. La aleatorización se necesita en el enlace de subida para distinguir las señales provenientes de cada uno de los terminales móviles. La aleatorización no afecta el ancho de banda de la señal ensanchada.
Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008).

– Conformador de pulsos.

- * Señales de entrada: Señal digital compleja de alta velocidad aleatorizada con señales de los canales comunes y señales que simulan otras comunicaciones activas aleatorizadas. Adicionalmente ingresan las señales correspondientes a los canales de sincronismo primario y secundario.
- * Variables de entrada:
 - Tipo de filtro: Atributo que identifica el tipo de filtro de conformación de pulsos a utilizar, que para este caso es el filtro de raíz de coseno alzado (RRC).
 - Factor de *roll-off*: atributo que identifica la respuesta en frecuencia del filtro, que para este caso es igual a 0.22.
- * Señales de salida: Señal digital compleja de alta velocidad filtrada que representa la señal en banda base a transmitir por el canal de

comunicaciones. Además a la salida se obtienen las señales de los canales comunes, las señales que simulan otras comunicaciones activas y los canales de sincronismo filtrados.

* Variables de salida:

- Velocidad de chip: en la tablas C.27 y C.28 se observan las velocidades de chip en los enlaces de bajada y subida, basadas en las velocidades iniciales de transmisión de datos DTCH. Se debe tener en cuenta que la velocidad de chip no es afectada por el proceso de conformación de pulsos.

* Descripción: La conformación de pulsos es un tipo de filtrado que busca reducir y limitar las componentes de frecuencia que serán radiadas de una señal

Mayor información se encuentra en la especificación (3GPP TS 25.101 V8.2.0., 2008; 3GPP TS 25.104 V8.2.0 , 2008).

– Canales comunes.

Descripción valida para el enlace de bajada.

* Señales de entrada: Ninguna.

* Variables de entrada:

- Canales a generar: Atributo que identifica el tipo de señales a generar que representaran los canales comunes.

* Señales de salida: Señal digital compleja de alta velocidad que representa la combinación de las señales de los canales comunes utilizados por la estación base en su comunicación con el terminal móvil.

* Variables de salida:

- Velocidad de chip: 3.84 Mcps.

* Descripción: Señales que representan los canales comunes utilizados por la estación base para su comunicación con los terminales móviles.

– Canales ortogonales.

Descripción valida para el enlace de bajada.

* Señales de entrada: Ninguna.

- * Variables de entrada:
 - Canales a generar: Atributo que identifica el tipo de señales a generar que representaran señales simultaneas que transmite la estación base a otros usuarios en el sistema, los cuales tienen llamadas activas.
 - * Señales de salida: Señal digital compleja de alta velocidad que representa otras comunicaciones activas simultaneas que tienen origen en la misma estación base.
 - * Variables de salida:
 - Velocidad de chip: 3.84 Mcps.
 - * Descripción: Señales generadas por la misma estación base que representan otras llamadas activas en la celda, las cuales permiten evaluar el desempeño del sistema ante interferencia.
- Canal SCH.
- Descripción valida para el enlace de bajada.
- * Señales de entrada: ninguna.
 - * Variables de entrada:
 - Canales a generar: Atributo que identifica el tipo de señales a generar que representaran los canales de sincronismo primario y secundario.
 - * Señales de salida: Señal digital compleja periódica activa durante un décimo del tiempo de duración de una ranura de tiempo, que representa los canales de sincronismo.
 - * Variables de salida:
 - Periodo de actividad: Atributo que identifica el porcentaje del tiempo de actividad de los canales de sincronismo con respecto al tiempo de duración de una ranura de tiempo.
 - * Descripción: Señales generadas por la estación base que le permiten a los terminales móviles identificar la estación base a la cual se encuentran conectados y sincronizarse con ella. Los canales se transmiten de forma simultanea

C.3.2 Modelo de simulación: Subsistema Canal

El subsistema canal de manera general contiene los componentes que se visualizan en la figura C.16.

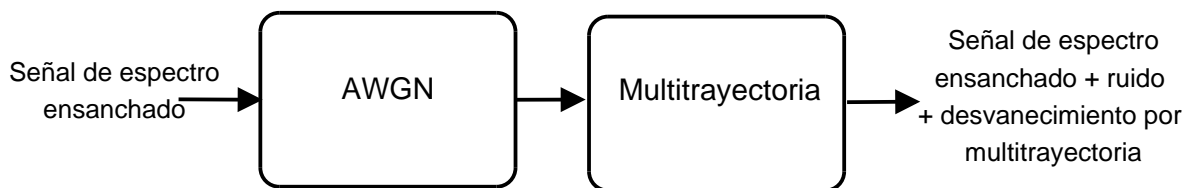


Figura C.16. Estructura General Subsistema Canal.

Por lo tanto, y teniendo en cuenta los bloques generales (Objetos) mostrados en la figura C.16, la caracterización para cada uno de las partes del subsistema de modelo del canal es la siguiente:

AWGN

- Señal de entrada: señal de espectro ensanchado (ver figura C.17).
- Variables de entrada:
 - Relación E_b/N_o o Relación Señal a Ruido (SNR, *Signal to Noise Ratio*).
- Señal de salida: señal de espectro ensanchado afectada por AWGN (ver figura C.17).
- Descripción: Este bloque añade una cantidad de AWGN determinado por la relación E_b/N_o o la relación señal a ruido.

Multitrayectoria

- Señal de entrada: señal de espectro ensanchado afectada por AWGN.
- Variables de entrada:

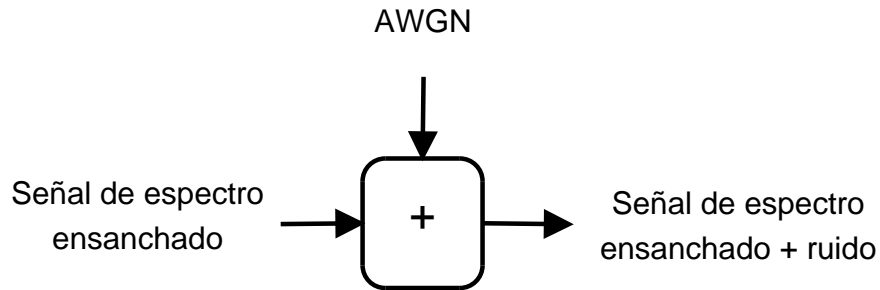


Figura C.17. Funcionamiento Bloque AWGN.

- Vector de retardo de los trayectos: atributo que define los valores de los retardos relativos que afectan a la señal en cada uno de los posibles trayectos entre el transmisor y el receptor.
- Vector de potencia de los trayectos: atributo que define los valores de potencia (atenuación) relativa que afecta a la señal en cada uno de los posibles trayectos entre el transmisor y el receptor.
- Señal de salida: señal de espectro ensanchado afectada por AWGN y por multitrayectoria.
- Descripción: La multitrayectoria puede generar desvanecimiento o atenuación considerable en la señal que llega al receptor, cuando los ecos o replicas de la señal original, afectados cada uno de manera independiente por diferentes retardos y atenuaciones en el canal, se cancelan al sumar sus contribuciones en la entrada al receptor.

C.3.3 Modelo de simulación: Subsistema Receptor

El subsistema receptor de manera general contiene los componentes que se visualizan en la figura C.18.

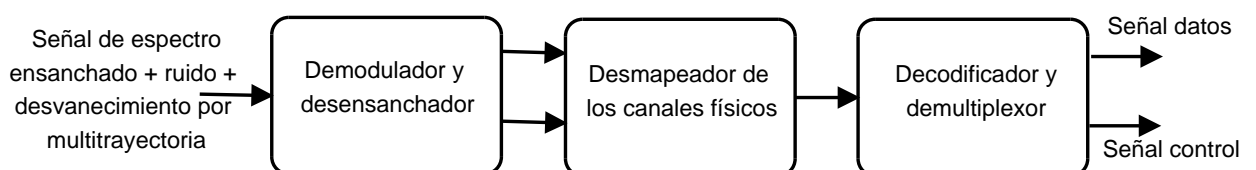


Figura C.18. Estructura General Subsistema Receptor.

El bloque demodulador y desensanchador presenta la estructura interna que se visualiza en la figura C.19.

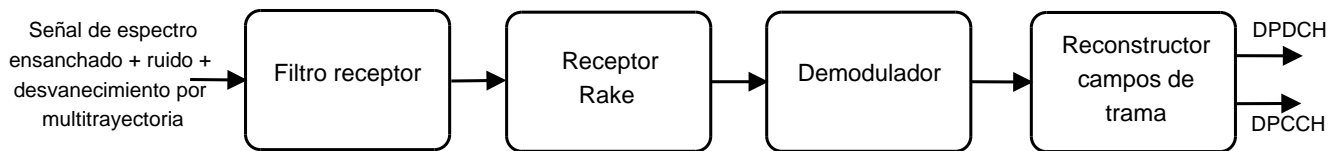


Figura C.19. Estructura Interna Bloque demodulador y desensanchador.

El bloque desmapeador de los canales físicos en el enlace de subida y en el enlace de bajada presenta la estructura interna que se visualiza en las figuras C.20 y C.21.

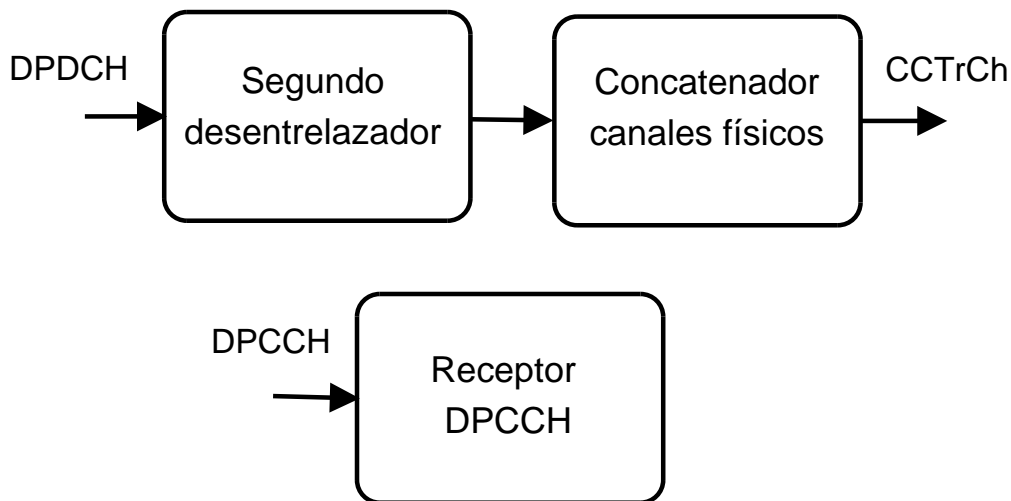


Figura C.20. Estructura Interna Bloque Desmapeador de los Canales Físicos en el Enlace de Subida.

El bloque decodificador y demultiplexor en el enlace de subida y en el enlace de bajada presenta la estructura interna que se visualiza en las figuras C.22 y C.23.

C.3.4 Demodulador y Desensanchador

- Señal de entrada: señal de espectro ensanchado afectada por ruido y multitrayectoria.
- Variables de entrada:

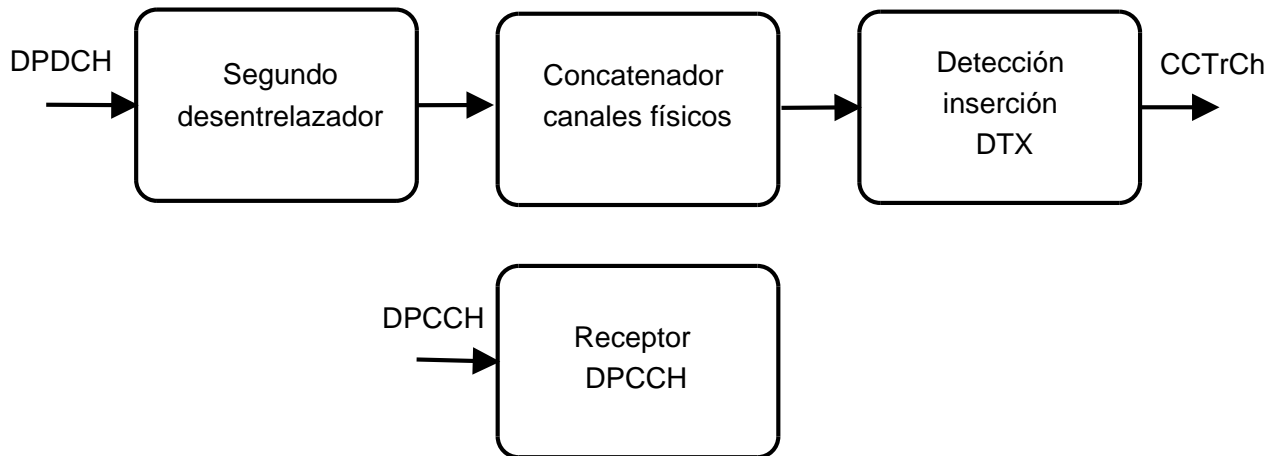


Figura C.21. Estructura Interna Bloque Desmapeador de los Canales Físicos en el Enlace de Bajada.

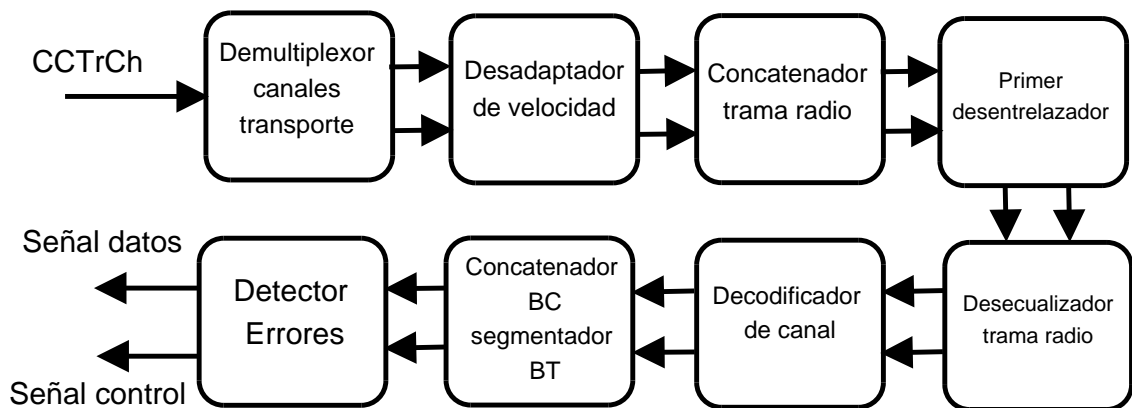


Figura C.22. Estructura Interna Bloque Decodificador y Demultiplexor en el Enlace de Subida.

- Velocidad de chip: atributo igual a 3.84 Mcps (ver tablas C.27 y C.28).
- Señal de salida: señales digitales en tramas radio divididas en 15 ranuras de tiempo correspondiente a los canales DPDCH y DPCCH.
- Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión de datos DPDCH (ver tabla C.22 según dirección de enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Velocidad de transmisión de datos DPCCH (ver tabla C.23 según dirección de enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).

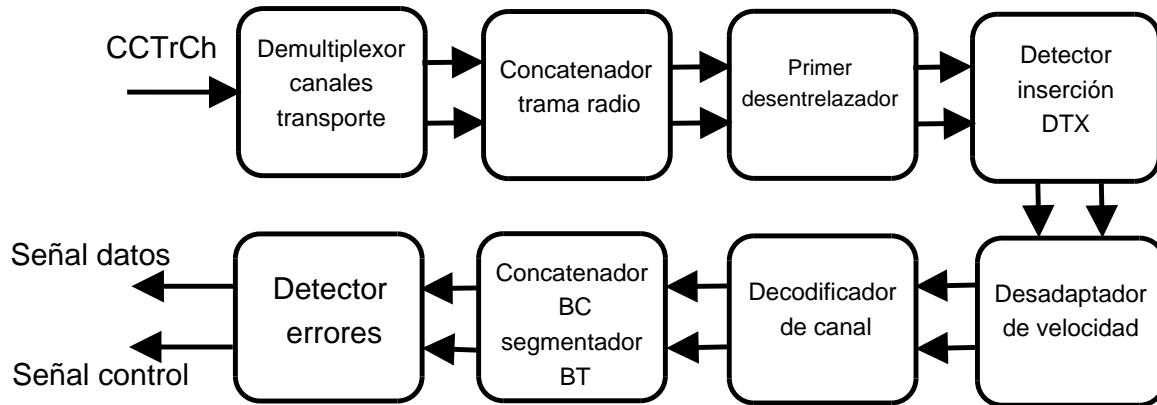


Figura C.23. Estructura Interna Bloque Decodificador y Demultiplexor en el Enlace de Bajada.

- Tamaño DPDCH (ver tablas C.18 y C.22 según dirección de enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
- Tamaño DPCCH (ver tablas C.18 y C.23 según dirección de enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
- Señales propias de procesos internos: El bloque demodulador y desensanchador, identificado como sujeto en el análisis y recolección de información, tiene internamente 4 componentes con sus respectivas señales y variables. Estos se muestran a continuación para cada componente.
 - Filtro receptor.
 - * Señal de entrada: señal de espectro ensanchado afectada por ruido y multitrayectoria.
 - * Variables de entrada:
 - velocidad de chip.
 - Tipo de filtro: Atributo que identifica el tipo de filtro a utilizar, que para este caso es el filtro de raíz de coseno alzado (RRC).
 - Factor de *roll-off*: atributo que identifica la respuesta en frecuencia del filtro, que para este caso es igual a 0.22.
 - * Señal de salida: señal de espectro ensanchado filtrada afectada por ruido y multitrayectoria.
 - * Variable de salida:

- velocidad de chip
 - * Descripción: El filtro utilizado en el receptor tiene las mismas características que el filtro conformador de pulsos utilizado en transmisión. La señal de entrada debe ser separada en sus componentes real e imaginaria y a cada una de estas componentes se aplica el filtro de manera simultánea e independiente
- Receptor tipo *Rake*.
- * Señal de entrada: señal de espectro ensanchado filtrada afectada por ruido y multitrayectoria.
 - * Variables de entrada:
 - Velocidad de chip.
 - Tipo de código de aleatorización.
 - Código de aleatorización.
 - Factor de ensanchamiento.
 - Número de dedos en el receptor tipo *Rake*.
 - Vector de retardo de los trayectos: atributo que define los valores de los retardos relativos que afectaron la señal en cada uno de los posibles trayectos entre el transmisor y el receptor.
 - Vector de potencia de los trayectos: atributo que define los valores de potencia (atenuación) relativa que afectaron a la señal en cada uno de los posibles trayectos entre el transmisor y el receptor.
 - * Señal de salida: señal digital de valor complejo libre de los efectos de ruido y multitrayectoria.
 - * Variable de salida:
 - Velocidad de transmisión de datos componente de señal real (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Velocidad de transmisión de datos componente de señal imaginaria (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño componente de señal real (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).

- Tamaño componente de señal imaginaria (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Descripción: El receptor tipo *Rake* está compuesto por un grupo de dedos y un bloque combinador. Cada dedo del receptor tipo *Rake* es un receptor independiente para cada trayecto de propagación específico, que compensa el retardo y la atenuación del respectivo trayecto. En cada dedo la señal se desaleatoriza al multiplicar la señal de entrada por el complejo conjugado del código de aleatorización utilizado en transmisión. Según sea la dirección del enlace, se define el factor de ensanchamiento y el código de ensanchamiento a utilizar en las ramas I (componente real) y Q (componente imaginaria). Los símbolos de salida de todos los dedos se combinan coherentemente por el bloque combinador del receptor tipo *Rake* para generar los símbolos recibidos con la máxima relación señal ruido. En la entrada, el dedo del receptor tipo *Rake* procesa muestras a velocidad de chip y en la salida la combinación correlación resulta a una velocidad de símbolos o de bits por segundo.
Mayor información en (Holma y Toskala., 2004).
- Demodulador.
- * Señal de entrada: señal digital de valor complejo.
 - * Variable de entrada:
 - Velocidad de transmisión de datos componente de señal real (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Velocidad de transmisión de datos componente de señal imaginaria (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño componente de señal real (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño componente de señal imaginaria (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Señal de salida: señales digitales reales que corresponden a las ramas I y Q del demodulador.

- * Variable de salida:
 - Velocidad de transmisión de datos rama I (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Velocidad de transmisión de datos rama Q (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño señal rama I (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño señal rama Q (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Descripción: Transforma una señal compleja en dos señales de valor real (DPDCH y DPCCH). En el caso del enlace de bajada concatena serialmente las dos señales de valor real para formar el DPCH, los elementos de la rama I se convierten en los elementos impares de la señal de salida, mientras que los elementos de la rama Q se convierten en los elementos pares de la señal de salida.
- Reconstructor campos de trama.
- * Señal de entrada: señales digitales demoduladas de valor real (DPDCH y DPCCH) en el caso del enlace de subida. Señal digital demodulada de valor real (DPCH) en el caso del enlace de bajada.
 - * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión de datos rama I (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Velocidad de transmisión de datos rama Q (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño señal rama I (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño señal rama Q (ver tablas C.25 y C.26 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Señal de salida: señal digital en tramas radio divididas en 15 ranuras de tiempo correspondiente a los canales físicos DPDCH y DPCCH.
 - * Variable de salida:

- Velocidad de transmisión de datos DPDCH (ver tabla C.22 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Velocidad de transmisión de datos DPCCH (ver tabla C.23 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño de la trama DPDCH (ver tabla C.22 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño de la trama DPCCH (ver tabla C.23 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Bits por ranura de tiempo DPDCH (ver tabla C.22 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Bits por ranura de tiempo DPCCH (ver tabla C.23 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
- * Descripción: Este bloque permite el almacenamiento de los símbolos o bits de entrada para generar los campos de las tramas de los canales físicos DPDCH y DPCCH. En el enlace de subida, la señal real correspondiente a la rama I del demodulador corresponde al canal DPDCH y la la señal real correspondiente a la rama Q del demodulador corresponde al canal DPCCH. En el enlace de bajada, la señal real concatenada serialmente contiene campos correspondientes al DPDCH y DPCCH, de la cual se debe extraer los canales DPDCH y DPCCH de acuerdo al formato de combinación utilizado en transmisión. El campo TFCI del DPCCH contiene la información del formato de transporte utilizado en transmisión.

C.3.5 Desmapeador de los Canales Físicos

- Señal de entrada: señales digitales en tramas radio divididas en 15 ranuras de tiempo correspondiente a los canales DPDCH y DPCCH.
- Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión de datos DPDCH (ver tabla C.22 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).

- Velocidad de transmisión de datos DPCCH (ver tabla C.23 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño DPDCH (ver tablas C.18 y C.22 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño DPCCH (ver tablas C.18 y C.23 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
- Señal de salida: señal digital correspondiente al canal de transporte compuesto y codificado (CCTrCH).
 - Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión de datos CCTrCH (ver tabla C.17 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño CCTrCH (ver tabla C.17 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Señales propias de procesos internos: El bloque desmapeador de los canales físicos, identificado como sujeto en el análisis y recolección de información, tiene internamente tres (3) componentes en el enlace de subida y cuatro (4) componentes en el enlace de bajada, con sus respectivas señales y variables. Estos se muestran a continuación para cada componente.
 - Receptor DPCCH.
 - * Señal de entrada: señal digital correspondiente al canal DPCCH.
 - * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión de datos DPCCH (ver tabla C.23 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño DPCCH (ver tablas C.18 y C.23 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Señal de salida: ninguna.
 - * Variables de salida: ninguna.

- * Descripción: Se recuperan los campos relacionados con el canal DCCH: TFCI, FBI, TPC y bits piloto.
- Segundo desentrelazador.
- * Señal de entrada: señal digital en tramas radio divididas en 15 ranuras de tiempo correspondiente al canal DPDCH.
 - * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión de datos DPDCH (ver tabla C.22 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño DPDCH (ver tablas C.18 y C.22 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Señal de salida: señal digital correspondiente al canal DPDCH desentrelazado.
 - * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión de datos DPDCH (ver tabla C.22 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño DPDCH (ver tablas C.18 y C.22 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Descripción: Se aplica el proceso inverso al segundo entrelazador.
- Concatenador de canales físicos.
- * Señal de entrada: señal digital correspondiente al canal DPDCH desentrelazado.
 - * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión de datos DPDCH (ver tabla C.22 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño DPDCH (ver tablas C.18 y C.22 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Señal de salida: señal digital correspondiente al canal de transporte compuesto y codificado (CCTrCH).

- * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión de datos CCTrCH (ver tabla C.17 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño CCTrCH (ver tabla C.17 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
- * Descripción: Se aplica el proceso inverso al segmentador canal físico. En la simulación solo habrá un canal físico dedicado de datos (DPDCH), por lo tanto en este bloque la entrada es igual a la salida y el resultado será el canal de transporte compuesto y codificado (CCTrCH), el cual en el enlace de bajada puede contener indicadores de DTX, espacios utilizados para transmitir información de otros servicios.

– Detección inserción DTX.

Descripción válida para el enlace de bajada.

- * Señal de entrada: señal digital en tramas radio divididas en 15 ranuras de tiempo correspondiente al canal DPDCH.
- * Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión de datos DPDCH (ver tabla C.22 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño DPDCH (ver tablas C.18 y C.22 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
- * Señal de salida: señal digital correspondiente al canal de transporte compuesto y codificado (CCTrCH) sin símbolos que representen indicación de DTX.
- * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión de datos CCTrCH (ver tabla C.17 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño CCTrCH (ver tabla C.17 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
- * Descripción: Elimina símbolos que representan la inserción DTX relacionados con datos de otros servicios.

C.3.6 Decodificador y Demultiplexor

- Señal de entrada: señal digital correspondiente al canal de transporte compuesto y codificado (CCTrCH).
- Variables de entrada:
 - Velocidad de transmisión de datos CCTrCH (ver tabla C.17 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño CCTrCH (ver tabla C.17 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
- Señal de salida: señales digitales (datos y control) relacionadas a la información de usuario.
- Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión de bits de datos (ver tabla C.1 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - velocidad de bits de control: 2.5 kbps (ver tabla C.1 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño de cada bloque de transporte (ver tabla C.2 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
- Señales propias de procesos internos: El bloque decodificador y demultiplexor, identificado como sujeto en el análisis y recolección de información, tiene internamente ocho (8) componentes en el enlace de subida y ocho (8) componentes en el enlace de bajada, con sus respectivas señales y variables. Estos se muestran a continuación para cada componente.
 - Demultiplexor canales de transporte.
 - * Señal de entrada: señal digital correspondiente al canal de transporte compuesto y codificado (CCTrCH).
 - * Variables de entrada:

- Velocidad de transmisión de datos CCTrCH (ver tabla C.17 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño CCTrCH (ver tabla C.17 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Señal de salida: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH).
 - * Variables de salida:
 - Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) (ver tablas C.11 y C.15 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) (ver tablas C.11 y C.15 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño trama radio (DTCH) (ver tablas C.12, C.15 y C.16 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - Tamaño trama radio (DCCH) (ver tablas C.12, C.15 y C.16 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Descripción: Realiza el proceso inverso al multiplexor de canales de transporte en el transmisor, obteniendo los canales de transporte DTCH y DCCH a partir del canal de transporte compuesto y combinado (CCTrCH).
- Desadaptador de velocidad.

Descripción válida para el enlace de subida.

- * Señal de entrada: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH).
- * Variables de entrada:
- * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) (ver tablas C.11 y C.15 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).

- * Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) (ver tablas C.11 y C.15 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño trama radio (DTCH) (ver tablas C.12, C.15 y C.16 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño trama radio (DCCH) (ver tablas C.12, C.15 y C.16 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Atributo de correspondencia de velocidades.
 - * porcentaje de repetición o perforación (ver tabla C.11).
- Señal de salida: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH) desadaptadas en velocidad.
 - Variables de salida:
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) (ver tabla C.10 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 9 Kbps.
 - * Tamaño trama radio (DTCH) (ver tabla C.10 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño trama radio (DCCH) : 90 bits.
 - Descripción: Realiza el proceso inverso al adaptador de velocidad. Se debe tener en cuenta que lo que en transmisor era el porcentaje de repetición en el receptor es el porcentaje de repetición y viceversa.
- Concatenador trama radio.

Descripción valida para el enlace de subida.

- Señal de entrada: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH) desadaptadas en velocidad.
- Variables de entrada:
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) (ver tabla C.10 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 9 Kbps.

- * Tamaño trama radio (DTCH) (ver tabla C.10 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño trama radio (DCCH) : 90 bits.
 - Señal de salida: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y de control (DCCH) en tramas radio concatenadas.
 - Variables de salida:
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) (ver tabla C.8 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 9 Kbps.
 - * Tamaño canal DTCH concatenado (ver tabla C.8 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal DCCH concatenado: 360 bits.
 - * TTI (DTCH) (ver tabla C.8 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI (DCCH):40 ms.
 - Descripción: Realiza el proceso inverso a la segmentación de la trama radio, concatenando los canales de transporte DTCH y DCCH de duración 10ms hasta lograr la duración de los respectivos canales de transporte relacionada al TTI.
- Primer desentrelazador.

Descripción válida para el enlace de subida.

- Señal de entrada: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y de control (DCCH) en tramas radio concatenadas.
- Variables de entrada:
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) (ver tabla C.8 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 9 Kbps.

- * Tamaño canal DTCH concatenado (ver tabla C.8 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal DCCH concatenado: 360 bits.
 - * TTI (DTCH) (ver tabla C.8 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI (DCCH):40 ms.
- Señal de salida: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y de control (DCCH) desentrelazados.
 - Variables de salida:
 - * Velocidad de transmisión canal de transporte de datos (DTCH) desentrelazado (ver tabla C.7 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Velocidad de transmisión canal de transporte de control (DCCH) desentrelazado: 9 Kbps.
 - * Tamaño canal de transporte de datos (DTCH) desentrelazado (ver tabla C.7 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal de transporte de control (DCCH) desentrelazado: 360 bits.
 - * TTI (DTCH) (ver tabla C.7 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI (DCCH):40 ms.
 - Descripción: Realiza el proceso inverso al primer entrelazador. Las características generales de los canales de transporte no cambian, solo la posición de los bits dentro de cada uno de ellos.
- Desecualizador trama radio.

Descripción válida para el enlace de subida.

- Señal de entrada: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y de control (DCCH) desentrelazados.
- Variables de entrada:

- * Velocidad de transmisión canal de transporte de datos (DTCH) desentrelazado (ver tabla C.7 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Velocidad de transmisión canal de transporte de control (DCCH) desentrelazado: 9 Kbps.
 - * Tamaño canal de transporte de datos (DTCH) desentrelazado (ver tabla C.7 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal de transporte de control (DCCH) desentrelazado: 360 bits.
 - * TTI (DTCH) (ver tabla C.7).
 - * TTI (DCCH):40 ms.
 - Señal de salida: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y de control (DCCH) en tramas radio desecualizadas, que se convierten en los bloques código de datos y control codificados.
 - Variables de salida:
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) de bloques código codificados (ver tabla C.6 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) de bloques código codificados: 9 Kbps.
 - * Tamaño bloque código codificado (DTCH) (ver tabla C.6 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño bloque código codificado (DCCH): 360 bits.
 - * TTI bloque código codificado (DTCH) (ver tabla C.6 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI bloque código codificado(DCCH):40 ms.
 - Descripción: Realiza el proceso inverso al ecualizador de la medida de la trama radio. Las características generales de los canales de transporte no cambian, para los casos específicos modelados.
- Concatenador trama radio.

Descripción válida para el enlace de bajada.

- Señal de entrada: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH).
- Variables de entrada:
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) (ver tablas C.11 y C.15 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) (ver tablas C.11 y C.15 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño trama radio (DTCH) (ver tablas C.12, C.15 y C.16 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño trama radio (DCCH) (ver tablas C.12, C.15 y C.16 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
- Señal de salida: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) concatenados y de control (DCCH) en tramas radio concatenadas.
- Variables de salida:
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) (ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DCCH) (ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal de transporte DTCH (ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal de transporte DCCH (ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI canal de transporte DTCH (ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI canal de transporte DCCH:40 ms.
- Descripción: Realiza el proceso inverso a la segmentación de la trama radio, concatenando los canales de transporte DTCH y DCCH de duración 10ms hasta lograr la duración de los respectivos canales de transporte relacionada al TTI.

- Primer desentrelazador.

Descripción válida para el enlace de bajada.

- Señal de entrada: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) concatenados y de control (DCCH) en tramas radio concatenadas.
- Variables de entrada:
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) (ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DCCH) (ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal de transporte DTCH (ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal de transporte DCCH (ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI canal de transporte DTCH (ver tabla C.14 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI canal de transporte DCCH:40 ms.
- Señal de salida: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y de control (DCCH) desentrelazados.
- Variables de salida:
 - * Velocidad de transmisión canal de transporte datos (DTCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Velocidad de transmisión canal de transporte control (DCCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal de transporte de datos (DTCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).

- * Tamaño canal de transporte de control (DCCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI canal de transporte DTCH (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI canal de transporte DCCH:40 ms.
- Descripción: Realiza el proceso inverso al primer entrelazador. Las características generales de los canales de transporte no cambian, solo la posición de los bits dentro de cada uno de ellos.
- Detector Inserción DTX.

Descripción valida para el enlace de bajada.

- Señal de entrada: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y de control (DCCH) desentrelazados.
- Variables de entrada:
 - * Velocidad de transmisión canal de transporte datos (DTCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Velocidad de transmisión canal de transporte control (DCCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal de transporte de datos (DTCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal de transporte de control (DCCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI canal de transporte DTCH (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI canal de transporte DCCH:40 ms.

- Señal de salida: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y de control (DCCH) sin las inserciones de DTX.
 - Variables de salida:
 - * Velocidad de transmisión canal de transporte datos (DTCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Velocidad de transmisión canal de transporte control (DCCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal de transporte de datos (DTCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal de transporte de control (DCCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI canal de transporte DTCH (ver tabla C.13).
 - * TTI canal de transporte DCCH:40 ms.
 - Descripción: Realiza el proceso inverso a la inserción DTX. Las características generales de los canales de transporte no cambian.
- Desadaptador de velocidad.

Descripción válida para el enlace de bajada.

- Señal de entrada: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y de control (DCCH) sin las inserciones de DTX.
- Variables de entrada:
 - * Velocidad de transmisión canal de transporte datos (DTCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).

- * Velocidad de transmisión canal de transporte control (DCCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal de transporte de datos (DTCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño canal de transporte de control (DCCH) después del primer desentrelazador (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI canal de transporte DTCH (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI canal de transporte DCCH:40 ms.
 - * Atributo de correspondencia de velocidades.
 - * porcentaje de repetición o perforación (ver tabla C.13 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
- Señal de salida: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH) desadaptadas en velocidad, que se convierten en los bloques código de datos y control codificados.
- Variables de salida:
- * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) de bloques código codificados (ver tabla C.6 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) de bloques código codificados: 9 Kbps.
 - * Tamaño bloque código codificado (DTCH) (ver tabla C.6 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño bloque código codificado (DCCH): 360 bits.
 - * TTI (DTCH) (ver tabla C.6 según velocidad inicial de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI (DCCH):40 ms.

- Descripción: Realiza el proceso inverso al adaptador de velocidad. Se debe tener en cuenta que lo que en transmisor era el porcentaje de repetición en el receptor es el porcentaje de repetición y viceversa.
- Decodificador de velocidad.
 - Señal de entrada: señales digitales correspondientes a los canales de transporte de datos (DTCH) y control (DCCH) como bloques código de datos y control codificados.
 - Variables de entrada:
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) de bloques código codificados (ver tabla C.6 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * Velocidad de transmisión bits de control (DCCH) de bloques código codificados: 9 Kbps.
 - * Tamaño bloque código codificado (DTCH) (ver tabla C.6 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * Tamaño bloque código codificado (DCCH): 360 bits.
 - * TTI (DTCH) (ver tabla C.6 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * TTI (DCCH):40 ms.
 - Señal de salida: Señales digitales de datos (DTCH) y control (DCCH) en bloques código decodificados.
 - Variables de salida:
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) de bloques código (ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 2.8 Kbps.
 - * Número de bloques de transporte (DTCH) por TTI (ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * Número de bloques de transporte (DCCH) por TTI: 1.
 - * Tamaño bloque de transporte (DTCH) (ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).

- * Tamaño bloque de transporte (DCCH): 112.
 - * TTI (DTCH) (ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * TTI (DCCH):40 ms.
- Descripción: Realiza el proceso inverso a la codificación de canal, dependiendo si la codificación de canal utilizada en transmisión fue convencional o turbo.
- Concatenador BC segmentador BT.
 - Señal de entrada: Señales digitales de datos (DTCH) y control (DCCH) en bloques código decodificados. Se debe tener en cuenta que dadas las especificaciones no se realiza concatenación de bloques código y solo se segmenta en bloques de transporte para las velocidades de transmisión de datos de 144 Kbps y 384 Kbps en el enlace de subida. Para las otras velocidades de transmisión de datos existe un mapeo directo y transparente de bloques código en bloques de transporte.
 - Variables de entrada:
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) de bloques código (ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 2.8 Kbps.
 - * Número de bloques de transporte (DTCH) por TTI (ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * Número de bloques de transporte (DCCH) por TTI: 1.
 - * Tamaño bloque de transporte (DTCH) (ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * Tamaño bloque de transporte (DCCH): 112.
 - * TTI (DTCH) (ver tabla C.5 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * TTI (DCCH):40 ms.

- Señal de salida: señales digitales de datos y control en bloques de transporte que conforman el DTCH y el DCCH respectivamente y que incluyen los bits CRC.
 - Variables de salida:
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) (ver tabla C.4 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 2.8 Kbps.
 - * Tamaño bloque de transporte (DTCH) (ver tabla C.4 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * Tamaño bloque de transporte (DCCH): 112.
 - * TTI (DTCH) (ver tabla C.4 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * TTI (DCCH):40 ms.
 - Descripción: Realiza el proceso inverso a la concatenación de bloques transporte y segmentación de bloques código.
- Detector de errores.
 - Señal de entrada: señales digitales de datos y control en bloques de transporte que conforman el DTCH y el DCCH respectivamente y que incluyen los bits CRC.
 - Variables de entrada:
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) (ver tabla C.4 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 2.8 Kbps.
 - * Tamaño bloque de transporte (DTCH) (ver tabla C.4 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * Tamaño bloque de transporte (DCCH): 112.
 - * TTI (DTCH) (ver tabla C.4 según dirección del enlace y velocidad inicial de transmisión de datos).
 - * TTI (DCCH):40 ms.
 - * Polinomio generador CRC.

- Señal de salida: señales digitales de datos y control en bloques de transporte que conforman el DTCH y el DCCH respectivamente.
- Variables de salida:
 - * Velocidad de transmisión bits de datos (DTCH) (ver tabla C.2 según dirección del enlace).
 - * Velocidad de transmisión bits de control (DCCH): 2.5 Kbps.
 - * Número de bloques de transporte (DTCH) por TTI (ver tabla C.2 según dirección del enlace y velocidad de transmisión de datos DTCH).
 - * Número de bloques de transporte (DCCH) por TTI: 1.
 - * Tamaño bloque de transporte (DTCH) (ver tabla C.2 según dirección del enlace y velocidad de transmisión de datos DTCH).
 - * Tamaño bloque de transporte (DCCH): 100.
 - * TTI (DTCH) (ver tabla C.2 según dirección del enlace y velocidad de transmisión de datos DTCH).
 - * TTI (DCCH):40 ms.
- Descripción: La detección de errores en los bloques de transporte es posible gracias al uso de la verificación de redundancia cíclica (CRC). El código de verificación de redundancia cíclica se calcula sobre el bloque de transporte de datos y se compara con el código de verificación de redundancia recibido. Si son diferentes se reporta que existen errores en el bloque transmitido.

C.4 Evaluación del Modelo

C.4.1 Verificación de Variables

Después de analizar cada uno de los objetos, y teniendo en cuenta que las especificaciones técnicas 3GPP de la serie 25, se puede decir que el tipo y número de variables que se han definido para cada bloque satisfacen los requisitos para la representación de la información de entrada y salida de cada uno de los subsistemas que conforman el sistema.

C.4.2 Complejidad Resultante de cada Objeto

El sistema a simular presenta una alta complejidad, sin embargo el análisis realizado está enfocado hacia subsistemas que facilitan la descripción y definición de los atributos y servicios de cada bloque u objeto, lo cual permite visualizar claramente el comportamiento de los procesos de interés definidos en los objetivos de esta simulación. Durante el proceso de simulación se maneja un alto nivel de abstracción el cual disminuirá progresivamente permitiendo, comprobar y visualizar las variables y señales a lo largo de todo el sistema.

C.4.3 Evaluación de los Objetivos

De acuerdo al modelo planteado y a los objetivos definidos, se puede concluir que este permite evaluar y observar el comportamiento de los diferentes procesos que actúan sobre la señal de entrada a cada subsistema. La aplicación de este modelo de simulación permite evaluar y analizar el desempeño de WCDMA en los enlaces de subida y de bajada.

El modelo por medio de los objetos y variables de cada subsistema permite la visualización y análisis de los procesos de codificación y multiplexación, mapeo en los canales físicos, ensanchamiento y modulación, y los procesos inversos en recepción que se aplican a la señal de información que se introduce al sistema.

Como consecuencia de la correcta definición de variables y de la adecuada subdivisión del sistema se puede decir que el modelo implementado representa adecuadamente al sistema y permite observar sus principales características por medio del análisis de los datos obtenidos.

C.4.4 Complejidad del Proyecto

Con este proyecto se simulará los enlaces de subida y de bajada del sistema WCDMA en modo FDD a nivel físico. Las velocidades a simular son las de 12.2, 64, 144 y 384 Kbps, con las cuales se verificarán y analizarán las características de WCDMA. Teniendo en cuenta la complejidad del modelo obtenido y las características mencionadas del sistema a simular, se puede afirmar que es viable continuar con la simulación a nivel de enlace.

Apéndice D

Resultados Simulación a Nivel de Enlace

En el presente apéndice se muestran de manera gráfica los resultados de la simulación a nivel de enlace¹, tanto en el enlace de subida como de bajada, que permiten evaluar el desempeño del sistema WCDMA para diferentes velocidades de transmisión de datos y para diferentes modelos de canal.

D.1 Resultados en el Enlace de Subida

En esta sección se muestran de manera gráfica los resultados de la simulación a nivel de enlace para el enlace de subida, teniendo en cuenta y no diversidad de recepción en la estación base, con el objeto de evaluar el desempeño del sistema WCDMA para diferentes velocidades de transmisión de datos y para diferentes modelos de canal.

¹Las simulaciones a nivel de enlace son aquellas simulaciones que tienen en cuenta los diferentes procesamientos de señal en los primeros niveles del modelo de referencia OSI, tanto en el transmisor como en el receptor incluyendo al canal de comunicaciones y como este afecta la señal, para finalmente determinar dadas las características de una tecnología y las condiciones del canal, el valor de E_b/N_o requerido para lograr una determinada calidad, representada esta última como la tasa de error de bit (BER) o la tasa de error de bloque (BLER).

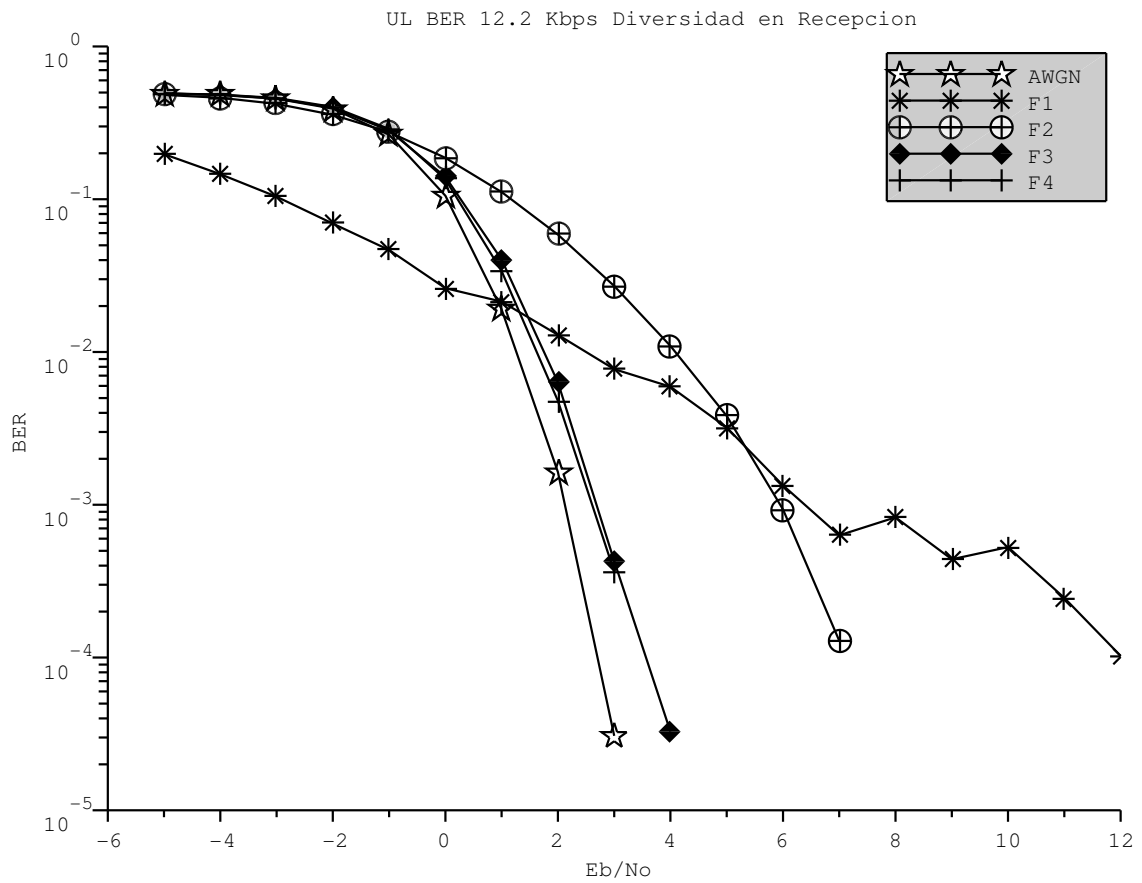


Figura D.1. Tasa de Error de Bit (BER) para 12 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

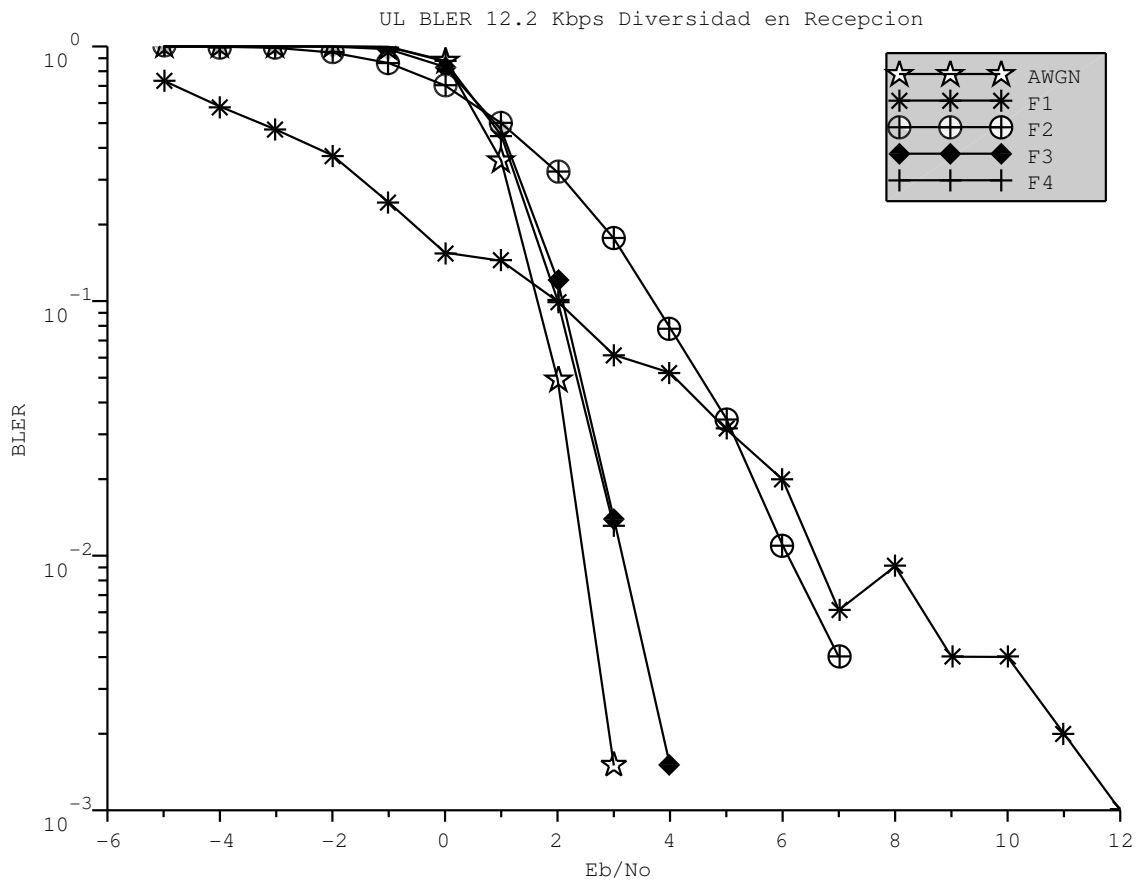


Figura D.2. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 12.2 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

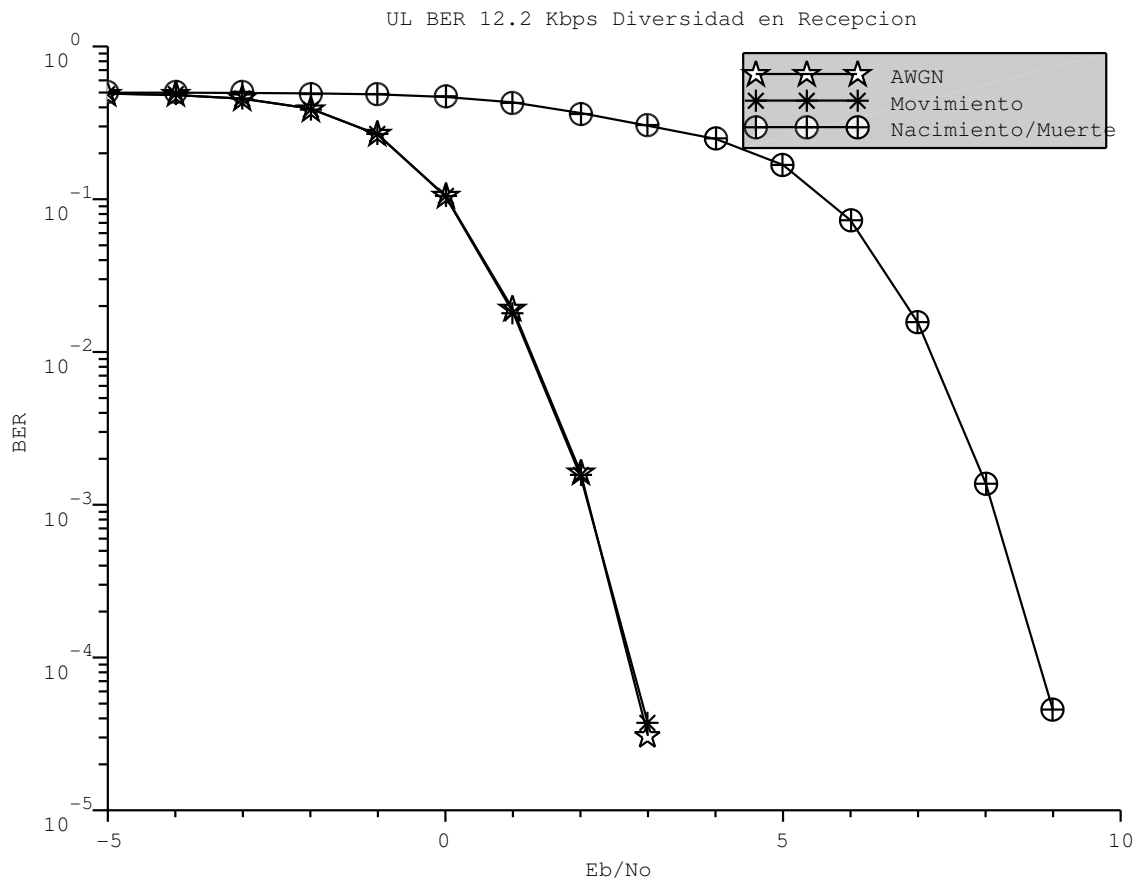


Figura D.3. Tasa de Error de Bit (BER) para 12.2 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los canales AWGN y en Condición de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.

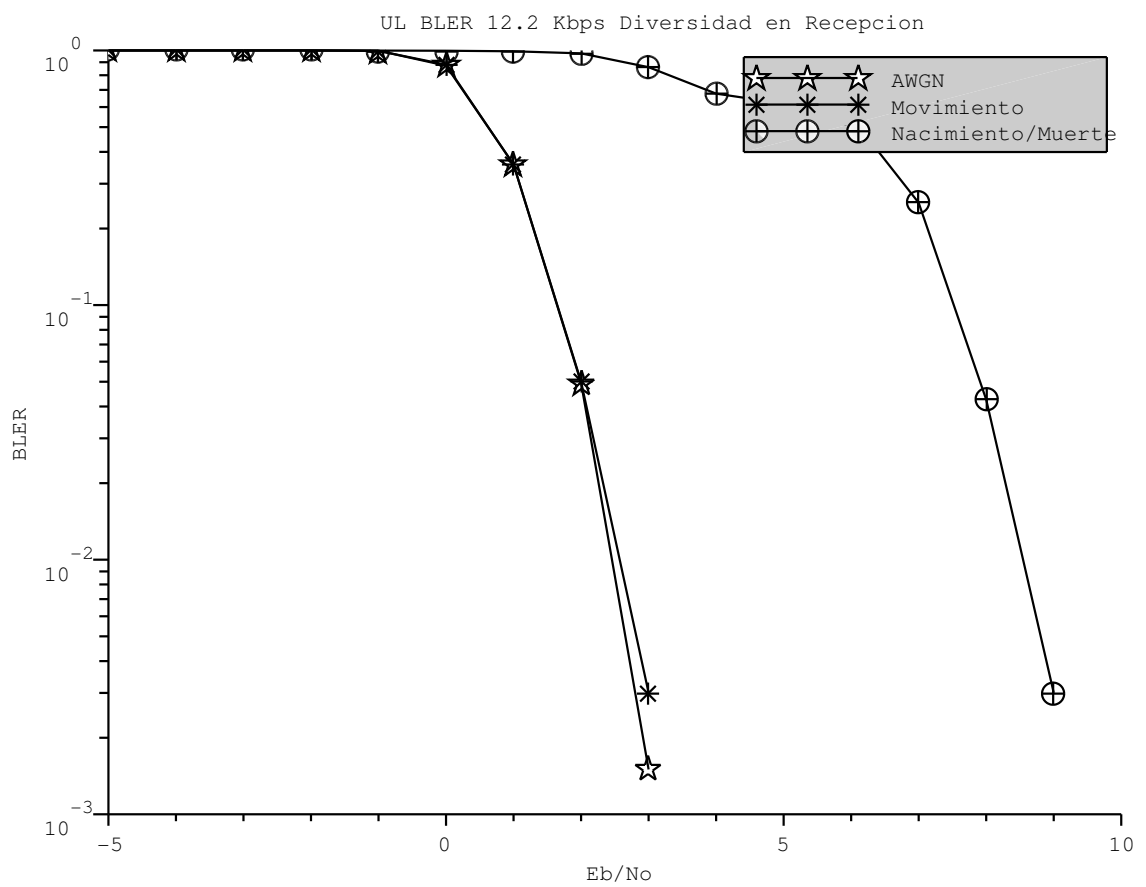


Figura D.4. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 12 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los canales AWGN y en Condición de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.

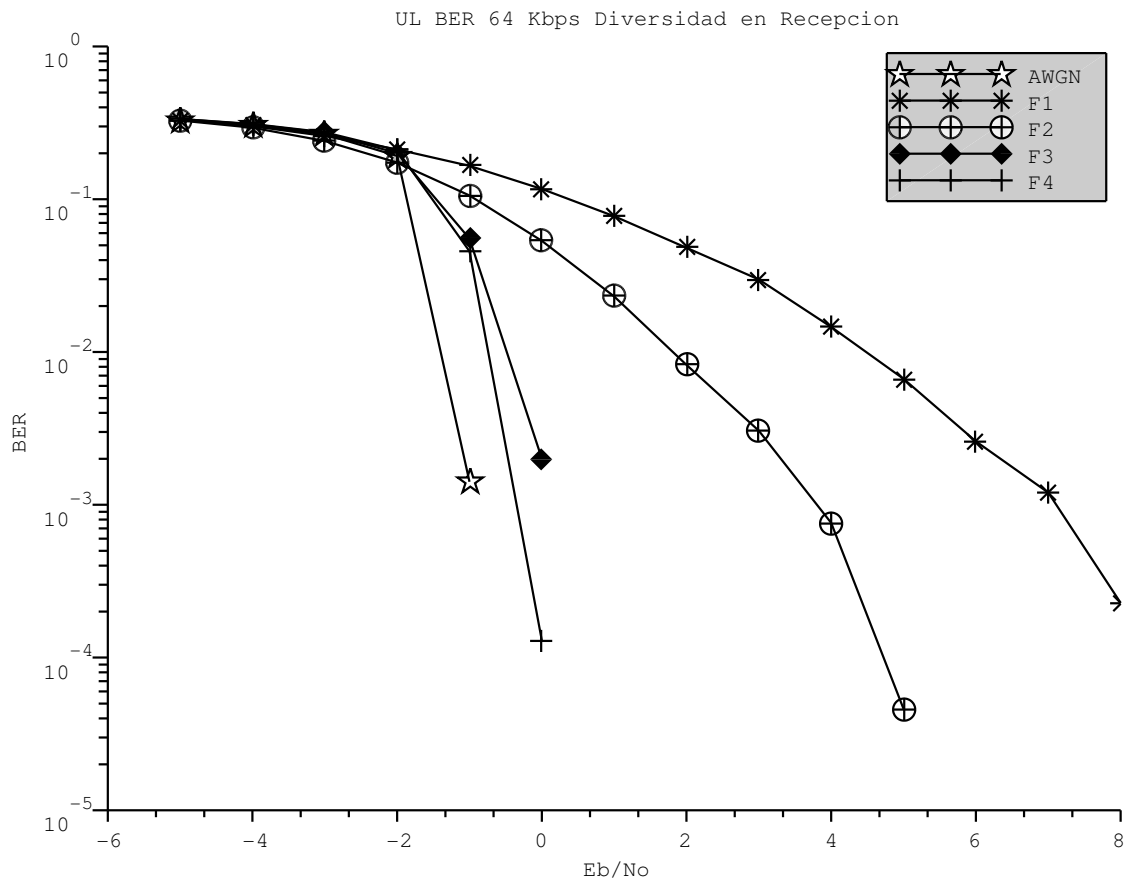


Figura D.5. Tasa de Error de Bit (BER) para 64 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

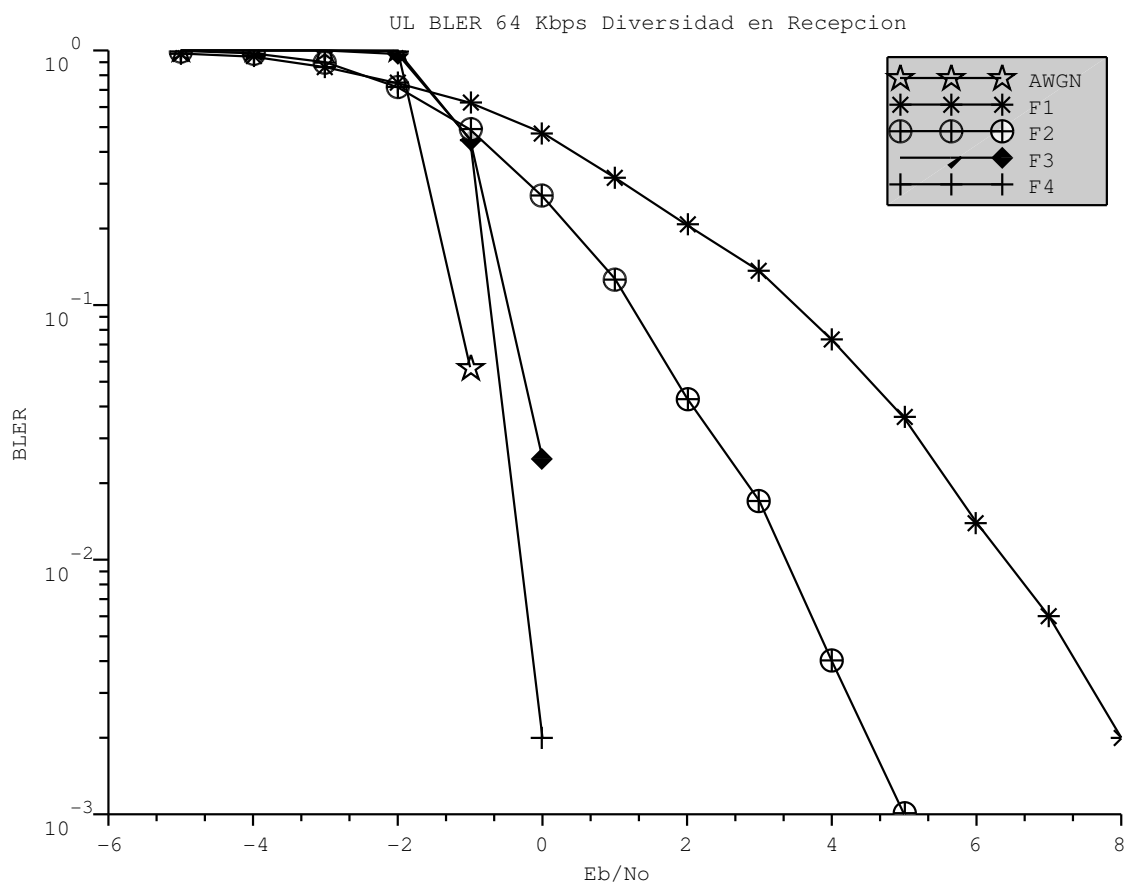


Figura D.6. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 64 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

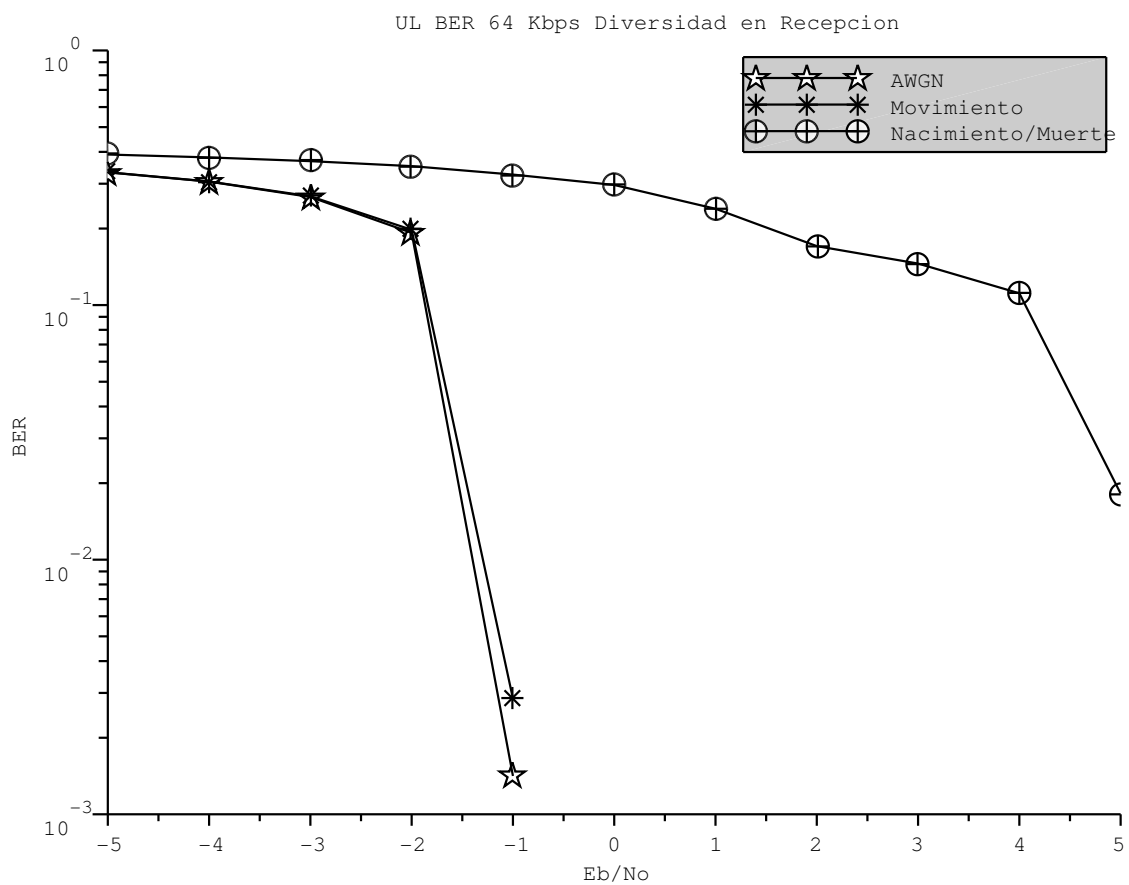


Figura D.7. Tasa de Error de Bit (BER) para 64 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los canales AWGN y en Condición de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.

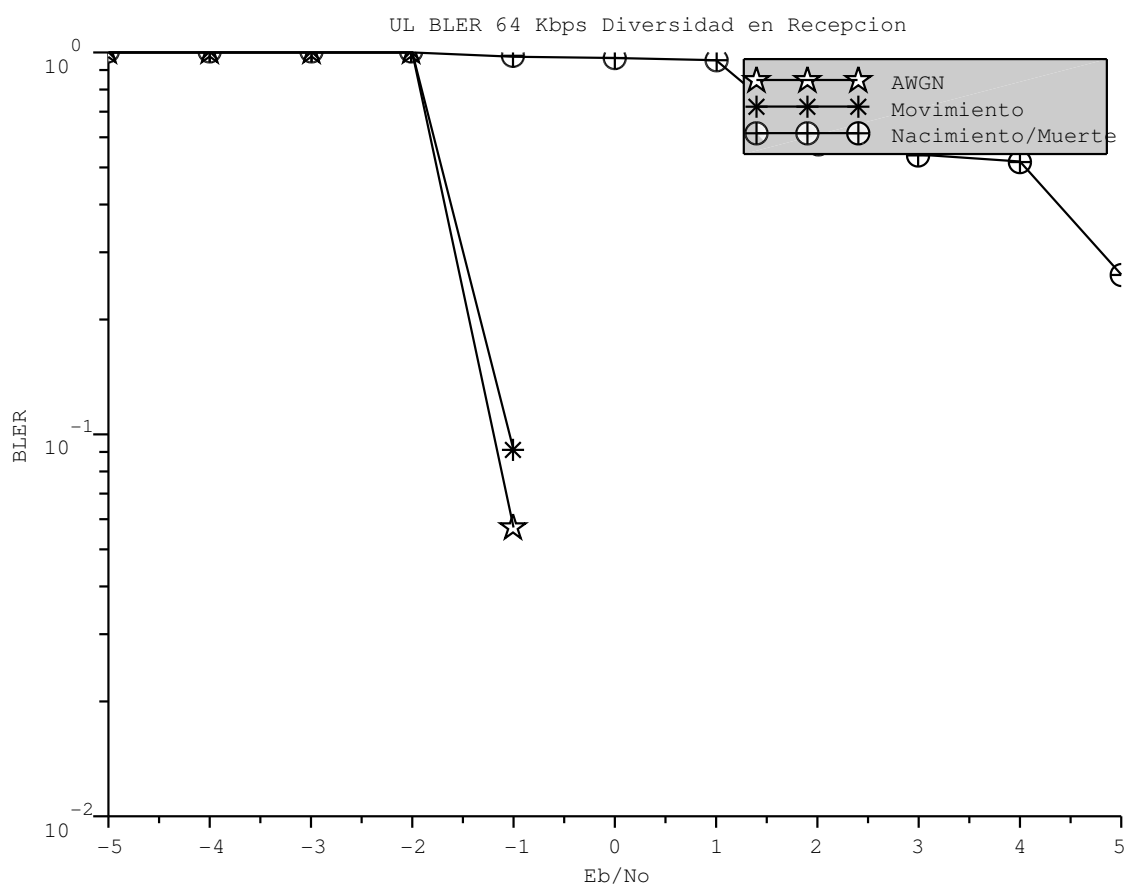


Figura D.8. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 64 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los canales AWGN y en Condición de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.

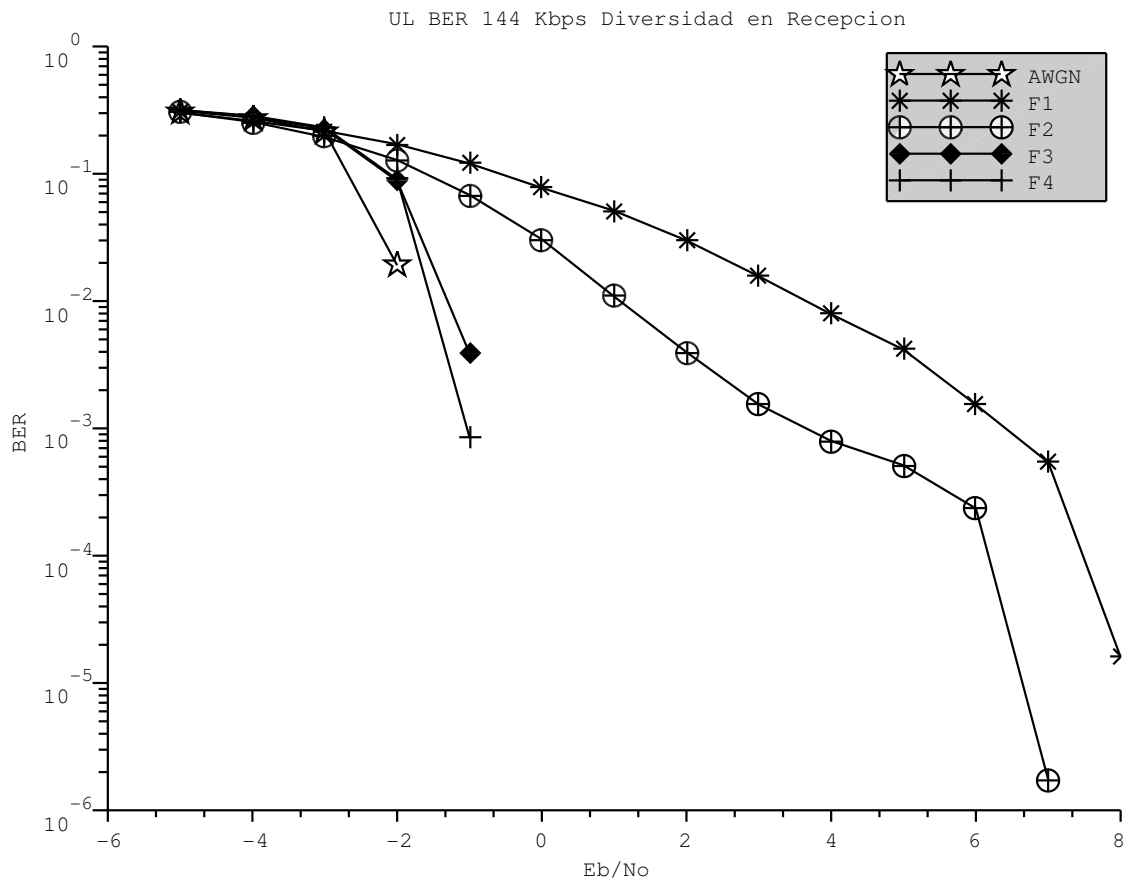


Figura D.9. Tasa de Error de Bit (BER) para 144 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

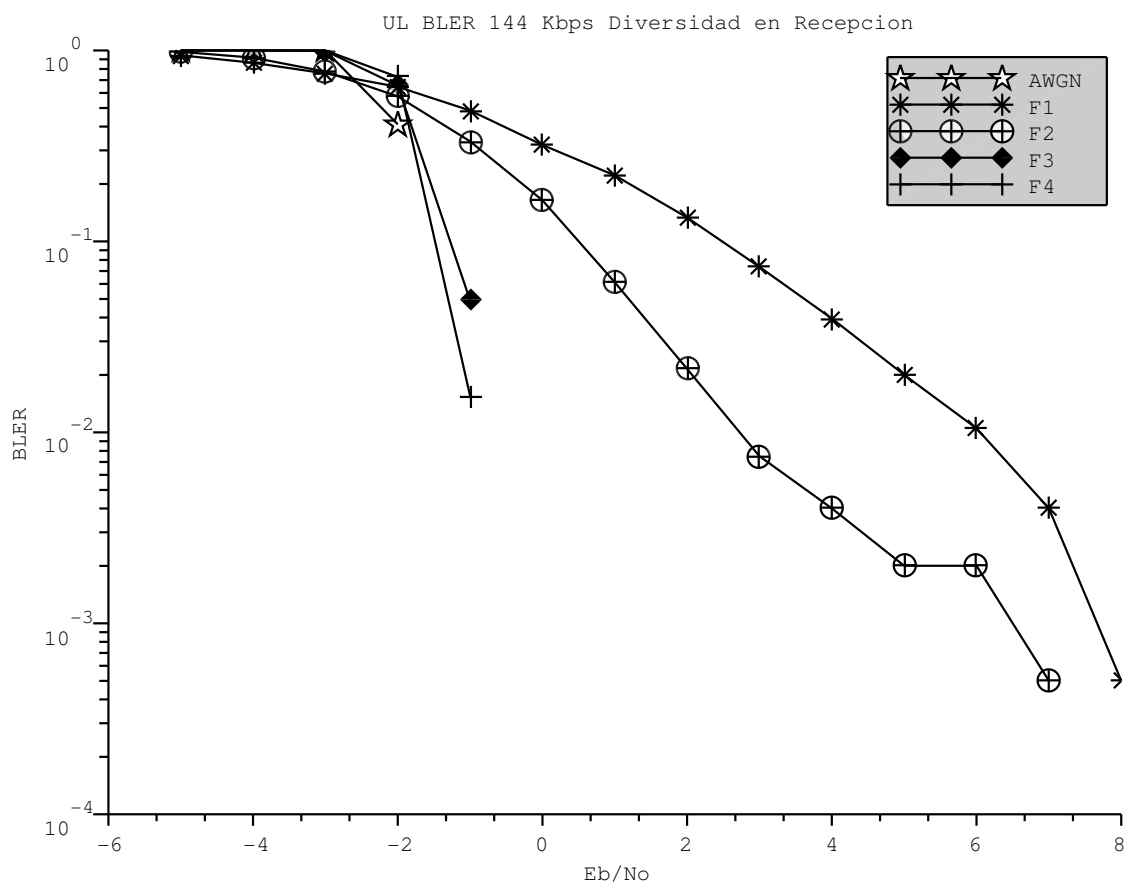


Figura D.10. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 144 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

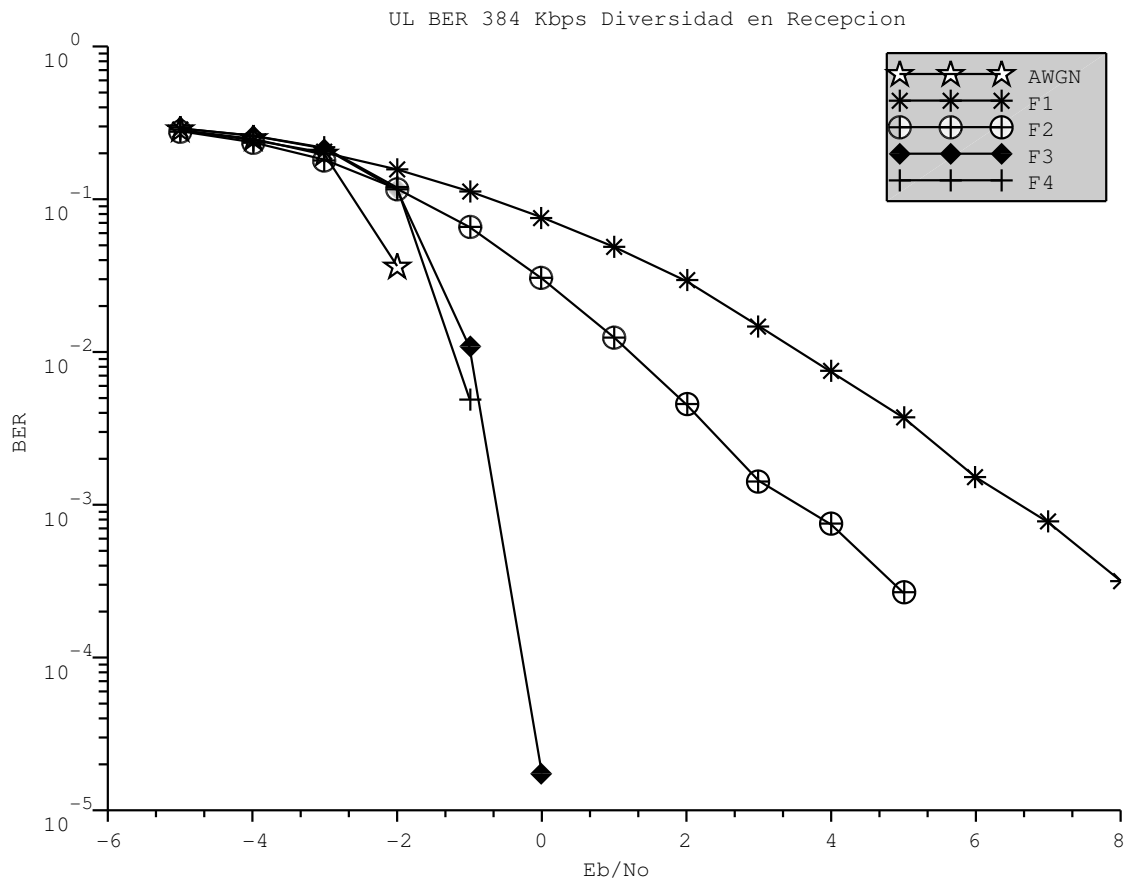


Figura D.11. Tasa de Error de Bit (BER) para 384 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

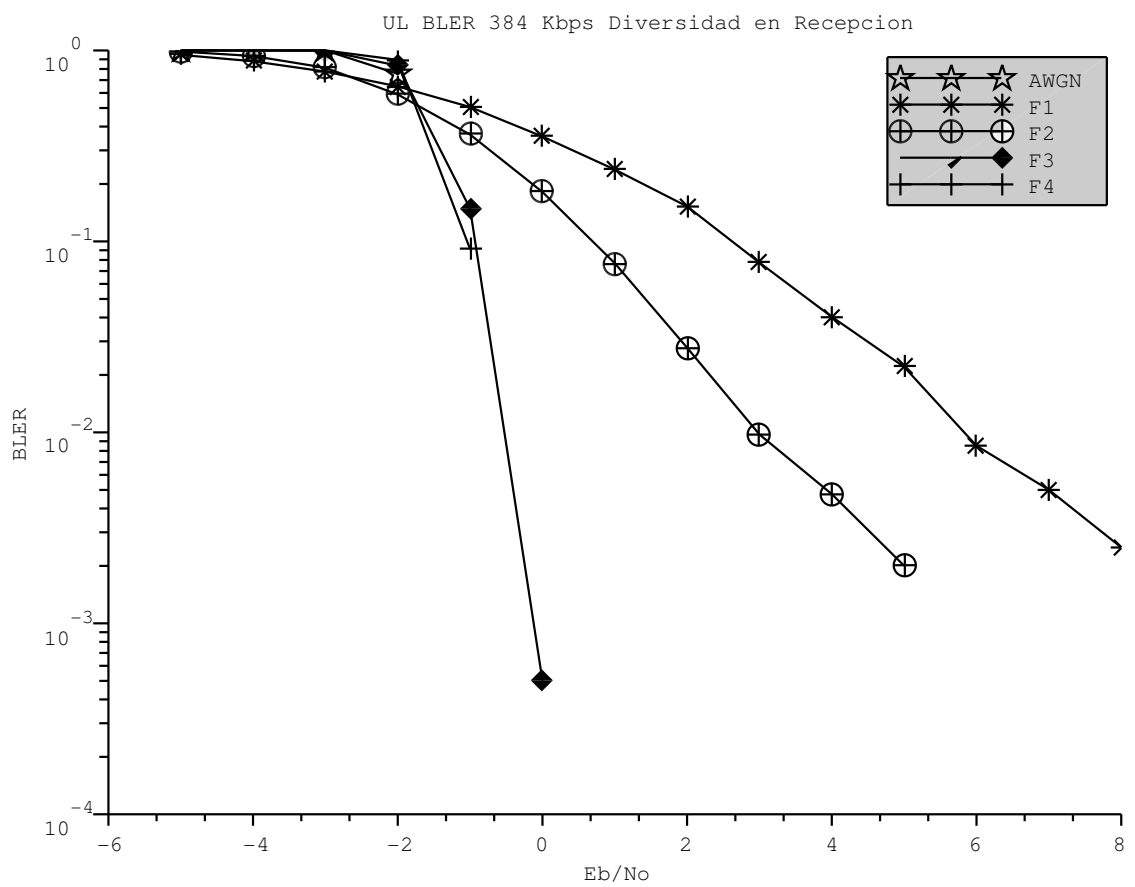


Figura D.12. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 384 Kbps en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 4.

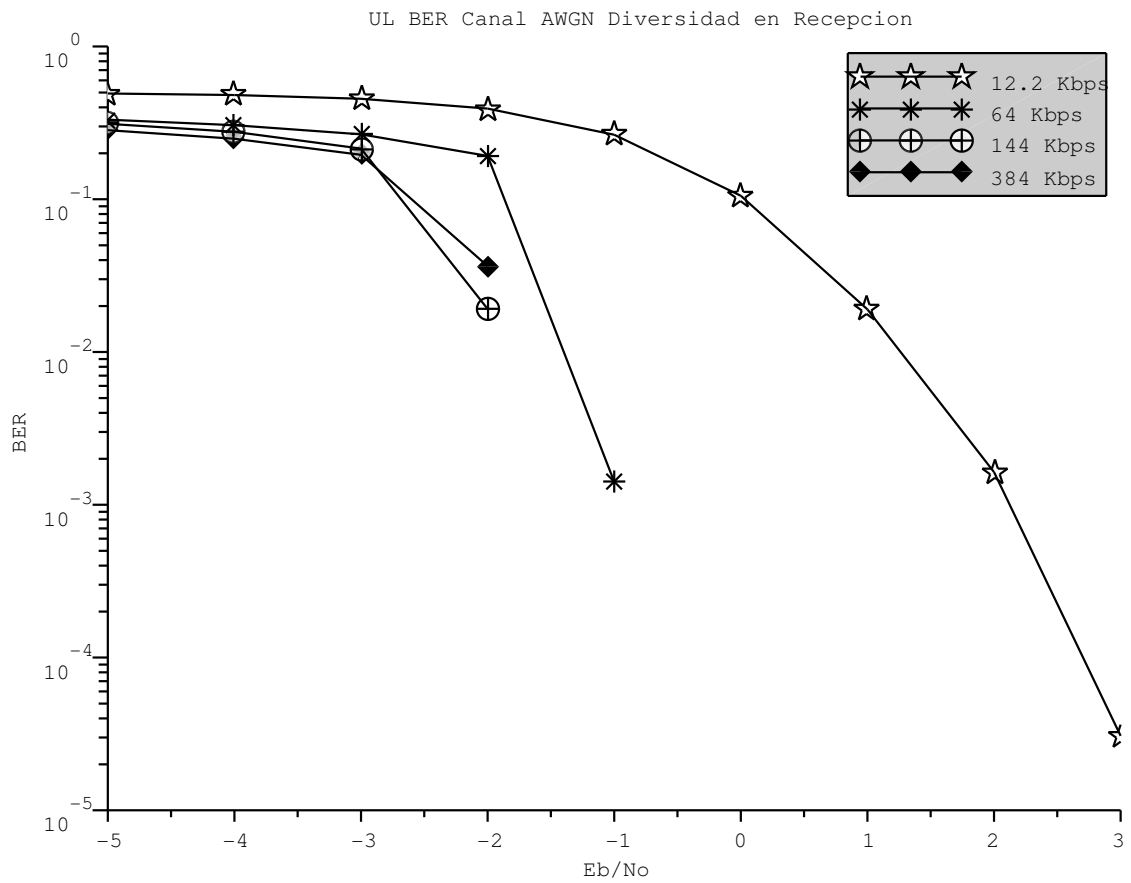


Figura D.13. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

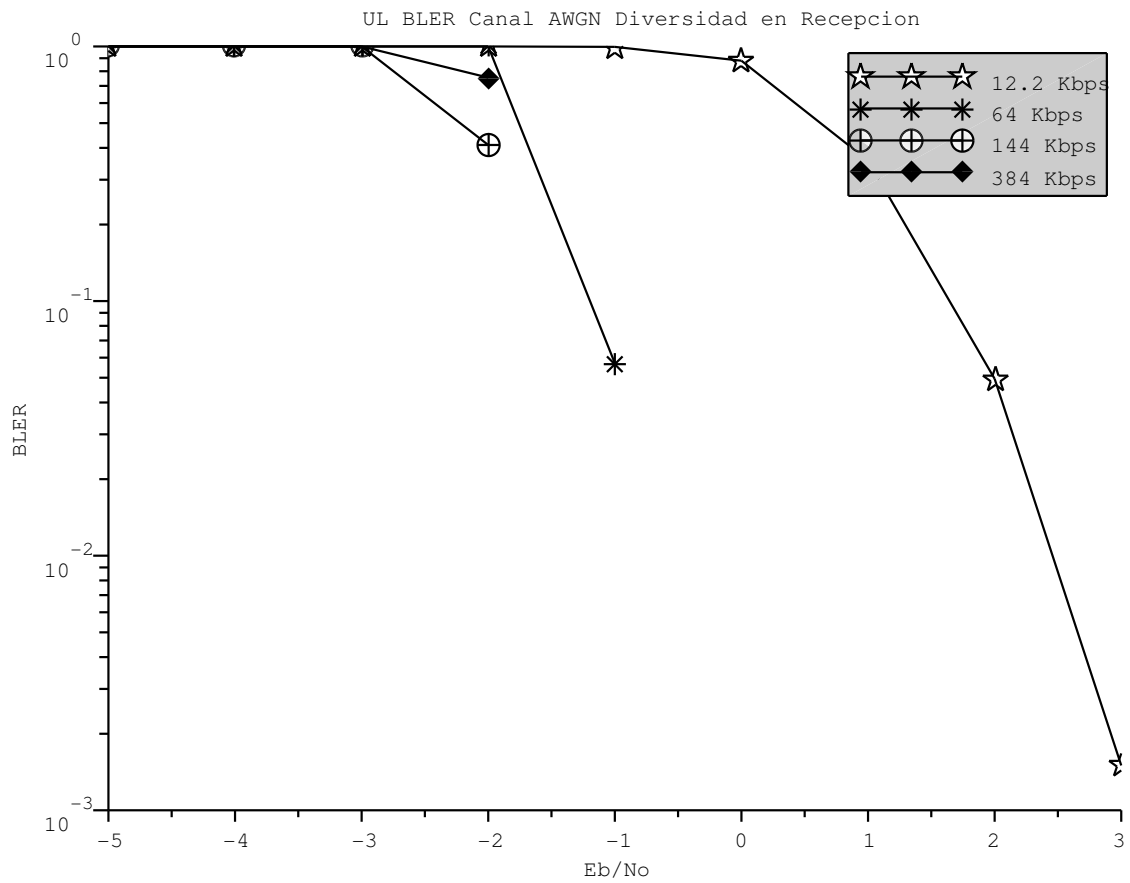


Figura D.14. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

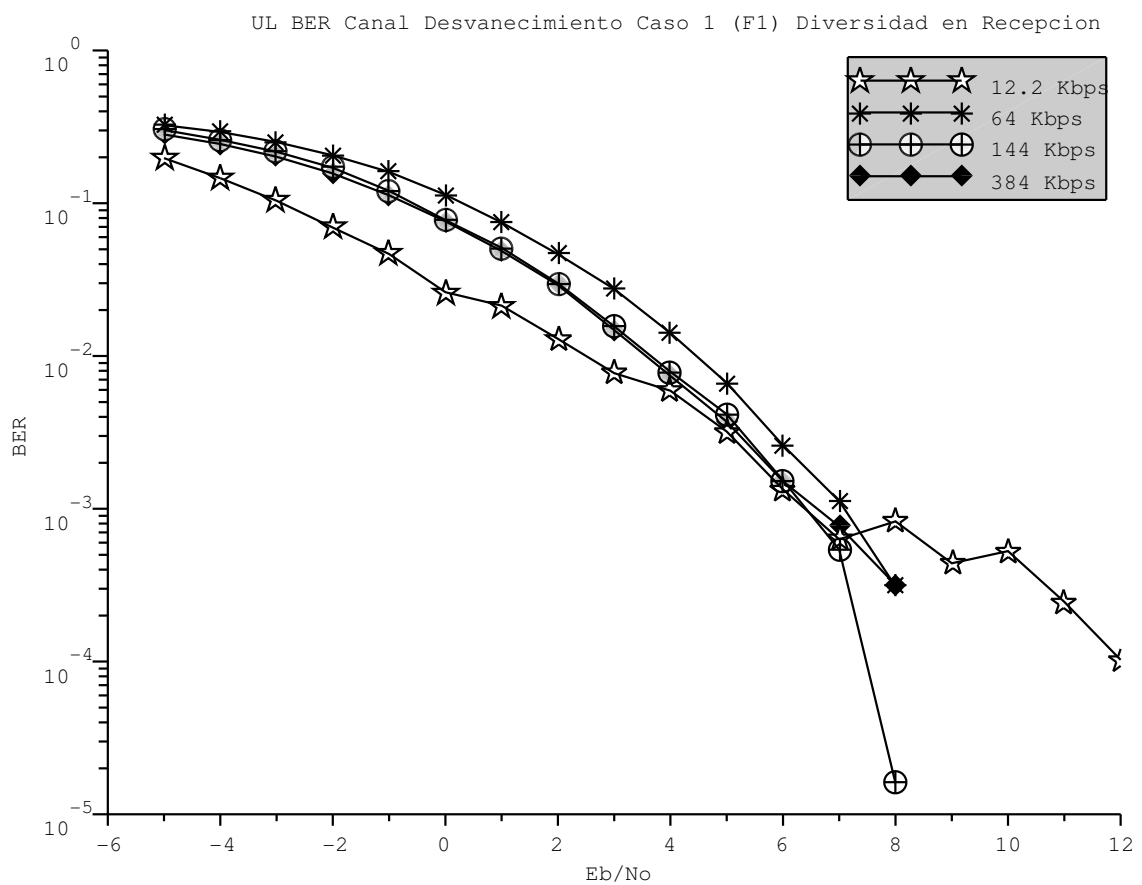


Figura D.15. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 1 (F1) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

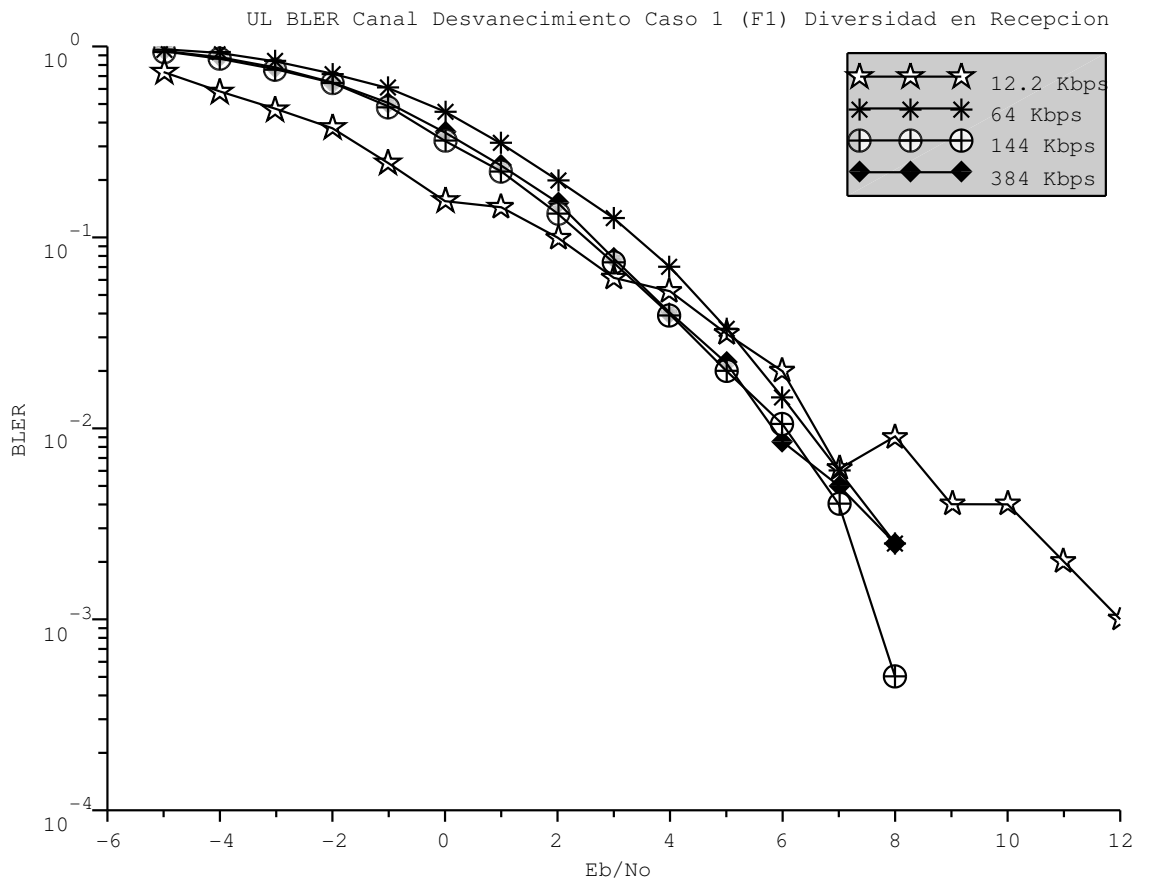


Figura D.16. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 1 (F1) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

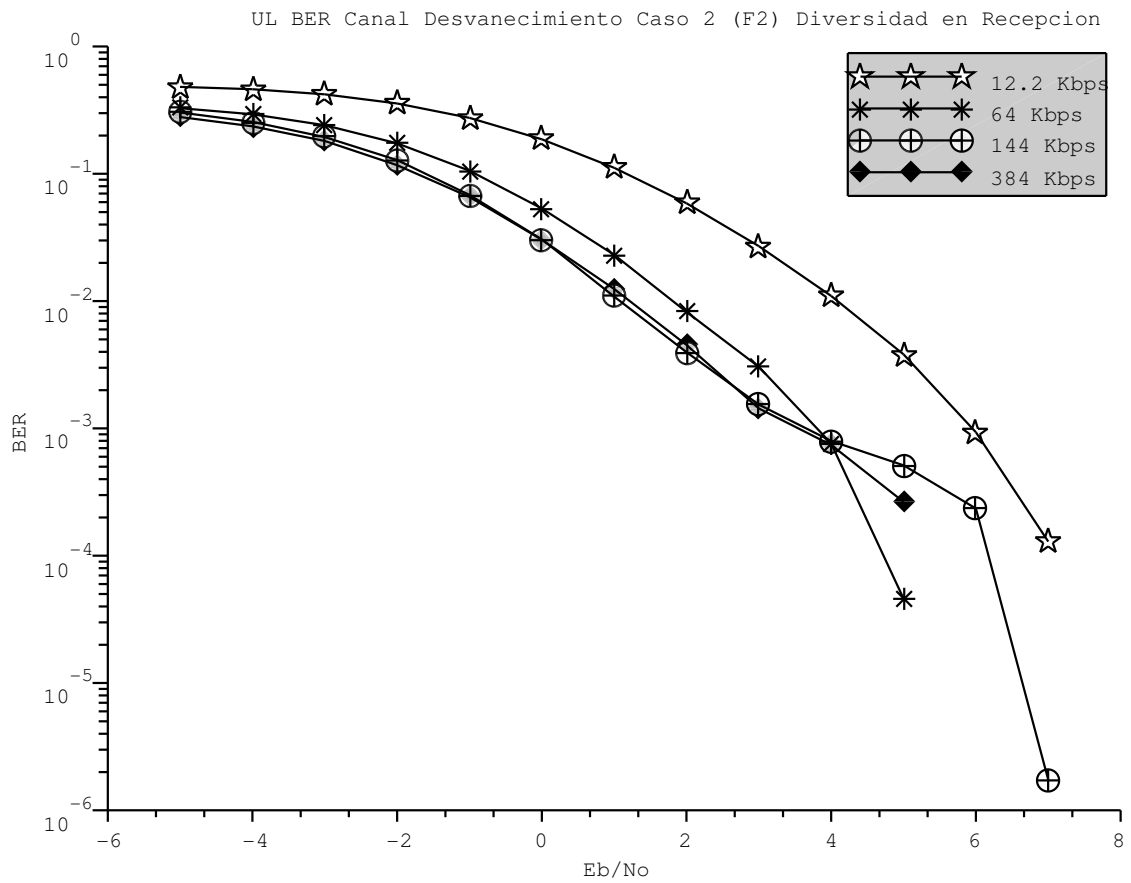


Figura D.17. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

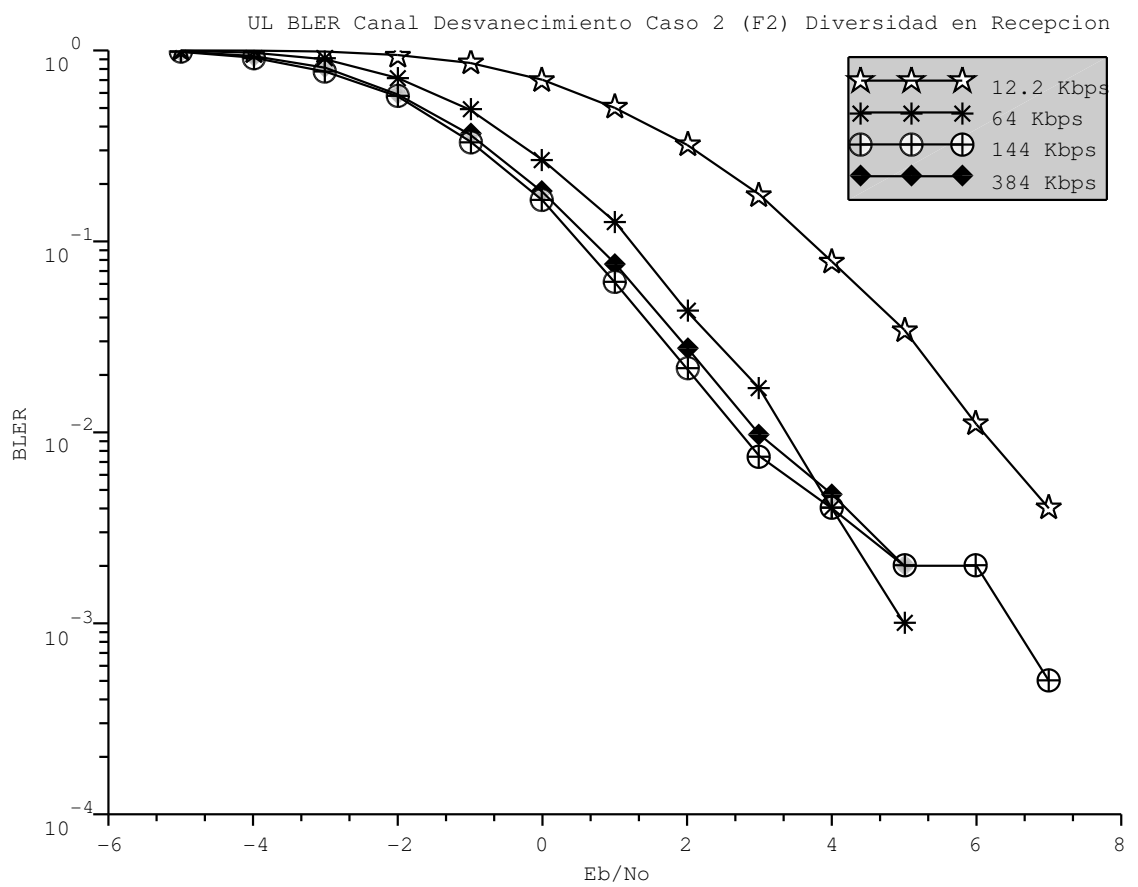


Figura D.18. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

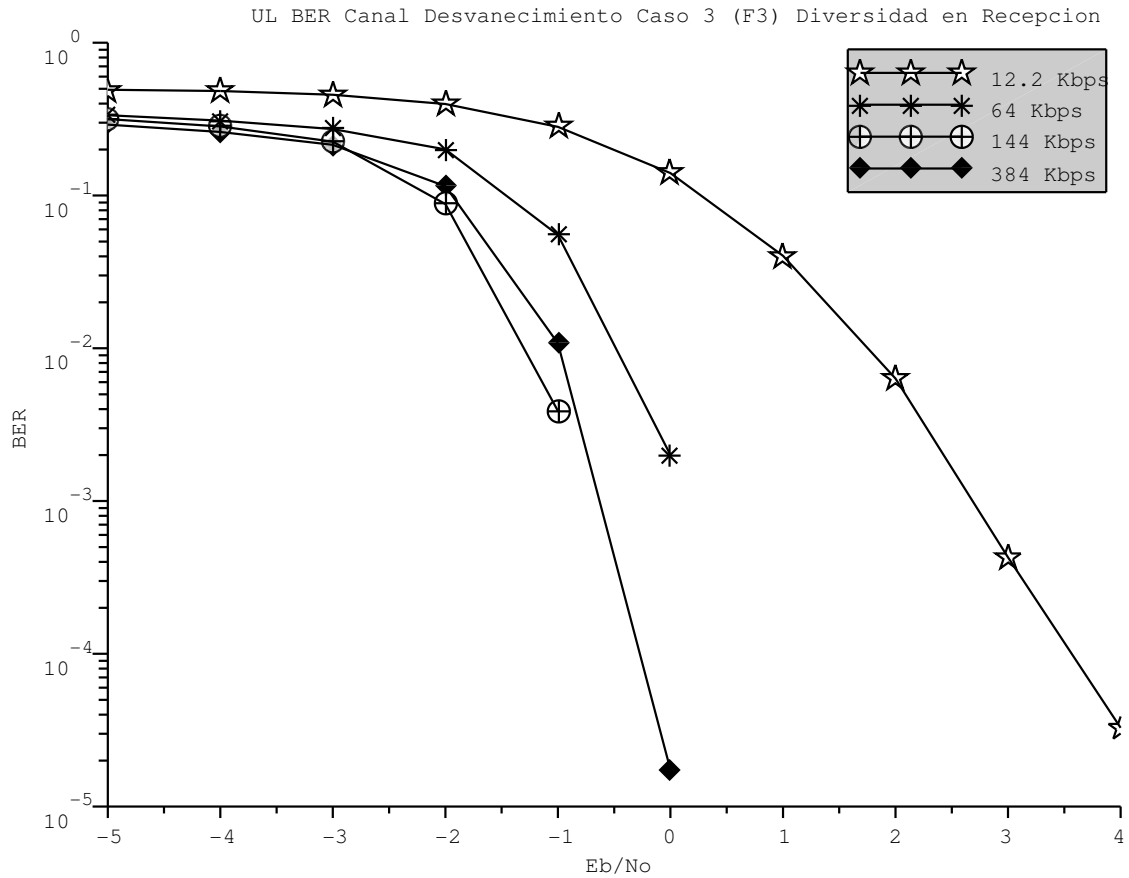


Figura D.19. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 3 (F3) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

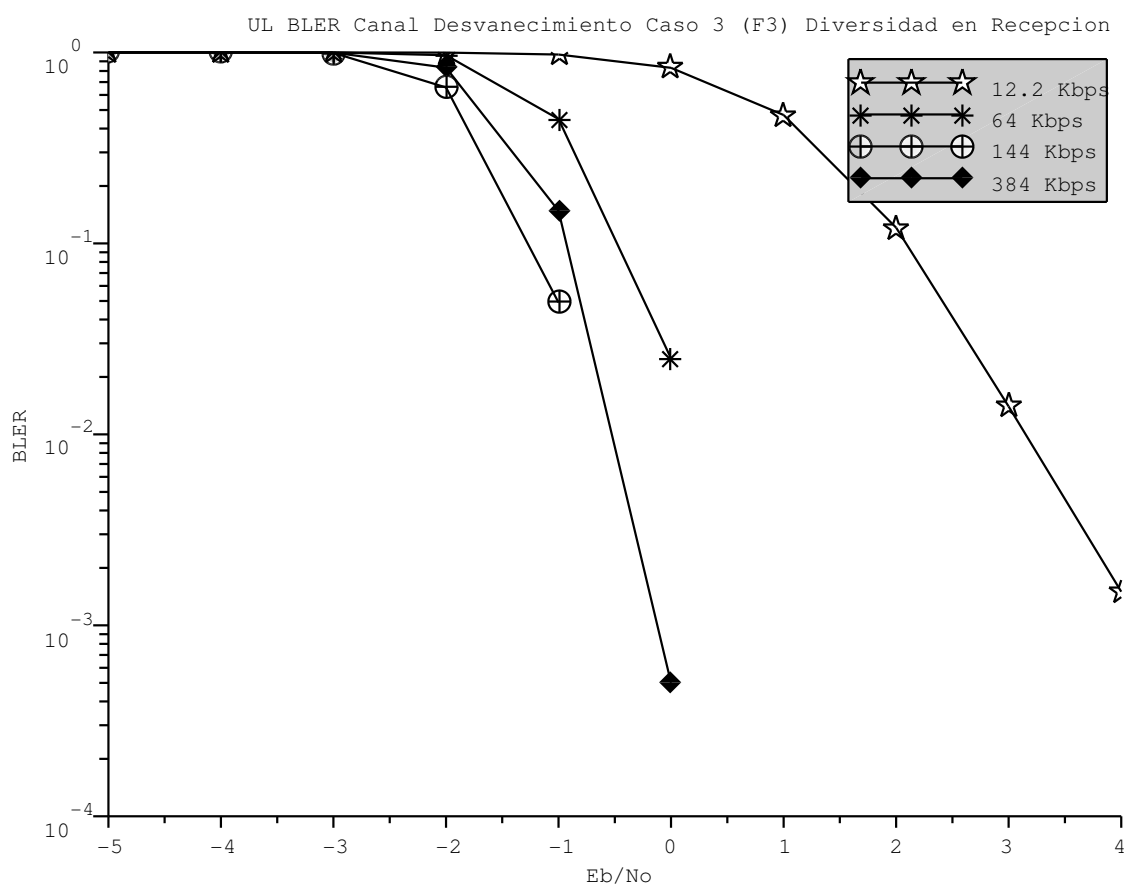


Figura D.20. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 3 (F3) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

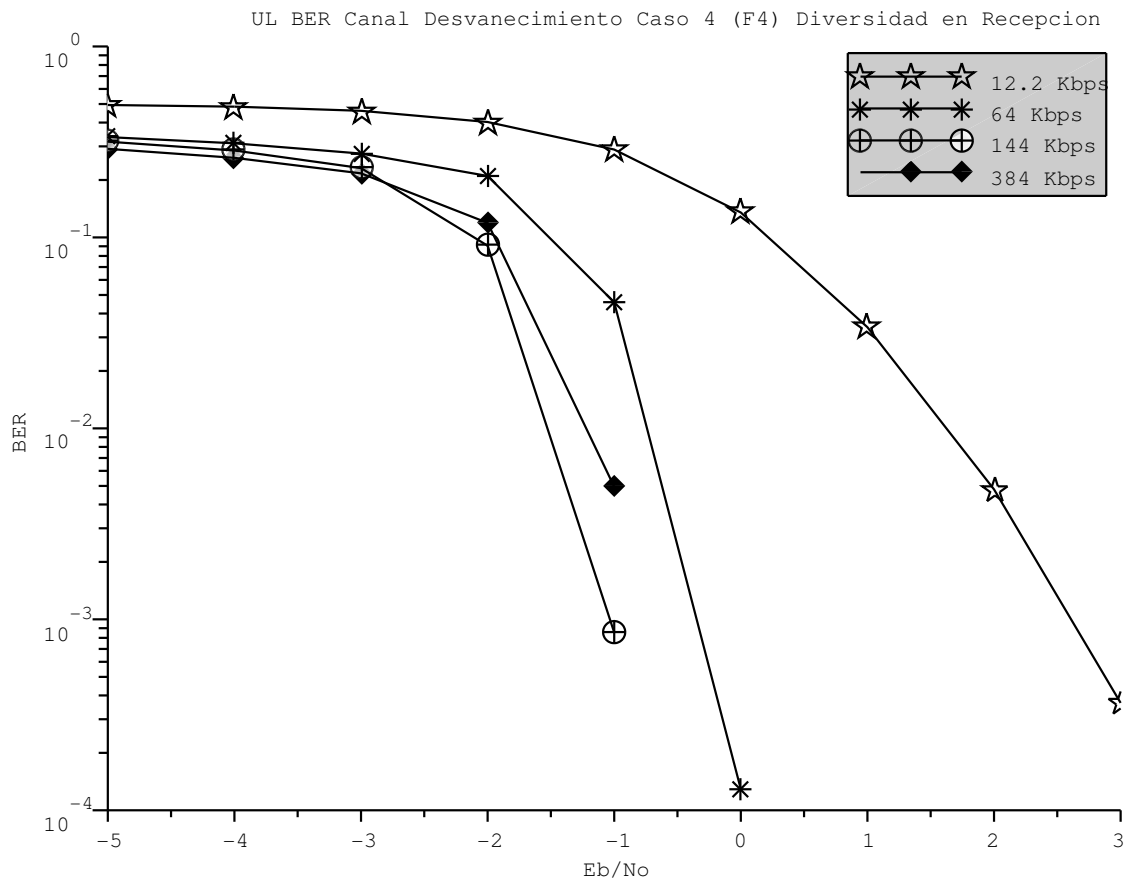


Figura D.21. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

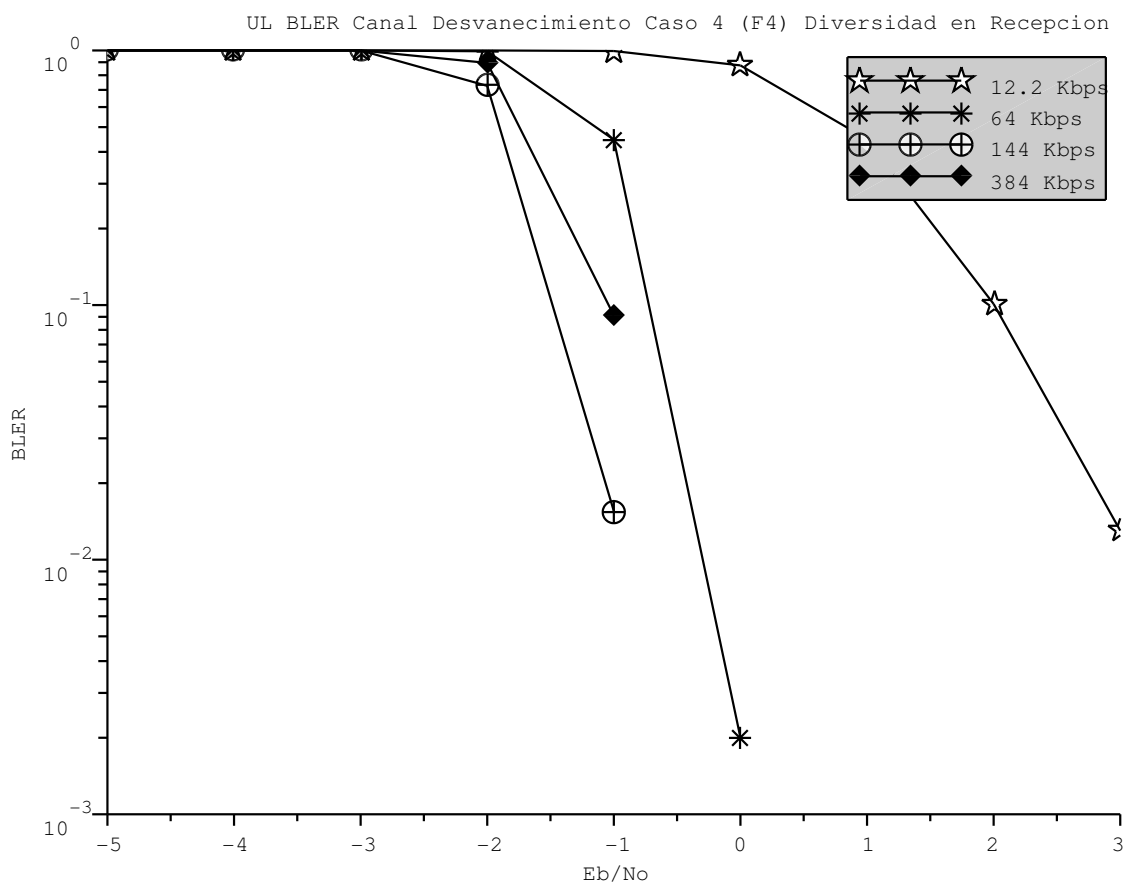


Figura D.22. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

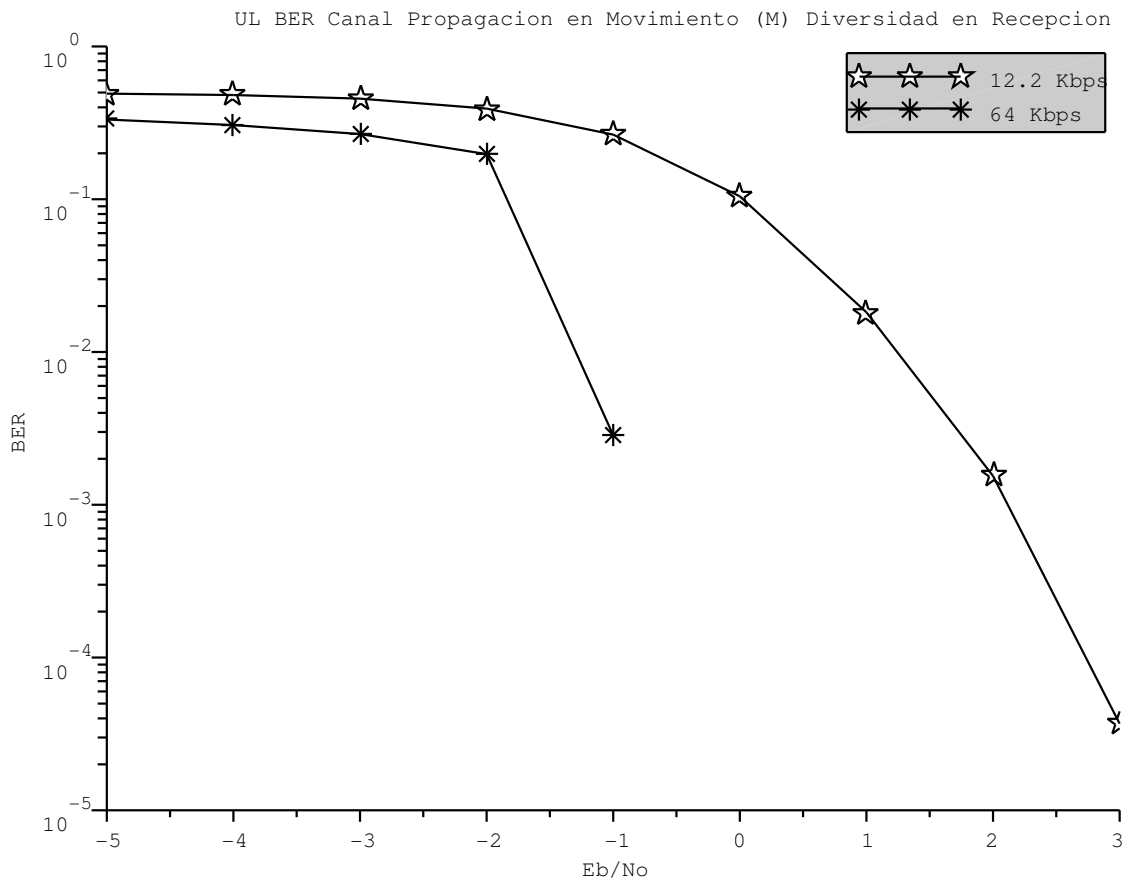


Figura D.23. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal con Condición de Propagación en Movimiento en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

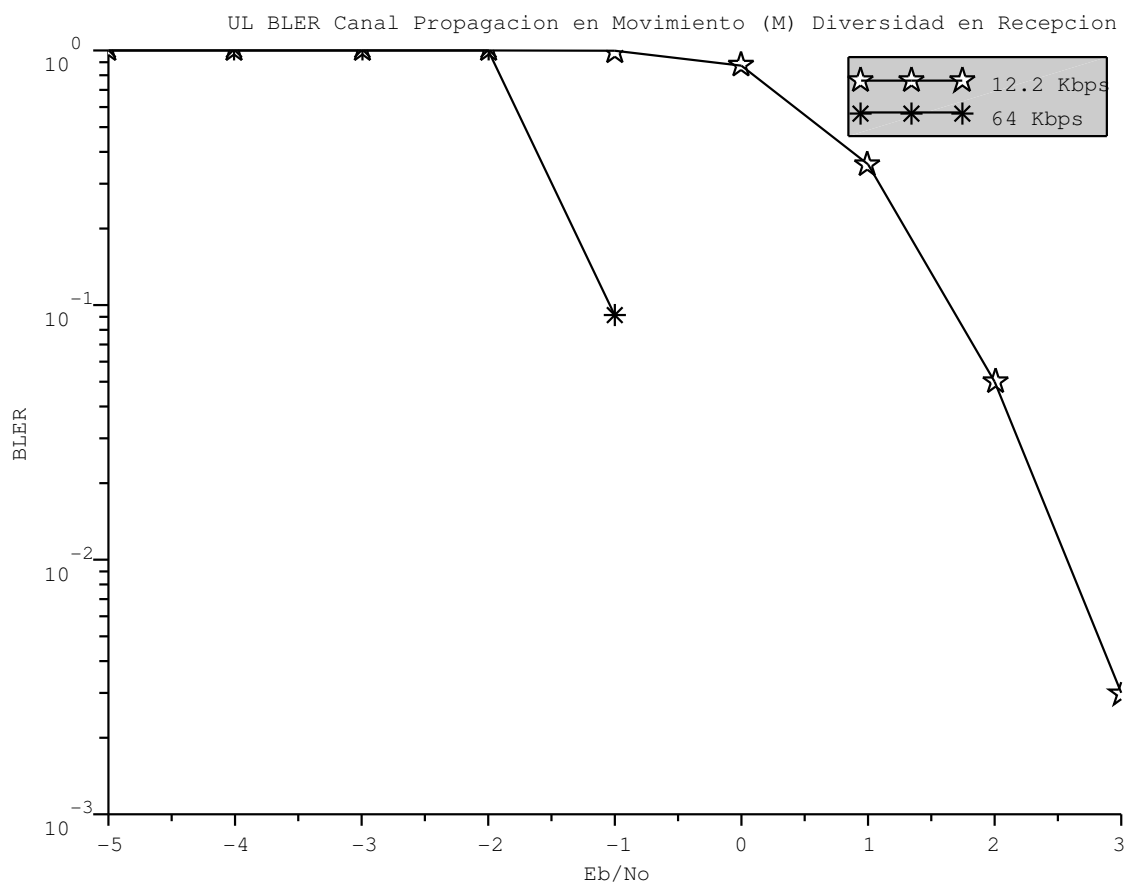


Figura D.24. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal con Condición de Propagación en Movimiento en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

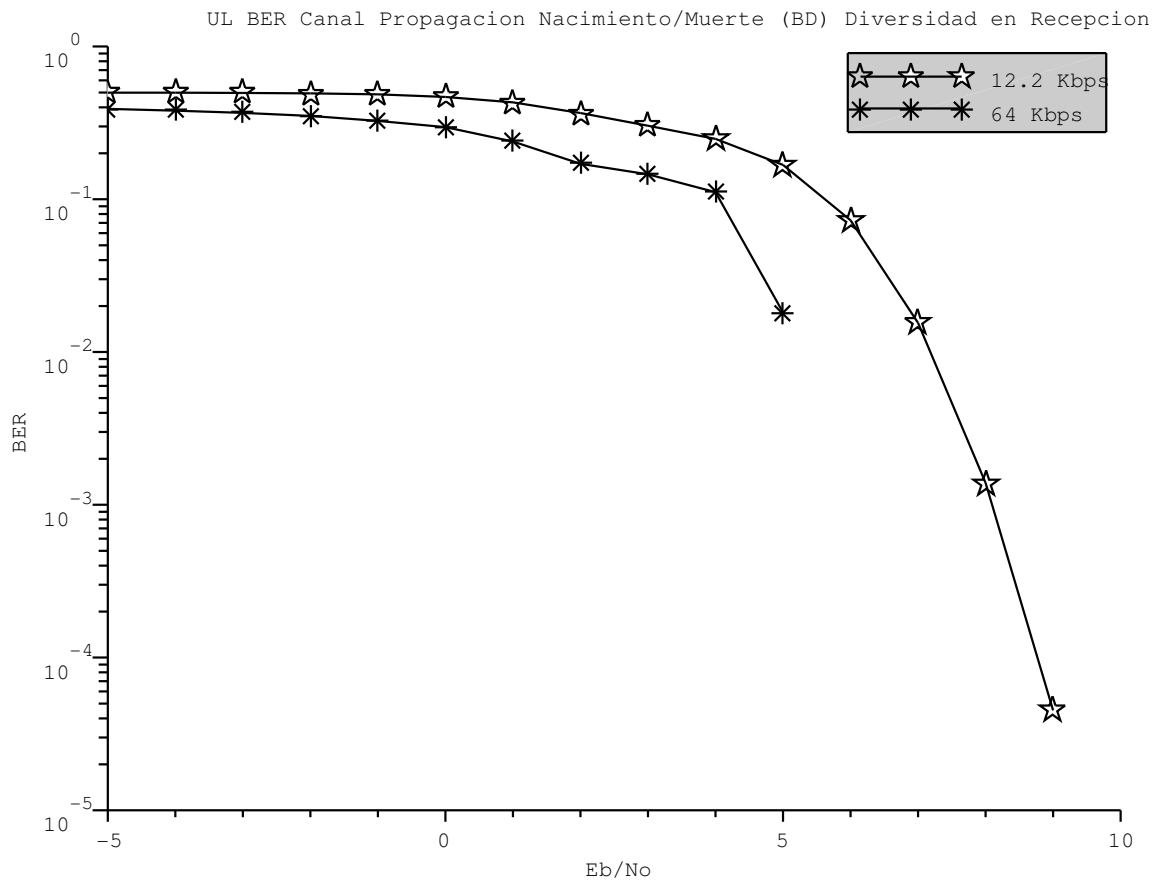


Figura D.25. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal con Condición de Propagación Nacimiento/Muerte en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

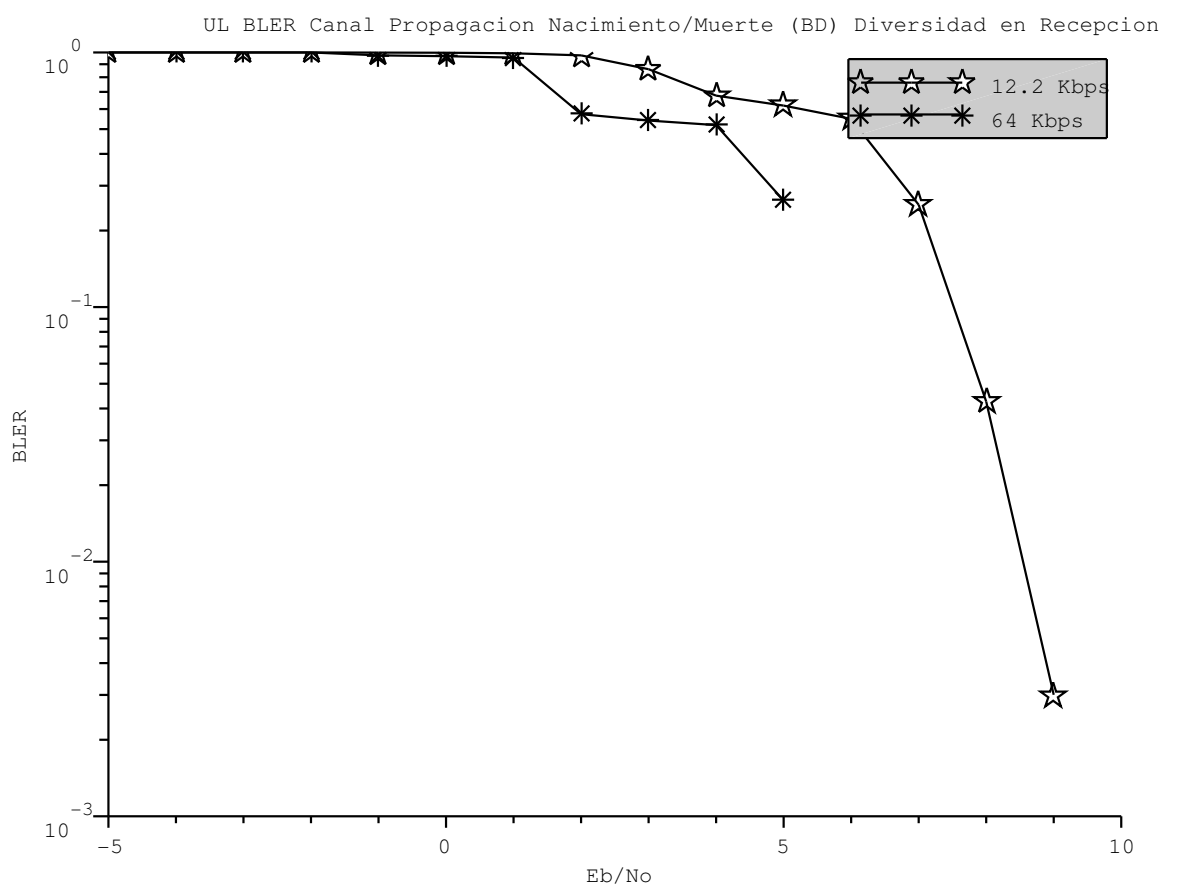


Figura D.26. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal con Condición de Propagación Nacimiento/Muerte en el Enlace de Subida con Diversidad en Recepción y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

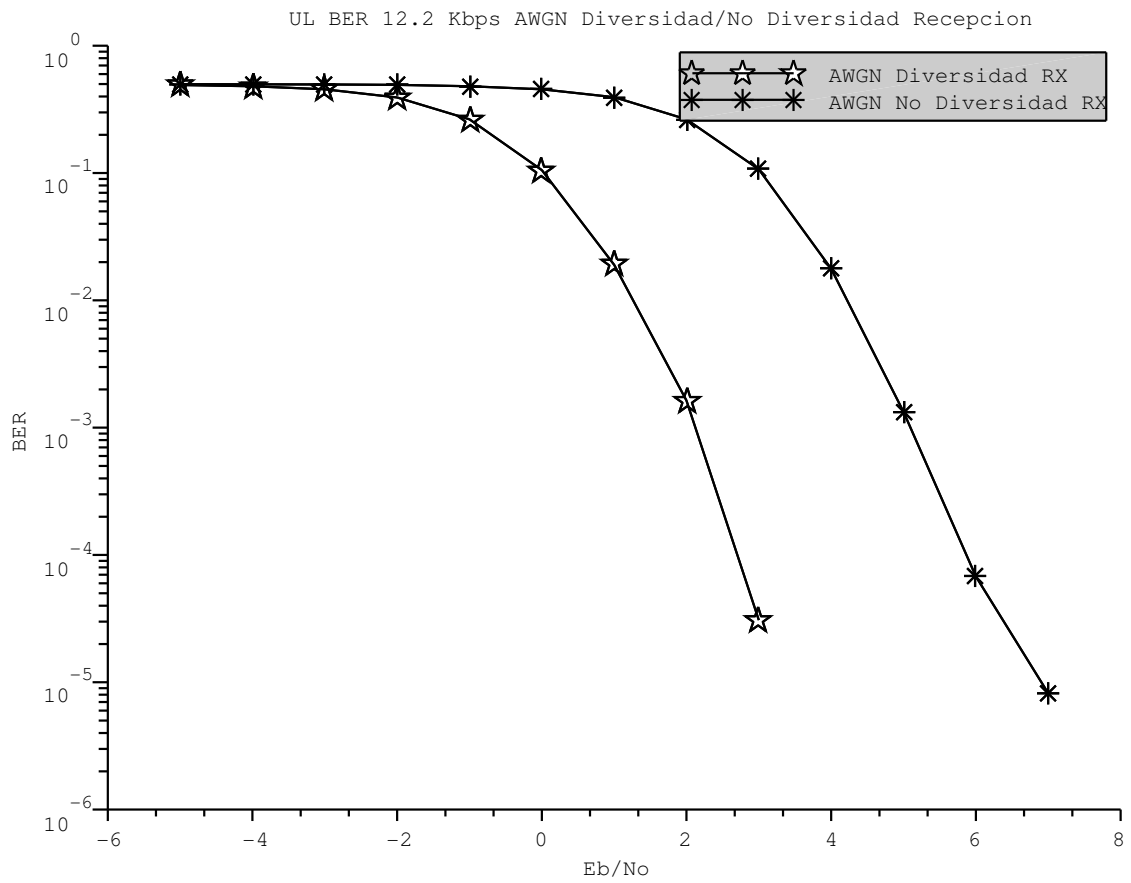


Figura D.27. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.

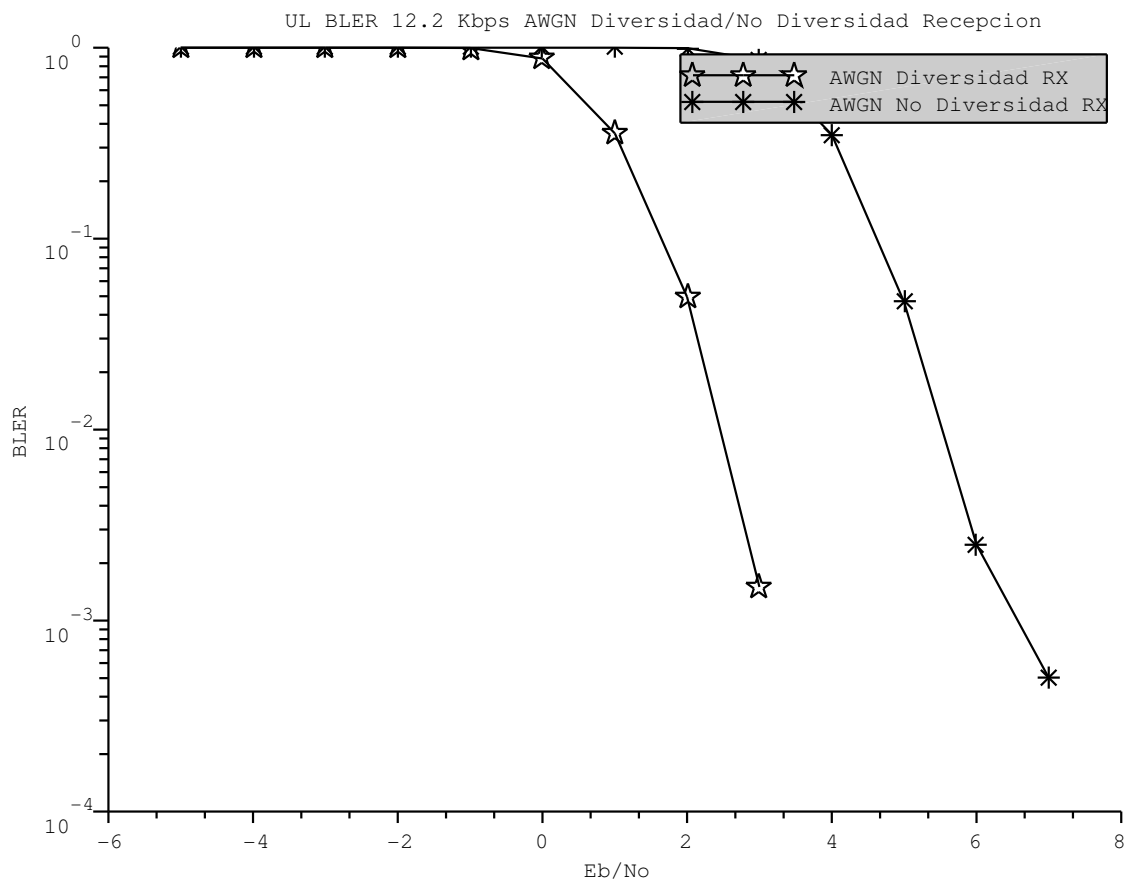


Figura D.28. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.

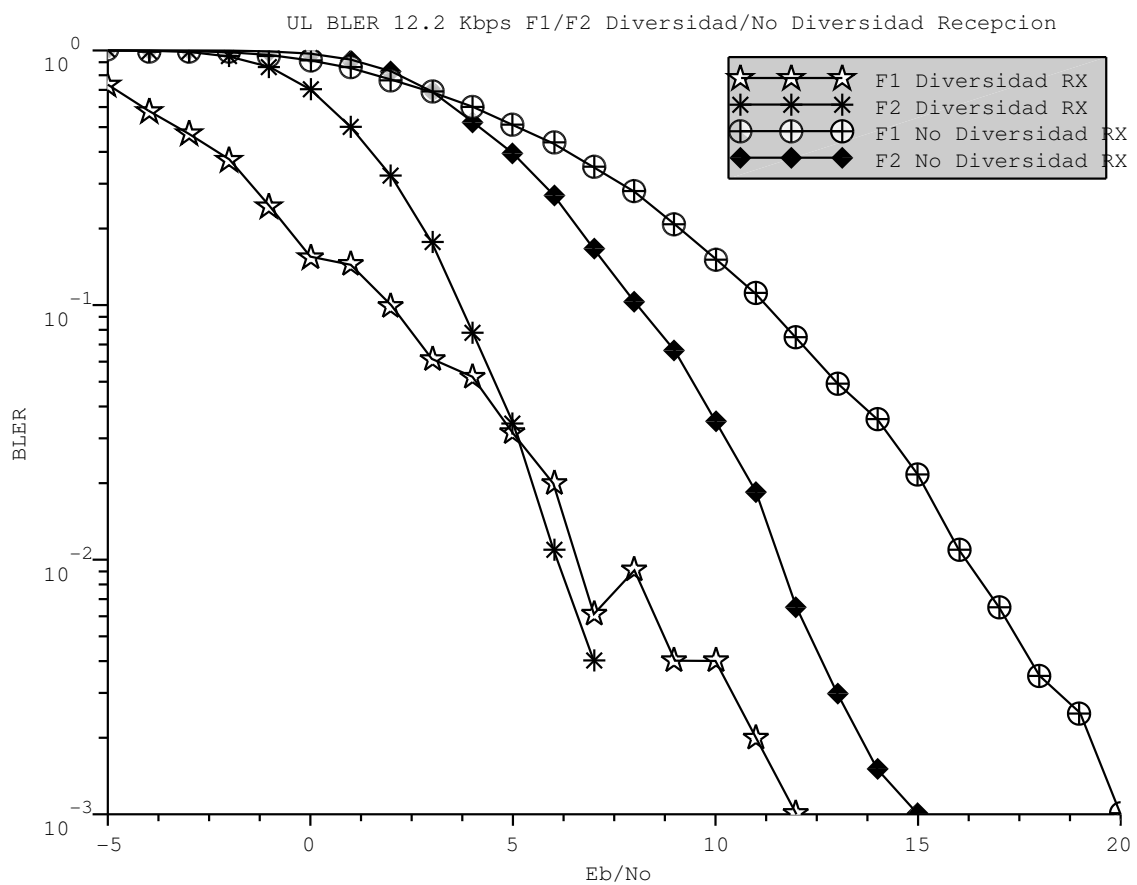


Figura D.29. Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.

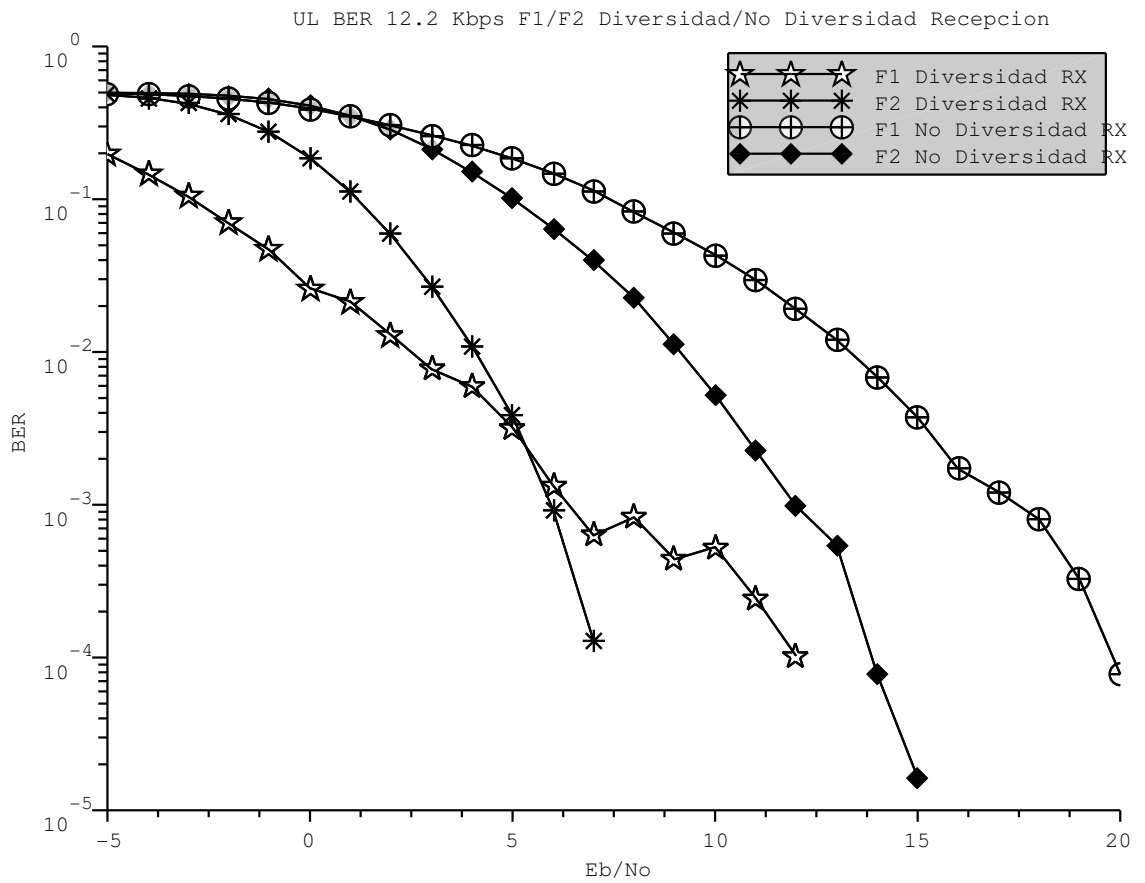


Figura D.30. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.

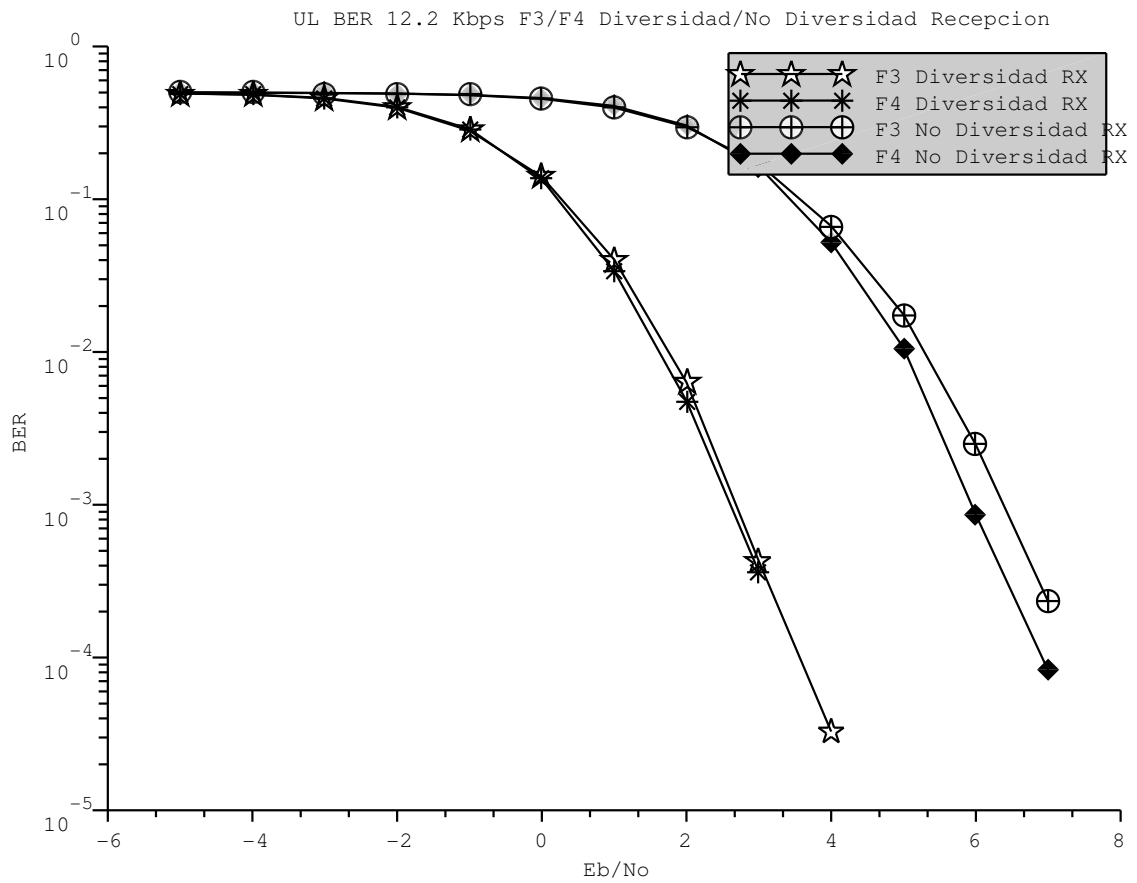


Figura D.31. Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.

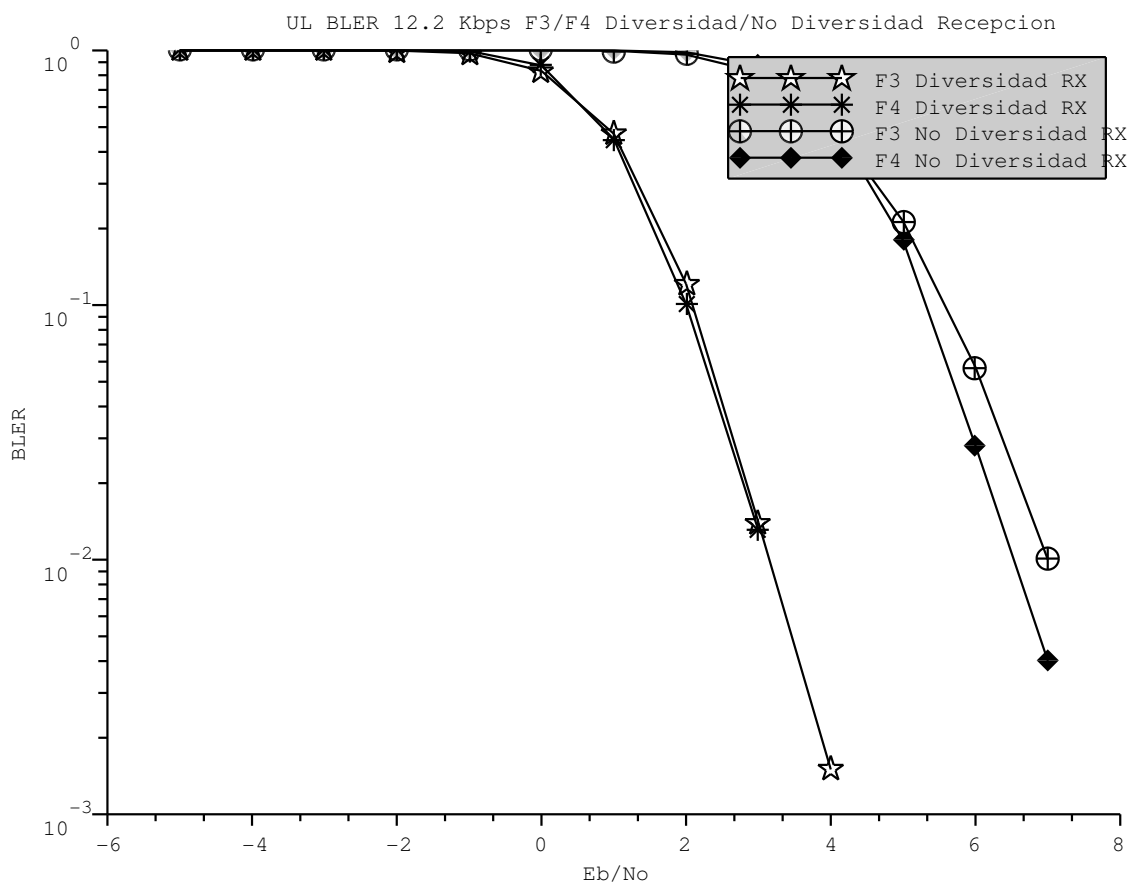


Figura D.32. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.

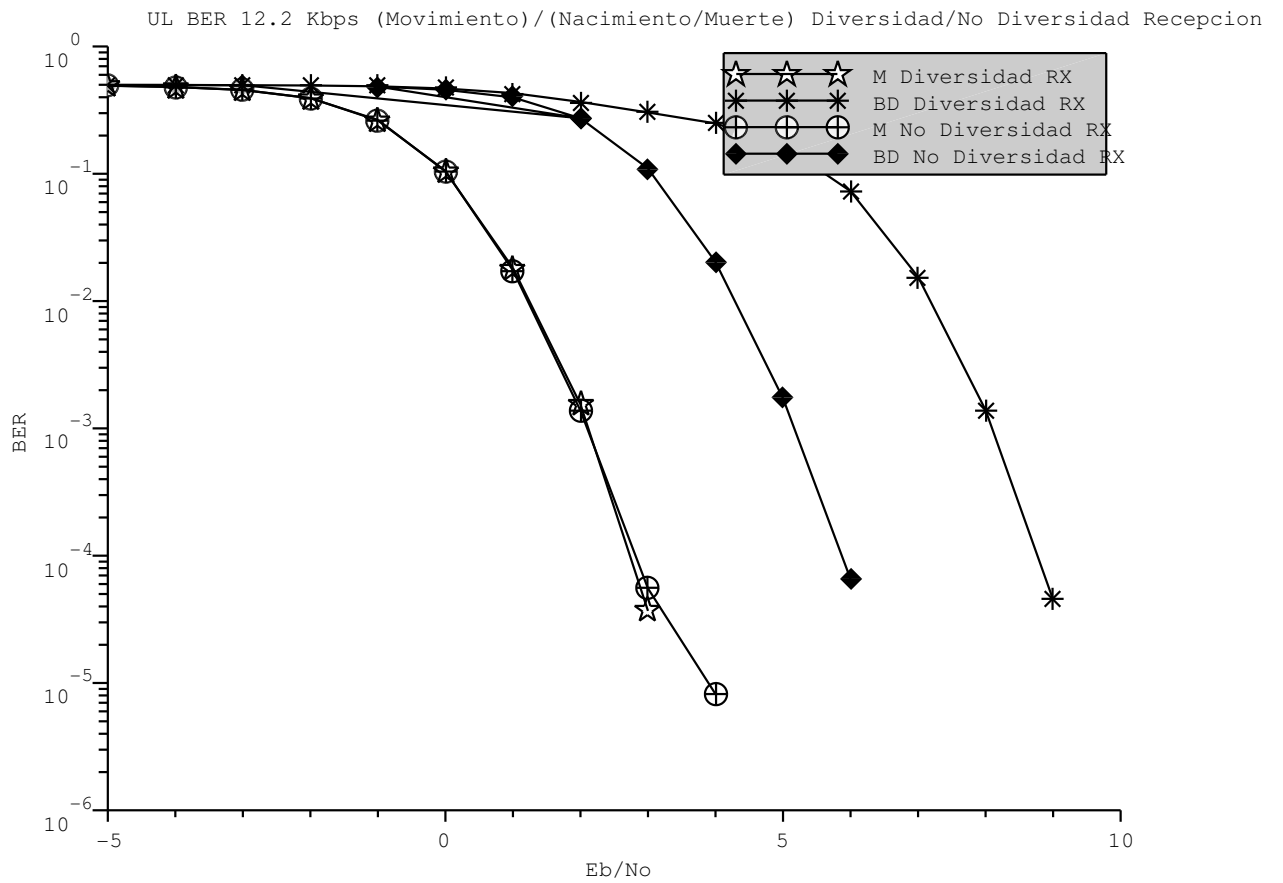


Figura D.33. Tasa de Error de Bit (BER) para Canales con Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.

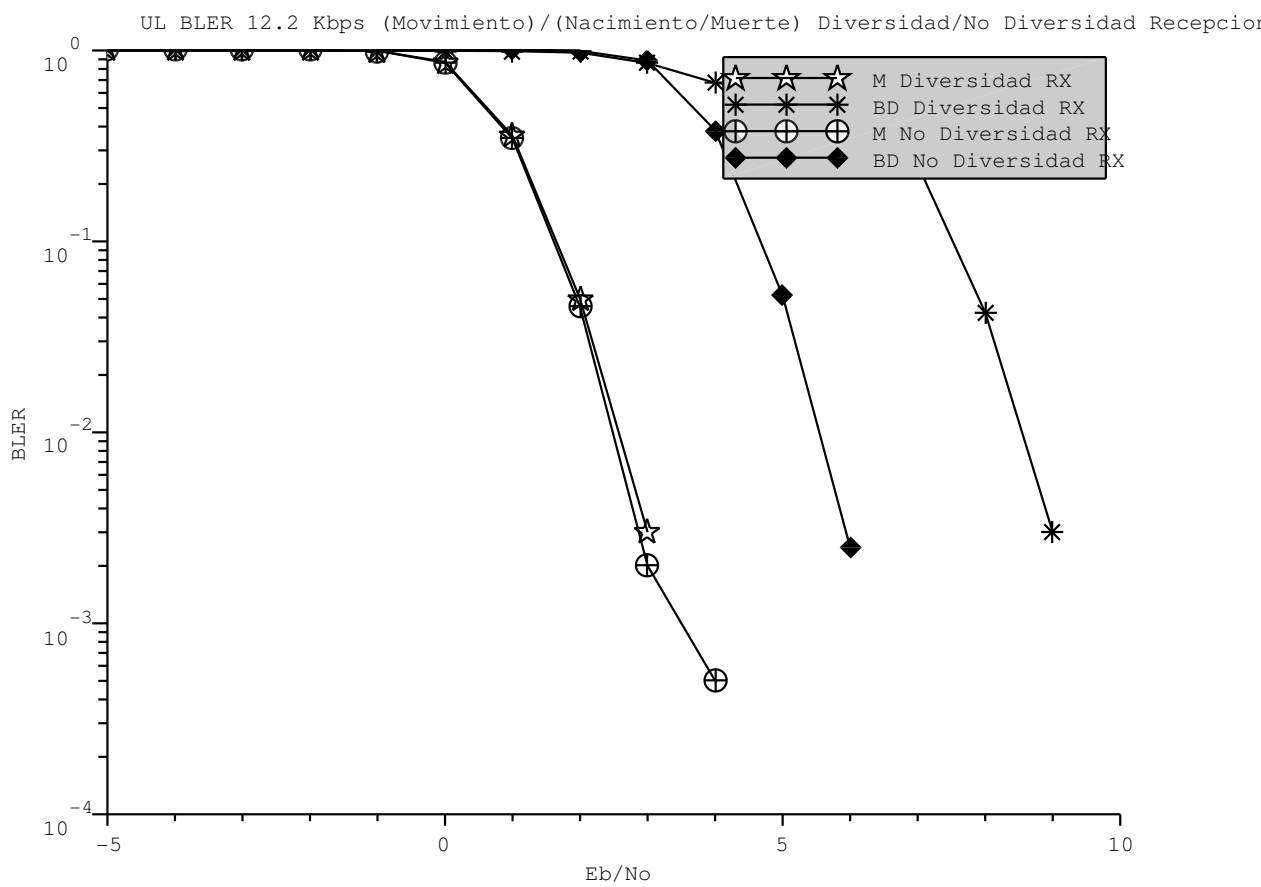


Figura D.34. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales con Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 12.2 Kbps.

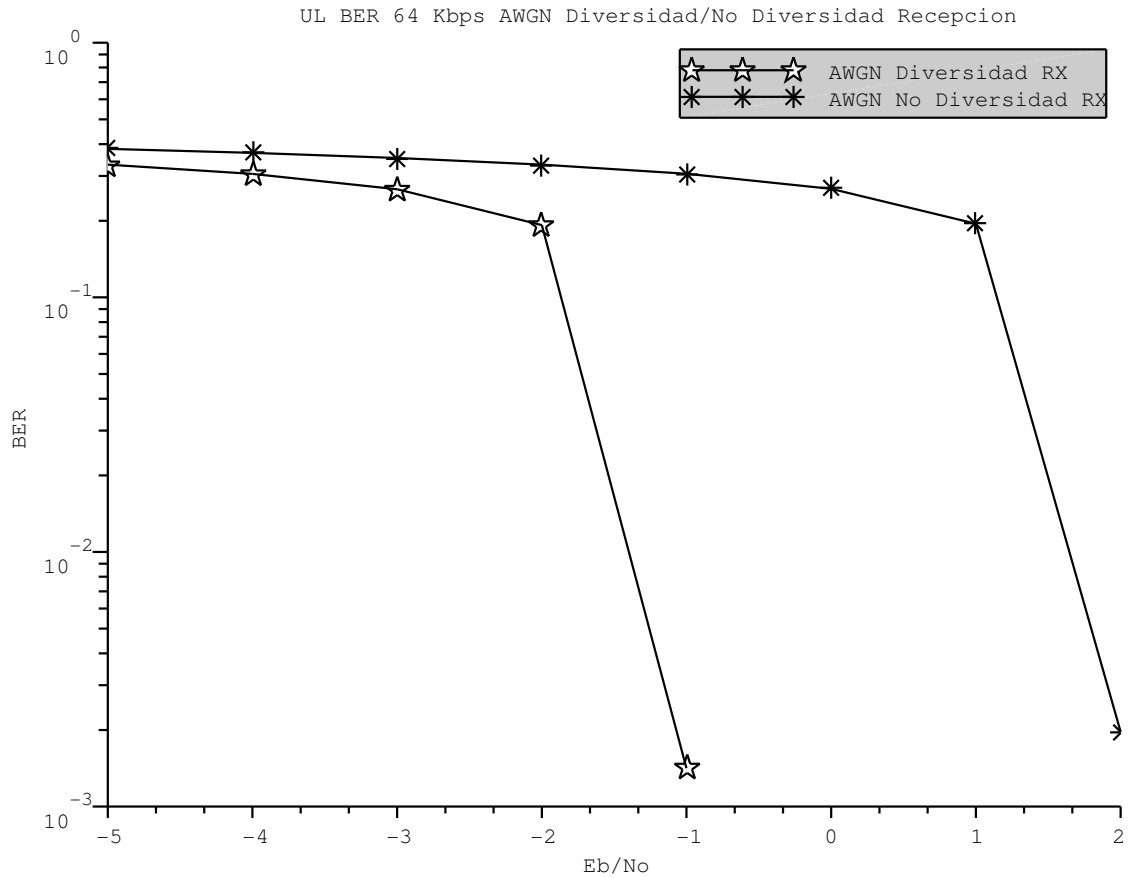


Figura D.35. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.

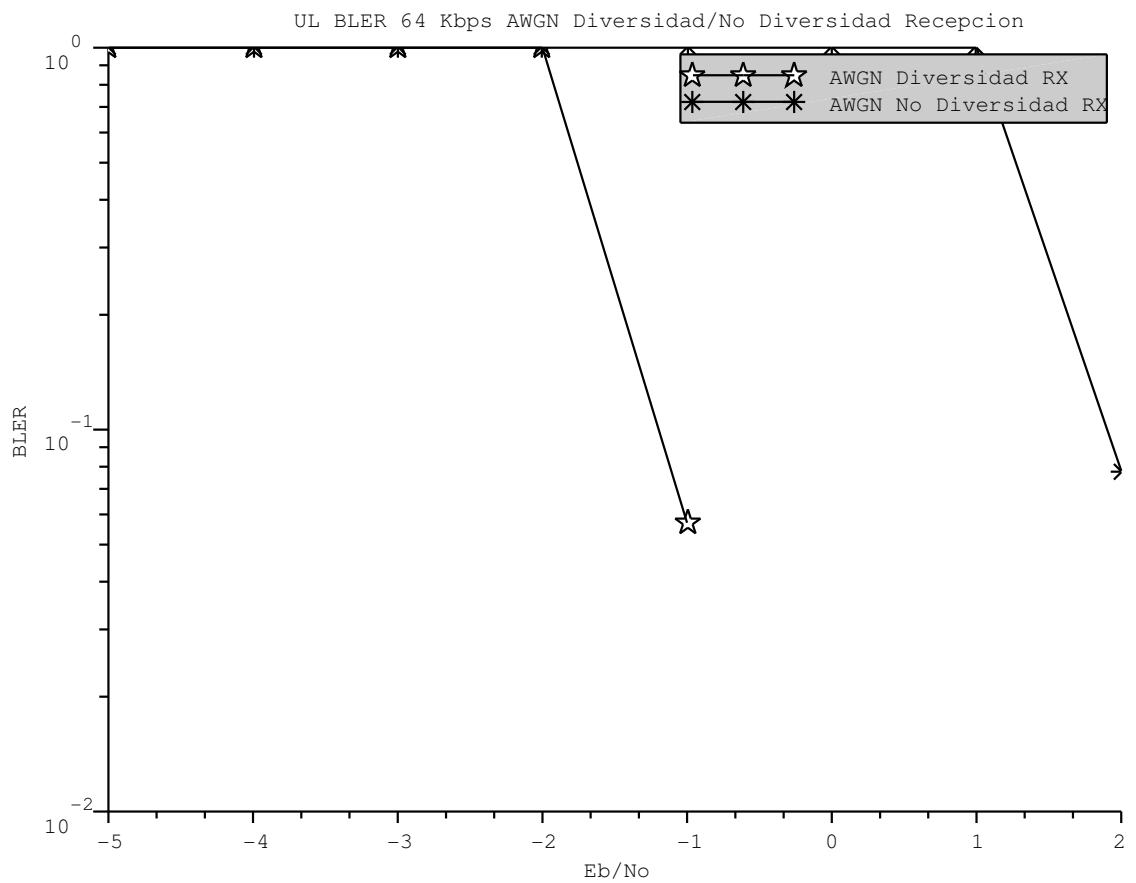


Figura D.36. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.

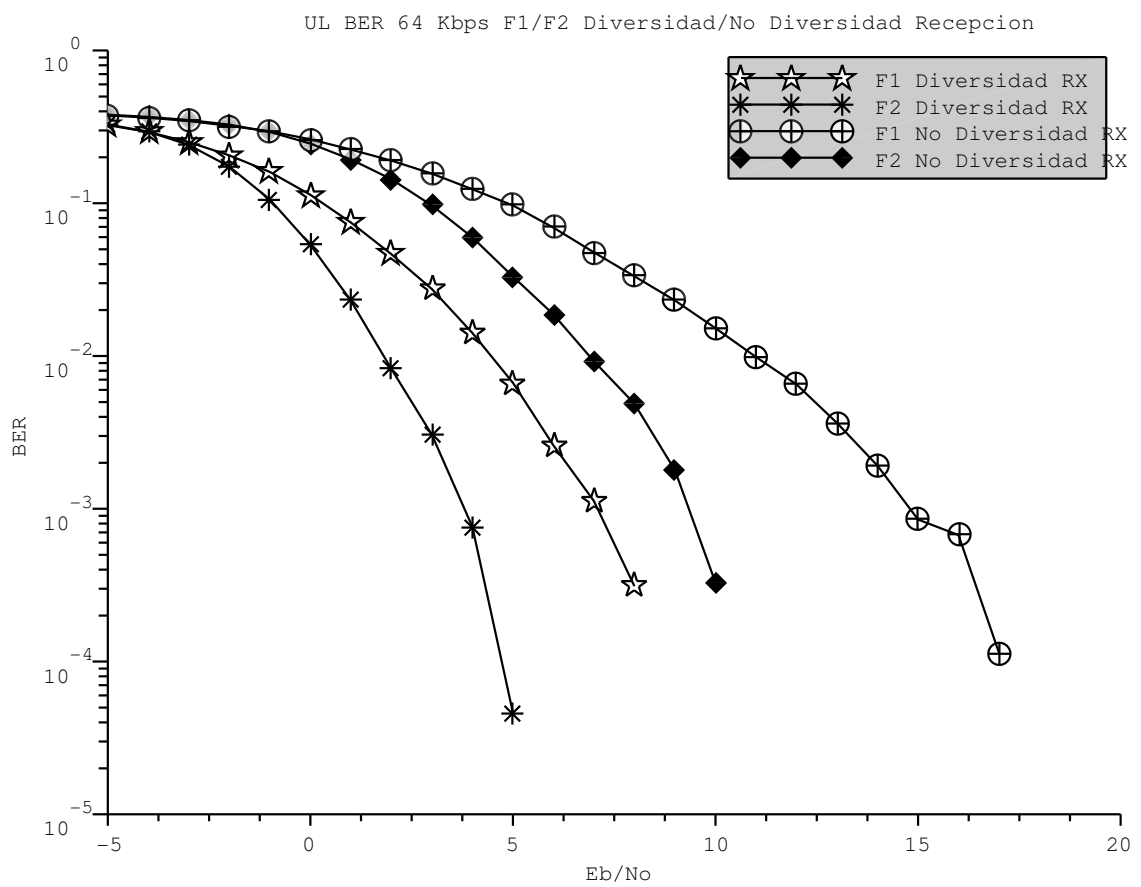


Figura D.37. Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.

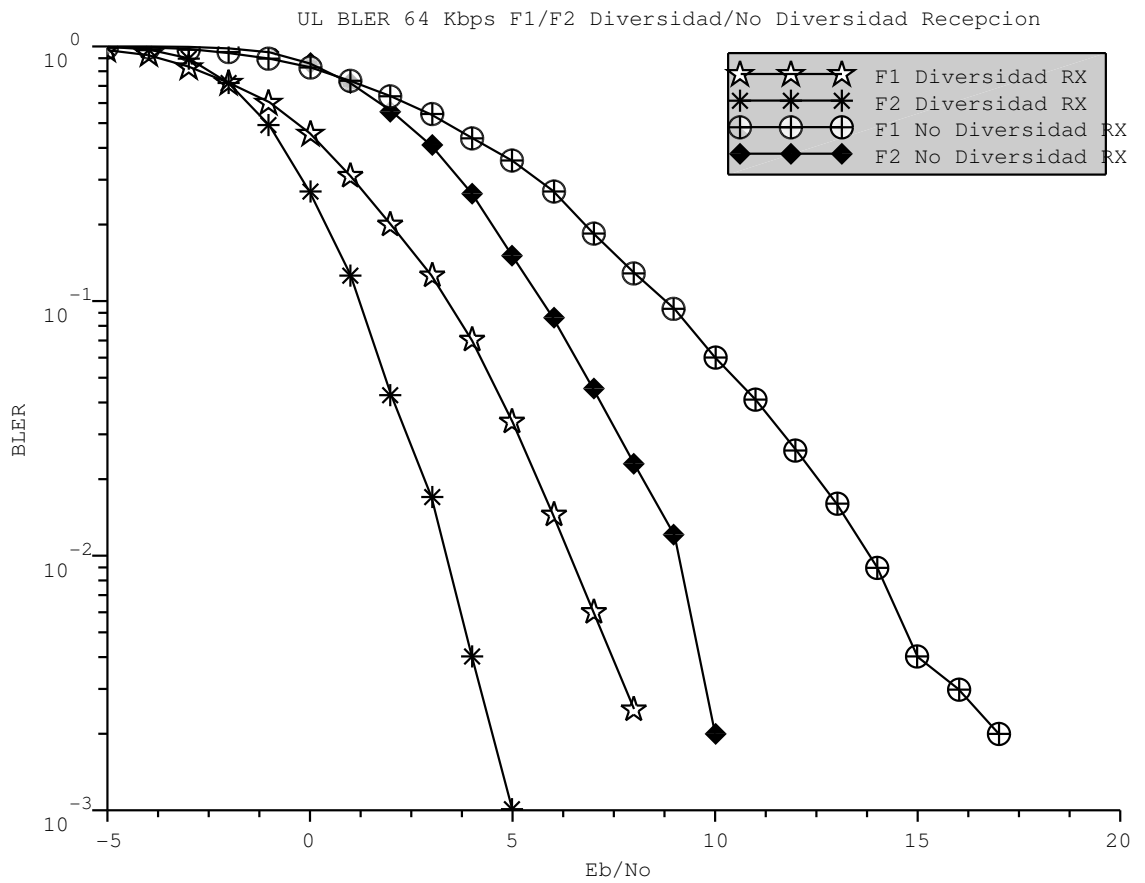


Figura D.38. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.

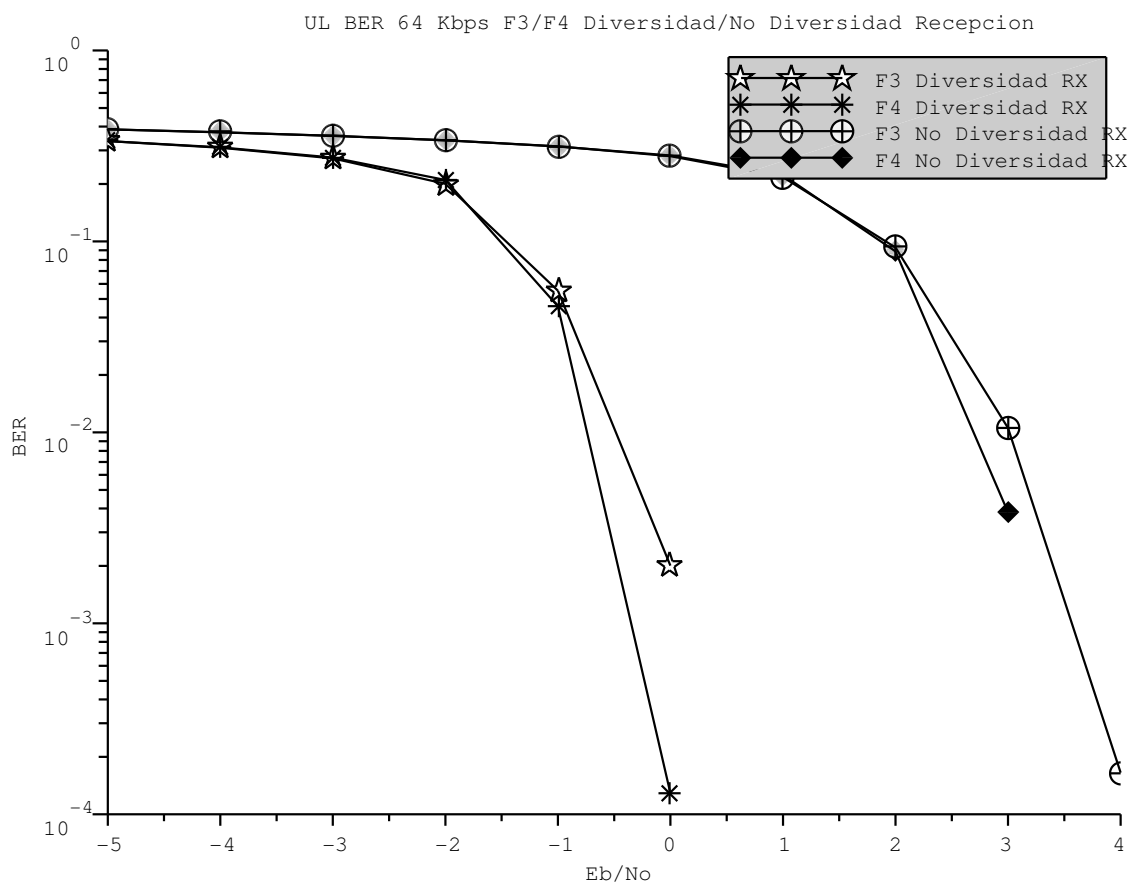


Figura D.39. Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.

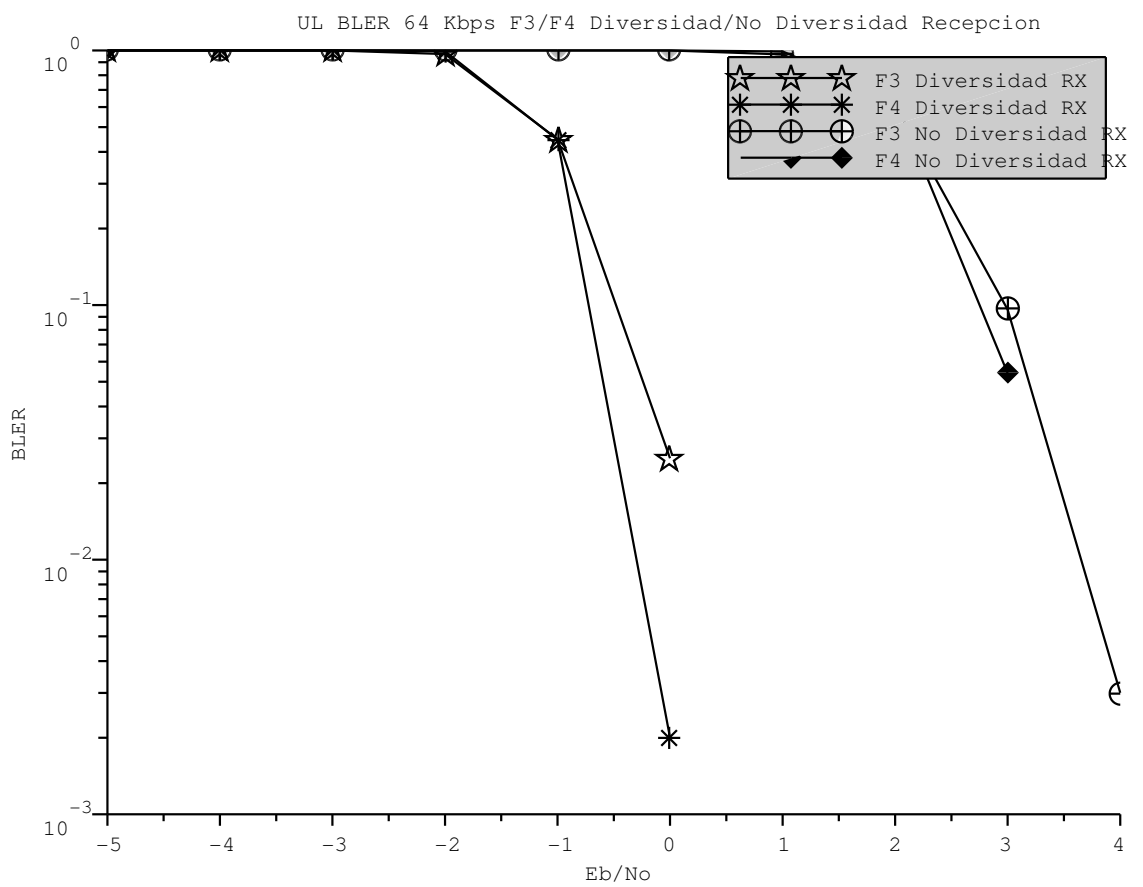


Figura D.40. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.

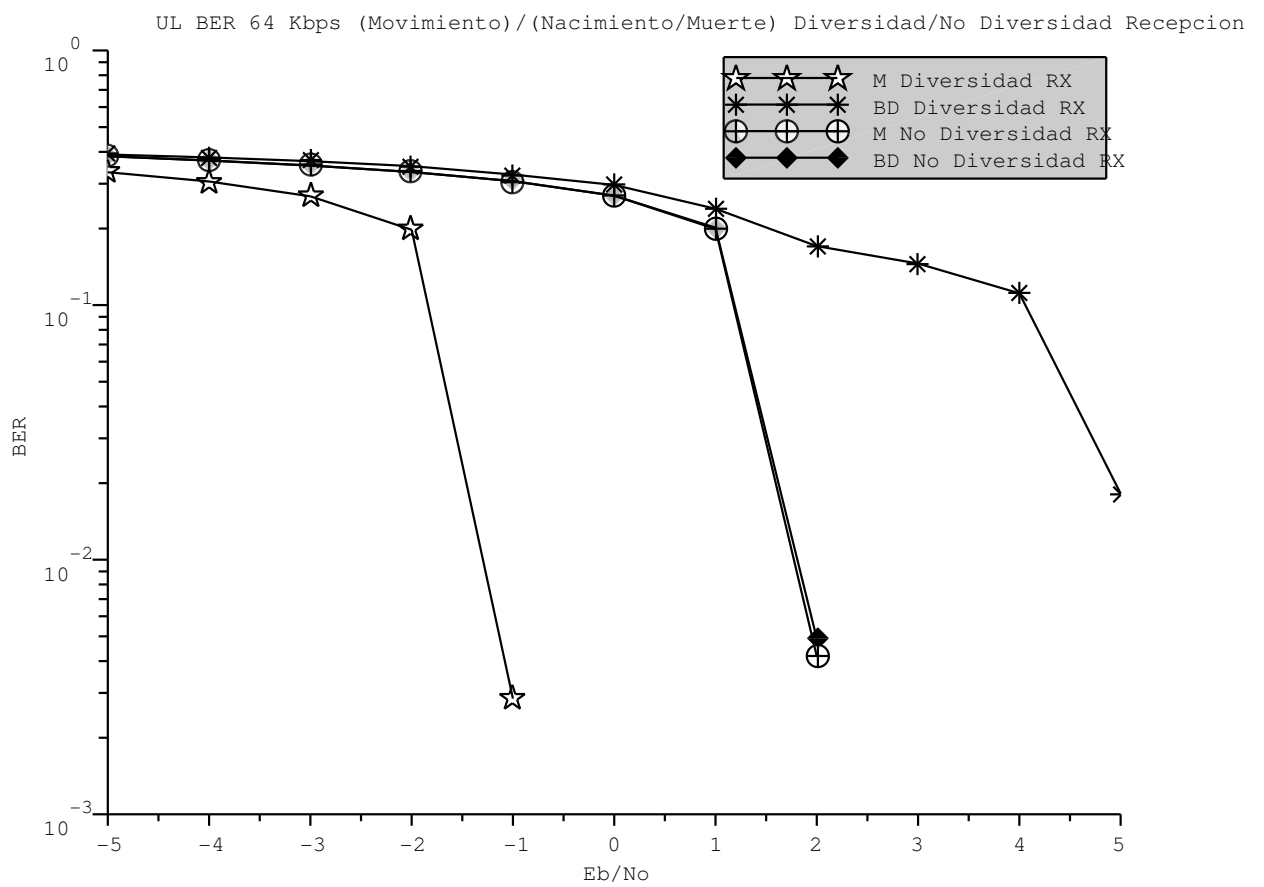


Figura D.41. Tasa de Error de Bit (BER) para Canales con Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.

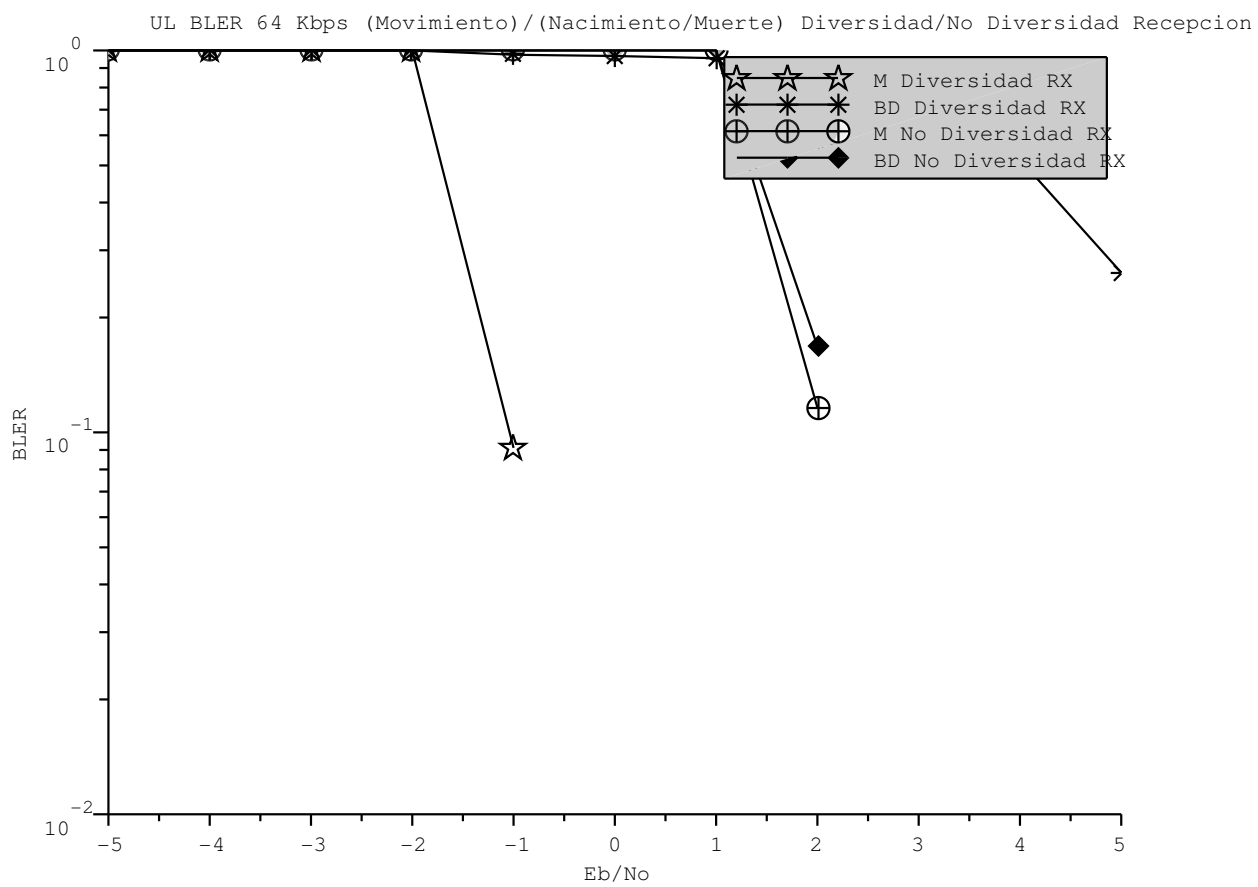


Figura D.42. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales con Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 64 Kbps.

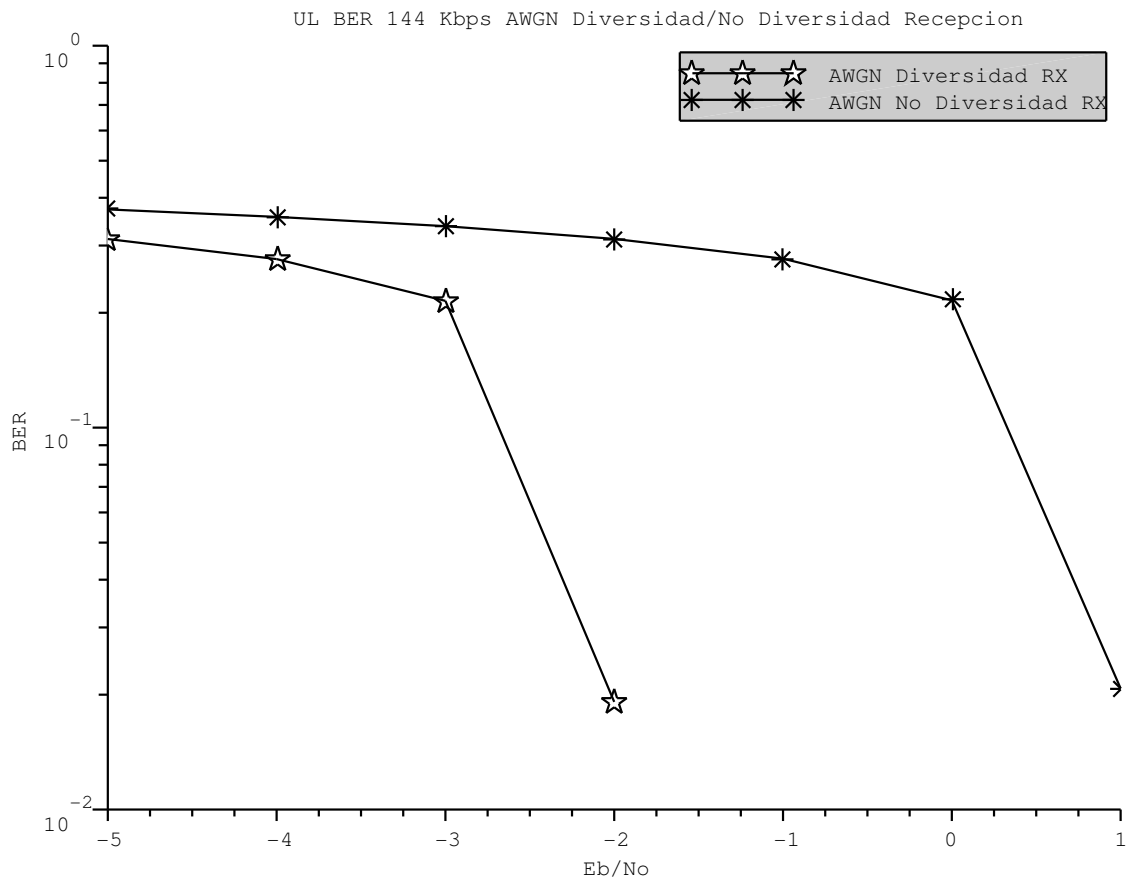


Figura D.43. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.

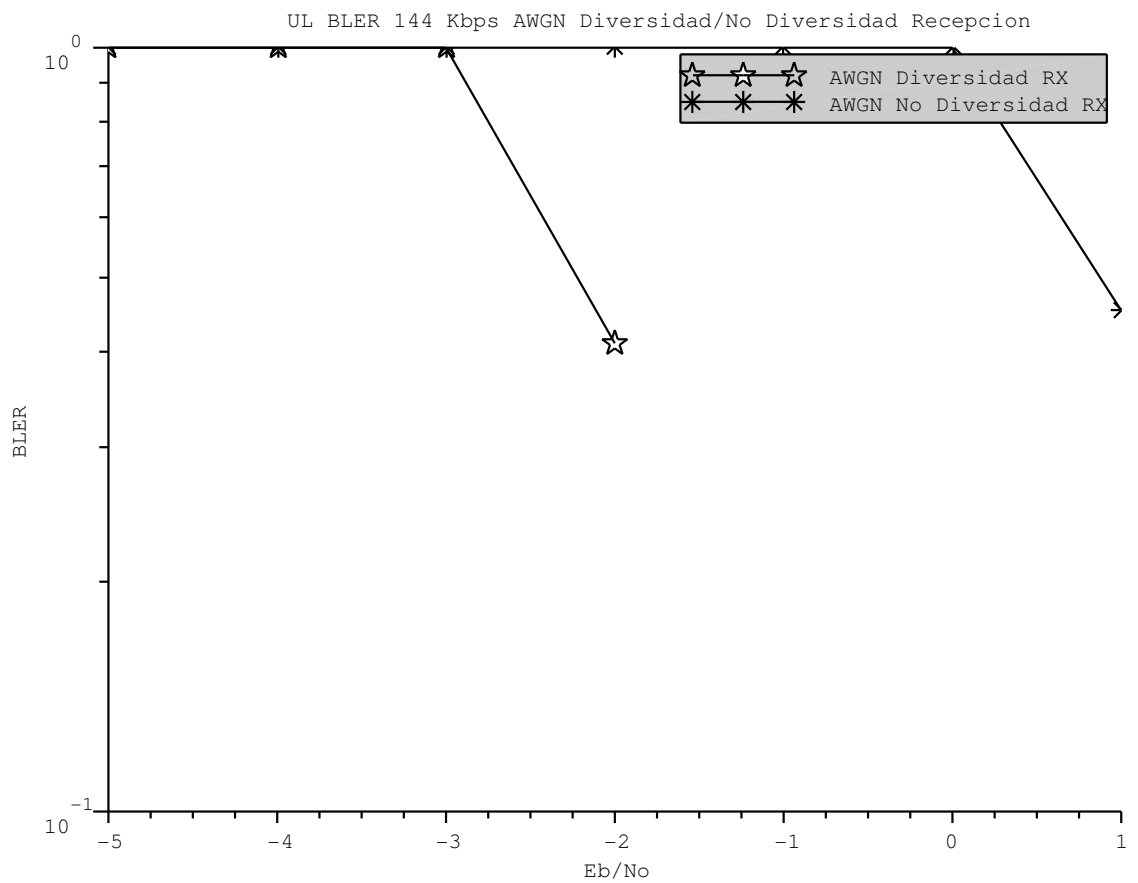


Figura D.44. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.

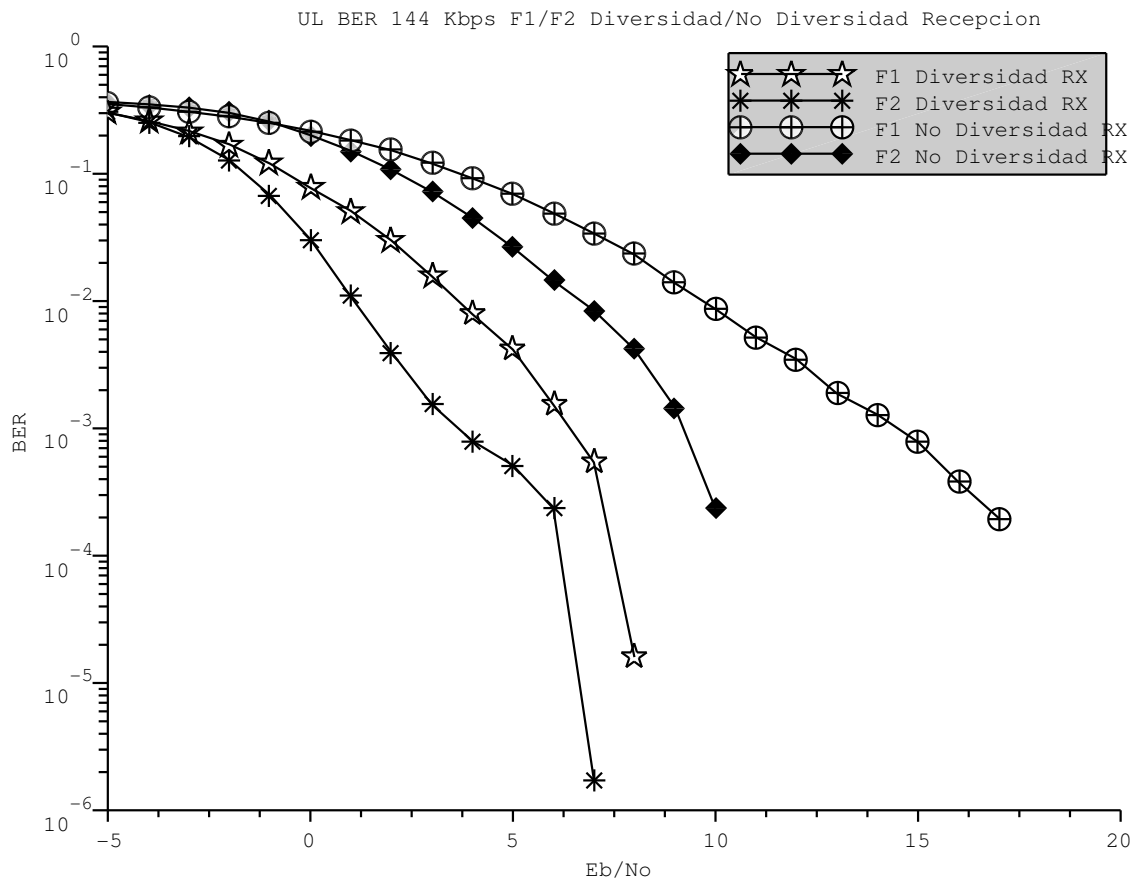


Figura D.45. Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.

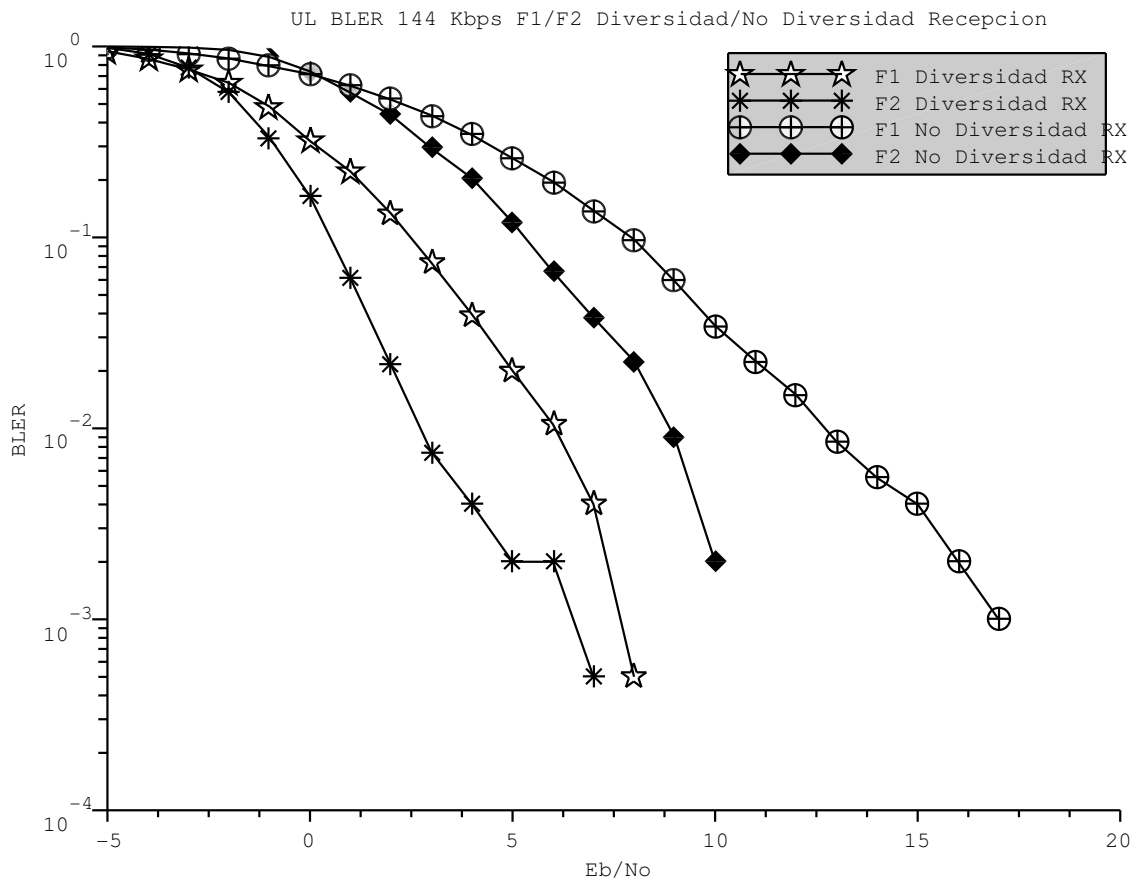


Figura D.46. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.

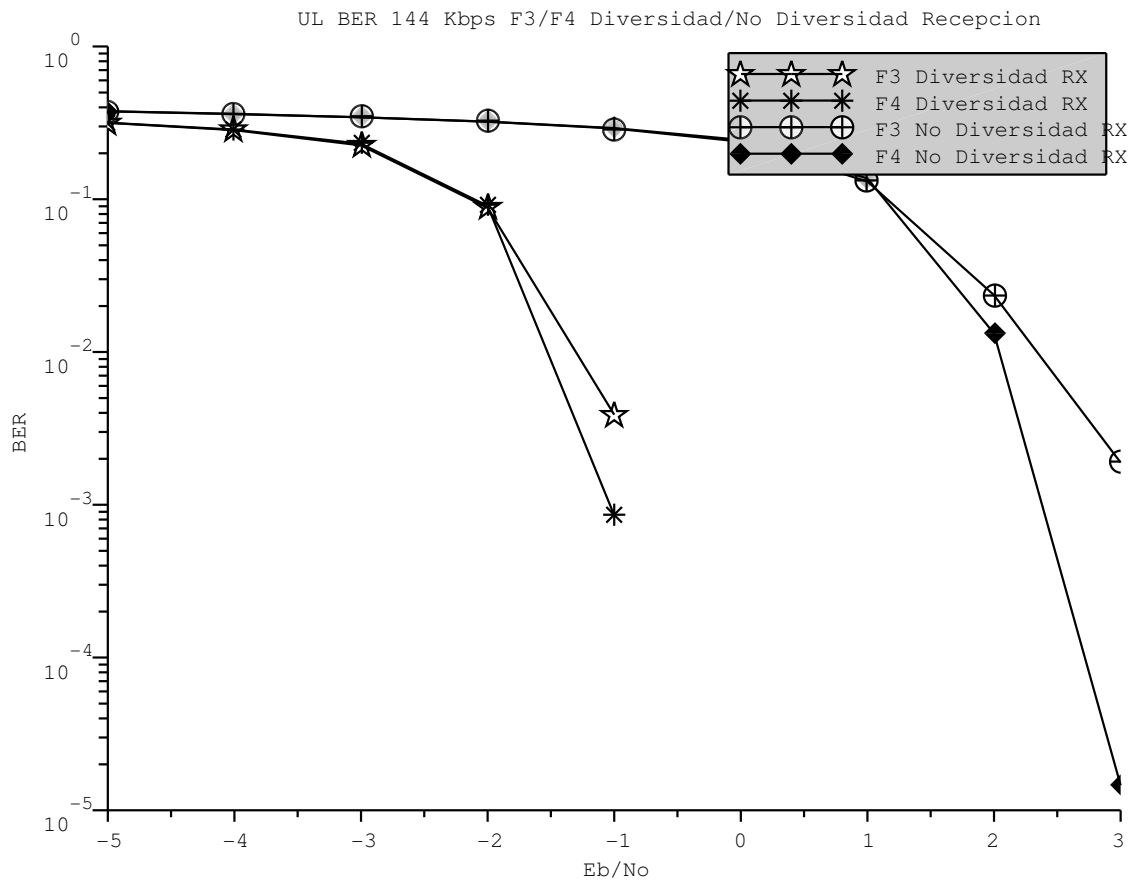


Figura D.47. Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.

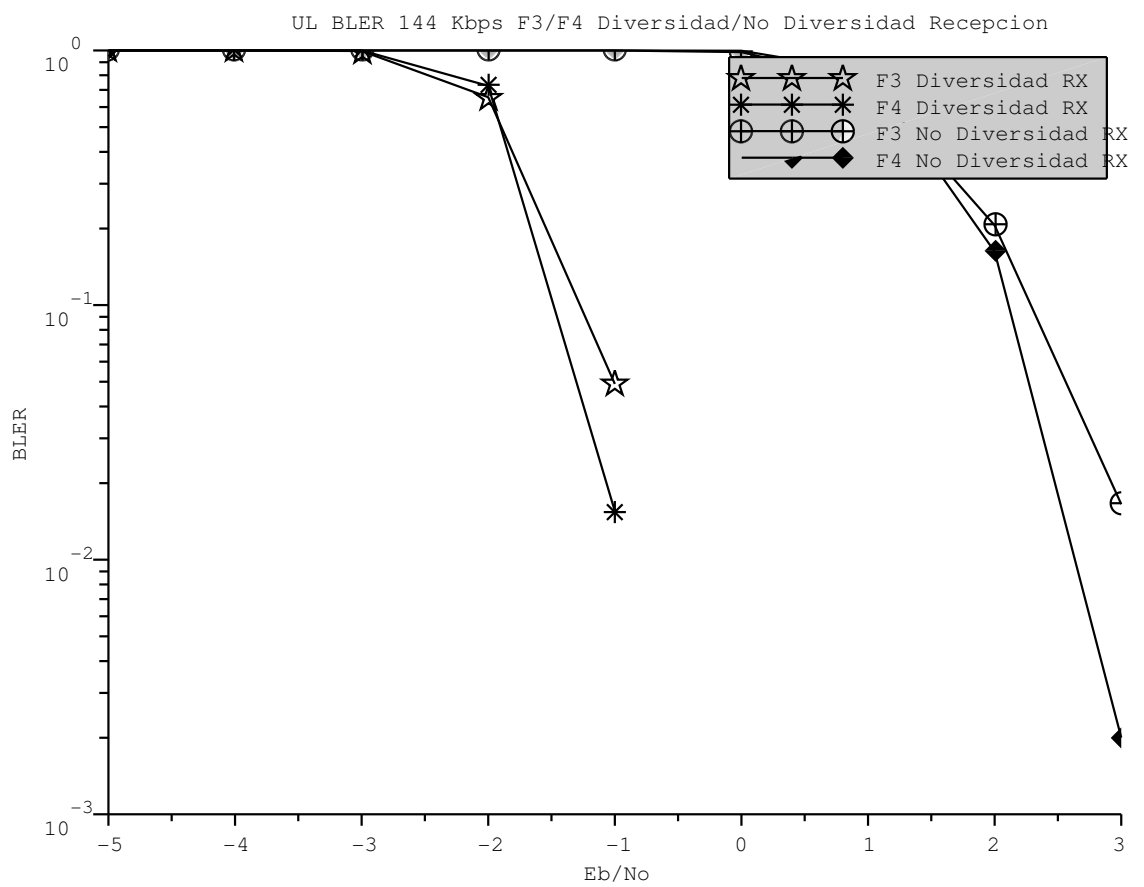


Figura D.48. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 144 Kbps.

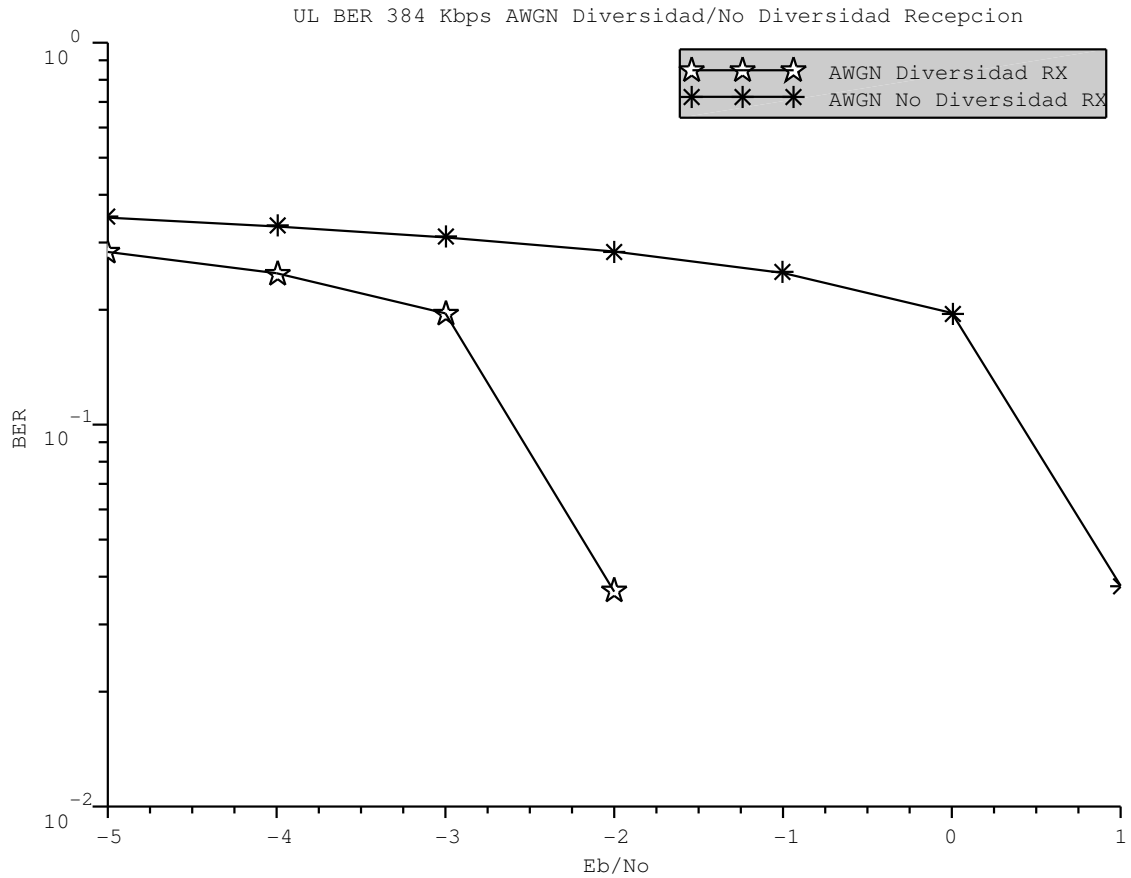


Figura D.49. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.

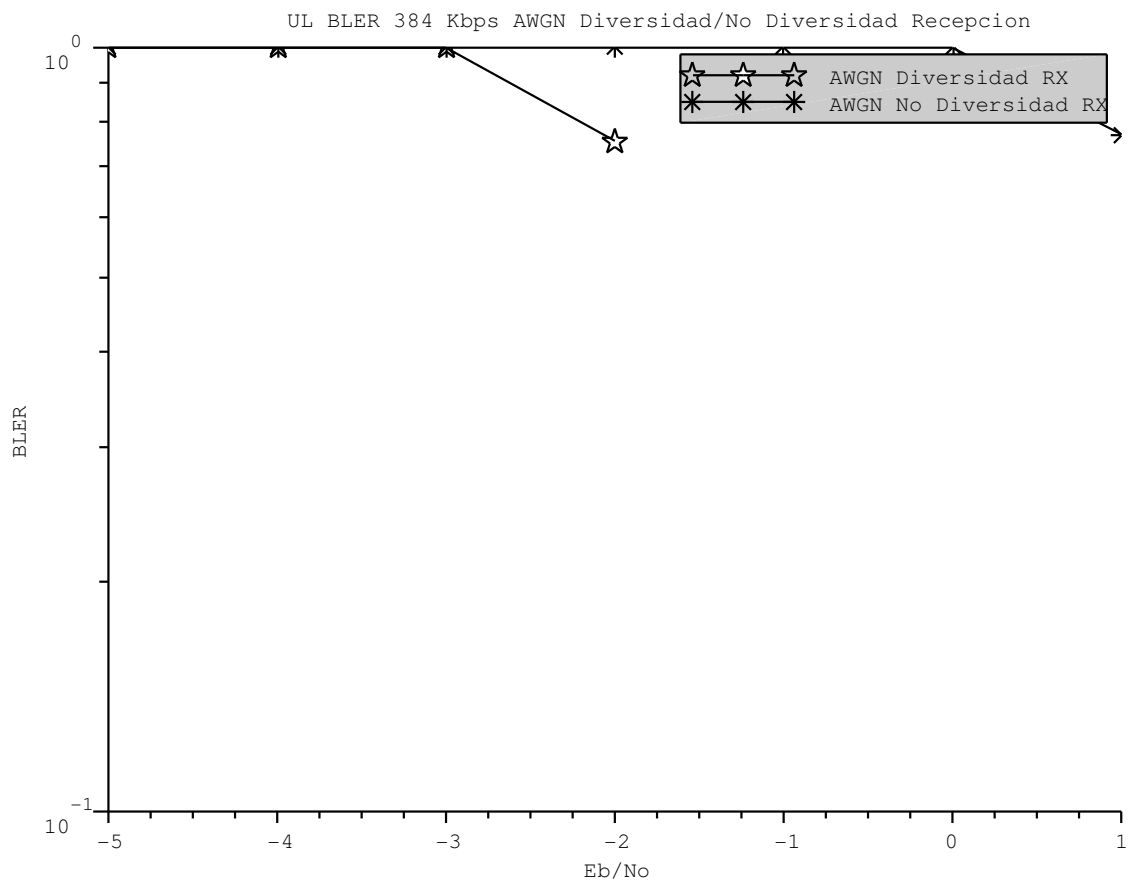


Figura D.50. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal AWGN en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.

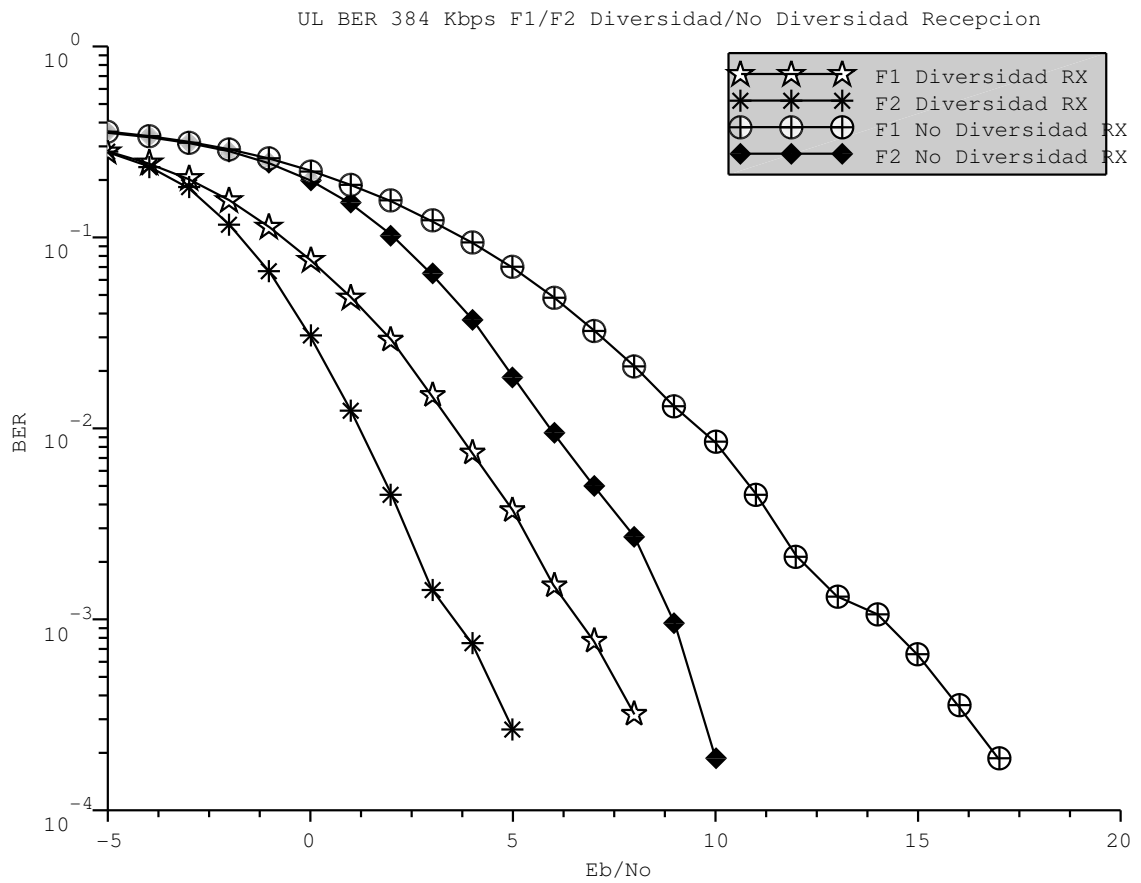


Figura D.51. Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.

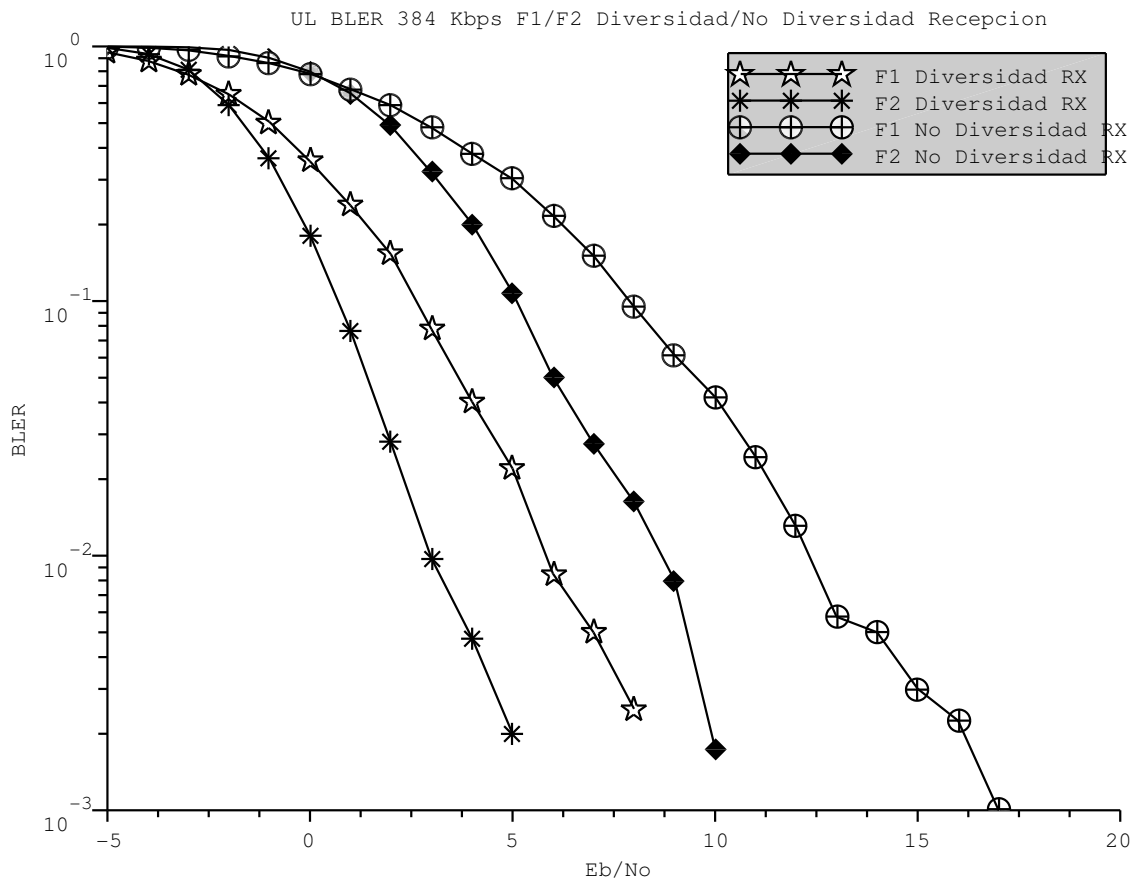


Figura D.52. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 1 (F1) y Caso 2 (F2) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.

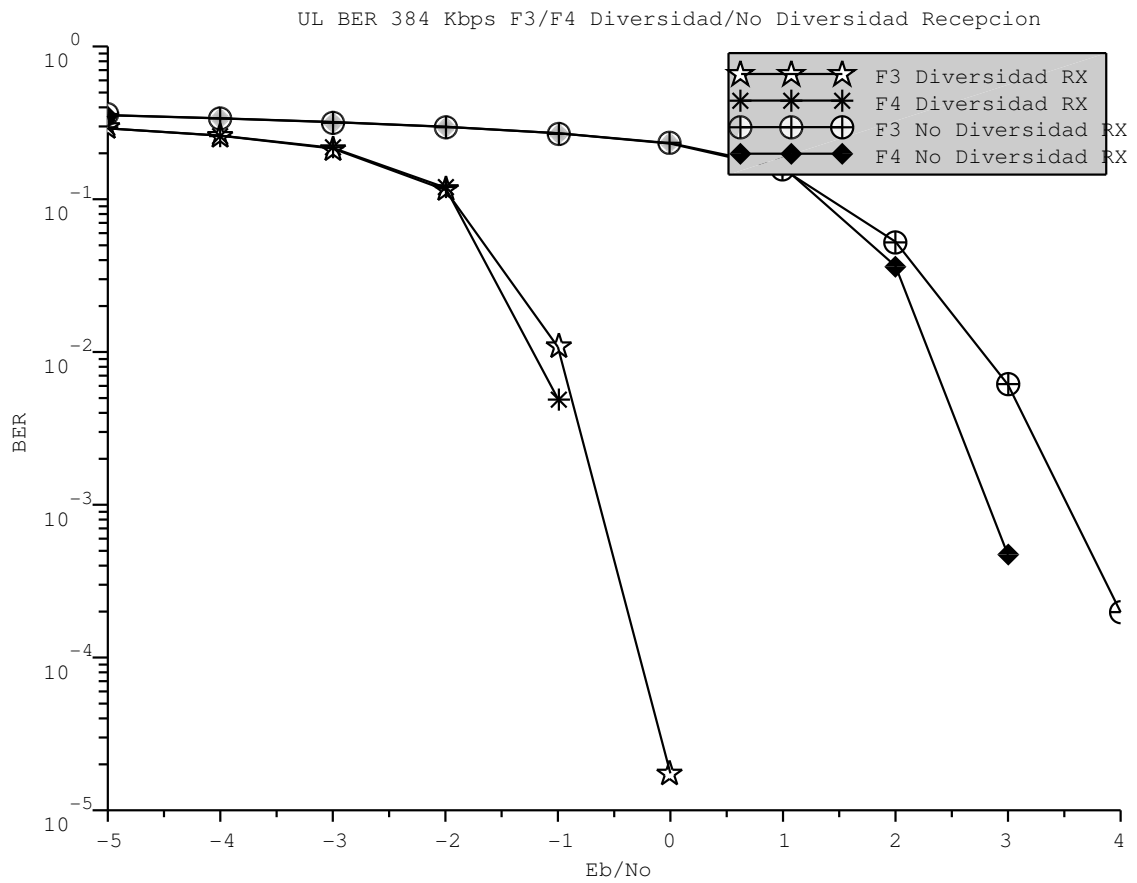


Figura D.53. Tasa de Error de Bit (BER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.

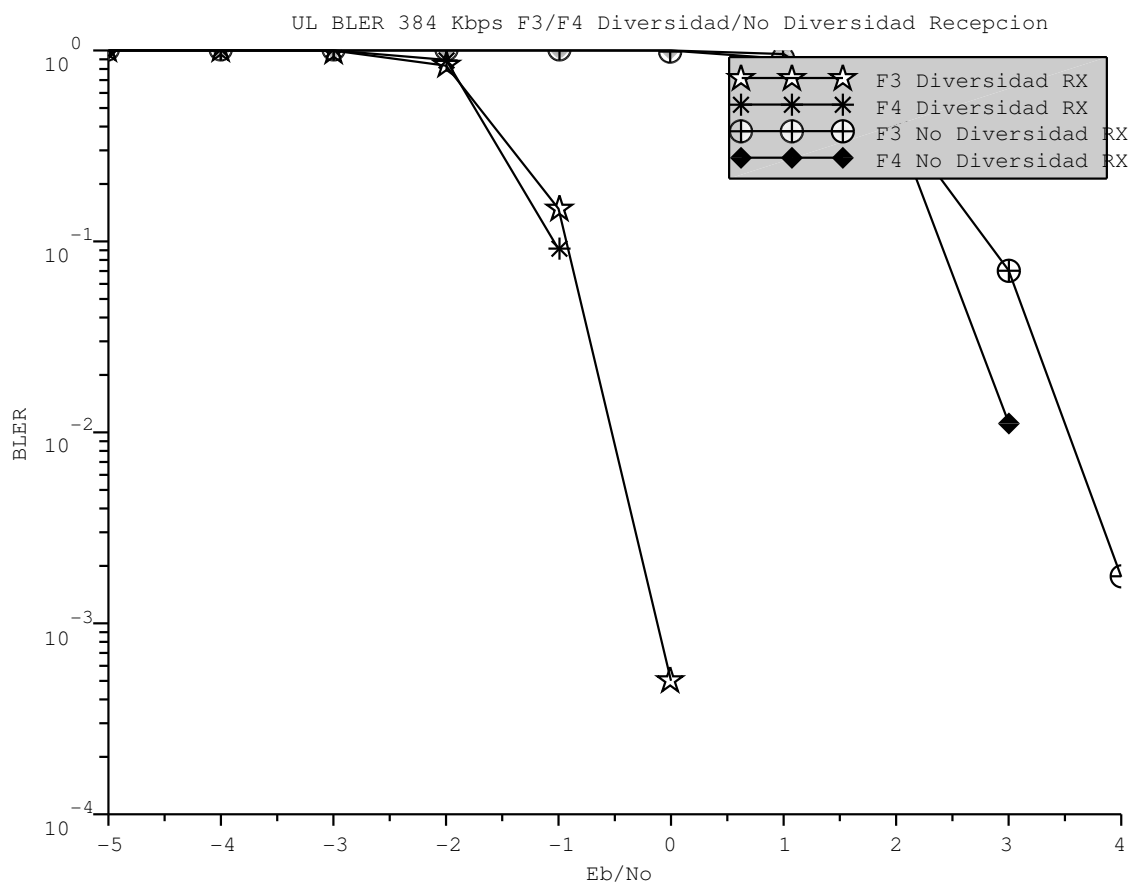


Figura D.54. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canales Desvanecimiento Caso 3 (F3) y Caso 4 (F4) en el Enlace de Subida con/sin Diversidad en Recepción a 384 Kbps.

D.2 Evaluación del Desempeño en el Enlace de Subida

D.2.1 Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Estática

La evaluación del desempeño del DCH en condiciones de propagación estática o canal de Ruido Gaussiano Blanco Aditivo se determina por la máxima $BLER$ permitida cuando la señal a la entrada del receptor se encuentre en el valor E_b/N_0 evaluado. Los valores de la evaluación del desempeño aparecen en la tabla D.1. De manera general se debe tener en cuenta que el valor numérico entre paréntesis corresponde al valor entero considerado después de analizar los resultados de la simulación a nivel de enlace, en la cual el valor E_b/N_0 toma valores enteros. El valor que no se encuentra en paréntesis es el resultado de la interpolación del valor E_b/N_0 para lograr el requerimiento de $BLER$, y a partir de estos valores por interpolación se calculó el valor de la BER .

Tabla D.1. Evaluación del Desempeño Canal AWGN.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX (dB)	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX (dB)	BER con diversidad de BS en RX	BER sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	(1) 1.9	(5) 4.9	$3.3755 \cdot 10^{-3}$	$2.9716 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(3) 2.9	(6) 5.9	$0.1914 \cdot 10^{-3}$	$0.1943 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
64 Kbps	(-1) -1	(2) 2	$1.4147 \cdot 10^{-3}$	$1.9676 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(0) >-1	(3) >2	$<1.4147 \cdot 10^{-3}$	$<1.9676 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
144 Kbps	(-1) >-2	(2) >1	$<19.1448 \cdot 10^{-3}$	$<20.7525 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(-1) >-2	(2) >1	$<19.1448 \cdot 10^{-3}$	$<20.7525 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
384 Kbps	(-1) >-2	(2) >1	$<36.5577 \cdot 10^{-3}$	$<37.8902 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(-1) >-2	(2) >1	$<36.5577 \cdot 10^{-3}$	$<37.8902 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$

D.2.2 Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Multitrayecto

La evaluación del desempeño del DCH en condiciones de propagación multitrayecto se determina por la máxima $BLER$ permitida cuando la señal a la entrada al receptor se encuentre en el valor E_b/N_0 evaluado. Los valores de la evaluación del desempeño aparecen en las tablas D.2, D.3, D.4 y D.5. De manera general se debe tener en cuenta que el valor numérico entre paréntesis corresponde al valor entero considerado después de analizar los resultados de la simulación a nivel de enlace, en la cual el valor E_b/N_0 toma valores enteros. El valor que no se encuentra en paréntesis es el resultado de la interpolación del valor E_b/N_0 para lograr el requerimiento de $BLER$, y a partir de estos valores por interpolación se calculó el valor de la BER .

Tabla D.2. Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 1.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX (dB)	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX (dB)	BER con diversidad de BS en RX	BER sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	(2) 2	(12) 11.3	$12.9653 \cdot 10^{-3}$	$26.5499 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(7) 6.8	(17) 16.3	$0.7727 \cdot 10^{-3}$	$1.5676 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
64 Kbps	(4) 3.6	(9) 8.9	$20.7077 \cdot 10^{-3}$	$24.1118 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(7) 6.6	(14) 13.9	$1.7629 \cdot 10^{-3}$	$2.0867 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
144 Kbps	(3) 2.6	(8) 8	$21.3711 \cdot 10^{-3}$	$23.2268 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(7) 6.1	(13) 12.8	$1.4354 \cdot 10^{-3}$	$2.1995 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
384 Kbps	(3) 2.8	(8) 8	$17.6549 \cdot 10^{-3}$	$21.1537 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(6) 5.9	(13) 12.5	$1.7331 \cdot 10^{-3}$	$1.7334 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$

Tabla D.3. Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 2.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX (dB)	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX (dB)	BER con diversidad de BS en RX	BER sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	(4) 3.8	(9) 8.1	$14.1917 \cdot 10^{-3}$	$21.4905 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(7) 6.2	(12) 11.8	$0.7725 \cdot 10^{-3}$	$1.2414 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
64 Kbps	(2) 1.4	(6) 5.8	$17.1657 \cdot 10^{-3}$	$21.6163 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(4) 3.6	(10) 9.3	$1.6778 \cdot 10^{-3}$	$1.3508 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
144 Kbps	(1) 0.7	(6) 5.4	$16.7604 \cdot 10^{-3}$	$21.6166 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(3) 2.9	(9) 9	$1.7827 \cdot 10^{-3}$	$1.4619 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
384 Kbps	(1) 0.8	(6) 5.2	$16.0134 \cdot 10^{-3}$	$16.8359 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(3) 3	(9) 8.8	$1.4371 \cdot 10^{-3}$	$1.2986 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$

D.2.3 Evaluación del Desempeño Condición de Propagación en Movimiento

La evaluación del desempeño del DCH en condiciones de propagación en movimiento (*moving*) se determina por la máxima *BLER* permitida cuando la señal a la entrada del receptor se encuentra en el valor E_b/N_0 evaluado. Los valores de la evaluación del desempeño aparecen en la tabla D.6. De manera general se debe tener en cuenta que el valor numérico entre paréntesis corresponde al valor entero considerado después de analizar los resultados de la simulación a nivel de enlace, en la cual el valor E_b/N_0 toma valores enteros. El valor que no se encuentra en paréntesis es el resultado de la interpolación del valor E_b/N_0 para lograr el requerimiento de *BLER*, y a partir de estos valores por interpolación se calculó el valor de la *BER*.

Tabla D.4. Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 3.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX (dB)	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX (dB)	BER con diversidad de BS en RX	BER sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	(3) 2.2	(6) 5.8	$5.1531 \cdot 10^{-3}$	$5.4903 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(4) 3.4	(8) 7	$0.2704 \cdot 10^{-3}$	$0.2318 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
	(4) 4	(8) >7	$32.8 \cdot 10^{-6}$	$<0.2318 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-3}$
64 Kbps	(0) -0.1	(3) 3	$7.3316 \cdot 10^{-3}$	$10.5606 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(1) >-0.1	(4) 4	$<7.3316 \cdot 10^{-3}$	$0.1654 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
	(1) >-0.1	(5) >4	$<7.3316 \cdot 10^{-3}$	$<0.1654 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-3}$
144 Kbps	(-1) -1	(3) 2.6	$3.8938 \cdot 10^{-3}$	$10.5716 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(0) >-1	(4) >3	$<3.8938 \cdot 10^{-3}$	$<1.8929 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
	(0) >-1	(4) >3	$<3.8938 \cdot 10^{-3}$	$<1.8929 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-3}$
384 Kbps	(0) -0.6	(3) 3	$6.4773 \cdot 10^{-3}$	$6.1079 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(0) 0	(4) 3.9	$17.5 \cdot 10^{-6}$	$7.893 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
	(0) >0	(5) >4	$<17.5 \cdot 10^{-6}$	$<0.1984 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-3}$

D.2.4 Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte

La evaluación del desempeño del DCH en condiciones de propagación Nacimiento/Muerte (*Birth/Death*) se determina por la máxima *BLER* permitida cuando la señal a la entrada del receptor se encuentre en el límite E_b/N_0 evaluado. Los valores de la evaluación del desempeño aparecen en la tabla D.7. De manera general se debe tener en cuenta que el valor numérico entre paréntesis corresponde al valor entero considerado después de analizar los resultados de la simulación a nivel de enlace, en la cual el valor E_b/N_0 toma valores enteros. El valor que no se encuentra en paréntesis es el resultado de la interpolación del valor E_b/N_0 para lograr el

Tabla D.5. Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 4.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX (dB)	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX (dB)	BER con diversidad de BS en RX	BER sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	(3) 2.1	(6) 5.6	$4.3490 \cdot 10^{-3}$	$4.7757 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(4) 3.4	(7) 6.8	$0.2704 \cdot 10^{-3}$	$0.2375 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
	(4) >4	(8) >6.8	$< 32.8 \cdot 10^{-6}$	$< 0.2375 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-3}$
64 Kbps	(0) -0.2	(3) 3	$9.2499 \cdot 10^{-3}$	$3.8226 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(0) 0	(4) >3	$0.1290 \cdot 10^{-3}$	$< 3.8226 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
	(1) >0	(4) > 3	$< 0.1290 \cdot 10^{-3}$	$< 3.8226 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-3}$
144 Kbps	(-1) -1.1	(3) 2.4	$9.8274 \cdot 10^{-3}$	$7.9420 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(0) >-1	(3) 3	$< 0.8542 \cdot 10^{-3}$	$14.6 \cdot 10^{-6}$	$< 10^{-2}$
	(0) >-1	(4) >3	$< 0.8542 \cdot 10^{-3}$	$< 14.6 \cdot 10^{-6}$	$< 10^{-3}$
384 Kbps	(-1) -1	(3) 2.8	$4.9482 \cdot 10^{-3}$	$7.6803 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(0) >-1	(4) >3	$< 4.9482 \cdot 10^{-3}$	$< 0.4696 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
	(0) >-1	(4) >3	$< 4.9482 \cdot 10^{-3}$	$< 0.4696 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-3}$

requerimiento de $BLER$, y a partir de estos valores por interpolación se calculó el valor de la BER .

Tabla D.6. Evaluación del Desempeño Condición de Propagación en Movimiento.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX (dB)	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX (dB)	BER con diversidad de BS en RX	BER sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	(2) 1.9	(2) 1.9	$3.2128 \cdot 10^{-3}$	$2.9886 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(3) 2.9	(3) 2.9	$0.1877 \cdot 10^{-3}$	$0.1879 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
64 Kbps	(-1) -1	(3) >2	$2.8497 \cdot 10^{-3}$	$<4.1698 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(0) >-1	(3) >2	$<2.8497 \cdot 10^{-3}$	$<4.1698 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$

Tabla D.7. Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte.

Canal de medida	E_b/N_0 recibido con diversidad de BS en RX (dB)	E_b/N_0 recibido sin diversidad de BS en RX (dB)	BER con diversidad de BS en RX	BER sin diversidad de BS en RX	BLER requerido
12.2 Kbps	(8) 7.8	(5) 5	$4.2186 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(9) 8.9	(6) 5.8	$0.1799 \cdot 10^{-3}$	$0.07 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
64 Kbps	(6) >5	(3) >2		$<4.9002 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-1}$
	(6) >5	(3) >2		$<4.9002 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-2}$

D.3 Análisis del Desempeño en el Enlace de Subida

En esta sección se analizarán los resultados obtenidos tanto en tablas como gráficamente para el enlace de subida, para las diferentes velocidades de transmisión de datos y las diferentes condiciones de canal.

En las figuras D.1, D.2, D.3, D.4, D.5, D.6, D.7, D.8, D.9, D.10, D.11 y D.12 se observa como de manera general el mejor desempeño del enlace de subida con diversidad en recepción se presenta bajo la condición de un canal estático o que solo incluye ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN). El desempeño del enlace bajo las condiciones de canal con desvanecimiento casos 3 y 4 son muy similares y muy cercanas al desempeño del enlace bajo condiciones de canal estático o AWGN. El enlace bajo las condiciones de propagación con desvanecimiento casos 1 y 2 presenta un menor desempeño con respecto a los canales mencionados, siendo de manera general el caso 1 el de mayor requerimiento de E_b/N_0 para una determinada BER . El enlace presenta un desempeño muy similar bajo la condición de propagación en movimiento (*moving*) con respecto al enlace bajo la condición de propagación estática o AWGN. El peor desempeño del enlace se presenta bajo la condición de propagación nacimiento/muerte (*Birth/Death*) en comparación con las otras condiciones de propagación en los canales del enlace.

Las figuras D.13 y D.14 presentan que un enlace bajo condiciones de propagación de canal estático o AWGN presenta un mejor desempeño o un menor requerimiento de E_b/N_0 para una determinada BER a mayores velocidades de transmisión de datos, presentando el enlace un desempeño muy similar para las velocidades de transmisión de datos de 144 Kbps y 384 Kbps.

Las figuras D.15 y D.16 presentan que un enlace bajo condiciones de propagación de canal con desvanecimiento caso 1 presenta un desempeño muy similar para las diferentes velocidades de transmisión de datos de prueba (12.2 Kbps, 64 Kbps, 144 Kbps y 384 Kbps), presentando de manera ligera un mejor desempeño para la velocidad de transmisión de datos de 12.2 Kbps.

Las figuras D.17 y D.18 presentan que un enlace bajo condiciones de propagación de canal con desvanecimiento caso 2 presenta un desempeño muy similar para las diferentes velocidades de transmisión de datos de prueba (12.2 Kbps, 64 Kbps, 144 Kbps y 384 Kbps), presentando el peor desempeño para la velocidad de transmisión de datos de 12.2 Kbps.

Las figuras D.19, D.20, D.21 y D.22 presentan que un enlace bajo condiciones de propagación de canal con desvanecimientos casos 3 y 4 presenta de mejor a peor desempeño para las velocidades de transmisión de datos de 144 Kbps, 384 Kbps, 64 Kbps y 12.2 Kbps respectivamente. El enlace presenta un desempeño y un comportamiento muy similar para las velocidades de transmisión de datos de 144 Kbps y 384 Kbps. Lo anterior confirma que el comportamiento y desempeño del enlace bajo las condiciones de canal con desvanecimiento casos 3 y 4 es muy similar.

Las figuras D.23 y D.24 presentan que un enlace bajo condiciones de propagación de canal en movimiento (*moving*) presenta un mejor desempeño para la velocidad de transmisión de datos de 64 Kbps en comparación a 12 Kbps. Como ya se había analizado anteriormente, el enlace presenta un desempeño y comportamiento muy similar bajo la condición de propagación en movimiento (*moving*) con respecto al enlace bajo la condición de propagación estática o AWGN.

Las figuras D.25 y D.26 presentan que un enlace bajo condiciones de propagación de canal nacimiento/muerte (*birth/death*) presenta un mejor desempeño para la velocidad de transmisión de datos de 64 Kbps en comparación a 12 Kbps. Como ya se había analizado anteriormente el enlace presenta el peor desempeño con respecto a las otras condiciones de propagación.

Las figuras D.27, D.28, D.29, D.30, D.31, D.32, D.35, D.36, D.37, D.38, D.39, D.40, D.43, D.44, D.45, D.46, D.47, D.48, D.49, D.50, D.51, D.52, D.53 y D.54, muestran la diferencia de desempeño cuando el enlace opera en el enlace de subida con y sin diversidad en recepción para condiciones de propagación estática (AWGN) y desvanecimiento casos 1, 2, 3 y 4 y velocidad de transmisión de datos de 12.2 Kbps, 64 Kbps, 144 Kbps y 384 Kbps. Con diversidad en recepción se requiere una menor E_b/N_0 para una determinada *BER*, lo que demuestra la ganancia que le ofrece al enlace el uso de la diversidad en recepción. La diversidad en recepción presenta una mayor ganancia para el enlace con condición de propagación de desvanecimiento caso 1. Nuevamente se confirma que el comportamiento y desempeño del enlace bajo las condiciones de canal con desvanecimiento casos 3 y 4 es muy similar.

Las figuras D.33, D.34, D.41 y D.42 muestran la diferencia de desempeño cuando el enlace opera en el enlace de subida con y sin diversidad en recepción para condiciones de propagación en movimiento (*moving*) y nacimiento/muerte (*Birth/Death*) y velocidad de transmisión de datos de 12.2 Kbps y 64 Kbps. Para un enlace con un

canal con condición de propagación en movimiento (*moving*) y velocidad de transmisión de 12.2 Kbps no se presenta ganancia por diversidad en recepción, el desempeño es muy similar. La diversidad en recepción si presenta ganancia para condición de propagación en movimiento (*moving*) y velocidad de transmisión de datos de 64 Kbps. En el caso de un enlace con un canal con condición de propagación nacimiento/muerte (*Birth/Death*) la diversidad en recepción no brinda una ganancia, por el contrario desmejora su desempeño para las velocidades de transmisión de datos de 12.2 Kbps y 64 Kbps.

Los valores de las tablas de requerimiento de desempeño en el enlace de subida son menores a los requerimientos expresados por las especificaciones técnicas 3GPP, pero los valores obtenidos mantienen la diferencia o ganancia por diversidad en recepción, excepto para el caso del enlace con canal con condición de propagación nacimiento/muerte (*birth/death*) donde se concluye que en la simulación la diversidad en recepción no brinda ninguna ganancia al enlace, por el contrario deteriora el desempeño del enlace.

D.4 Resultados en el Enlace de Bajada

En esta sección se muestran de manera gráfica los resultados de la simulación a nivel de enlace para el enlace de bajada, con el objeto de evaluar el desempeño del sistema WCDMA para diferentes velocidades de transmisión de datos y para diferentes modelos de canal.

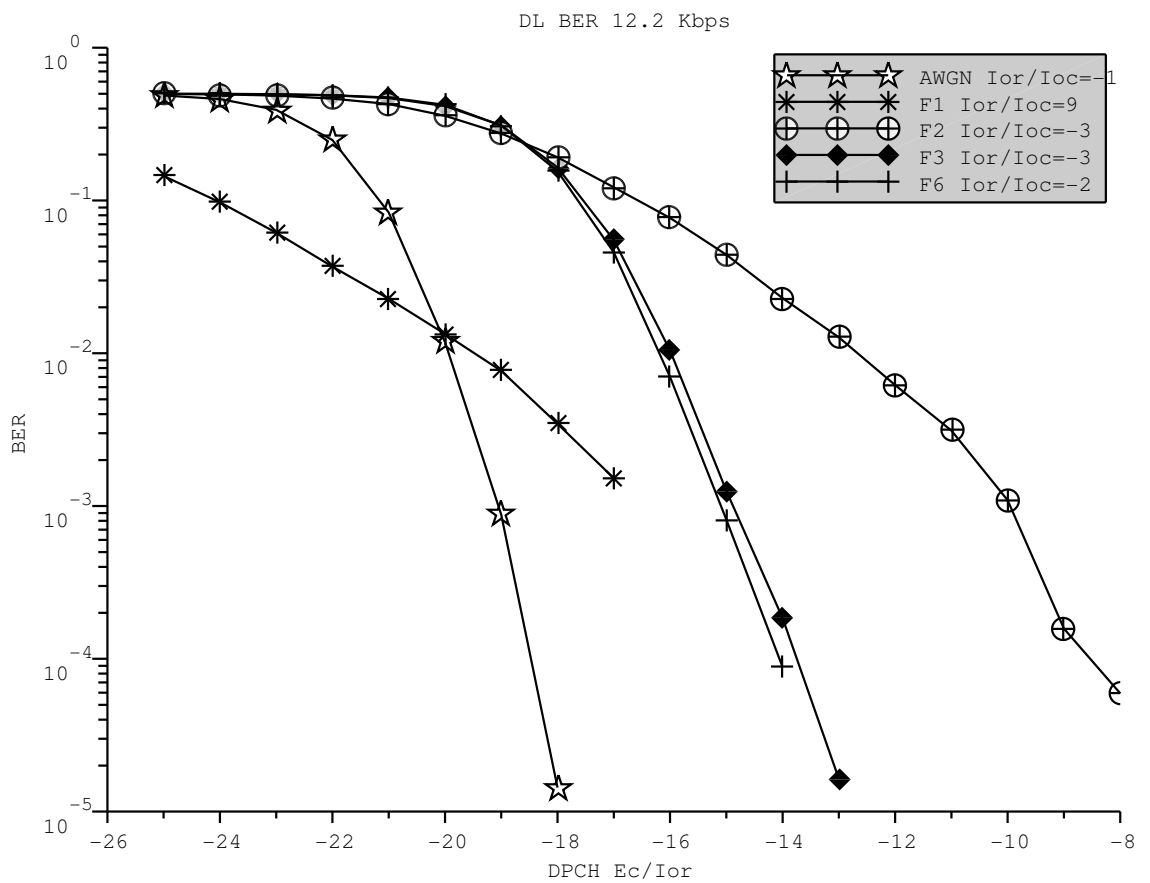


Figura D.55. Tasa de Error de Bit (BER) para 12.2 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.

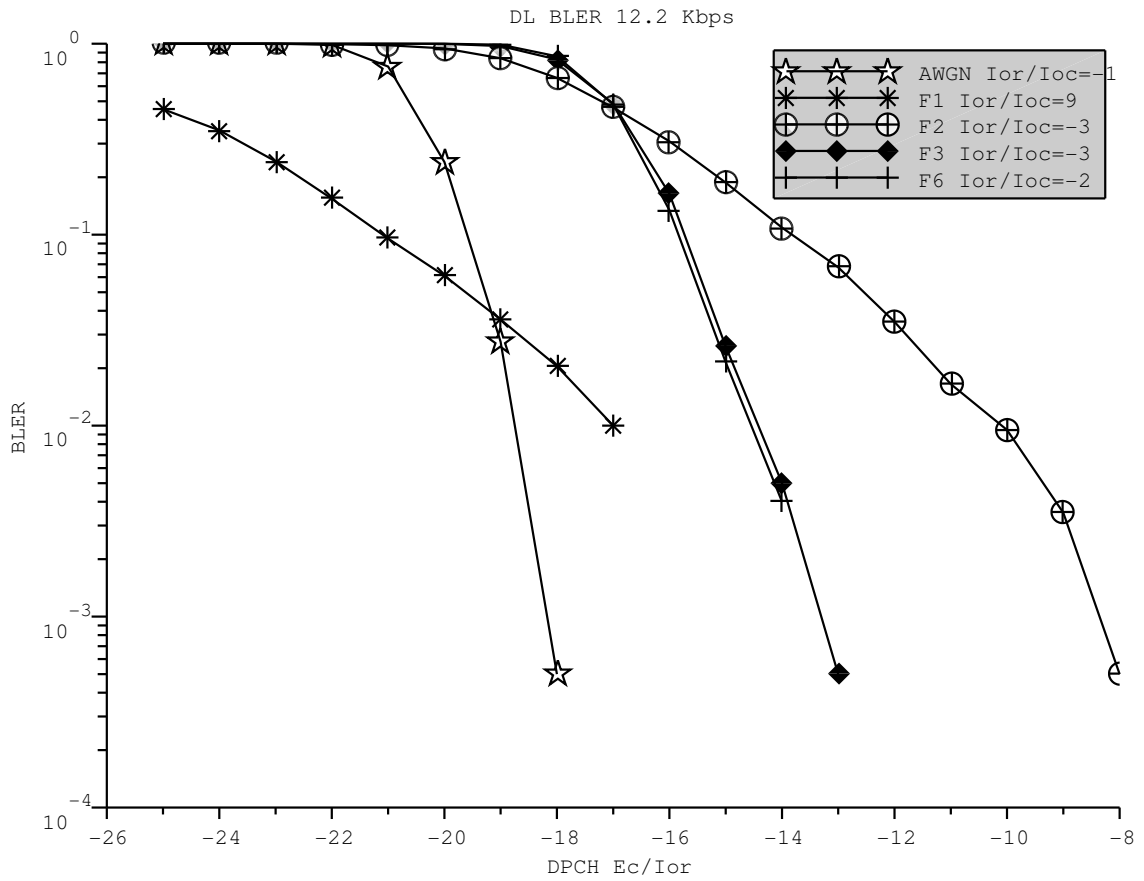


Figura D.56. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 12.2 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.

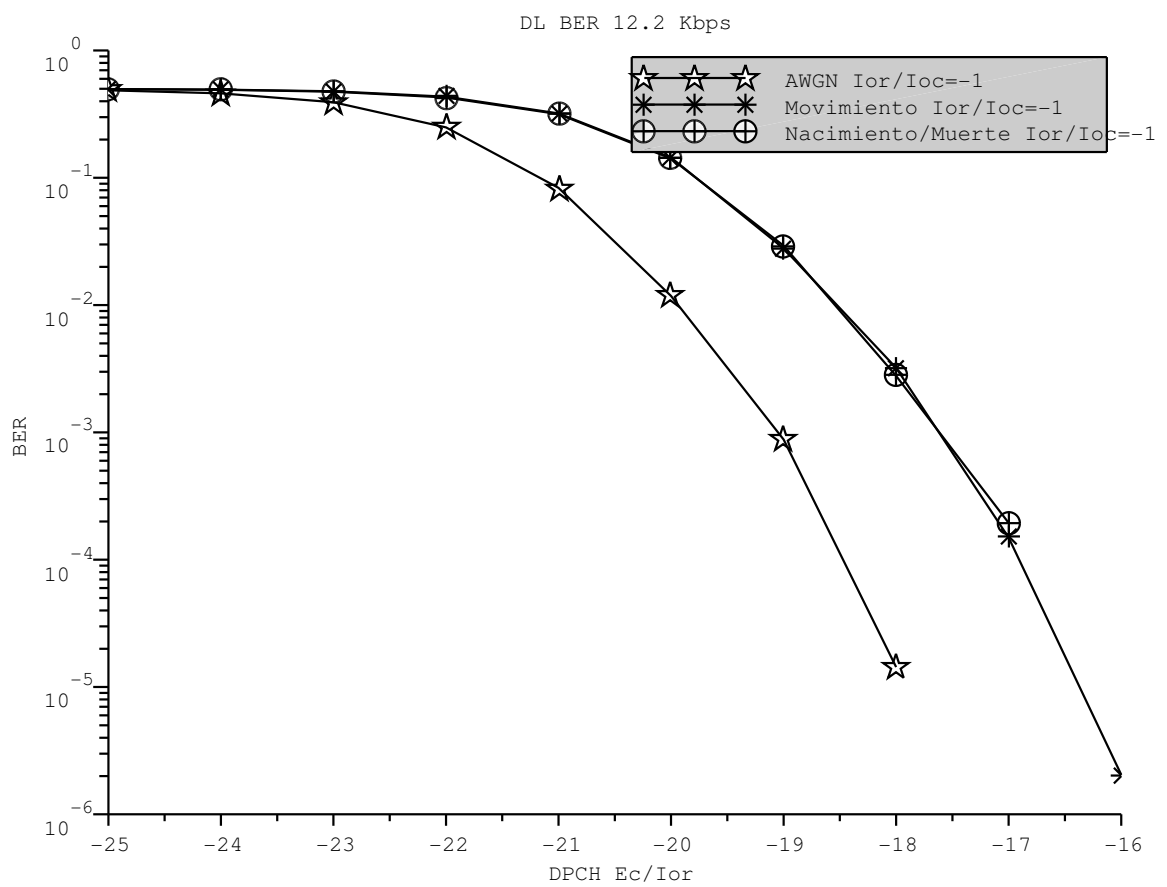


Figura D.57. Tasa de Error de Bit (BER) para 12.2 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.

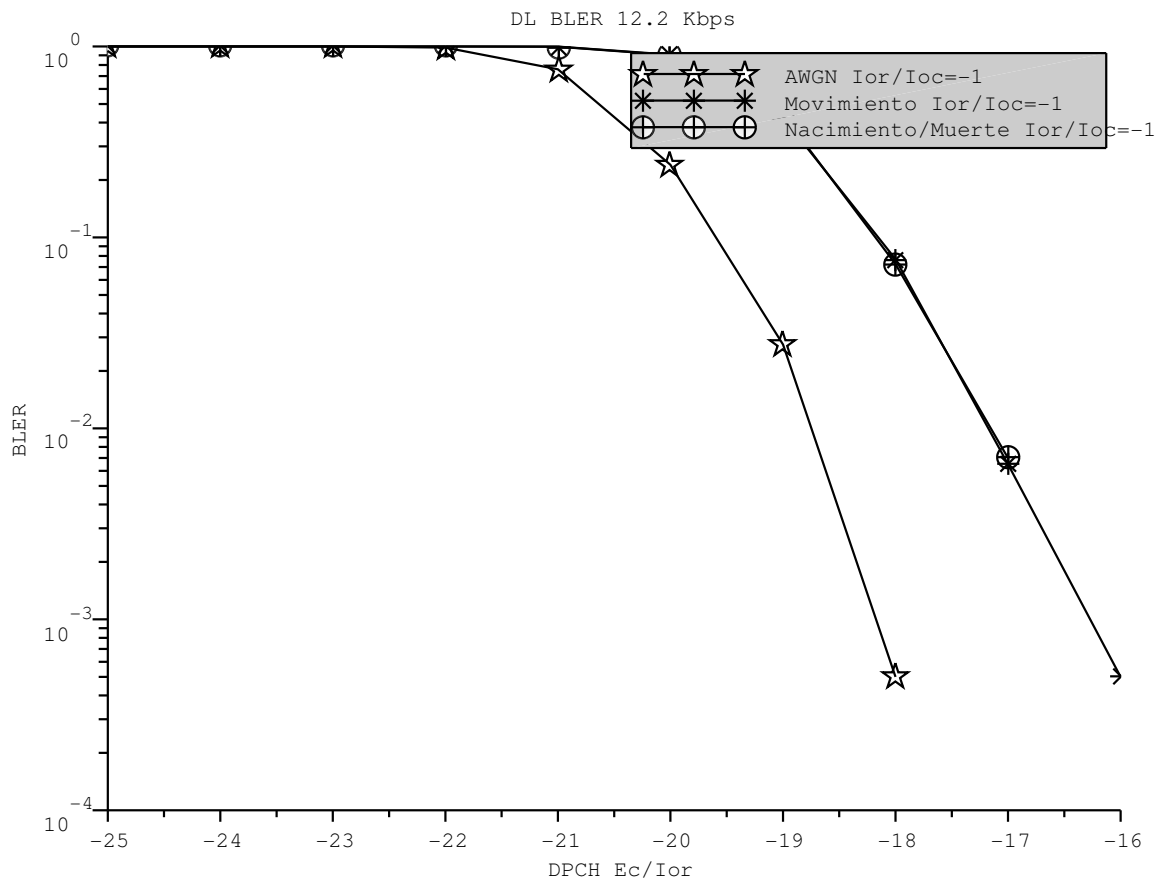


Figura D.58. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 12.2 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.

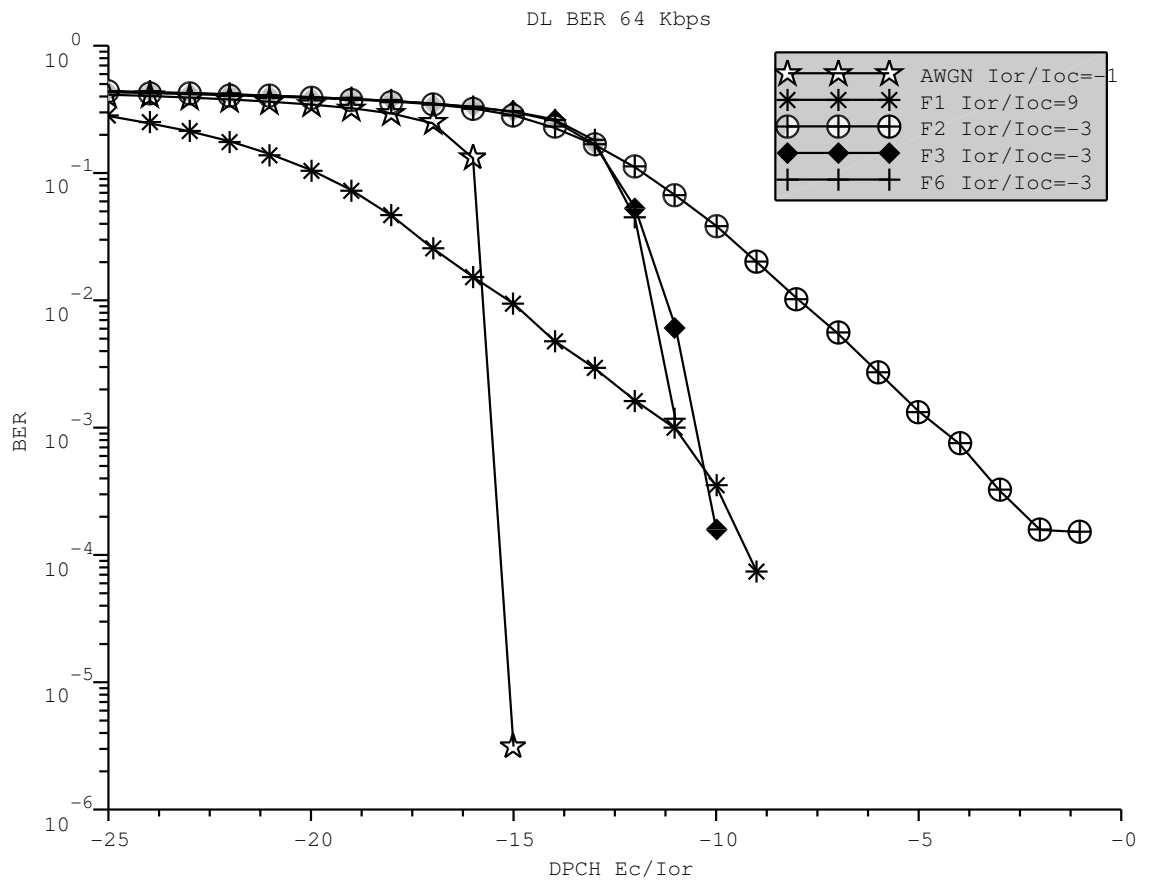


Figura D.59. Tasa de Error de Bit (BER) para 64 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.

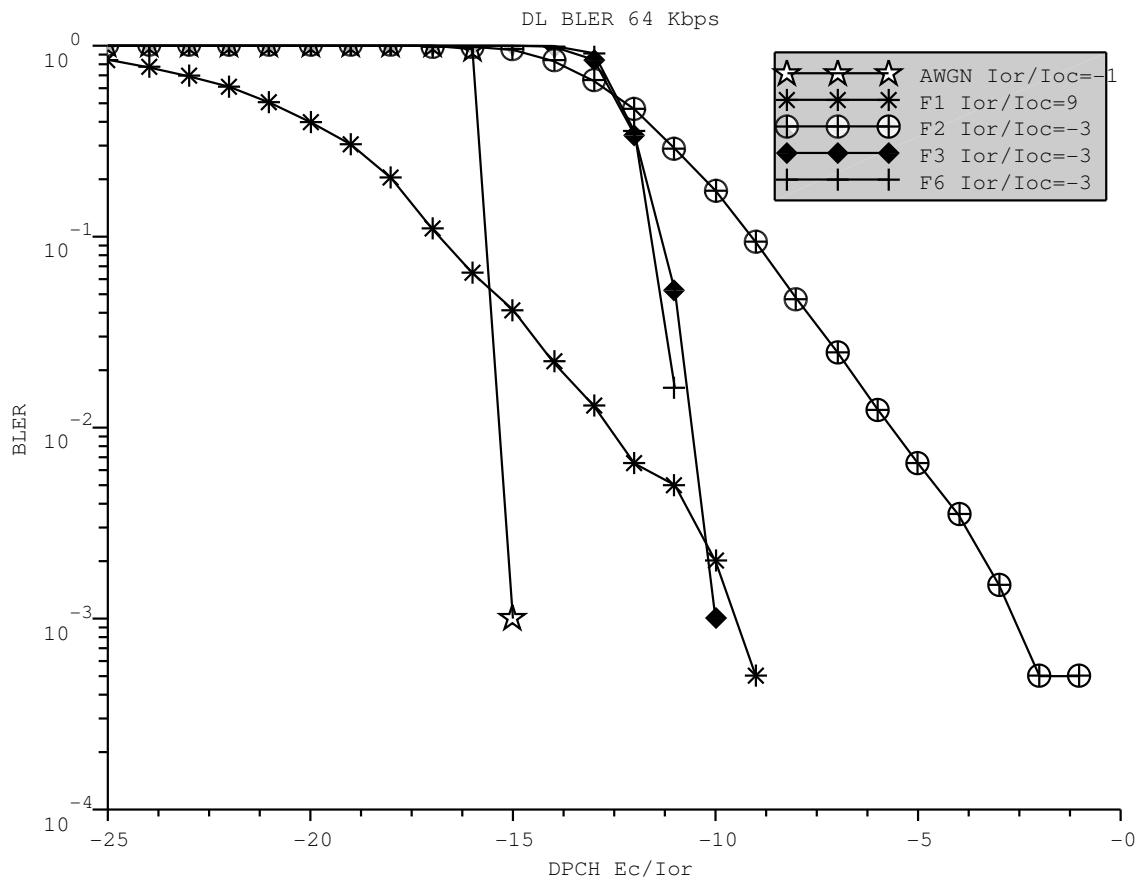


Figura D.60. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 64 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.

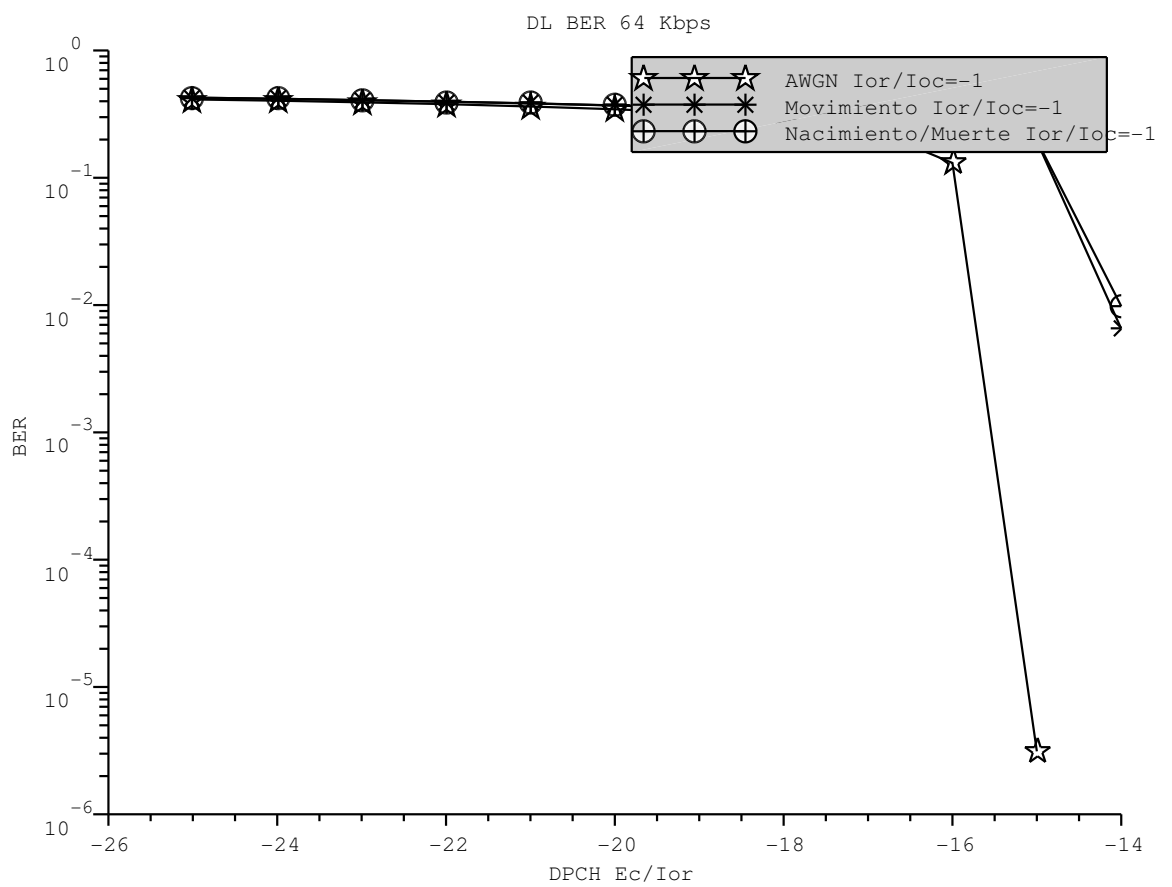


Figura D.61. Tasa de Error de Bit (BER) para 64 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.

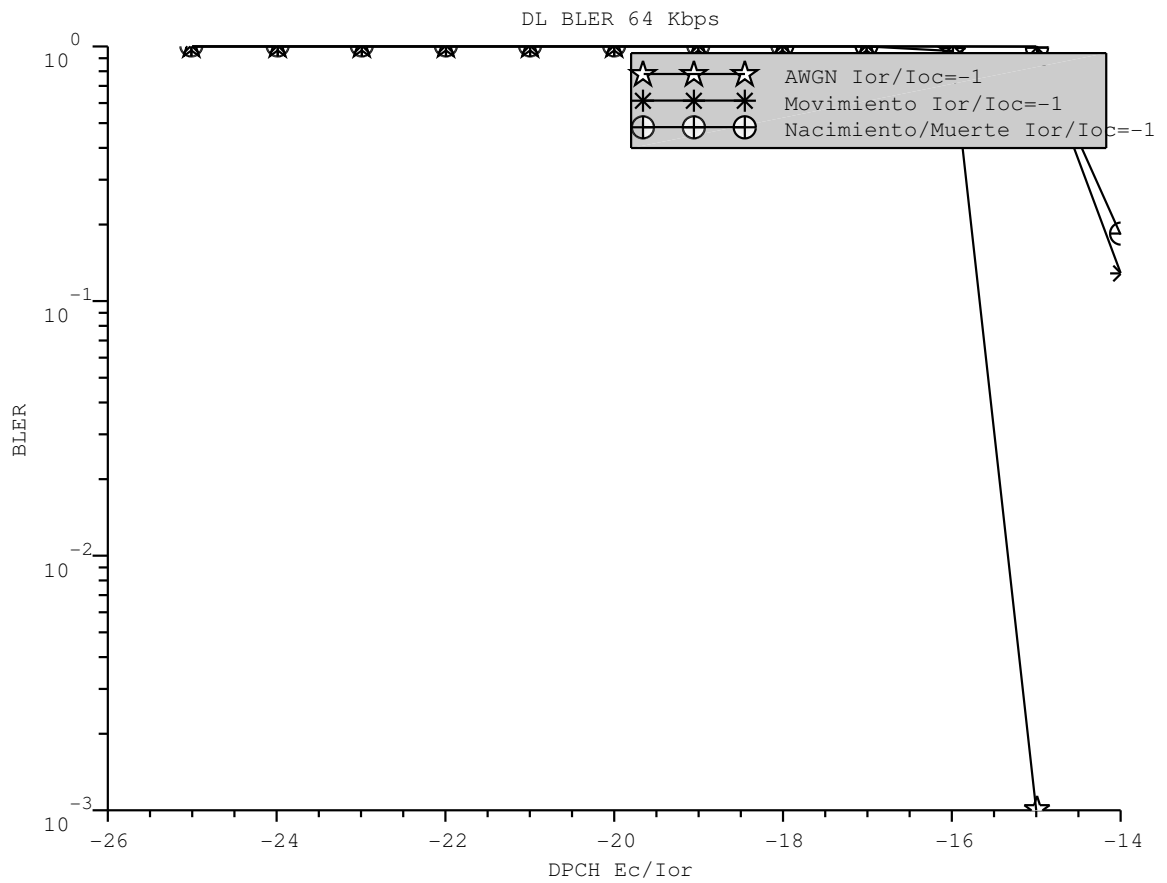


Figura D.62. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 64 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Condiciones de Propagación en Movimiento y Nacimiento/Muerte.

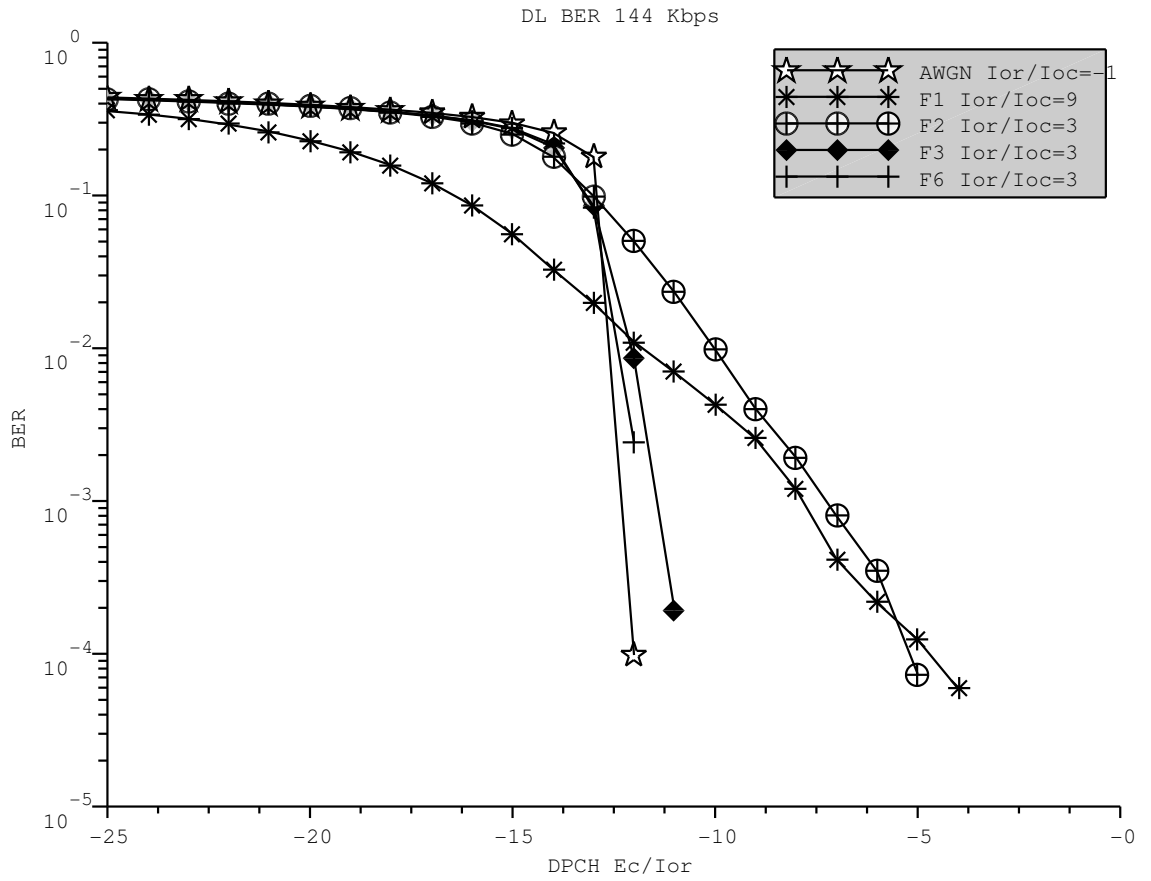


Figura D.63. Tasa de Error de Bit (BER) para 144 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.

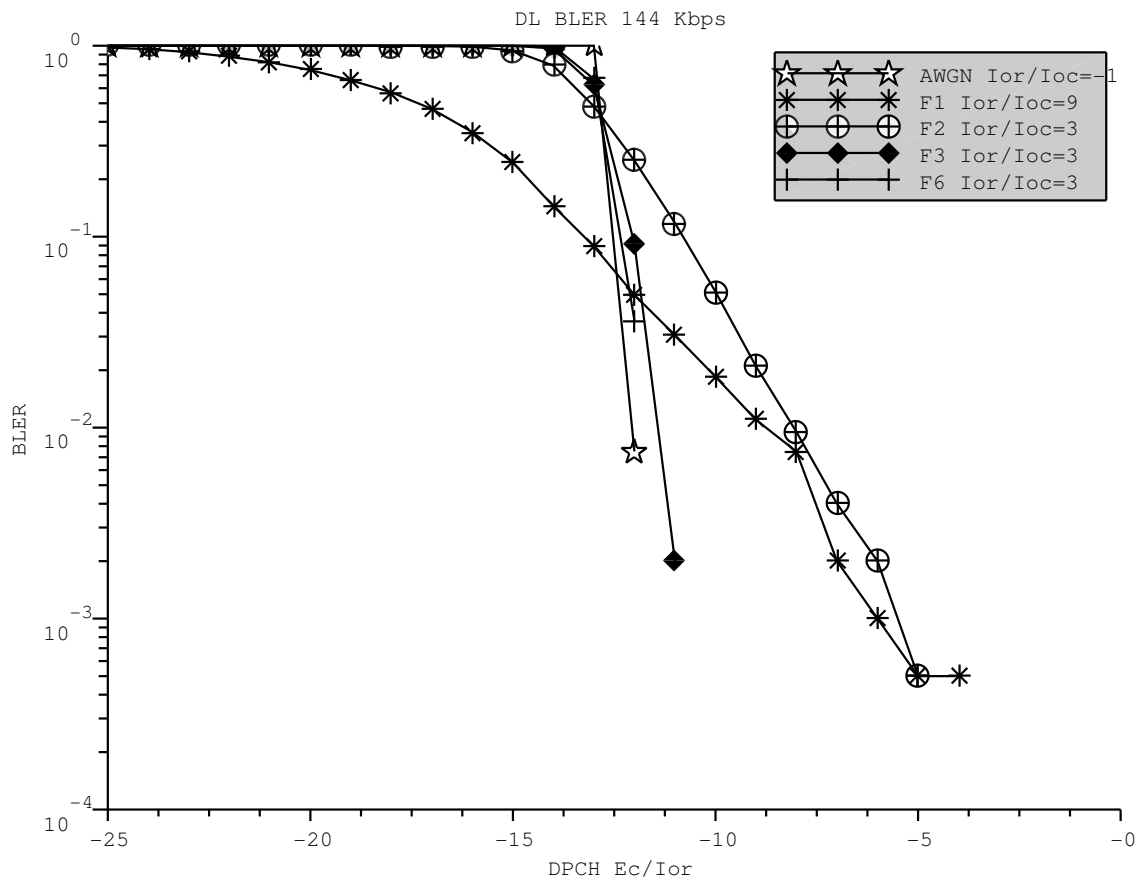


Figura D.64. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 144 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.

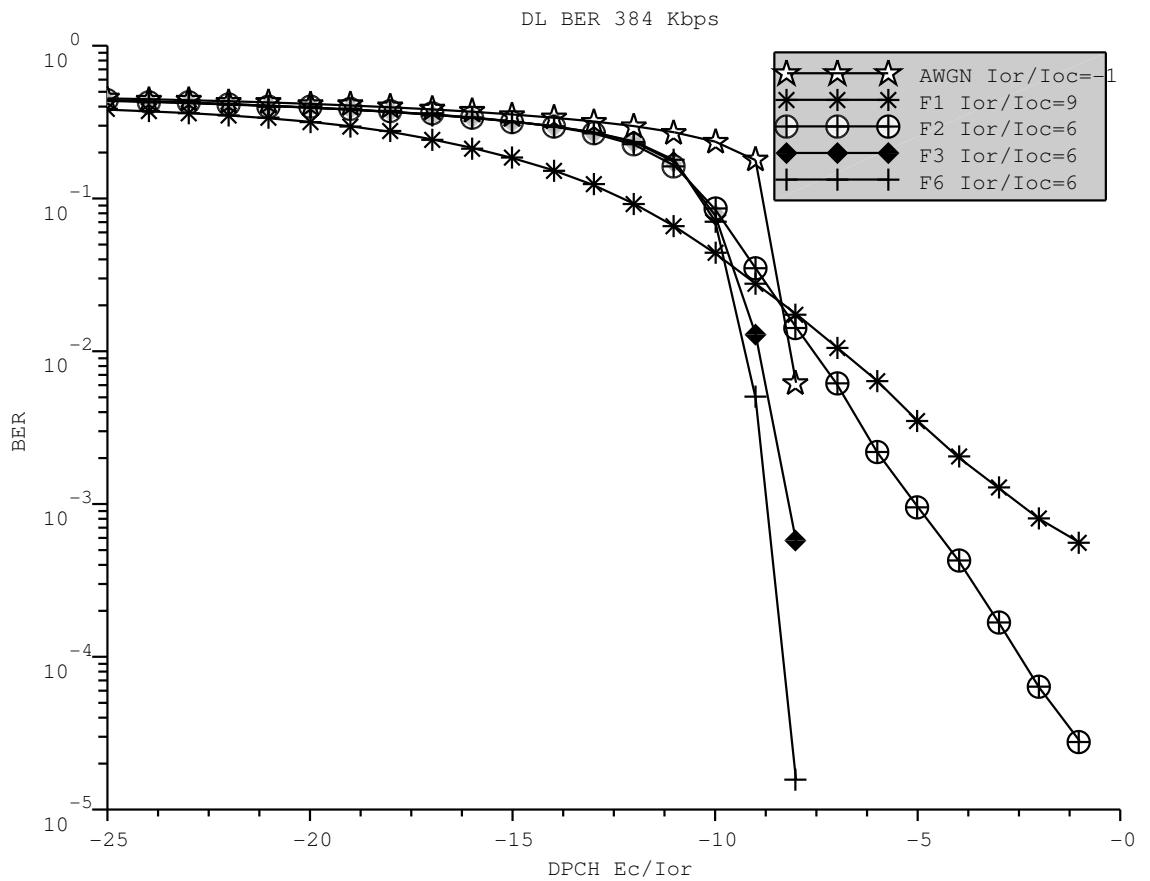


Figura D.65. Tasa de Error de Bit (BER) para 384 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.

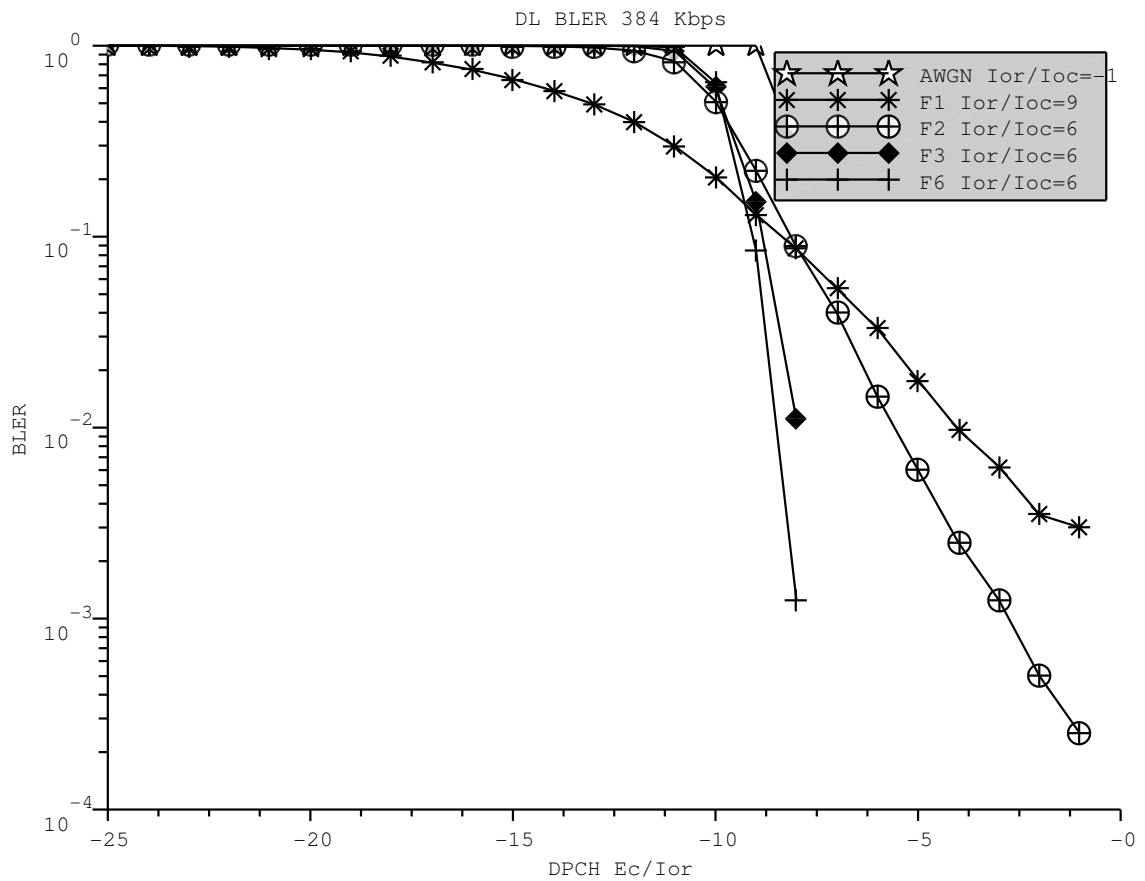


Figura D.66. Tasa de Error de Bloque (BLER) para 384 Kbps en el Enlace de Bajada para los Canales AWGN y Desvanecimiento Casos 1, 2, 3 y 6.

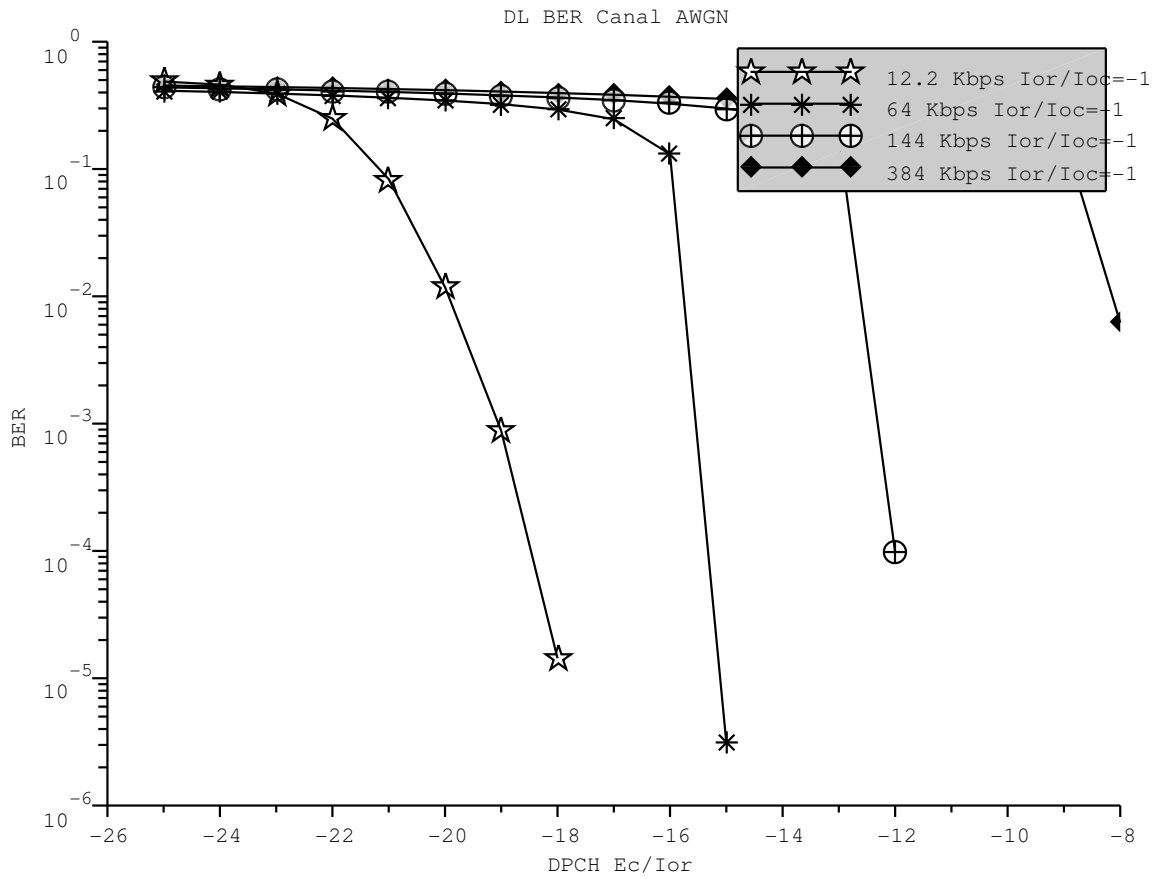


Figura D.67. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal AWGN en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

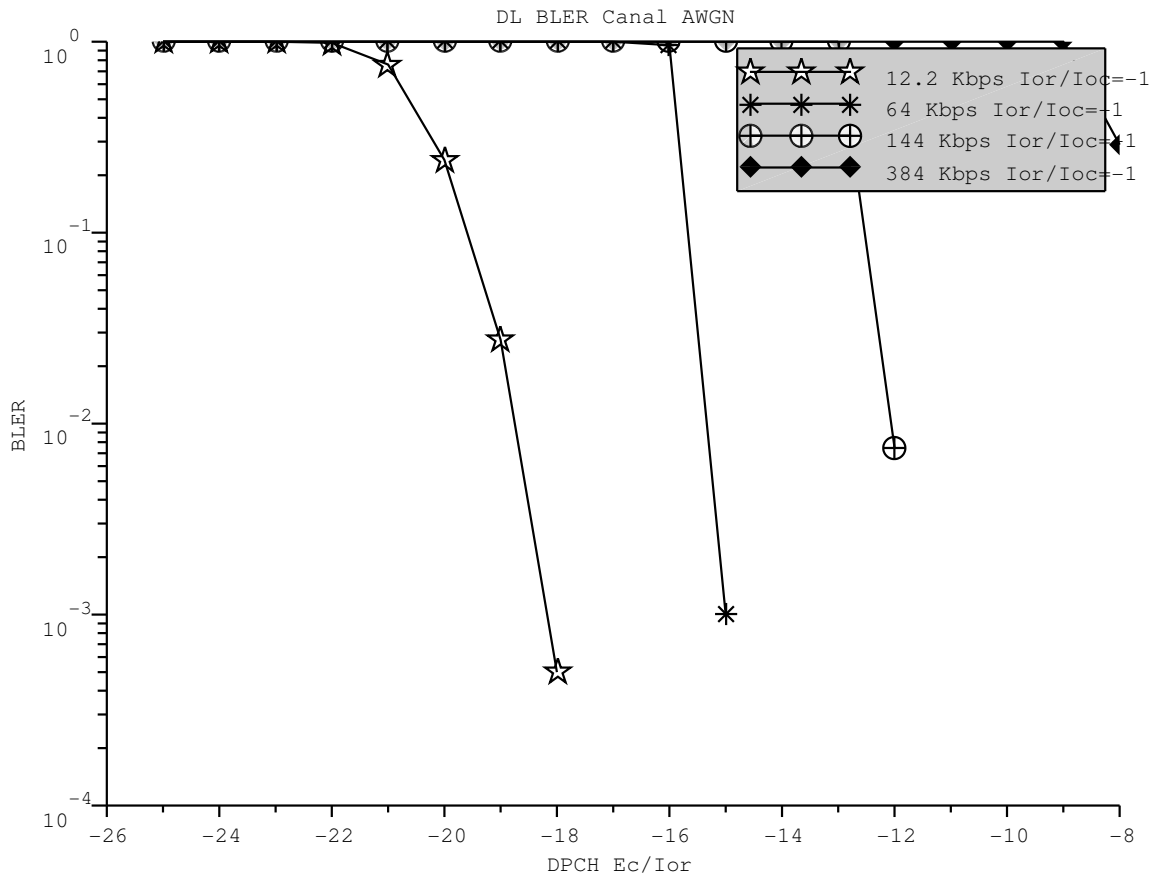


Figura D.68. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal AWGN en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

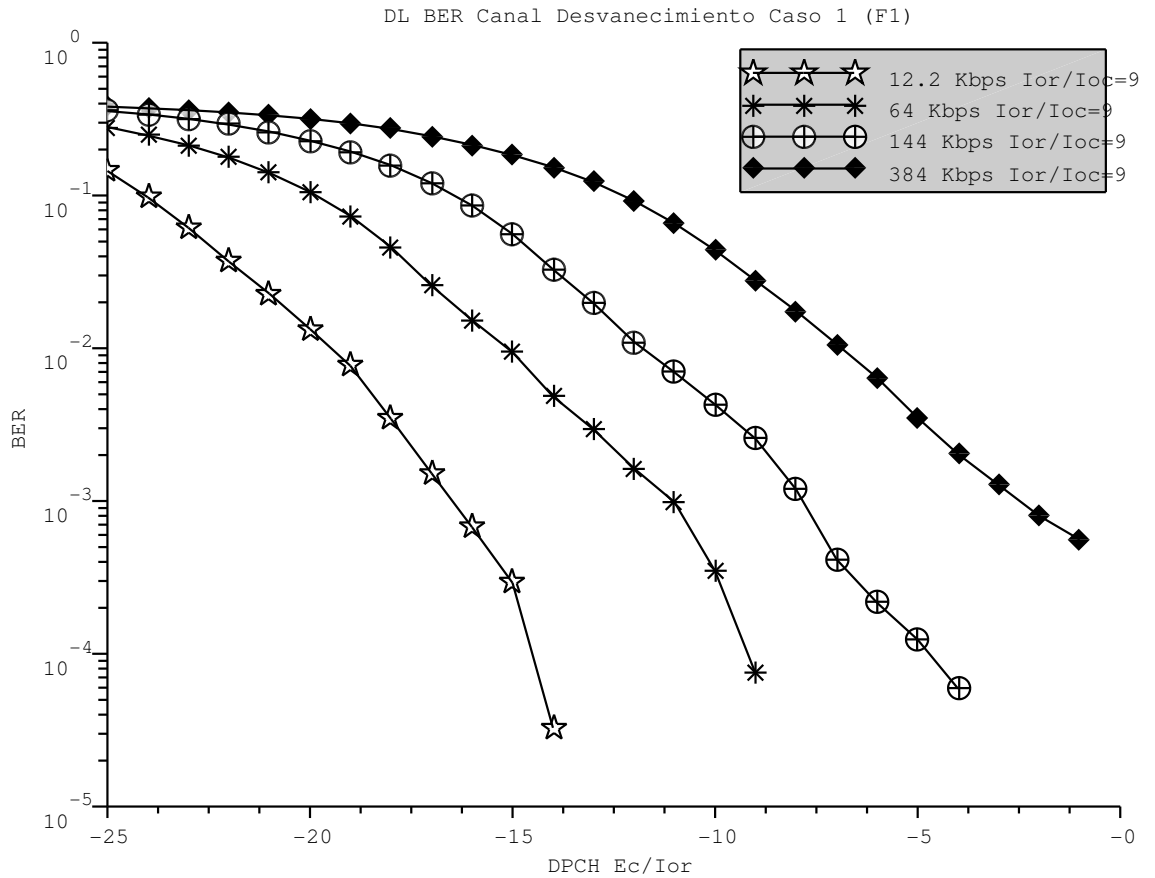


Figura D.69. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 1 (F1) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

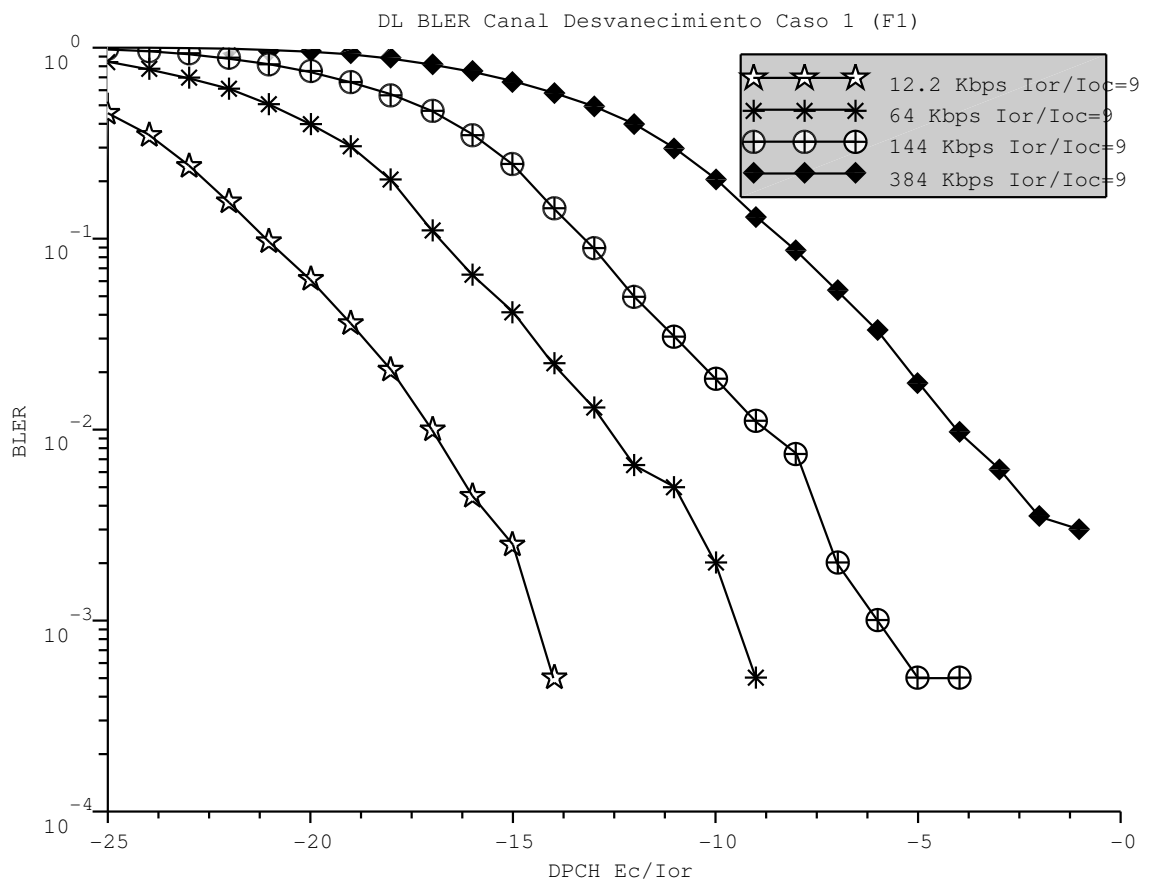


Figura D.70. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 1 (F1) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

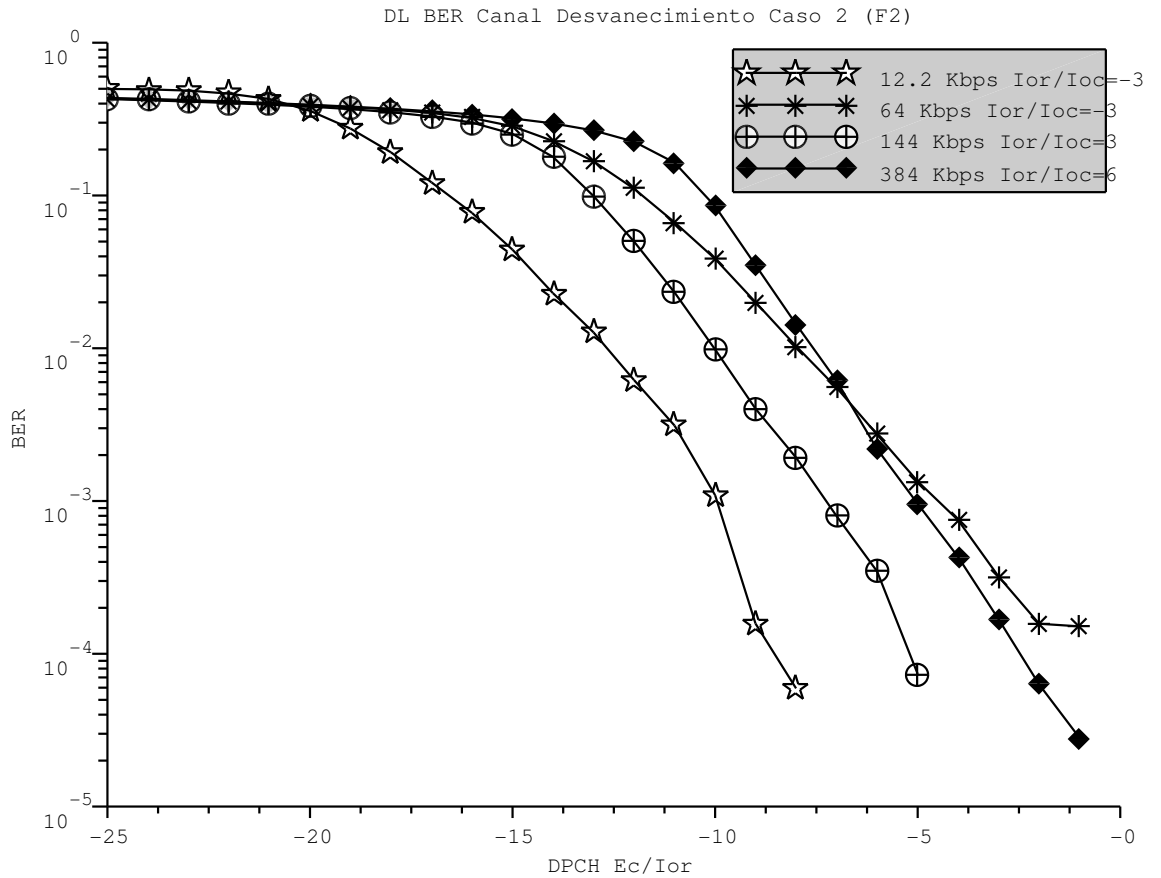


Figura D.71. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 2 (F2) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

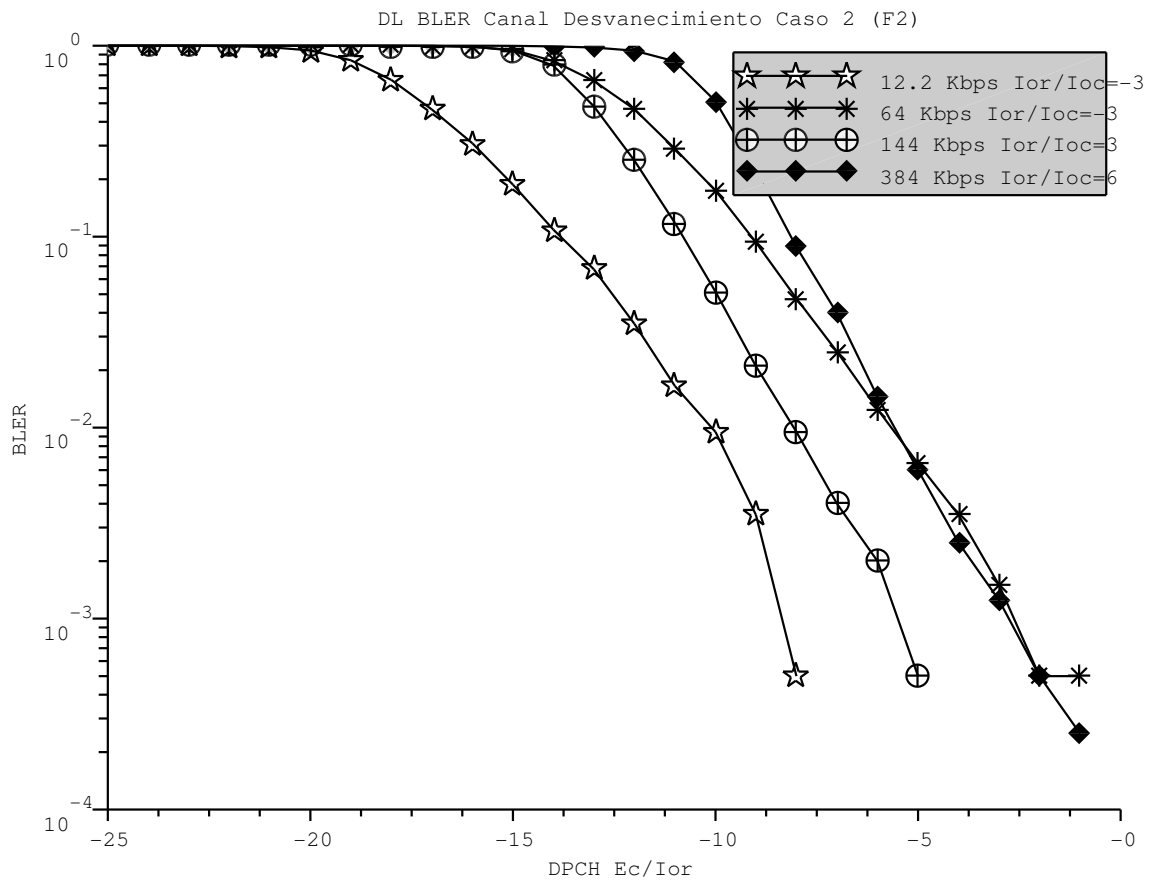


Figura D.72. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 2 (F2) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

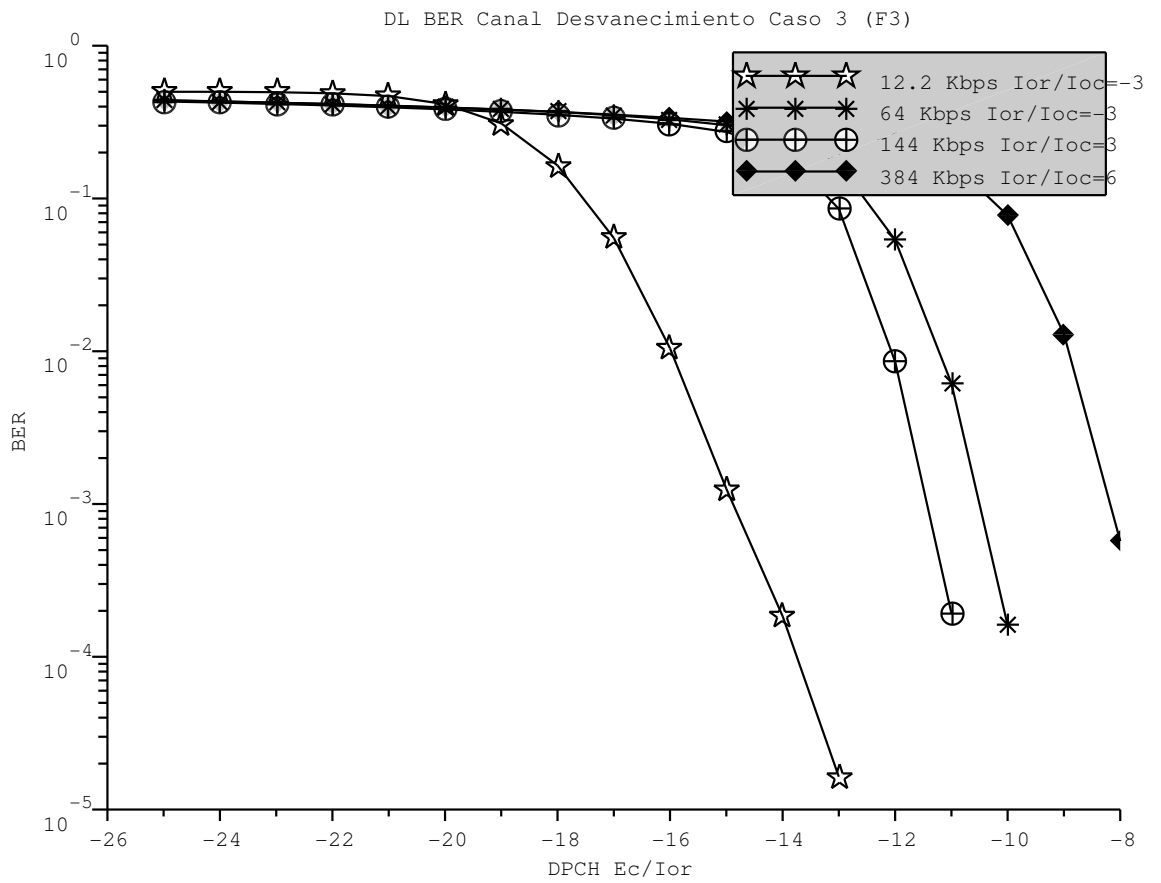


Figura D.73. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 3 (F3) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

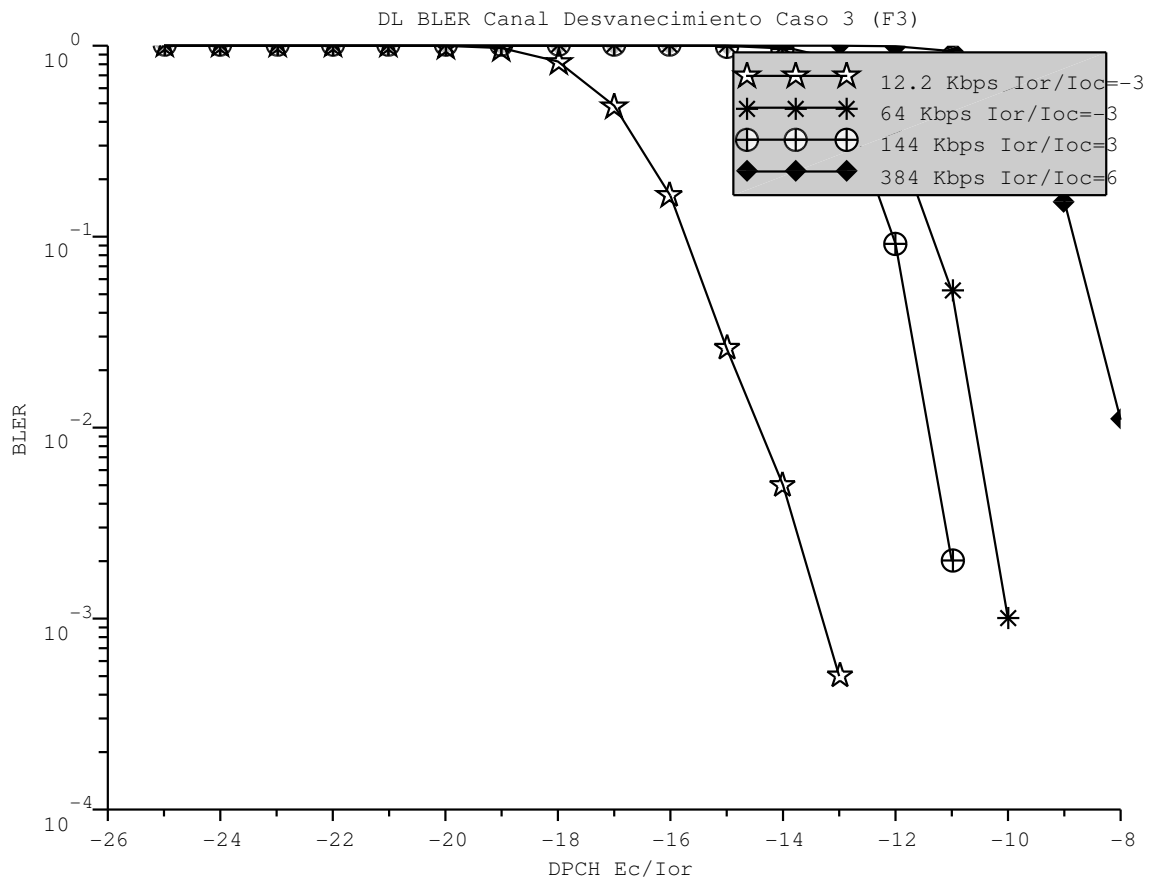


Figura D.74. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 3 (F3) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

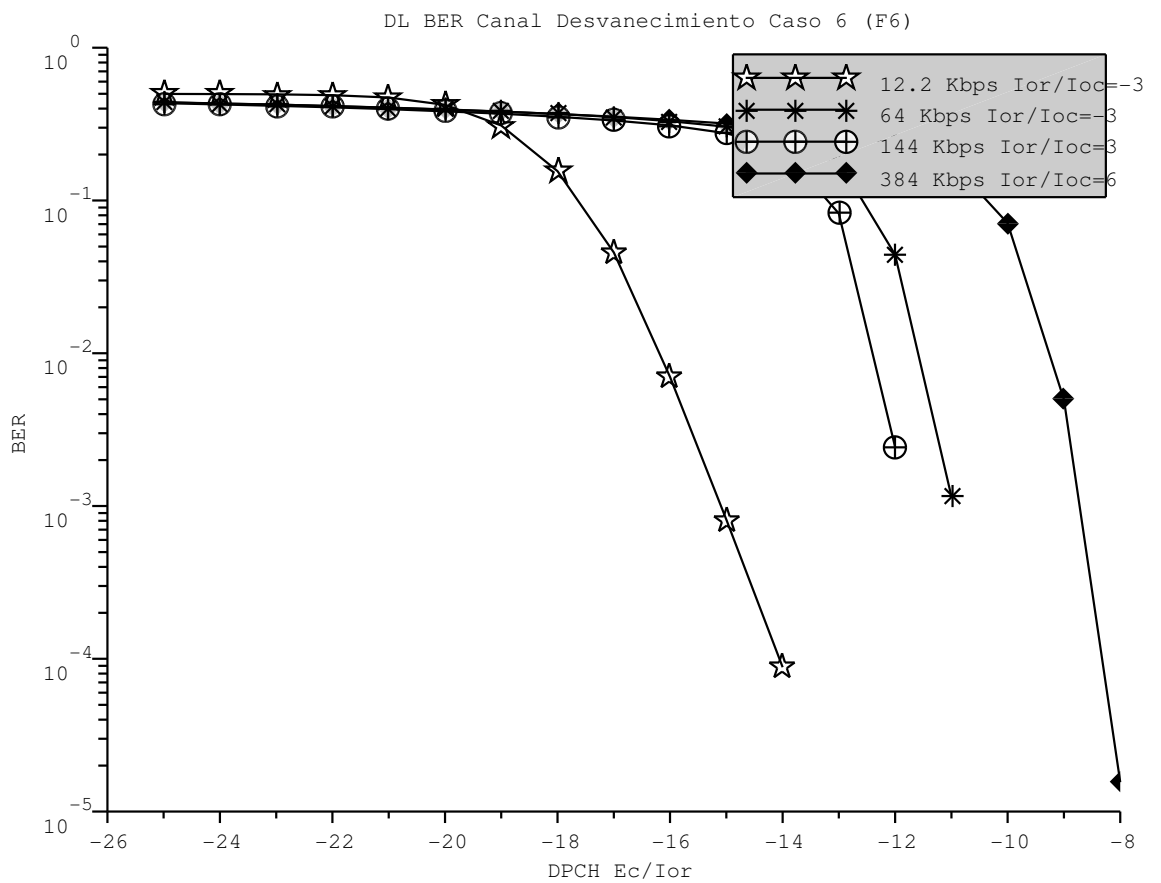


Figura D.75. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal Desvanecimiento Caso 6 (F6) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

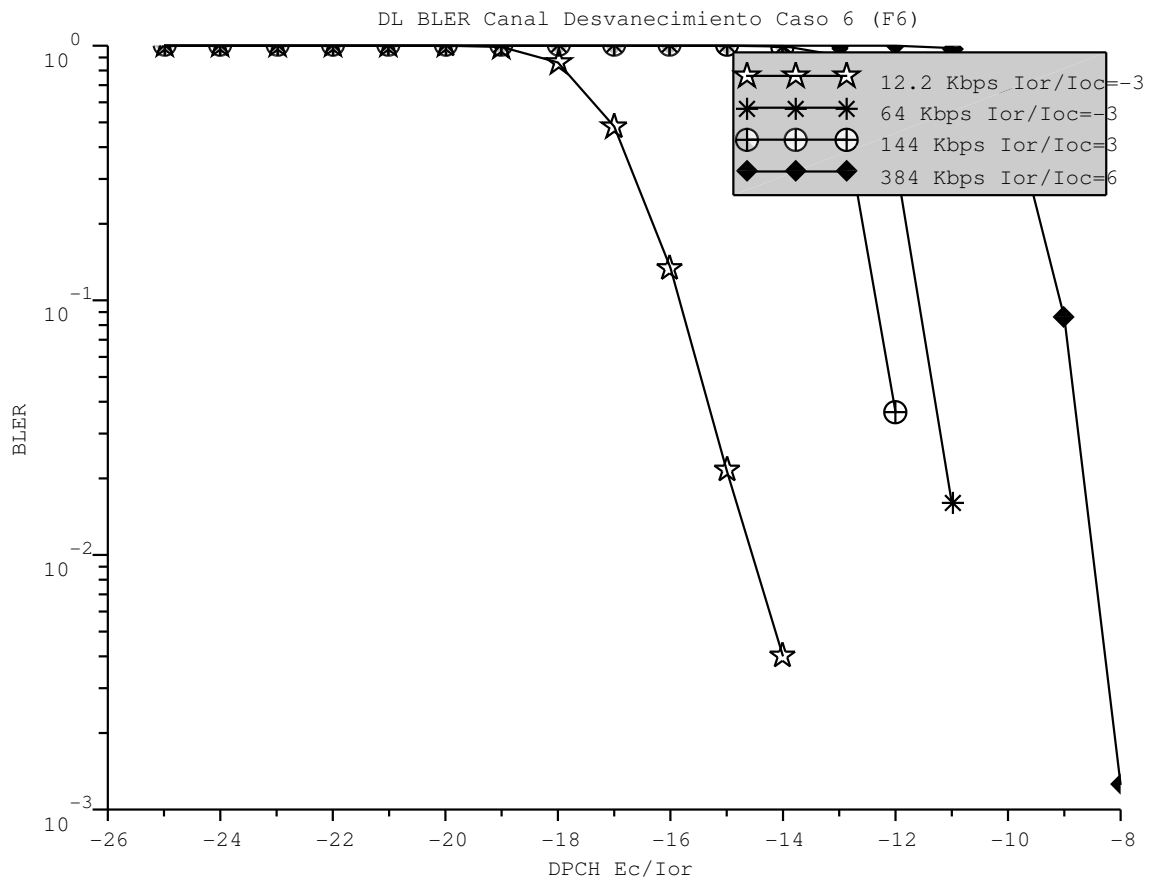


Figura D.76. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal Desvanecimiento Caso 6 (F6) en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

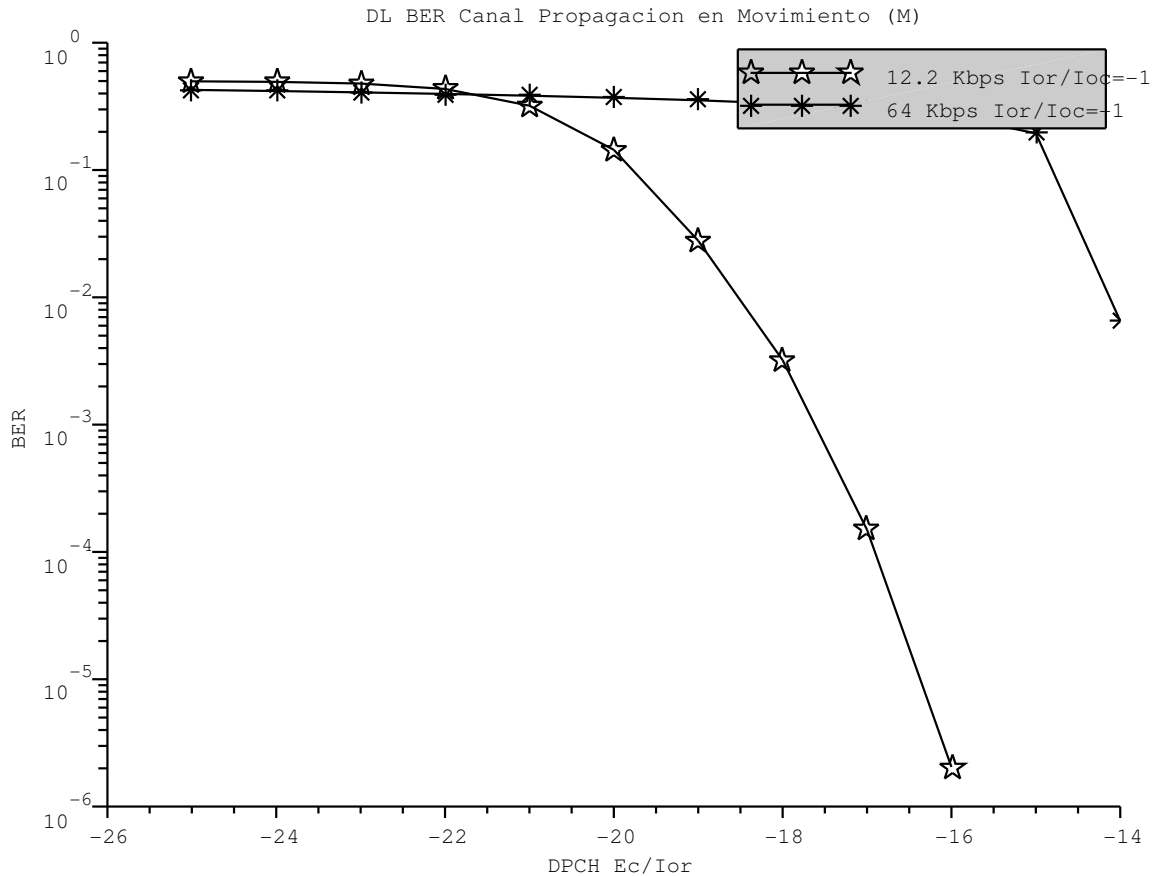


Figura D.77. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal con Condición de Propagación en Movimiento en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

D.5 Evaluación del Desempeño en el Enlace de Bajada

D.5.1 Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Estática

La evaluación del desempeño del DCH en condiciones de propagación estática se determina por la *BLER*. La *BLER* se especifica para cada velocidad de transmisión de datos. La evaluación determinó el valor $\frac{DPCH-E_c}{I_{or}}$ que permite cumplir con los

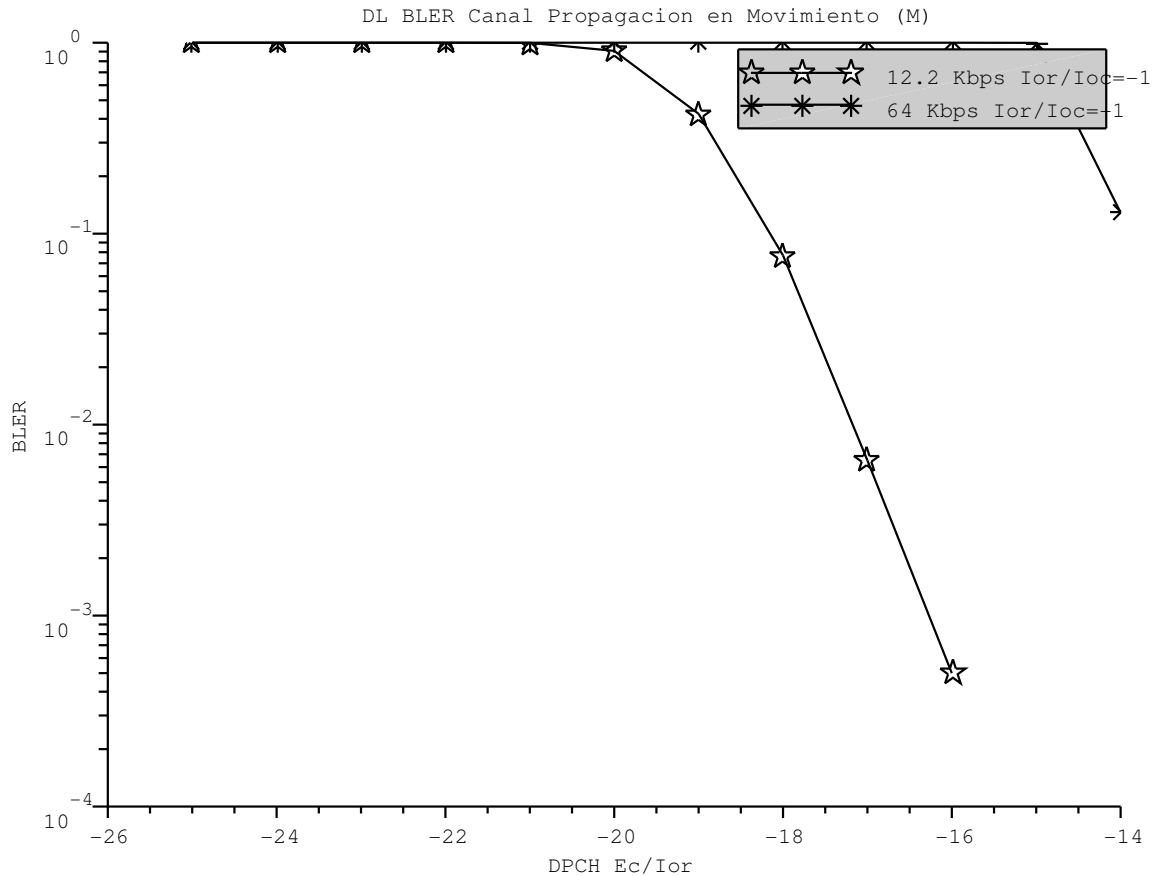


Figura D.78. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal con Condición de Propagación en Movimiento en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

valores de \hat{I}_{or}/I_{oc} y BLER en el enlace de bajada, a partir del cual se determina el valor de BER . Los valores de la evaluación del desempeño aparecen en la tabla D.8. De manera general se debe tener en cuenta que el valor numérico entre paréntesis corresponde al valor entero considerado después de analizar los resultados de la simulación a nivel de enlace, en la cual el valor $\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$ toma valores enteros. El valor que no se encuentra en paréntesis es el resultado de la interpolación del valor $\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$ para lograr el requerimiento de $BLER$ y el valor \hat{I}_{or}/I_{oc} , y a partir de estos valores por interpolación se calculó el valor de la BER .

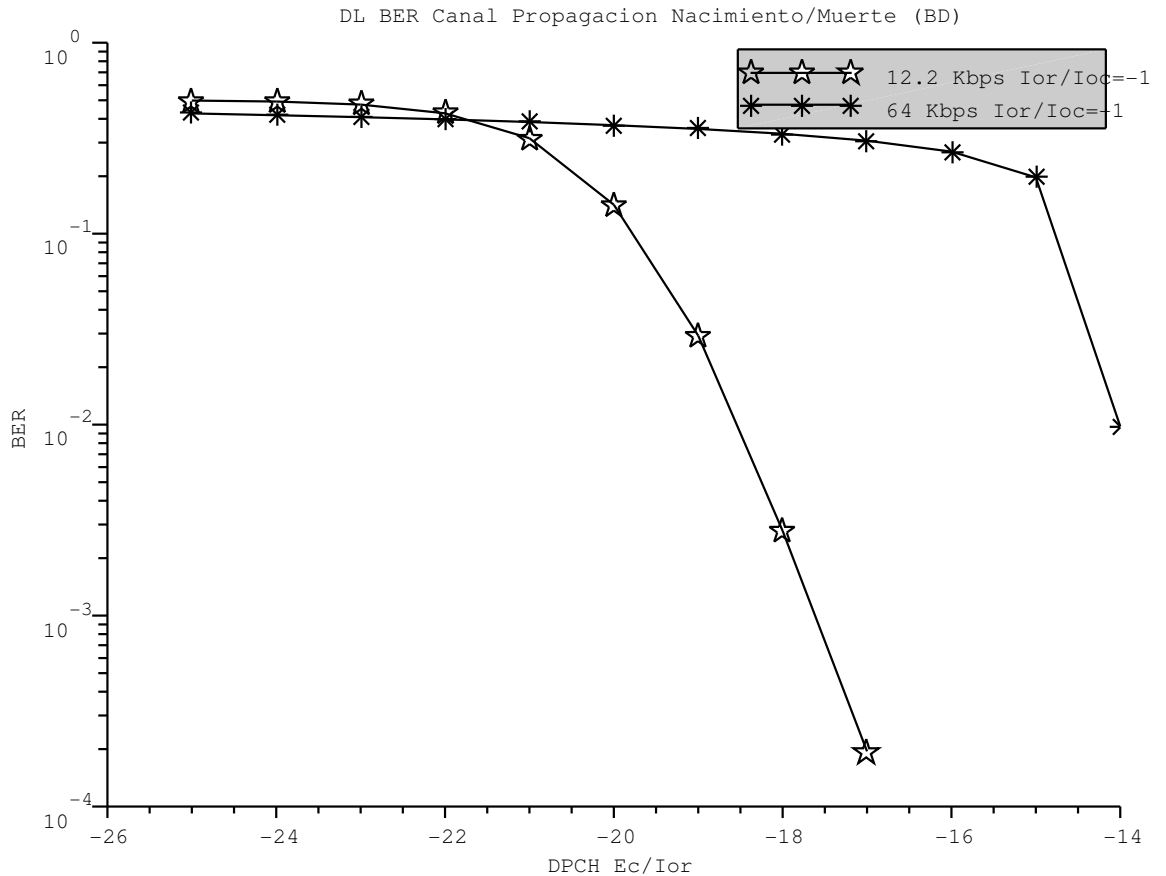


Figura D.79. Tasa de Error de Bit (BER) para Canal con Condición de Propagación Nacimiento/Muerte en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

D.5.2 Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Multitrayecto

La evaluación del desempeño del DCH en condiciones de propagación multitrayecto se determina por la *BLER*. La *BLER* se especifica para cada velocidad de transmisión de datos. La evaluación determinó el valor $\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$ que permite cumplir con los valores de \hat{I}_{or}/I_{oc} y BLER en el enlace de bajada, a partir del cual se determina el valor de *BER*. Los valores de la evaluación del desempeño aparecen en las tablas D.9, D.10, D.11 y D.12. De manera general se debe tener en cuenta que el valor numérico entre paréntesis corresponde al valor entero considerado de-

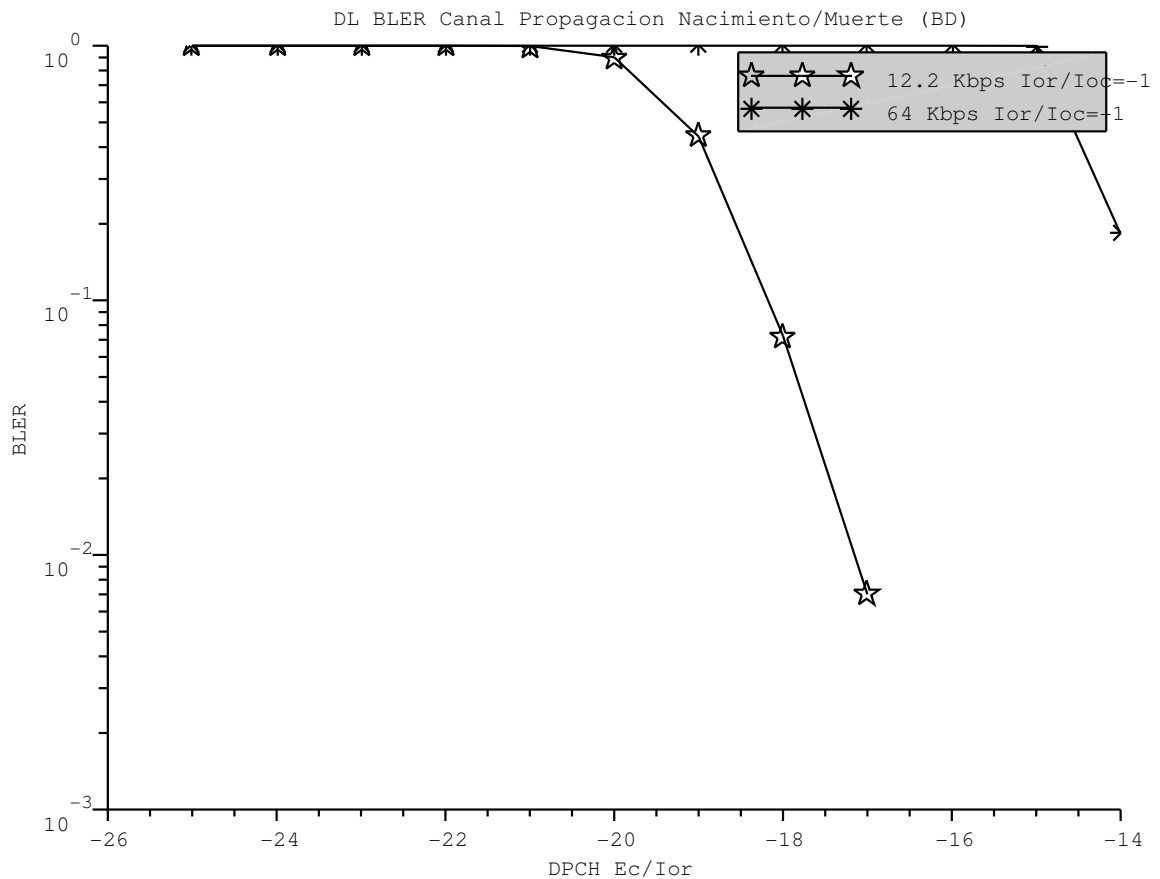


Figura D.80. Tasa de Error de Bloque (BLER) para Canal con Condición de Propagación Nacimiento/Muerte en el Enlace de Bajada y Diferentes Velocidades de Transmisión de Datos.

Después de analizar los resultados de la simulación a nivel de enlace, en la cual el valor $\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$ toma valores enteros. El valor que no se encuentra en paréntesis es el resultado de la interpolación del valor $\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$ para lograr el requerimiento de $BLER$ y el valor \hat{I}_{or}/I_{oc} , y a partir de estos valores por interpolación se calculó el valor de la BER .

Tabla D.8. Requerimientos de Desempeño para canal AWGN.

Número de prueba	$\frac{DPCH-E_c}{I_{or}}$ (dB)	BER	BLER
1 (12.2 Kbps)	(-19)-19.3	$4.1619 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-18)-18.3	$0.2738 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}
2 (64 Kbps)	(-15)-15.1	$13.0963 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-15)-15	0.0130963	10^{-2}
3 (144 Kbps)	(-12)-12	$98.2 \cdot 10^{-6}$	10^{-1}
	(-12)>-12	$<98.2 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}
4 (384 Kbps)	(-7)>-8	$<6.2154 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-7)>-8	$<6.2154 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}

Tabla D.9. Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 1.

Número de prueba	$\frac{DPCH-E_c}{I_{or}}$ (dB)	BER	BLER
1 (12.2 Kbps)	(-21)-21	$22.7561 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-17)-17	$1.5225 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}
2 (64 Kbps)	(-16)-16.7	$22.5791 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-12)-12.5	$2.2881 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}
3 (144 Kbps)	(-13)-13.1	$21.0493 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-8)-8.7	$2.1499 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}
4 (384 Kbps)	(-8)-8.3	$20.6246 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-4)-4	$2.0298 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}

D.5.3 Evaluación del Desempeño Condición de Propagación en Movimiento

La evaluación del desempeño del DCH en condiciones de propagación en movimiento se determinan por la *BLER*. La *BLER* se especifica para cada velocidad de transmisión de datos. La evaluación determinó el valor $\frac{DPCH-E_c}{I_{or}}$ que permite cumplir con los valores de \hat{I}_{or}/I_{oc} y BLER en el enlace de bajada, a partir del cual se

Tabla D.10. Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 2.

Número de prueba	$\frac{DPCH-E_c}{I_{or}}$ (dB)	BER	BLER
5 (12.2 Kbps)	(-13)-13.7	19.8811 10^{-3}	10^{-1}
	(-10)-10	1.0922 10^{-3}	10^{-2}
6 (64 Kbps)	(-9)-9	20.0672 10^{-3}	10^{-1}
	(-5)-5.5	2.0344 10^{-3}	10^{-2}
7 (144 Kbps)	(-10)-10.7	19.1768 10^{-3}	10^{-1}
	(-8)-8	19.276 10^{-3}	10^{-2}
8 (384 Kbps)	(-8)-8	14.3823 10^{-3}	10^{-1}
	(-5)-5.4	1.4517 10^{-3}	10^{-2}

Tabla D.11. Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 3.

Número de prueba	$\frac{DPCH-E_c}{I_{or}}$ (dB)	BER	BLER
9 (12.2 Kbps)	(-15)-15.5	5.8607 10^{-3}	10^{-1}
	(-14)-14.2	0.3992 10^{-3}	10^{-2}
	(-13)-13.1	33.2 10^{-6}	10^{-3}
10 (64 Kbps)	(-11)-11.1	10.9160 10^{-3}	10^{-1}
	(-10)-10.1	0.7621 10^{-3}	10^{-2}
	(-9)>-10	<0.1609 10^{-3}	10^{-3}
11 (144 Kbps)	(-12)-12	8.5583 10^{-3}	10^{-1}
	(-11)-11	0.1929 10^{-3}	10^{-2}
	(-10)>-11	<0.1929 10^{-3}	10^{-3}
12 (384 Kbps)	(-8)-8.6	8.0299 10^{-3}	10^{-1}
	(-7)>-8	<0.5729 10^{-3}	10^{-2}
	(-7)>-8	<0.5729 10^{-3}	10^{-3}

Tabla D.12. Evaluación del Desempeño ante Desvanecimiento por Multitrayecto Caso 6.

Número de prueba	$\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$ (dB)	BER	BLER
17 (12.2 Kbps)	(-15)-15.6	$4.5275 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-14)-14.3	$0.3064 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}
	(-13)>-14	$<0.3064 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}
18 (64 Kbps)	(-11)-11.2	$9.7636 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-10)>-11	$<1.1527 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}
	(-10)>-11	$<1.1527 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}
19 (144 Kbps)	(-12)-12.1	$10.4141 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-11)>-12	$<2.4318 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}
	(-11)>-12	$<2.4318 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}
20 (384 Kbps)	(-9)-9	$4.9723 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-8)-8.1	$0.5112 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}
	(-7)>-8	$<15.6 \cdot 10^{-6}$	10^{-3}

determina el valor de BER . Los valores de la evaluación del desempeño aparecen en la tabla D.13. De manera general se debe tener en cuenta que el valor numérico entre paréntesis corresponde al valor entero considerado después de analizar los resultados de la simulación a nivel de enlace, en la cual el valor $\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$ toma valores enteros. El valor que no se encuentra en paréntesis es el resultado de la interpolación del valor $\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$ para lograr el requerimiento de $BLER$ y el valor \hat{I}_{or}/I_{oc} , y a partir de estos valores por interpolación se calculó el valor de la BER .

D.5.4 Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte

La evaluación del desempeño del DCH en condiciones de propagación nacimiento/muerte se determinan por la BLER. La BLER se especifica para cada velocidad de transmisión de datos. La evaluación determinó el valor $\frac{DPCH \cdot E_c}{I_{or}}$ que permite cumplir con los valores de \hat{I}_{or}/I_{oc} y BLER en el enlace de bajada, a partir del cual se

Tabla D.13. Evaluación del Desempeño Condición de Propagación en Movimiento.

Número de prueba	$\frac{DPCH_E_c}{I_{or}}$ (dB)	BER	BLER
1 (12.2 Kbps)	(-18)-18	$3.2152 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-17)-17	$0.1496 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}
2 (64 Kbps)	(-13)>-14	$<6.5254 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-13)>-14	$<6.5254 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}

determina el valor de BER . Los valores de la evaluación del desempeño aparecen en la tabla D.14. De manera general se debe tener en cuenta que el valor numérico entre paréntesis corresponde al valor entero considerado después de analizar los resultados de la simulación a nivel de enlace, en la cual el valor $\frac{DPCH_E_c}{I_{or}}$ toma valores enteros. El valor que no se encuentra en paréntesis es el resultado de la interpolación del valor $\frac{DPCH_E_c}{I_{or}}$ para lograr el requerimiento de $BLER$ y el valor \hat{I}_{or}/I_{oc} , y a partir de estos valores por interpolación se calculó el valor de la BER .

Tabla D.14. Evaluación del Desempeño Condición de Propagación Nacimiento/Muerte.

Número de prueba	$\frac{DPCH_E_c}{I_{or}}$ (dB)	BER	BLER
1 (12.2 Kbps)	(-18)-18	$2.7766 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-17)-17	$0.1947 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}
2 (64 Kbps)	(-13)>-14	$<9.8137 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}
	(-13)>-14	$<9.8137 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}

D.6 Análisis del Desempeño en el Enlace de Bajada

En esta sección se analizarán los resultados obtenidos tanto en tablas como gráficamente para el enlace de bajada, para las diferentes velocidades de transmisión de datos y las diferentes condiciones de canal.

En las figuras D.55, D.56, D.57, D.58, D.59, D.60, D.61 y D.62 para las velocidades de transmisión de datos de 12.2 y 64 Kbps, se observa como de manera general el mejor desempeño del enlace se presenta bajo la condición de un canal estático o que solo incluye ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN). El desempeño del enlace bajo las condiciones de canal con desvanecimiento casos 3 y 6 son muy similares. El enlace bajo las condiciones de propagación con desvanecimiento caso 1 requiere de un alto valor de \hat{I}_{or}/I_{oc} para lograr un buen desempeño. El enlace bajo las condiciones de propagación con desvanecimiento caso 2 presenta el peor desempeño. El comportamiento y el desempeño del enlace bajo las condiciones de propagación en movimiento (*moving*) y nacimiento/muerte (*Birth/Death*) son muy similares.

En las figuras D.63, D.64, D.65 y D.66 para las velocidades de transmisión de datos de 144 y 384 Kbps, se observa como de manera general el mejor desempeño del enlace se presenta bajo la condición de un canal estático o que solo incluye ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN), para el valor \hat{I}_{or}/I_{oc} dado. El desempeño del enlace bajo las condiciones de canal con desvanecimiento casos 3 y 6 son muy similares y comparables al desempeño del enlace con canal estático o AWGN, teniendo en cuenta que para las condiciones de canal con desvanecimiento casos 3 y 6 se requiere valores mucho mayores de \hat{I}_{or}/I_{oc} en comparación con el valor requerido para el enlace con canal estático o AWGN. El enlace bajo las condiciones de propagación con desvanecimiento casos 1 y 2 presenta el peor desempeño, a pesar de que para el caso 1 el requerimiento de \hat{I}_{or}/I_{oc} es mucho mayor que los otros casos de desvanecimiento, siendo este el valor más alto.

Las figuras D.67, D.68, D.69 y D.70 presentan que un enlace bajo condiciones de canal estático o AWGN y desvanecimiento caso 1 presentan un mejor desempeño o un menor requerimiento de $DPCH E_c/I_{or}$ para una determinada *BER* a menores velocidades de transmisión de datos.

Las figuras D.71, D.72, D.73, D.74, D.75 y D.76 presentan que un enlace bajo condiciones de desvanecimiento casos 2, 3 y 6 presentan un mejor desempeño o un menor requerimiento de $DPCH E_c/I_{or}$ para una determinada *BER* para las velocidades de 12, 144, 64 y 384 Kbps respectivamente, teniendo en cuenta que el enlace fue evaluado para diferentes valores de \hat{I}_{or}/I_{oc} . Para el caso del enlace bajo condición de desvanecimiento caso 2, para un valor de $DPCH E_c/I_{or} > -5$, el desempeño es mejor para la velocidad de transmisión de datos de 384 Kbps que

para 64 Kbps.

Las figuras D.77, D.78, D.79 y D.80 presentan que un enlace bajo condiciones de propagación de canal en movimiento (*moving*) y nacimiento/muerte (*birth/death*) presentan un mejor desempeño para la velocidad de transmisión de datos de 12.2 Kbps en comparación a 64 Kbps, para igual valor de \hat{I}_{or}/I_{oc} .

Los valores de las tablas de requerimiento de desempeño en el enlace de bajada son menores a los requerimientos expresados por las especificaciones técnicas 3GPP, manteniendo en la mayoría de los canales o condiciones de propagación la diferencia entre los valores obtenidos y los valores de los requerimientos.

Apéndice E

Modelo de Simulación en SPD

En el presente apéndice se muestra el modelo de simulación de WCDMA en modo FDD tanto para el enlace de subida como para el enlace de bajada en la herramienta SPD de Coware¹, los cuales están basados en las especificaciones del 3GPP acorde al modelo obtenido al aplicar la metodología de modelado para sistemas de telecomunicaciones (Muñoz y Muñoz., 1995). SPD incluye una gran cantidad de funciones de procesamiento a nivel de banda base que permiten modelar el transmisor, el canal, el receptor, y funciones de análisis de desempeño. El receptor utilizado es un receptor ideal (con perfecto conocimiento del canal) (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

Los siguientes trabajos de grado de pregrado han utilizado la herramienta SPD:

- "Evaluación y Análisis del Desempeño de la Tecnología Zigbee (IEEE 802.15.4)" (Portilla y Tascon. , 2009).
- "Evaluación y Análisis del Desempeño en el Nivel Físico para Redes de Area Local Inalámbrica (WLAN) IEEE 802.11g" (Lopez y Esguerra. , 2009).
- "Evaluación y Análisis del Desempeño de la Tecnología HSDPA" (Realpe y Ruiz., 2011).

¹Actualmente Coware fue adquirida por Synopsys (<http://www.synopsys.com/home.aspx>).

E.1 Modelo de simulación en el Enlace de Subida

En esta sección se muestra el modelo de simulación obtenido para el enlace de subida el cual multiplexa dos canales lógicos: el canal de tráfico dedicado (DTCH) y el canal de control dedicado (DCCH) en un único canal de transporte, y finalmente en un canal físico para su transmisión. Solo el canal DTCH es decodificado para la evaluación del desempeño. El enlace de subida utiliza dos modelos de canal para simular una estación base con diversidad ideal de recepción. El modelo permite simular el enlace de subida para las diferentes velocidades de transmisión de datos de referencia de 12.2, 64, 144 y 384 Kbps (SPD CDMA Library Reference., 2007; 3GPP TS 25.104 V8.2.0 , 2008; SPD CDMA Library Help., 2007).

Los dos canales pueden variar la velocidad de transmisión de datos en cada intervalo de tiempo de transmisión (TTI) pero todas las combinaciones deben ser listadas en el archivo de Combinación de Formato de Trama (TFC, *Transport Format Combination*). Este archivo es leído por el bloque *Set TFC* el cual controla la adaptación de velocidad y la asignación de trama de los bloques codificados (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

E.1.1 Transmisor

El diagrama correspondiente al transmisor en el enlace de subida se muestra en la figura E.1.

Los bloques que componen el transmisor en el enlace de subida se describen a continuación.

Select TFC

Este bloque ejecuta el control global del transmisor. Este bloque realiza cuatro tareas. Primero, selecciona el TFC a utilizar en cada TTI. Segundo, ejecuta toda la adaptación del espacio asignado para cada canal de transporte en cada trama. Tercero, en el enlace de subida, calcula la ganancia de ajuste para mantener un valor de E_b constante. Por último, genera la salida del TFCI que será enviado sobre el canal físico. La salida de este bloque es una matriz donde cada fila corresponde a un canal de transporte (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

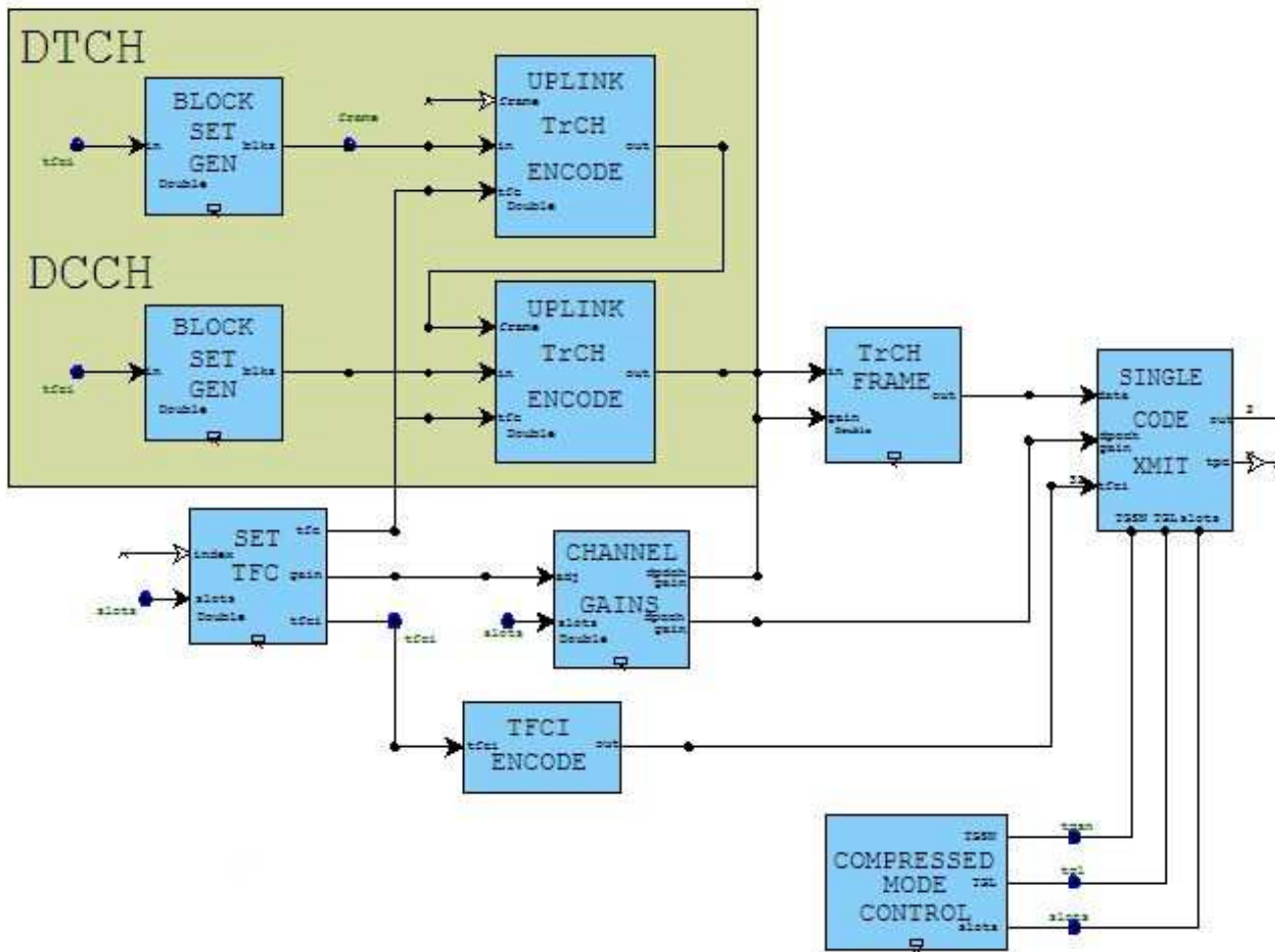


Figura E.1. Transmisor Enlace de Subida.

El diagrama correspondiente al bloque *Select TFC* se muestra en la figura E.2.

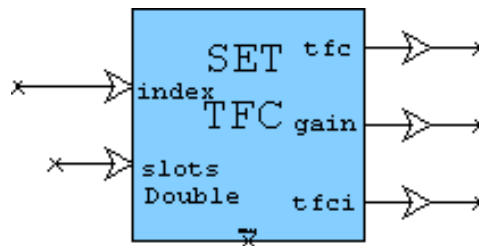


Figura E.2. Bloque *Select TFC*.

Este bloque controla la asignación de segmentos de la trama radio en los enlaces de subida y de bajada y provee la ganancia de canal para el enlace de subida.

Múltiples canales de transporte son multiplexados en un único canal físico. Cada canal de transporte varía en la cantidad de datos transportados en cada TTI. Para ajustar una cantidad de datos altamente variable en un canal físico de velocidad fija, el 3GPP especifica el proceso de adaptación de velocidad (*rate matching*).

La adaptación de velocidad se realiza en dos fases. En la primera fase, se examina la combinación de requerimientos de ancho de banda para todos los canales de transporte y se ejecuta la asignación de segmentos de la trama radio física para cada canal de transporte. En la segunda fase, cada canal de transporte adapta la cantidad de datos a ser transmitidos en la asignación de trama.

En el enlace de subida las posiciones en la trama y el factor de ensanchamiento pueden cambiar cada TTI. En cada TTI se examina el requerimiento de ancho de banda y se selecciona el factor de ensanchamiento adecuado. Se selecciona el más alto factor de ensanchamiento que no requiere perforación en la segunda fase de adaptación de velocidad. Si no se puede determinar el factor de ensanchamiento, entonces un número de canales físicos separados son utilizados tal que la cantidad de perforación en cada canal físico sea menor que el límite de perforación definido como parámetro del bloque.

En el enlace de subida, bits de transmisión discontinua (DTX) no son utilizados para rellenar la trama. Los datos simplemente se perforan o se repiten en un mayor o menor grado en cada trama. Dado que la tasa de perforación/repeticón cambia en cada TTI, se requiere multiplicar la señal transmitida por un factor de escala para mantener la energía por bit (E_b) constante.

Para ejecutar las asignaciones en trama, este bloque necesita conocer la cantidad de datos transmitidos en cada TTI sobre cada canal de transporte. El archivo de combinación de formato de transporte (TFC) contiene esta información. El formato de este archivo es el siguiente:

TFCI 1, Probabilidad, Ch 0 *block size*, Ch 0 *block set size*, Ch 1 *block size*, Ch 1 *block set size* ...

TFCI 2, Probabilidad, Ch 0 *block size*, Ch 0 *block set size*, Ch 1 *block size*, Ch 1 *block set size* ...

...

Cada línea en el archivo es un diferente TFC. El primer campo en cada línea es el TFCI a ser enviado con este TFC. El segundo campo es la probabilidad del TFC si se utiliza selección de TFC aleatoria. Estos valores son seguidos por el tamaño del bloque de transporte (*block size*) y el tamaño del conjunto de bloques de transporte (*block set size*) para cada canal de transporte en el TFC. El tamaño del conjunto de bloques de transporte es la cantidad total de datos enviados durante

un TTI por el canal de transporte. El número de bloques enviados durante un TTI es igual al tamaño del conjunto de bloques de transporte dividido por el tamaño del bloque de transporte. Este debe ser un valor entero. Adicionar canales de transporte implica adicionar campos adicionales a cada línea, y adicionar más TFCs implica adicionar más líneas al archivo. Cualquier línea que contenga texto es tratada como un comentario y es ignorada.

Por ejemplo, el archivo TFC para la velocidad de transmisión de datos de referencia de 12.2 Kbps (ver anexo A) es:

```
TFCI, Probability, Ch0 Block Size, Ch0 Block Set Size, Ch1 Block Size, Ch1 Block Set Size
```

```
1, 1, 244, 244, 100, 100
```

Note que la primer línea es ignorada como un comentario. La segunda línea brinda información acerca del único TFC utilizado en la configuración de este canal. Note que el archivo se encuentra en un formato de Valores Separados por Coma (CSV, *Comma Separated Values*) (CSV), el cual puede ser leído y escrito desde cualquier aplicación incluyendo Excel.

El archivo TFC lista todas las posibles combinaciones de formato de transporte. El parámetro índice (*index*) de entrada determina la combinación utilizada en el TTI actual. Si la entrada es no conectada, una combinación es seleccionada aleatoriamente basada sobre las probabilidades listadas en el archivo TFC. Si la entrada se encuentra conectada, el valor del pin representa el índice de la fila (ignorando la línea de comentarios) de la combinación a utilizar, o identifica el valor del TFCI. La interpretación del índice en el pin es establecida por un parámetro del bloque.

El factor de ensanchamiento en el enlace de subida se establece automáticamente basado en la cantidad de información entregada al transmisor en cada trama radio. El ensanchamiento dinámico es realizado por un bloque de repetición de símbolos, el cual repite los símbolos en su entrada para ser adaptados a la capacidad del canal.

Además del TFCI y la ganancia para el canal DPDCH, este bloque genera una matriz que describe el formato de combinación utilizado (*tfc output*). *tfc output* es una matriz de valores tipo *long*. Cada matriz define los valores para cada canal de transporte. Las columnas de esta matriz se indican en la tabla E.1.

Tabla E.1. Columnas matriz TFC.

Índice de combinación	Fila del archivo TFC actual.
Tamaño de entrada de adaptación de velocidad	Especifica el número de bits que deben aparecer a la entrada del bloque de adaptación de velocidad. Este valor es utilizado para detección de errores. Si el tamaño de la entrada es diferente, un mensaje de error es generado
Máximo tamaño de entrada del adaptador de velocidad	Este es solo utilizado en canales con posiciones fijas en el enlace de bajada. Especifica el tamaño máximo de entrada al bloque adaptador de velocidad definida por la combinación de todos los bloques de transporte.
Delta de adaptación de velocidad	Especifica el número de bits a perforar (valor negativo) o repetir (valor positivo) en el bloque de adaptación de velocidad. El tamaño de salida es igual al tamaño de entrada más este valor.
Tamaño trama radio	Cantidad de espacio asignado en la trama radio al canal de transporte. Un canal de transporte puede sumar todos los tamaños de trama de canales previos a su índice de inicio.
Número de bits P a adicionar	El número de bits P a ser adicionados en el primer entrelazado. Bits P son solo utilizados en canales en el enlace de bajada que utilizan la perforación como modo de compresión.

El bloque de adaptación de velocidad para canales de transporte determina el número de bits a perforar o repetir (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008; 3GPP TS 25.214 V8.1.0 , 2008).

Los parámetros definidos en el bloque *Set TFC* se indican en la tabla E.2.

Tabla E.2. Parámetros bloque *Set TFC*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Transport format combination file</i>	Cadena	Ruta al archivo que lista todos los posibles TFCs.
<i>Input indicator type</i>	Cadena	Selecciona el metodo a utilizar para interpretar el indice de entrada. Si se fija a <i>Index</i> , la entrada será el indice de la fila (despreciando comentarios) del archivo TFC. Si se fija a <i>TFCI</i> , la entrada es interpretada como el TFCI de combinación.
<i>Downlink or uplink</i>	Cadena	Selecciona si este bloque es utilizado por un canal en el enlace de bajada o subida.
<i>Downlink frame positions</i>	Cadena	Establece si posiciones fijas o flexibles deben ser utilizadas en los canales en el enlace de bajada.
<i>Downlink bits per slot</i>	Entero	Número total de bits por ranura para los canales en el enlace de bajada.
<i>Uplink puncturing limit</i>	Doble	Porción de bits a ser removidos de los canales de transporte para adaptar el canal físico. Este parámetro es solo utilizado para canales en el enlace de subida.
<i>Uplink reference index</i>	Entero	Indice de fila en el archivo TFC de la combinación de transporte que será la referencia. La ganancia para esta combinación será igual a 1, la ganancia para todas las otras combinaciones será calculada en referencia a esta combinación. Esta debe ser la combinación con más datos a transmitir. Este parámetro es solo utilizado para canales en el enlace de subida.

<i>Compressed mode type</i>	Cadena	Modo de compresión a ser utilizado para tramas comprimidas. " <i>SF reduction</i> " para reducir el factor de ensanchamiento, " <i>Puncturing</i> " para perforación, y " <i>Scheduling</i> " para planificación de alto nivel. Nota: Perforación puede ser utilizada solo si son utilizadas tramas de posiciones fijas. Similarmente, planificación de alto nivel puede ser utilizada solo si son utilizadas tramas de posiciones flexibles.
<i>Downlink bits per compressed slot</i>	Entero	Número de bits de datos disponibles por ranura de tiempo en modo compresión para canales en el enlace de bajada.
<i>Ch i TTI</i>	Entero	Intervalo de tiempo de transmisión para el i_{esimo} canal. Debe ser 15, 15, 40, o 80 ms.
<i>Ch i Rate Match Attrib</i>	Entero	Atributo de adaptación de velocidad para el canal i_{esimo} . Debe ser un entero entre 1 y 256. Este valor determina cuan comprensible es el canal relativo a otros canales en adaptación de velocidad.
<i>Ch i Encode Type</i>	Cadena	Establece el esquema de codificación del canal i_{esimo} . Este puede ser no codificado (<i>uncoded</i>), convolucional <i>convolucional</i> , o turbo.
<i>Ch i Encode Rate</i>	Cadena	Establece la tasa de codificación para el canal i_{esimo} . Este debe ser 1 para <i>uncoded</i> , 1/3 para datos codificados turbo, y 1/2 o 1/3 para <i>convolucional</i>
<i>Ch i # CRC bits</i>	Entero	Número de bits CRC para ser concatenados a cada bloque sobre el canal i_{esimo} .

Las entradas al bloque *Set TFC* se indican en la tabla E.3.

Tabla E.3. Entradas al bloque *Set TFC*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>Index</i>	<i>Real</i>	Selecciona el TFC a utilizar. Este puede ser el índice (<i>index</i> en el archivo TFC o el valor de TFCI. El modo, <i>index</i> o TFCI, es fijado como parámetro del bloque.
<i>Slot</i>	Doble	Número de ranuras activas en la trama. Si son menores a 15, la trama es comprimida.

Las salidas del bloque *Set TFC* se indican en la tabla E.4.

Tabla E.4. Salidas del bloque *Set TFC*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
TFC	Matriz, <i>long</i>	Asignación de trama y parámetros de canal para cada canal de transporte. Cada fila en la matriz representa un canal de transporte.
<i>Gain</i>	Real	Ganancia aplicada al DPDCH en el enlace de subida para ajustar la energía por bit.
TFCI	Real	Valor del TFCI para el formato seleccionado.

Internamente en el bloque *Select TFC* se encuentra el bloque de adaptación de velocidad en el enlace de subida (*Uplink Rate Match* el cual se muestra en la figura E.3).

Este bloque ejecuta adaptación y desadaptación de velocidad para un canal de transporte en el enlace de subida acorde a las especificaciones 3GPP. Si la velocidad de transmisión de datos de entrada es mayor a la máxima soportada por el canal, los datos son perforados para que estos encajen en el ancho de banda disponible. Si la velocidad de transmisión de datos de entrada es menor que la máxima velocidad de transmisión de datos soportada, los datos son repetidos.

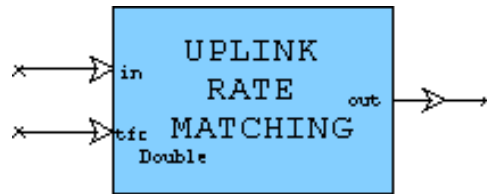


Figura E.3. Bloque Adaptador de Velocidad en el Enlace de Subida *Uplink Rate Match*.

Dado que múltiples canales de transporte pueden ser multiplexados en un único canal físico, a cada canal de transporte se le asigna una porción dada dentro de la trama radio. La asignación de la trama radio se realiza por el bloque *Select TFC block*, el cual revisa el tamaño de los datos sobre todos los canales de transporte y determina cuanto de la trama radio debe ser asignado a cada canal de transporte y el factor de ensanchamiento a utilizar en la transmisión.

El bloque adaptador de velocidad adapta el tamaño de los datos codificados al tamaño de la trama radio asignada. El algoritmo utilizado para adaptar las velocidades es similar al algoritmo de trazado de líneas de Bresenham para gráficas en computador. Algoritmos diferentes son utilizados para perforar datos codificados convolucionalmente y con codificación turbo. La perforación de códigos turbo asegura que la secuencia no codificada es no perforada. Para correctamente perforar o desperforar una secuencia codificada turbo, se asume que la primera trama en el bloque es el inicio del intervalo de tiempo de transmisión (TTI). Un retardo es requerido en el receptor para retardar la entrada y ejecutar el alineamiento correcto.

El bloque de adaptación de velocidad tiene dos modos; adaptación de velocidad donde la velocidad variable de entrada es adaptada a la capacidad fija del canal ; o desadaptación de velocidad, en la cual los datos recibidos a velocidad de transmisión de datos fija son restaurados a su velocidad de transmisión de datos original. Si el dato original fue perforado, el algoritmo de desadaptación de velocidad reemplaza los bits perforados con bits con valor igual a cero. Si el dato fue repetido, el algoritmo de desadaptación de velocidad suma los bits repetidos para producir el bit de salida desrepetido (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Los parámetros definidos en el bloque *Uplink Rate Match* se indican en la tabla E.5.

Tabla E.5. Parámetros bloque *Uplink Rate Match*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Transport channel number</i>	Entero	Número de canal para el canal de transporte. Los canales de transporte son numerados de 0 a N-1, donde N es el número de canales de transporte multiplexados en un canal físico compartido.
<i>Transport channel coding type</i>	Cadena	Selecciona el método de codificación de canal utilizado por el codificador. Este puede ser no codificador (<i>uncoded</i>), convolucional (<i>convolutional</i>), o turbo.
<i>Transmission time interval (ms)</i>	Entero	Tiempo de duración para la transmisión de los datos de entrada. Debe ser 10, 20, 40, o 80 ms.
<i>Rate match or de-match</i>	Cadena	Fija la adaptación al canal físico (en el transmisor). Fija la desadaptación, si intenta recuperar el tamaño de la señal original (en el receptor).

Las entradas al bloque *Uplink Rate Match* se indican en la tabla E.6.

Tabla E.6. Entradas al bloque *Uplink Rate Match*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Entrada de datos a ser adaptada o desadaptada en velocidad.
<i>tfc</i>	Matriz, Long	Matriz de asignaciones de espacio en la trama radio para cada canal de transporte. Cada fila en esta matriz es la información correspondiente a cada canal de transporte. Este pin debe ser conectado al bloque <i>Select TFC</i> .

La salida del bloque *Uplink Rate Match* se indica en la tabla E.7.

Tabla E.7. Salidas del bloque *Uplink Rate Matching*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Real	Resultado de la adaptación o desadaptación de velocidad.

Blockset Generator

Este bloque genera los conjuntos de bloques de bits aleatorios para los canales de transporte. En 3GPP, la entrada a un canal de transporte es un conjunto de bloques de datos. Cada bloque en el conjunto debe ser de la misma longitud, aún cuando la longitud y el número de bloques en el conjunto puede variar en cada intervalo de tiempo de transmisión (TTI).

El diagrama correspondiente al bloque *Blockset Generator* se muestra en la figura E.4.

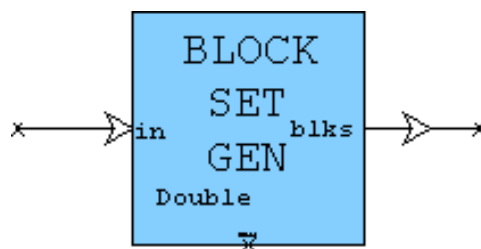


Figura E.4. Bloque *Blockset Generator*.

Este bloque genera matrices de datos donde cada fila es un bloque de datos a transmitir. los elementos son bits aleatorios tomando valores de 0 o 1. La probabilidad de generar un cero se define como un parámetro. El conjunto de posibles tamaños de bloque y conjuntos de bloques se detalla en el archivo de combinación de formato de transporte TFC), el cual se especifica como parámetro del bloque.

Un parámetro del bloque define el número del canal de transporte que determina el canal de transporte para el cual los datos serán generados aleatoriamente. Este parámetro establece las columnas a ser utilizadas en el archivo TFC. Un parámetro de entrada establece el TFC para el corriente TTI. Esta entrada establece el número de filas a ser utilizadas en el archivo TFC. Basado en estas piezas de información, este bloque determina los tamaños de bloque y de conjunto de bloque a ser utilizados en cada iteración (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007; 3GPP TS 25.302 V8.0.0 , 2007).

Los parámetros definidos en el bloque *Blockset Generator* se indican en la tabla E.8.

Tabla E.8. Parámetros bloque *Blockset Generator*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Transport format combination file</i>	Cadena	Ruta al archivo de combinación de formato de transporte (TFC).
<i>Transport channel number</i>	Entero	canal de transporte para el cual este bloque generará datos. Este parámetro establece el número de columnas a ser utilizadas en el archivo TFC.
<i>Transmission time interval (ms)</i>	Entero	Tiempo requerido para la transmisión de los datos de entrada. Debe ser 10, 20, 40, o 80 ms.
<i>Input indicator type</i>	Cadena	Debe ser TFCI o <i>Index</i> . Si es TFCI, la entrada es el indicador de combinación de formato de transporte (TFCI) a ser generado. Este valor es comparado con valores en el archivo TFC para encontrar la fila a generar. Si es <i>Index</i> , la entrada es el número de la fila, iniciando en 0, del archivo TFC a generar.
<i>Random bit probability of zero</i>	Doble	Probabilidad de generar un valor 0. El valor debe estar entre cero y uno.

La salida del bloque *Blockset Generator* se indica en la tabla E.9.

Tabla E.9. Salidas del bloque *Blockset Generator*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>blks</i>	Matriz	Bloques de datos generados.

Uplink TrCH Encode

Este bloque ejecuta la cadena de codificación: adjunta los bits CRC a cada bloque, concatena los bloques, ejecuta la codificación de canal, la ecualización de la trama radio, el primer entrelazado, la segmentación de la trama radio, la adaptación de velocidad, y finalmente la multiplexación de los canales de transporte (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008; SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

La entrada a este bloque es el conjunto de bloques (*blockset*) a codificar en un intervalo de tiempo de transmisión. El conjunto de bloques (*blockset*) es una matriz, donde cada fila es un bloque de datos separados.

El diagrama correspondiente al bloque *Uplink TrCH Encode* se muestra en la figura E.36.

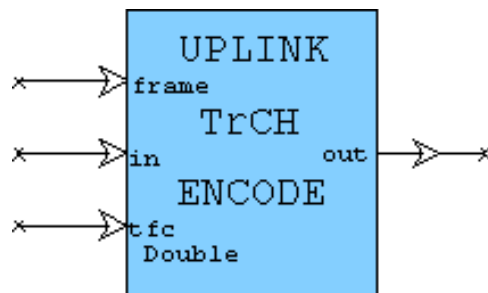


Figura E.5. Bloque *Uplink TrCH Encode*.

Los parámetros definidos en el bloque *Uplink TrCH Encode* se indican en la tabla

E.10.

Tabla E.10. Parámetros bloque *Uplink TrCH Encode*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Transport channel number</i>	Entero	Canal de transporte a codificar.
<i>Transmission time interval (ms)</i>	Entero	Tiempo requerido para la transmisión de los datos de entrada. Debe ser 10, 20, 40, o 80 ms.
<i>Number Of CRC Bits</i>	Entero	Número de bits CRC a adjuntar a cada bloque en los datos fuente. El polinomio adecuado de generación CRC es seleccionado basado en este parámetro.
<i>Encoding scheme</i>	Cadena	Selecciona el método de codificación de canal utilizado por el codificador. Este puede ser no codificado (<i>uncoded</i>), convolucional (<i>convolutional</i>), o turbo.
<i>Coding Rate</i>	Cadena	Configura la tasa de codificación para el codificador. Este debe ser uno para no codificado (<i>uncoded</i>), 1/3 para turbo, y 1/2 o 1/3 para datos codificados convolucionalmente (<i>convolutional</i>).

Las entradas al bloque *Uplink TrCH Encode* se indican en la tabla E.11.

Tabla E.11. Entradas al bloque *Uplink TrCH Encode*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Matriz, real	Bloques de bits para ser codificados y multiplexados en una trama radio. Cada fila de la matriz de entrada es un bloque separado para codificar.

<i>tfc</i>	Matriz, <i>Long</i>	Matriz de valores que describen la asignación de trama y los parámetros de adaptación de velocidad para todos los canales de transporte. Este debe ser conectado al bloque <i>Select TFC</i> .
<i>frame</i>	Vector, Real	Trama en la cual se multiplexaran los datos. Si no se encuentra conectada, el bloque lo asignará a una nueva trama.

La salida del bloque *Uplink TrCH Encode* se indica en la tabla E.12.

Tabla E.12. Salidas del bloque *Uplink TrCH Encode*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Real	Trama radio obtenida por multiplexación y codificación de los bloques de datos de entrada.

Internamente en el bloque *Uplink TrCH Encode* se encuentran los bloques:

- *Vector CRC*.
- *Code Segment/Desegment*.
- *3GPP Encoder*.
- *Radio Frame Equalization*.
- *First Interleaver*.
- *Block Segment/Desegment*.
- *Uplink Rate Match*.

- *Radio Frame Mux.*

El bloque *Vector CRC* adjunta los bits CRC al final de cada bloque de datos. El diagrama correspondiente al bloque *Vector CRC* se muestra en la figura E.6.

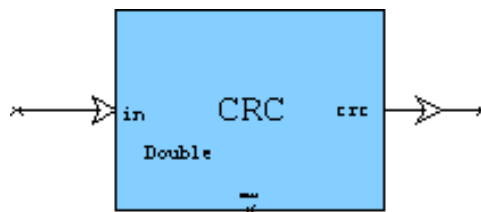


Figura E.6. Bloque *Vector CRC*.

El polinomio de salida es calculado como el resto de la división, tal como se indica en E.1.

$$\frac{a(X) * X^m + r(X)}{g(X)} \quad (E.1)$$

Donde $g(X)$ es el polinomio generador dado como parámetro del bloque, $r(X)$ es el contenido inicial del registro dado como un parámetro del bloque, y m es el número de bits CRC. El orden de los polinomios $g(X)$ y $r(X)$ es $m-1$.

El tipo de salida del bloque es seleccionado como parámetro.

Los parámetros definidos en el bloque *Vector CRC* se indican en la tabla E.13.

Tabla E.13. Parámetros bloque *Vector CRC*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>First bit input</i>	Cadena	Determina si el primer bit en cada fila de entrada es el Bit Más Significativo (MSB, <i>Most Significant Bit</i>) o el Bit Menos Significativo (LSB, <i>Least Significant Bit</i>).
<i>First CRC bit output</i>	Cadena	Determina si el primer bit CRC es el MSB o el LSB.

<i>Output bits</i>	Cadena	Determina si cada fila de salida será simplemente los bits CRC (<i>CRC only</i>), la fila de entrada seguida por los bits CRC (<i>Input then CRC</i>), o los bits CRC seguidos por la fila de entrada (<i>CRC then Input</i>).
<i>Number of CRC bits</i>	Entero	Número de bits CRC a calcular. Fija también el grado del polinomio generador.
<i>CRC generator polynomial</i>	Cadena	Polinomio generador del bloque CRC. El valor es especificado en formato octal (iniciando con 0) o formato hexadecimal (iniciando con 0x). El termino de más alto orden no se incluye. Por ejemplo, el polinomio generador $g(D)=D^8+D^7+D^4 +D^3+D+1$ será especificado como 0x9b o 0233.
<i>Initial register contents</i>	Cadena	Contenido inicial del registro CRC al inicio de cada calculo CRC, $r(X)$. El orden de este polinomio es uigual al número de bits CRC menos 1. El polinomio es especificado como una cadena hexadecimal u octal similar al polinomio CRC, excepto que el termino de más alto orden es incluido.

La entrada al bloque *Vector CRC* se indica en la tabla E.14.

Tabla E.14. Entradas al bloque *Vector CRC*.

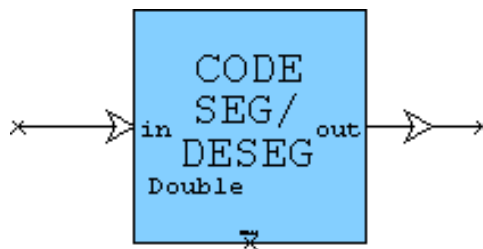
Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Matriz	El CRC será calculado para cada fila de esta entrada.

La salida del bloque *Vector CRC* se indica en la tabla E.15.

Tabla E.15. Salidas del bloque *Vector CRC*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>crc</i>	Matriz	Cada fila contiene el CRC y los potenciales bits de entrada para la correspondiente fila en la matriz de entrada.

El bloque *textitCode Segment/Desegment* concatena los bloques de datos con CRC en un bloque de mayor tamaño para ser codificado. El diagrama correspondiente al bloque *Code Segment/Desegment* se muestra en la figura E.7.

Figura E.7. Bloque *Code Segment/Desegment*.

Este bloque 3GPP divide un bloque de datos en segmentos para ser codificados. En 3GPP, el tamaño máximo del bloque de datos que puede ser codificado convulsionalmente es 504 y el tamaño máximo del bloque de datos que puede ser codificado turbo es 5114 bits. Si el tamaño del bloque de datos excede estos tamaños, el bloque de datos es segmentado en segmentos código con longitudes dentro de los tamaños límite. Si la entrada es menor que el tamaño mínimo del segmento, ceros adicionales son adicionados al inicio de la entrada para producir un segmento de longitud igual al tamaño mínimo de segmento. El número de segmentos son definidos por la ecuación E.2.

$$N_{seg} = \frac{L - 1}{\text{Tamaño_Máximo} + 1} \quad (\text{E.2})$$

Donde L es la longitud del bloque y *Tamaño_Máximo* es el tamaño máximo del bloque que puede ser codificado. Las longitudes de los segmentos son definidos por la ecuación E.3.

$$L_{seg} = \frac{L - 1}{N_{seg} + 1} \quad (E.3)$$

Si $N_{seg} * L_{seg}$ no es igual a L, ceros adicionales son adicionados al inicio del primer segmento.

La salida de este bloque 3GPP es una matriz donde la primera fila es el primer segmento, la segunda fila es el segundo segmento, y así consecutivamente. El número de filas da el número de segmentos (N_{seg}), y el número de columnas da la longitud del segmento (L_{seg}).

Este bloque 3GPP puede también concatenar los segmentos en un único bloque de datos si el parámetro *Segment or Deselement* es fijado a *deselement*. En modo *deselement*, los tamaños mínimo y máximo de segmento no tienen significado. El bloque concatena las filas de la matriz de entrada y produce un vector en la salida (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Los parámetros definidos en el bloque *Code Segment/Deselement* se indican en la tabla E.16.

Tabla E.16. Parámetros bloque *Code Segment/Deselement*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Segment or Deselement</i>	Cadena	Si se configura a <i>segment</i> , el vector de entrada es segmentado en multiples filas desde la matriz de entrada. Si se configura a <i>deselement</i> , las filas de la matriz de entrada son concatendadas para producir el vector de salida.
<i>Minimum Segment Size</i>	Entero	Mínima longitud de código en modo <i>segment</i> . Este debe ser 40 para codificación turbo y 0 para codificación convolucional.
<i>Maximum Segment Size</i>	Entero	Máxima longitud de código en modo <i>segment</i> . Este debe ser 5114 para codificación turbo y 504 para codificación convolucional.

La entrada al bloque *Code Segment/Deselement* se indica en la tabla E.17.

Tabla E.17. Entradas al bloque *Code Segment/Desegment*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Matriz o vector	Si el modo es <i>segment</i> , el vector de entrada es segmentado a través de múltiples filas de una matriz de salida. Si el modo es <i>desegment</i> , las filas de la matriz de entrada son concatenadas para producir el vector de salida.

La salida del bloque *Code Segment/Desegment* se indica en la tabla E.18.

Tabla E.18. Salidas del bloque *Code Segment/Desegment*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Real	Si el modo es <i>segment</i> , la matriz de salida es creada por segmentación de los vectores de entrada en filas. Si el modo es <i>desegment</i> , la salida es un vector formado por la unión de segmentos.

El bloque *3GPP Encoder* provee todos los tipos de codificación de canal para los bloques de datos. Los esquemas de codificación son no codificado (*uncoded*), convolucional *convolutional* o turbo. El bloque provee también segmentación de bloques de datos grandes (3GPP TS 25.212 V8.1.0, 2008). El diagrama correspondiente al bloque *3GPP Encoder* se muestra en la figura E.8.

Los parámetros definidos en el bloque *3GPP Encoder* se indican en la tabla E.19.

Tabla E.19. Parámetros bloque *3GPP Encoder*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
-----------	--------------	-------------

<i>Encoding scheme</i>	Cadena	Selecciona el método de codificación de canal a utilizar. Este puede ser <i>uncoded</i> , <i>convolutional</i> , o turbo.
<i>Coding rate</i>	Cadena	Define la tasa de codificación para el codificador. Este debe ser 1 para datos no codificados, 1/3 para datos codificados con codificación turbo, y puede ser 1/2 o 1/3 para datos codificados convolucionalmente.
<i>Turbo Coder File</i>	Cadena	Ruta al archivo que contiene los polinomios generadores para codificación turbo.
<i>Interleaver Prime Root Table</i>	Cadena	Ruta al archivo que contiene las raíces primas utilizadas en el entrelazador turbo <i>turbo interleaver</i> .

La entrada al bloque *3GPP Encoder* se indica en la tabla E.20.

Tabla E.20. Entradas al bloque *3GPP Encoder*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Datos a codificar.

La salida del bloque *3GPP Encoder* se indica en la tabla E.21.

Tabla E.21. Salidas del bloque *3GPP Encoder*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Real	Datos codificados.

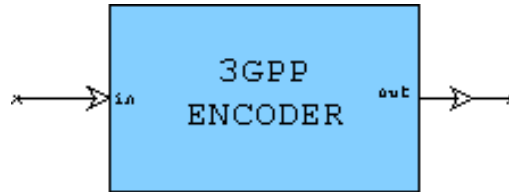


Figura E.8. Bloque 3GPP Encoder.

Si el esquema de codificación es *uncoded*, la entrada es pasada directamente a la salida. Si el esquema de codificación no es *uncoded*, el flujo del bloque es el siguiente:

- Bloque *Code Segment/Desegment*: Divide el bloque de entrada en múltiples segmentos código para ser codificados independientemente. Para codificación convolucional, el tamaño máximo del segmento código es 504 bits. Para codificación turbo, el máximo tamaño del segmento código es 5114 bits.
- Bloque *Convolutional Encoder*. Ejecuta la codificación convolucional. La entrada al bloque es una matriz de datos a codificar. Cada fila de la matriz es un bloque de datos independiente a codificar. El estado del codificador es fijado a cero al inicio de la codificación de un bloque. Al final de un bloque de datos, el codificador es clareado a cero concatenando ceros al final del bloque de datos de entrada.

Los polinomios generadores utilizados para implementar la codificación convolucional junto a la tasa de codificación y la longitud de restricción son especificados en el archivo polinomios generadores (*generator polynomial*).

La longitud del vector de salida para el bloque es la indicada en la ecuación E.4.

$$longitud_salida = (longitud_entrada + l - 1) * n/k \quad (E.4)$$

Donde, n es el número de bits en un símbolo de entrada (típicamente 1), k es el número de bits en un símbolo de salida, y l es la longitud de restricción (3GPP TS 25.212 V8.1.0, 2008).

El diagrama correspondiente al bloque *Convolutional Encoder* se muestra en la figura E.9.

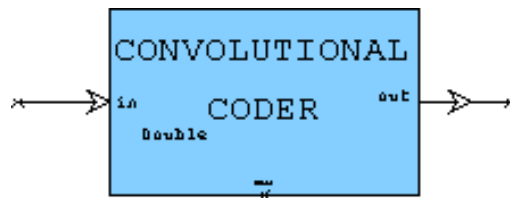


Figura E.9. Bloque *Convolutional Encoder*.

Los parámetros definidos en el bloque *Convolutional Encoder* se indican en la tabla E.22.

Tabla E.22. Parámetros bloque *Convolutional Encoder*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Generator polynomials input file</i>	Cadena	Archivo que contiene los polinomios generadores para la codificación convolucional.

La entrada al bloque *Convolutional Encoder* se indica en la tabla E.23.

Tabla E.23. Entradas al bloque *Convolutional Encoder*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Matriz, real	Bloque de datos a codificar. Cada fila es un bloque de datos a codificar.

La salida del bloque *Convolutional Encoder* se indica en la tabla E.24.

Tabla E.24. Salidas del bloque *Convolutional Encoder*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Matriz, Real	Los bloques codificados. Cada fila es el resultado de codificar la correspondiente fila de la matriz de entrada.

- Bloque *Recursive Convolutional Encoder*: Este bloque hace parte del codificador turbo. La salida del bloque *recursive convolutional encoder* es una versión multiplexada del flujo de bits de entrada y los flujos de paridad creados por la codificación del flujo de bit de entrada.

El diagrama correspondiente al bloque *Recursive Convolutional Encoder* se muestra en la figura E.10.

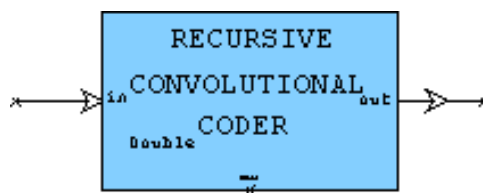


Figura E.10. Bloque *Recursive Convolutional Encoder*.

Este bloque implementa un codificador convolucional recursivo multi-segmento. La entrada al bloque es una matriz de segmentos de datos a ser codificados, una fila por cada segmento (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Un codificador convolucional recursivo es similar a un codificador convolucional estándar excepto que existe un sumador polinomial de realimentación que es utilizado para generar una secuencia la cual es operada con la entrada por medio de una operación XOR.

Un ejemplo del codificador utilizado en 3GPP se muestra en la figura E.11. Las cajas son retardos y los sumadores ejecutan operación XOR. En operación normal, el interruptor se encuentra en la posición arriba tal que se realiza la operación XOR entre la secuencia de realimentación y la secuencia de entrada. Una vez finaliza la secuencia de entrada, el interruptor es movido a la posición abajo causando que se realice la operación XOR entre la secuencia realimentada consigo misma, forzando ceros en los registros de desplazamiento para los bits de cola.

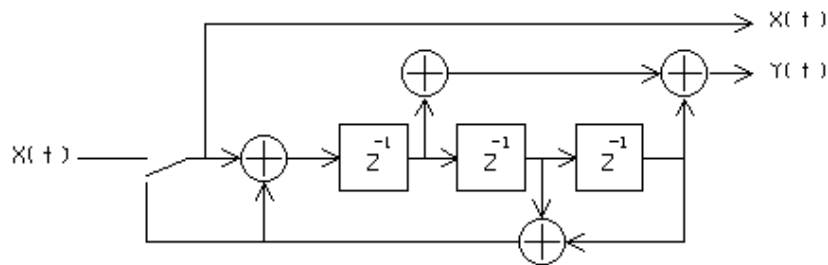


Figura E.11. Codificador Recursivo Convolucional 3GPP.

Los polinomios de generación y realimentación son especificados en un archivo cuya ruta es especificada como parámetro del bloque. El formato del archivo es:

$$\begin{array}{c}
 NKL \\
 G_{0,0} \\
 \vdots \\
 G_{N-1,K-1}
 \end{array}$$

Donde, K es el número de codificadores, N es el número de salidas por codificador, y L es la longitud de restricción. El número de retardos en el registro de desplazamiento es L-1. También en este archivo, $G_{0,j}$ es el polinomio generador para el camino de realimentación para el codificador constituyente j ésimo y $G_{i,j}$, $i > 0$, es la salida i ésima para el codificador constituyente j ésimo. Note que la salida para el bit en la posición 0 es el mismo que la entrada. Los generadores deben ser especificados en octal.

El archivo para el ejemplo presentado en la figura E.11 es:

2 1 4

15

13

Los parámetros definidos en el bloque *Recursive Convolutional Encoder* se indican en la tabla E.25.

Tabla E.25. Parámetros bloque *Recursive Convolutional Encoder*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Generator Input File</i>	Cadena	Ruta al archivo que contiene los polinomios generadores.

La entrada al bloque *Recursive Convolutional Encoder* se indica en la tabla E.26.

Tabla E.26. Entradas al bloque *Recursive Convolutional Encoder*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Matriz, real	Conjunto de secuencias de entrada a codificar. Cada fila de la matriz de entrada es codificada separadamente.

La salida del bloque *Recursive Convolutional Encoder* se indica en la tabla E.27.

Tabla E.27. Salidas del bloque *Recursive Convolutional Encoder*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Matriz, Real	Conjunto de secuencias de salida codificadas. La longitud de la columna de salida es $N * (longitud_columna_entrada + L - 1) / K$.

- Bloque *Turbo Interleaver*: Este bloque hace parte del codificador turbo. El bloque *Turbo Interleaver* entrelaza los datos de entrada a ser codificados por el segundo codificador convolucional recursivo.

El diagrama correspondiente al bloque *Turbo Interleaver* se muestra en la figura E.12.

Figura E.12. Bloque *Turbo Interleaver*.

Este bloque implementa el entrelazador y desentrelazado interno de la codificación turbo. El entrelazador reordena la secuencia de entrada antes del codificador convolucional recursivo. El desentrelazador revierte el reordenamiento del entrelazador.

El entrelazador turbo 3GPP tiene tres etapas. En la primera etapa, la secuencia de entrada es escrita en una matriz rectangular, fila por fila. Siguiendo, los elementos en cada fila de la matriz son permutados acorde a las raíces primitivas del siguiente número primo mayor que la longitud de entrada dividida por el número de filas en la matriz. En la tercera etapa, las filas son permutadas por un patrón fijo determinado por la longitud de entrada. Finalmente, la salida es leída por columnas de la matriz permutada (3GPP TS 25.212 V8.1.0, 2008).

Dado que la entrada puede no coincidir exactamente con la capacidad de la matriz de permutación, valores de $1.0e8$ son utilizados para completar la matriz. En la salida, estos valores son removidos tal que las longitudes de entrada y salida sean iguales.

La entrada y salida de este bloque son matrices donde cada fila es un segmento de código independiente. Cada fila en la matriz de entrada es separadamente entrelazada o desentrelazada para producir la correspondiente fila de salida en la matriz de salida.

Los parámetros definidos en el bloque *Turbo Interleaver* se indican en la tabla E.28.

Tabla E.28. Parámetros bloque *Turbo Interleaver*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Table of primes and associated primitive root</i>	Cadena	Archivo que contiene el mapeo de números primos en raíces primitivas para completar la segunda etapa de entrelazado. El formato de dos números por línea; el primer número es el primo y el segundo es la raíz asociada (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).
<i>Interleave or deinterleave</i>	Cadena	Determina si la entrada debe ser entrelazad o desentrelazada.

La entrada al bloque *Turbo Interleaver* se indica en la tabla E.29.

Tabla E.29. Entradas al bloque *Turbo Interleaver*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
---------	--------------	-------------

<i>in</i>	Matriz, real	Segmentos código a entrelazar o desentrelazar. cada fila en la matriz es un segmento separado a ser entrelazado o desentrelazado.
-----------	-----------------	---

La salida del bloque *Turbo Interleaver* se indica en la tabla E.30.

Tabla E.30. Salidas del bloque *Turbo Interleaver*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Matriz, Real	Segmentos de código entrelazados o desentrelazados. Cada fila en la matriz es el resultado de entrelazar o desentrelazar la correspondiente fila de la matriz de entrada.

- Bloque *Turbo Mux*: Este bloque hace parte del codificador turbo. El bloque *Turbo Mux* entrelaza los datos de entrada a ser codificados por el segundo codificador convolucional recursivo. La secuencia de entrada original y las dos secuencias de paridad son multiplexadas por este bloque para producir la secuencia final codificada.

El diagrama correspondiente al bloque *Turbo Mux* se muestra en la figura E.13.

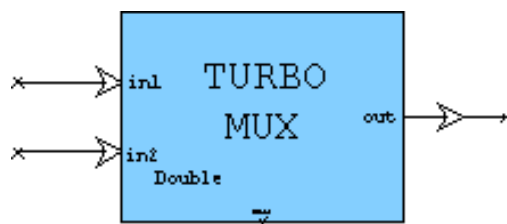


Figura E.13. Bloque *Turbo Mux*.

Este bloque multiplexa los dos flujos recursivos codificados convolucionalmente en un unico flujo de datos con codificación turbo. Cada una de las dos entradas de este bloque debe ser conectada al bloque *Recursive Convolutional Encoder*. La secuencia de salida del codificador turbo especificada en la especificación 3GPP (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008) se muestra en E.5.

$$X(i), Y(i), Y'(i), X(i + 1), Y(i + 1), Y'(i + 1) \quad (\text{E.5})$$

Donde $X(*)$ es la secuencia no codificada, $Y(*)$ es la secuencia original codificada recursivamente, y $Y'(*)$ es la secuencia original entrelazada después de la codificación recursiva.

Dado que cada uno de los codificadores recursivos produce una secuencia no codificada multiplexada con la secuencia codificada, la secuencia no codificada de la segunda entrada, in_2 , se descarta.

Los bits de cola son manejados separadamente como se indica en la especificación 3GPP (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008). El orden de salida para los bits de cola es $X(n), Y(n), X(n+1), Y(n+1), X(n+2), Y(n+2), X'(n), Y'(n), X'(n+1), Y'(n+1), X'(n+2), Y'(n+2)$. Note que para los bits de cola, la secuencia no codificada $X'(*)$ del segundo codificador recursivo es no descartada.

Este bloque puede operar sobre múltiples bloques segmentos de código simultáneamente. Las entradas y salidas del bloque son matrices. Cada fila en cada matriz representa un segmento de código independiente.

La salida exacta para el segmento de código j_{esimo} es el indicado en E.6, excepto durante los bits de cola (ultimo 12 puntos de salida) donde la salida es la indicada en E.7 para $n = 0, 1, 2$.

$$\begin{aligned} out[j][3 * i] &= in1[j][2 * i] \\ out[j][3 * i + 1] &= in1[j][2 * i + 1] \\ out[j][3 * i + 2] &= in2[j][2 * i + 1] \end{aligned} \quad (\text{E.6})$$

$$\begin{aligned}
 out[j][N + 2 * n] &= in1[j][M + 2 * n] \\
 out[j][N + 2 * n + 1] &= in1[j][M + 2 * n + 1] \\
 out[j][N + 2 * n + 6] &= in2[j][M + 2 * n] \\
 out[j][N + 2 * n + 7] &= in2[j][M + 2 * n + 1]
 \end{aligned} \tag{E.7}$$

Los parámetros definidos en el bloque *Turbo Mux* se indican en la tabla E.31.

Tabla E.31. Parámetros bloque *Turbo Mux*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Generator File</i>	Cadena	Ruta al archivo de especificación del codificador convolucional recursivo.

Las entradas al bloque *Turbo Mux* se indican en la tabla E.32.

Tabla E.32. Entradas al bloque *Turbo Mux*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in1</i>	Matriz, real	Salida del primer codificador convolucional recursivo. Cada fila de la matriz es un segmento de código separado a ser multiplexado con la correspondiente fila de <i>in2</i> .
<i>in2</i>	Matriz, real	salida del segundo codificador convolucional recursivo (después de entrelazado). Cada fila de la matriz es un segmento de código separado.

La salida del bloque *Turbo Mux* se indica en la tabla E.33.

Tabla E.33. Salidas del bloque *Turbo Mux*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Matriz, Real	Resultado de multiplexar los dos flujos de datos codificados con el codificador convolucional recursivo en un único flujo. Cada fila de la matriz de salida es un segmento de código independiente creado por la multiplexación de las correspondientes filas de las matrices de entrada.

- Bloque Code Segment/Desegment: Une los segmentos de código codificados separadamente en un único vector codificado.

El bloque *Radio Frame Equalization* concatena bits al final del bloque codificado tal que el bloque pueda ser dividido en tramas radio de igual tamaño. Por ejemplo, si el TTI es 40ms, entonces la longitud debe ser divisible por 4 para formar 4 tramas radio de 10 ms por TTI para este ejemplo. El bloque adjunta bits fijos (0 o 1) para asegurar que la longitud es divisible por cuatro en este caso. El diagrama correspondiente al bloque *Radio Frame Equalization* se muestra en la figura E.14.

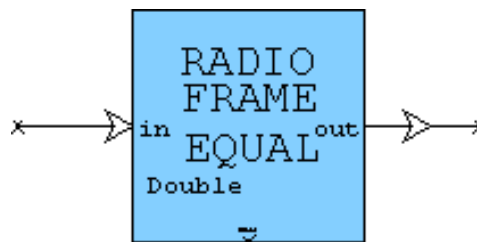


Figura E.14. Bloque *Radio Frame Equalization*.

Este bloque extiende la longitud de un bloque codificado de datos para que este sea múltiplo del número de tramas radio por intervalo de tiempo de transmisión

(TTI). Esto es realizado para asegurar que todos los segmentos tendrán igual tamaño después de la segmentación de la trama radio. Ecuación de la trama radio solo se realiza en el enlace de subida debido a que la adaptación de velocidad garantiza que el bloque de datos pueda ser dividido de manera entera en segmentos radio en el enlace de bajada. En el enlace de subida esto no es cierto debido a que la adaptación de velocidad sucede después de la segmentación de la trama radio.

El valor de los bits concatenados al final del vector es fijado como un parámetro del bloque. Este valor debe ser 0 o 1. Nota: Si la longitud de entrada es divisible de manera entera por el número de tramas radio por TTI, entonces este bloque simplemente asigna la entrada a la salida.

Los parámetros definidos en el bloque *Radio Frame Equalization* se indican en la tabla E.34.

Tabla E.34. Parámetros bloque *Radio Frame Equalization*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Transmission time interval (ms)</i>	Entero	Longitud de TTI en milisegundos. Este valor puede ser solo 10, 20, 40, o 80.
<i>Value of Padding bits</i>	Entero	Valor de los bits a ser concatenados al vector de entrada para producir un vector de salida si la longitud del vector de entrada no es divisible de manera entera por el número de tramas radio por TTI. Este valor debe ser 0 o 1.

La entrada al bloque *Radio Frame Equalization* se indica en la tabla E.35.

Tabla E.35. Entradas al bloque *Radio Frame Equalization*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Vector cuya longitud será ecualizada.

La salida del bloque *Radio Frame Equalization* se indica en la tabla E.36.

Tabla E.36. Salidas del bloque *Radio Frame Equalization*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Real	Vector de salida cuya longitud es divisible de manera entera por el número de tramas radio por TTI.

El bloque *First Interleaver* entrelaza los bloques de datos codificados para minimizar el efecto de los errores en ráfaga. 3GPP especifica dos pasos separados de entrelazado. El segundo paso de entrelazado es realizado fuera del bloque de *First Interleaver*. El diagrama correspondiente al bloque *First Interleaver* se muestra en la figura E.15.



Figura E.15. Bloque *First Interleaver*.

Este bloque ejecuta las funciones de primer entrelazado y desentrelazado tal como han sido especificadas por el 3GPP (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008). En el entrelazado, los datos de un TTI son reordenados para protegerlos contra errores en ráfaga generador en un canal variante en el tiempo.

El algoritmo de entrelazado es ubicar los datos de entrada en una matriz con N columnas, donde N es el número de tramas de 10 ms en un TTI. La matriz es escrita por filas. Cualquier fila llenada parcialmente es completada con un valor especial Z, el cual se diferencia de los valores normales de entrada.

Las columnas de esta matriz son permutadas utilizando un vector de permutación de inversión de bits. El patrón de inversión de bits se muestra en la ecuación E.8

para el posible número de columnas.

$$\begin{aligned}
 P[1] &= 0 \\
 P[2] &= 0, 1 \\
 P[4] &= 0, 2, 1, 3 \\
 P[8] &= 0, 4, 2, 6, 1, 5, 3, 7
 \end{aligned}
 \tag{E.8}$$

La permutación se realiza de tal forma que los datos en columna c son ubicados en una nueva matriz en columna $P[c]$.

Después de la permutación, los datos son leídos por columnas iniciando por la primera columna. Cuando un valor Z es encontrado en la fase de salida, este es saltado tal que el número de valores de salida sea igual al número de valores de entrada al bloque.

Un parámetro del bloque es utilizado para controlar si el bloque entrelaza los datos utilizando el algoritmo descrito o desentrelaza datos utilizando un algoritmo inverso.

Si el número de tramas por intervalo de tiempo de transmisión es igual a uno, ningún cambio en el orden toma lugar.

Si el modo compresión es configurado a perforación (*Puncturing*), este bloque puede insertar bits p (*punctured*) en el entrelazado y removerlos en el desentrelazado. El bloque revisará la sexta columna y la fila del canal de transporte de la matriz de entrada para determinar cuantos bits p insertar en cada trama radio. Bits p son insertados en el flujos de datos de entrada tal que después del entrelazado y la segmentación de la trama radio, los bits estarán todos al inicio del segmento de la trama radio para este canal de transporte.

Los parámetros definidos en el bloque *First Interleaver* se indican en la tabla E.37.

Tabla E.37. Parámetros bloque *First Interleaver*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción

<i>Interleave or deinterleave</i>	Cadena	Indica si la entrada será entrelazada o desentrelazada.
<i>Transport channel number</i>	Entero	Número de canal para que el canal de transporte sea entrelazado o desentrelazado. Este valor es utilizado para indexar la fila de la matriz tfc si esta es conectada.
<i>Transmission time interval (ms)</i>	Entero	Longitud del TTI en milisegundos. Este valor solo puede ser 10, 20, 40, o 80.
<i>Compressed mode type</i>	Cadena	Modo de compresión a ser utilizado para tramas comprimidas. Debe ser " <i>SF reduction</i> " para reducción del factor de ensanchamiento, " <i>Puncturing</i> " para perforación y " <i>Scheduling</i> " para planificación de alto nivel. Nota: perforación (<i>Puncturing</i>) puede ser utilizada si posiciones fijas de trama son utilizadas. Similarmente, planificación de alto nivel (<i>Scheduling</i>) puede ser solo utilizada si posiciones flexibles de trama son utilizadas. El único modo que afecta este bloque es perforación (<i>Puncturing</i>).
<i>Value for "p" bits</i>	Entero	El valor a insertar en el flujo de bits para bits perforados (<i>punctured</i>). Este valor no debe ser igual a 0 o 1, ni debería ser igual al valor utilizado para indicar bits DTX.

Las entradas al bloque *First Interleaver* se indican en la tabla E.38.

Tabla E.38. Entradas al bloque *First Interleaver*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Datos de entrada a entrelazar (o desentrelazar). El vector debe contener todos los datos para el el TTI.

<i>tfc</i>	Matriz, <i>Long</i>	Matriz de posiciones de trama y tamaños de bloque para cada canal de transporte en el formato de combinación actual. Si se encuentra conectado, este pin debe ser conectado al bloque <i>Select TFC</i> .
------------	------------------------	---

La salida del bloque *First Interleaver* se indica en la tabla E.39.

Tabla E.39. Salidas del bloque *First Interleaver*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Real	Resultado del entrelazado (o desentrelazado) de datos para el TTI total.

El bloque *Block Segment/Desegment* divide el bloque codificado en segmentos de trama radio. El número de segmentos es igual al número de tramas radio por TTI. La salida es una matriz donde cada fila es un segmento separado. El diagrama correspondiente al bloque *Block Segment/Desegment* se muestra en la figura E.16.

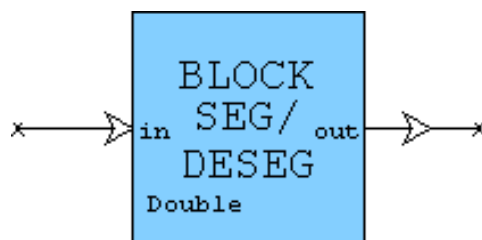


Figura E.16. Bloque *Block Segment/Desegment*.

Este bloque multivelocidad divide un bloque de datos en segmentos o une segmentos en un bloque de datos. Si el bloque está segmentando datos, la salida corre a la velocidad de entrada por el número de segmentos. Si el bloque está desegmentando datos, la entrada corre a la velocidad de salida multiplicada por el número de segmentos.

Cuando segmenta datos, la salida se indica en la ecuación E.9.

$$outk[i] = in[k * Ns + i] \quad (E.9)$$

Donde, k es el número de segmentos y Ns es la longitud de un segmento que es igual a la longitud total de la entrada dividida por el número de segmentos. Un error es producido si el número de segmentos no divide enteramente la longitud del dato de entrada.

Cuando desegmenta datos, la salida se indica en la ecuación E.10.

$$out[k * Ns + i] = ink[i] \quad (E.10)$$

Donde, K es el número de segmentos y Ns es la longitud del segmento.

Los parámetros definidos en el bloque *Bock Segment/Desegment* se indican en la tabla E.40.

Tabla E.40. Parámetros bloque *Bock Segment/Desegment*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Segment or De-segment</i>	Cadena	Determina si la entrada será segmentada o desegmentada.
<i>Segment Rate</i>	Entero	Número de segmentos.

La entrada al bloque *Bock Segment/Desegment* se indica en la tabla E.41.

Tabla E.41. Entradas al bloque *Bock Segment/Desegment*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector	Vector de entrada.

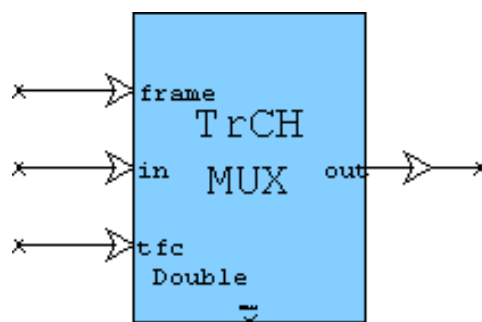
La salida del bloque *Bock Segment/Desegment* se indica en la tabla E.42.

Tabla E.42. Salidas del bloque *Bock Segment/Desegment*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector	Vector de salida. La velocidad de este pin es la velocidad de entrada multiplicada por el número de segmentos en el caso de segmentación; de otra manera, la velocidad de salida es la velocidad de entrada dividida por el número de segmentos.

El bloque *Uplink Rate Match* ejecuta la adaptación de velocidad en el enlace de subida. El bloque de adaptación de velocidad repite o perfora los datos para hacer que estos encajen en el segmento de la trama radio asignado al canal de transporte. La longitud del vector de salida de este bloque es constante. El diagrama correspondiente al bloque *Uplink Rate Match* se muestra en la figura E.3.

El bloque *Radio Frame Mux* inserta el segmento de la trama radio en la trama radio completa. Si la entrada *frame* no se conecta, este bloque asignará una trama entera y adicionará su segmento a la trama. Si la entrada *input* es conectada, este bloque simplemente inserta su segmento en la trama. La localización y longitud del segmento en la trama es determinada por la entrada *tfc*, la cual debe estar conectada al bloque *Select TFC block*. El diagrama correspondiente al bloque *Radio Frame Mux* se muestra en la figura E.17.

Figura E.17. Bloque *Radio Frame Mux*.

Este bloque multiplexa un canal de transporte en una trama radio. Si la trama de entrada es conectada, los datos del canal de transporte son insertados en la trama

para producir la salida. Si la trama de entrada no es conectada, este bloque asigna una entera trama radio e inserta los datos del canal de transporte para producir una salida. La entrada de la trama permite a múltiples instancias de este bloque ser encadenadas juntas para multiplexar múltiples canales de transporte en una única trama radio (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

La posición de la trama donde los datos del canal de transporte serán insertados se determina por la entrada de la matriz *tfc*. La quinta columna de la matriz *tfc* lista la longitud de cada canal de transporte en la trama radio. Este bloque numéricamente adiciona la longitud de todos los canales de transporte para determinar el índice de inicio en la trama al iniciar la inserción de datos. La longitud de entrada es verificada con respecto a la longitud especificada por el canal de transporte en la matriz *tfc*. Si la longitud no coincide, un error es generado.

Los parámetros definidos en el bloque *Radio Frame Mux* se indican en la tabla E.43.

Tabla E.43. Parámetros bloque *Radio Frame Mux*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Transport channel number</i>	Entero	Número de canal para el canal de transporte a codificar. El valor determinará la posición en la trama radio de salida en la cual los datos serán ubicados.

Las entradas al bloque *Radio Frame Mux* se indican en la tabla E.44.

Tabla E.44. Entradas al bloque *Radio Frame Mux*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>frame</i>	Vector, Real	Trama radio de entrada. Si no se conecta, este bloque asignará una nueva trama para la salida.
<i>in</i>	Vector, Real	Datos del canal de transporte a ser transmitidos.

<i>tfc</i>	Matriz, <i>Long</i>	Matriz de posiciones de trama y tamaños de bloque para cada canal de transporte en el formato de combinación actual. Este pin debe ser conectado al bloque <i>Select TFC</i> .
------------	------------------------	--

La salida del bloque *Radio Frame Mux* se indica en la tabla E.45.

Tabla E.45. Salidas del bloque *Radio Frame Mux*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Real	Trama radio de salida.

Uplink Frame Processing

Este bloque ejecuta todo el procesamiento de la trama radio: el segundo entrelazado y el mapeo de símbolos (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007). El diagrama correspondiente al bloque *Uplink Frame Processing* se muestra en la figura E.18.

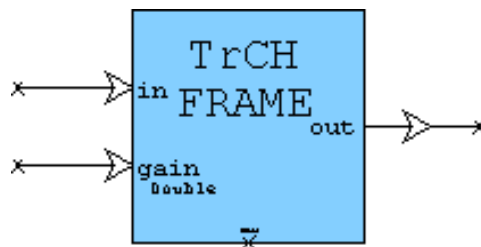


Figura E.18. Bloque *Uplink Frame Processing*.

Este bloque el procesamiento de la trama radio para el enlace de subida. Las entradas a este bloque son las tramas radio consistentes de los canales de transporte

multiplexados y la ganancia para el canal. La salida es la trama radio den forma antípoda con la ganancia apropiada (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Los parámetros definidos en el bloque *Uplink Frame Processing* se indican en la tabla E.46.

Tabla E.46. Parámetros bloque *Uplink Frame Processing*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>DPDCH Power</i>	Doble	Potencia de salida en transmisión, si la entrada <i>gain</i> es no conectada o fijada en 1.

Las entradas al bloque *Uplink Frame Processing* se indican en la tabla E.47.

Tabla E.47. Entradas al bloque *Uplink Frame Processing*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Vector de bits representando la trama radio para DPDCH.
<i>gain</i>	Real	Ganancia adicional para ser aplicada a la salida. Este es utilizado para alterar la potencia instantánea del DPDCH.

La salida del bloque *Uplink Frame Processing* se indica en la tabla E.48.

Tabla E.48. Salidas del bloque *Uplink Frame Processing*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Real	Datos DPDCH en el correcto nivel de potencia, listo para el ensanchamiento.

Internamente en el bloque *Uplink Frame Processing* se encuentran los bloques:

- *Second Interleaver*.
- *Symbol Mapping*.

El bloque *Second Interleaver* adjunta los bits CRC al final de cada bloque de datos. El diagrama correspondiente al bloque *Second Interleaver* se muestra en la figura E.19.

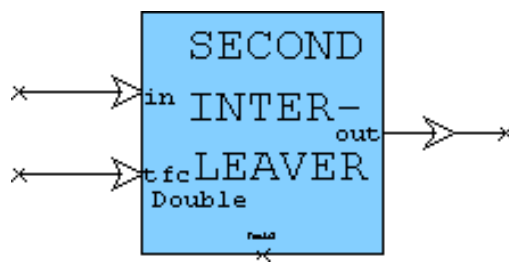


Figura E.19. Bloque *Second Interleaver*.

Este bloque ejecuta el segundo entrelazado y desentrelazado tal como se encuentra especificado en las especificaciones 3GPP (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008). En el entrelazado, los datos de una trama radio son reordenados para ser protegidos contra ráfagas de errores en canales variantes en el tiempo.

El algoritmo del entrelazado es ubicar los datos de entrada en una matriz de 30 columnas. La matriz es escrita por filas hasta que los datos hayan terminado. Cualquier fila llenada parcialmente es completada con un valor especial Z, el cual se diferencia de los valores de entrada normales.

Las columnas de la matriz son permutadas utilizando el vector de permutación, como se indica en la ecuación E.11.

$$P[30] = 0, 20, 10, 5, 15, 25, 3, 13, 23, 8, 18, 28, 1, 11, 21, 6, 16, 26, 4, 14, 24, 19, 9, 29, 12, 2, 7, 22, 27, 17 \quad (\text{E.11})$$

La permutación se realiza de tal forma que los datos en columna c son ubicados en una nueva matriz en la columna $P[c]$.

Después de la permutación, los datos son leídos por columnas. Cuando un valor Z es encontrado en la fase de salida, es saltado tal que el número de valores de salida del bloque sea igual al número de valores de entrada al bloque.

Un parámetro de bloque es utilizado para controlar si el bloque entrelaza utilizando el algoritmo descrito o si desentrelaza los datos utilizando el inverso del algoritmo descrito anteriormente.

Si el modo compresión es configurado a perforación (*puncturing*) y el bloque es desentrelazado, este bloque inserta bits p en los datos antes de ser desentrelazados. Esto es hecho para reflejar la operación en el lado transmisor donde los bits p son insertados en el primer entrelazado y entonces removidos después del segundo entrelazado. bits p son insertados después del desentrelazado tal que los bits p estarán al inicio de cada segmento de canal de transporte de la trama radio. El número de bits p y las posiciones de inicio de cada canal de transporte en la trama radio son dados en la quinta y sexta columna de la matriz de entrada tfc.

Los parámetros definidos en el bloque *Second Interleaver* se indican en la tabla E.49.

Tabla E.49. Parámetros bloque *Second Interleaver*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Interleave or deinterleave</i>	Cadena	Determina si los datos de entrada deben ser entrelazados o desentrelazados.
<i>Compressed mode type</i>	Cadena	Modo de compresión utilizado en las tramas comprimidas. Debe ser " <i>SF reduction</i> " para reducción del factor de ensanchamiento, " <i>Puncturing</i> " para perforación y " <i>Scheduling</i> " para planificación de alto nivel. Nota: perforación (<i>Puncturing</i>) puede ser utilizada si posiciones fijas de trama son utilizadas. Similarmente, planificación de alto nivel (<i>Scheduling</i>) puede ser solo utilizada si posiciones flexibles de trama son utilizadas. El único modo que afecta este bloque es perforación (<i>Puncturing</i>).

<i>Value for "p" bits</i>	Doble	El valor a insertar en el flujo de bits para bits perforados (<i>punctured</i>). Este valor no debe ser igual a 0 o 1, ni debería ser igual al valor utilizado para indicar bits DTX.
---------------------------	-------	---

La entrada al bloque *Second Interleaver* se indica en la tabla E.50.

Tabla E.50. Entradas al bloque *Second Interleaver*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Datos de entrada a entrelazar (o desentrelazar). El vector debe contener todos los datos de la trama radio.
<i>tfc</i>	Matriz, <i>Long</i>	Matriz de posiciones de trama y tamaños de bloque para cada canal de transporte en el formato de combinación actual. Este pin debe ser conectado al bloque <i>Select TFC</i> .

La salida del bloque *Second Interleaver* se indica en la tabla E.51.

Tabla E.51. Salidas del bloque *Second Interleaver*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Real	Resultado del entrelazado (o desentrelazado) de datos de la trama radio entera.

El bloque *textitSymbol Mapping* mapea un símbolo a una señal. Una entrada de 0 es mapeada a A y una entrada de 1 es mapeada a $-A$, donde A es igual a

$gain * \sqrt{DPDCH_Power}$; $gain$ es la entrada que define la ganancia de la señal y $DPDCH_Power$ se define como un parámetro del bloque (3GPP TS 25.212 V8.1.0, 2008). El diagrama correspondiente al bloque *Symbol Mapping* se muestra en la figura E.20.

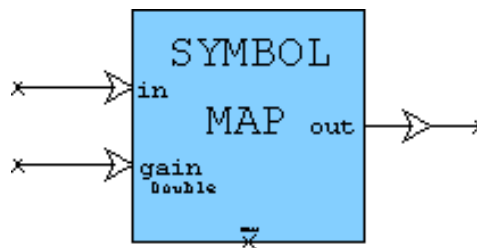


Figura E.20. Bloque *Symbol Mapping*.

Este bloque mapea bits en símbolos. Parámetros de bloque definen los valores de salida para valores de entrada 0 y 1, separadamente. Los bits perforados p en la entrada son removidos en la salida. El valor de un bit p es fijado por un parámetro de bloque. Cualquier otro valor es tratado como bits de transmisión discontinua (DTX) bit y son mapeados a un valor de salida igual a 0. Debidos a que los bits p son removidos, la longitud del vector de salida puede ser menor que la longitud del vector de entrada.

Por ejemplo, suponiendo que el valor de salida para 1 es fijado en -0.2, y el de 0 en 0.2, y el valor de los bits p es fijado a 3. La secuencia de entrada se muestra en la ecuación E.12 y como esta se mapea se muestra en la ecuación E.13.

$$1, 0, 0, 1, 3, 1, 2, 1, 0, 3, 1 \quad (\text{E.12})$$

$$-0.2, 0.2, 0.2, -0.2, -0.2, 0.0, -0.2, 0.2, -0.2 \quad (\text{E.13})$$

Dado que existen dos bits p en la secuencia de entrada, la longitud de la secuencia de salida es igual a la longitud de entrada menos dos. Note que este bloque no crea un espacio del modo compresión. La creación del espacio es realizada posteriormente en el bloque *frame formatting*.

Finalmente, la entrada $gain$ puede ser utilizada para aplicar una ganancia extra a la salida. Si es conectada, todos los valores de salida serán multiplicados por este valor.

Los parámetros definidos en el bloque *Symbol Mapping* se indican en la tabla E.52.

Tabla E.52. Parámetros bloque *Symbol Mapping*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Output value for 1</i>	Doble	Valor de salida a ser utilizado para un valor de entrada igual a 1.
<i>Output value for 0</i>	Doble	Valor de salida a ser utilizado para un valor de entrada igual a 0.
<i>Value for "p" bits</i>	Doble	Valor de un bit a ser perforado <i>punctured</i> . Cualquier bit teniendo este valor es removido de la salida.

Las entradas al bloque *Symbol Mapping* se indican en la tabla E.53.

Tabla E.53. Entradas al bloque *Symbol Mapping*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Vector de entrada de bits.
<i>gain</i>	Real	Ganancia extra para aplicar a la salida.

La salida del bloque *Symbol Mapping* se indica en la tabla E.54.

Tabla E.54. Salidas del bloque *Symbol Mapping*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
--------	--------------	-------------

<i>out</i>	Vector, Real	El resultado de mapear los bits de entrada a valores.
------------	-----------------	---

TFCI Encode

Codifica el valor entero TFCI en una palabra código de 32 bits (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007). El diagrama correspondiente al bloque *TFCI Encode* se muestra en la figura E.21.

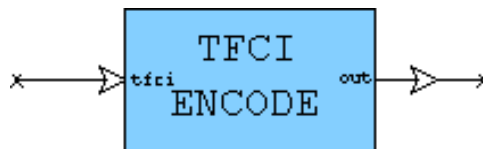


Figura E.21. Bloque *TFCI Encode*.

Este bloque codifica la entrada de 10 bits del indicador combinado de formato de trama (TFCI) en un vector de 32 bits para su transmisión. El esquema de codificación es un subcódigo perforado del código Reed-Muller de segundo orden. Los códigos Reed-Muller codes son un caso especial de códigos geométricos euclidianos, los cuales son fácilmente decodificados utilizando decodificadores lógicos. Un código Reed-Muller de segundo orden aplica mascarar en la parte superior de un código original Reed-Muller.

El esquema de codificación esta dado por la ecuación E.14.

$$out = (a_0 * M_0) \wedge (a_1 * M_1) \wedge (a_2 * M_2) \wedge (a_3 * M_3) \wedge (a_4 * M_4) \wedge (a_5 * M_5) \wedge (a_6 * M_6) \wedge (a_7 * M_7) \wedge (a_8 * M_8) \wedge (a_9 * M_9) \quad (E.14)$$

Donde, a_i es el bit i_{esimo} del valor TFCI de entrada y M_i representa las 10 secuencias básicas de longitud 32 bits. Las secuencias básicas son brindadas por la especificación 3GPP (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Este esquema de codificación produce una secuencia binaria de longitud 32 bits. Esta secuencia binaria es convertida a una señal antípoda donde 0 es mapeado a un valor de 1.0 y 1 es mapeado a un valor de -1.0. Finalmente, una ganancia es

aplicada a la señal antípoda para alcanzar la potencia de señal deseada, la cual es fijada como un parámetro del bloque.

El parámetro definido en el bloque *TFCI Encode* se indica en la tabla E.55.

Tabla E.55. Parámetros bloque *TFCI Encode*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>TFCI transmit power</i>	Doble	Especifica la potencia de salida.

La entrada al bloque *TFCI Encode* se indica en la tabla E.56.

Tabla E.56. Entradas al bloque *TFCI Encode*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Doble	Representa el valor TFCI. Este valor es truncado a un valor entero, y los 10 bits menos significativos son codificados para producir una salida.

La salida del bloque *TFCI Encode* se indica en la tabla E.57.

Tabla E.57. Salidas del bloque *TFCI Encode*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Doble	La secuencia TFCI codificada en formato antípoda, con una longitud de 32 bits.

Uplink DPCCH Slot Format

Este bloque toma los bits TFCI, junto con los bits FBI generador de manera aleatoria, los bits TPC, y los bits piloto en una ranura del canal de control físico dedicado. El formato de la ranura es definido por un parámetro general de simulación (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007; 3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Uplink Single Code Transmit

Este bloque toma los datos de los canales DPDCH y DPCCH y los ensancha utilizando apropiados códigos de factor de ensanchamiento variable ortogonal (OVSF). El bloque combina las dos señales ensanchadas en una señal compleja, con el DPDCH como parte real y el DPCCH como parte imaginaria, para finalmente aleatorizar y filtrar las señales, lo que produce las señales banda base complejas para ser transmitidas. El filtro corresponde a un filtro de raíz de coseno alzado (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

El ensanchamiento del DPDCH puede variar dinámicamente dependiendo de la cantidad de datos a enviar. El código utilizado para ensancha los datos es $C_{ch, SF, SF/4}$. Por lo tanto para $SF = 4$, el código es $C_{ch, 4, 1}$ y para $SF = 8$ es $C_{ch, 8, 2}$. Una propiedad muy útil de los códigos OVSF es que $C_{ch, SF, 2n} = C_{ch, SF/2, n}C_{ch, SF/2, n}$, ie. el código para $C_{ch, SF, 2n}$ es simplemente $C_{ch, SF/2, n}$ repetido dos veces. Por lo tanto el código de ensanchamiento siempre será $C_{ch, 4, 1}$ repetido N veces para lograr la longitud correcta. El vector DPDCH es un vector de longitud variable con todos los datos para una trama, el bloque *symbol repeat* repite cada bloque N veces (donde $N = SF/4$). La salida del bloque *symbol repeat* es un vector de longitud constante (9600) y el código OVSF $C_{ch, 4, 1}$ es utilizado para dispersar los datos repetidos. Esto produce el apropiado ensanchamiento para cualquier factor de ensanchamiento (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007; 3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008).

Este bloque implementa el transmisor de un canal físico en el enlace de subida. Las entradas a este bloque son la trama de datos del canal DPDCH, la ganancia del DPCCH, los bits TFCI codificados, el número de ranuras de tiempo activas, el Número de Ranura de Inicio de Interrupción de Transmisión (TGSN, *Transmission Gap Starting Slot Number*) para cualquier espacio o interrupción de la transmisión,

y la Longitud de la Interrupción de Transmisión (TGL, *Transmission Gap Length*). Si no es configurado el modo compresión, las ranuras de la trama deben ser 15 y el TGL igual a 0. El diagrama correspondiente al bloque *Uplink Single Code Transmit* se muestra en la figura E.22.

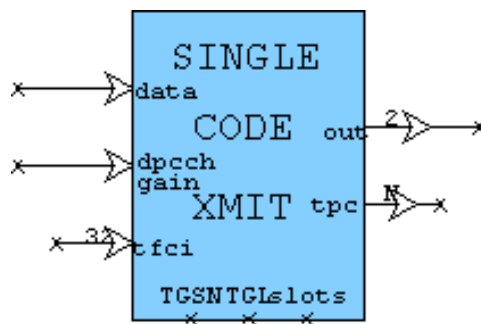


Figura E.22. Bloque *Uplink Single Code Transmit*.

Los parámetros definidos en el bloque *Uplink Single Code Transmit* se indican en la tabla E.58.

Tabla E.58. Parámetros bloque *Uplink Single Code Transmit*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>DPCCH Power</i>	Doble	Configuración de potencia para el DPCCH.
<i>Channel Over-sampling Factor</i>	Entero	Facto de interpolación utilizado al filtrar la señal a la tasa de chip para producir una señal filtrada por la función raíz cuadrada de coseno alzado.
<i>Transmit Filter File</i>	Cadena	Ruta al archivo que contiene la respuesta al impulso del filtro de transmisión.
<i>Scrambling code type</i>	Cadena	Selecciona el tipo de código de aleatorización. Configura <i>Long</i> o <i>Short</i> para generar una secuencia de aleatorización larga o corta, respectivamente.
<i>Sequence number</i>	Cadena	Cadena hexadecimal de 24 bits para inicializar el código de aleatorización.
<i>DPDCH Frame Length</i>	Entero	Número de elementos requeridos en el DPDCH para ensanchamiento.

<i>Pilot</i>	Entero	Longitud del campo de trama <i>pilot</i> . Este campo existe para tramas no comprimidas y dos tipos de tramas comprimidas.
<i>TFCI</i>	Entero	Longitud del campo de trama TFCI. Este campo existe para tramas no comprimidas y dos tipos de tramas comprimidas.
<i>FBI</i>	Entero	Longitud del campo de trama FBI. Debe ser el mismo para tramas no comprimidas y los dos tipos de tramas comprimidas.
<i>TPC</i>	Entero	Longitud del campo de trama TPC. Debe ser el mismo para tramas no comprimidas y los dos tipos de tramas comprimidas.

Las entradas al bloque *Uplink Single Code Transmit* se indican en la tabla E.59.

Tabla E.59. Entradas al bloque *Uplink Uplink Single Code Transmit*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>data</i>	Doble	Datos DPDCH de la trama radio.
<i>dpcch_gain</i>	Doble	Factor de ganancia utilizado para dar escala a la trama DPCCH.
<i>tfci</i>	Doble	Los 32 bits TFCI codificados en una trama.
<i>tgsn</i>	Doble	TGSN en la trama actual. Un valor negativo indica la segunda trama de una interrupción en dos tramas.
<i>tgl</i>	Doble	TGL de la trama actual. Un valor igual a 0 significa que la trama es no comprimida.
<i>slots</i>	Doble	Número de ranuras de tiempo activas en la trama actual.

La salida del bloque *Uplink Single Code Transmit* se indica en la tabla E.60.

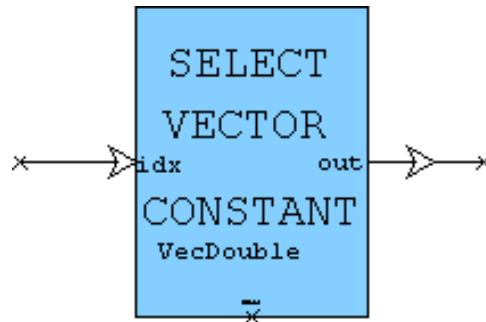
Tabla E.60. Salidas del bloque *Uplink Uplink Single Code Transmit*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>tpc</i>	Doble	15 bits de la señal TPC, uno por cada ranura de tiempo.
<i>out</i>	Doble	Salida en banda base compleja, lista para ser introducida en el modelo de canal.

Internamente en el bloque *Uplink Single Code Transmit* se encuentran los bloques:

- *Select Vector Constant*.
- *Uplink Frame Format*.
- *Uplink Symbol Repeat*.
- *Uplink Single Code Spreading*.
- *Uplink Scrambling Code*.
- *Interpolate Complex*.

El bloque *Select Vector Constant* genera los bits piloto para la trama dado el número de ranuras activas. El número de bits piloto por ranura varia dependiendo del número de ranuras activas. Si existen 15 ranuras activas (no compresión), entonces el número nominal de bits son utilizados. Si el número de ranuras activas están entre 10 y 15, entonces el número de bits especificados por el formato de trama comprimida DPCCH Tipo A es utilizado. Si el numero de ranuras activas están entre 8 o 9 entonces el número de bits especificado por el Tipo B es utilizado. El diagrama correspondiente al bloque *Select Vector Constant* se muestra en la figura E.23.

Figura E.23. Bloque *Select Vector Constant*.

Este bloque produce una señal de salida compleja en forma de vector. El archivo de señal a ser generado en la salida es seleccionado por el pin *index*. Si el pin *index* es no conectado, los archivos de salida son generados en la salida secuencialmente, iniciando con el archivo representado por el índice cero. Si el índice es mayor que el número de archivos de señal especificados, el índice es modificado por la operación módulo.

Los parámetros definidos en el bloque *Select Vector Constant* se indican en la tabla E.61.

Tabla E.61. Parámetros bloque *Select Vector Constant*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Number of constant files</i>	Entero	Número de archivos constantes seleccionables. Puede tomar valores 1..8.
<i>Vector constant signal files 0..7</i>	Cadena	Nombre de los archivos de señal correspondientes al índice 0..7.

La entrada al bloque *Select Vector Constant* se indica en la tabla E.62.

Tabla E.62. Entradas al bloque *Select Vector Constant*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>idx</i>	Doble	Pin índice para seleccionar el archivo señal que irá a la salida.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector	Vector señal de salida. Su tamaño es la longitud del archivo seleccionado.

El bloque *textitUplink Frame Format* toma las señales datos y los campos *Pilot*, *TFCI*, *FBI*, y *TPC* para formar las tramas *DPDCH* y *DPCCH* acorde a los parámetros del campo de formato de trama (3GPP TS 25.211 V8.0.0 , 2008). Utiliza señales de control modo compresión, *TGL* y *TGSN*, para insertar interrupciones en la transmisión de tramas, si es necesario. Las señales *TPC* y *FBI* son generadas desde fuentes aleatorias. El diagrama correspondiente al bloque *Uplink Frame Format* se muestra en la figura E.24.

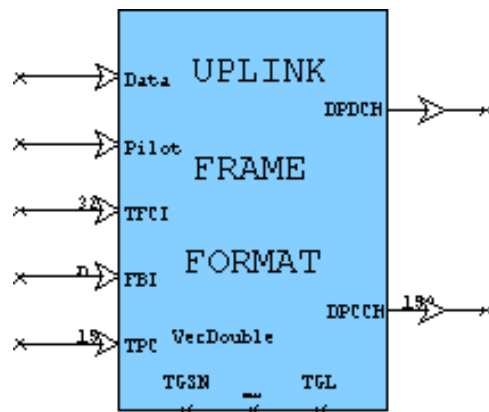


Figura E.24. Bloque *Uplink Frame Format*.

Este bloque forma una trama en el enlace de subida desde entradas separadas para formar una trama consistente de 15 ranuras acorde a los pines de información de campo de ranura y modo compresión. En modo compresión, el bloque utiliza el formato de trama de modo compresión e inserta ranuras de interrupción de transmisión posicionadas por los pines *TGL* y *TGSN*.

El tipo de trama de salida, comprimido o no comprimido, es seleccionado por el pin *TGL*, el cual indica la longitud, en ranuras, de la interrupción de transmisión en la trama. Un valor igual a cero en el pin *TGL* indica una trama no comprimida, y

un valor positivo indica una interrupción de transmisión, lo cual produce una trama comprimida. La longitud de la interrupción de transmisión decide el tipo de formato de trama comprimida, A o B, a ser utilizado sobre el canal de control físico dedicado (DPCCH). El pin TGSN establece el número de la ranura de inicio de la interrupción de transmisión. Si el valor TGL sumado al valor TGSN excede el máximo número de ranuras en la trama, 15, este denota la interrupción de transmisión traslapada en dos tramas. Un valor negativo sobre el pin TGSN indica que la trama previa fue comprimida y, por lo tanto, denota la segunda trama de una interrupción de transmisión traslapada. La longitud total de la interrupción de transmisión puede solo ser 3,4,5,7,10, o 14 ranuras, y la interrupción de transmisión en una trama no puede exceder las 7 ranuras.

El tamaño de la trama de entrada refleja si la trama es comprimida o no. Si el tamaño de la trama de entrada no es enteramente dividida por el número real de ranuras en la trama, 15 menos cualquier interrupción de transmisión, un error es generado. El bloque divide la trama de entrada en el pin de datos en ranuras, inserta interrupciones de transmisión, y lo transfiere al pin de salida DPDCH.

El pin *pilot* debe contener todos los símbolos piloto para una trama completa, 15 en total, en un vector. Dado que la longitud del campo *pilot* puede diferir entre tres formatos de trama, el tamaño de los símbolos piloto cambia, por lo tanto altera la longitud total del vector entrada piloto.

El símbolo TFCI codificado de 32 bits es mapeado en los campos TFCI de las ranuras acorde a (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Los campos TPC y FBI deben tener la misma longitud, y la longitud total de los campos de ranura DPCCH debe ser 10 para todos los formatos de trama. Esto da a una trama DPCCH de 15 ranuras un tamaño fijo de 150. Existe un solo bit TPC por ranura en el pin TPC, tal que el bit TPC es repetido para llenar cualquier campo TPC mayor que uno.

Los parámetros definidos en el bloque *Uplink Frame Format* se indican en la tabla E.64.

Tabla E.64. Parámetros bloque *Uplink Frame Format*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
-----------	--------------	-------------

<i>Pilot</i>	Entero	Longitud del campo de trama <i>pilot</i> . Existe para la trama no comprimida y los dos tipos de trama comprimida.
<i>TFCI</i>	Entero	Longitud del campo de trama TFCI. Existe para la trama no comprimida y los dos tipos de trama comprimida.
<i>FBI</i>	Entero	Longitud del campo de trama FBI. Debe ser el mismo para la trama no comprimida y los dos tipos de trama comprimida.
<i>TPC</i>	Entero	Longitud del campo de trama TPC. Debe ser el mismo para la trama no comprimida y los dos tipos de trama comprimida.

Las entradas al bloque *Uplink Frame Format* se indican en la tabla E.65.

Tabla E.65. Entradas al bloque *Uplink Frame Format*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>data</i>	Vector, Real	Carga útil de la trama. La longitud debe coincidir con el formato de trama y el modo compresión.
<i>pilot</i>	Vector, Doble	15 símbolos piloto, uno por cada ranura. La longitud debe ser 15 veces la longitud del campo <i>pilot</i> .
<i>tfci</i>	Vector, Doble	32 bits TFCI codificados en una trama.
<i>fbi</i>	Vector, Doble	Bits FBI. La longitud debe ser 15 veces la longitud del campo FBI. Si la longitud de FBI es cero, la longitud es fijada en uno.
<i>tpc</i>	Vector, Doble	Señal TPC de 15 bits, uno por cada ranura.

<i>tgsn</i>	Doble	TGSN en la trama actual. Un valor negativo indica la segunda trama de una interrupción traslapada en varias tramas.
<i>tgl</i>	Doble	TGL en la trama actual. Un valor igual a cero significa que la trama es no comprimida.

La salida del bloque *Uplink Frame Format* se indica en la tabla E.66.

Tabla E.66. Salidas del bloque *Uplink Frame Format*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>dpdch</i>	Vector, Real	Una trama DPDCH. La longitud puede variar, pero debe ser enteramente dividida por el número real de ranuras en una trama.
<i>dpccch</i>	Vector, Doble	150 símbolos del DPCCH en el enlace de subida.

El bloque *Uplink Symbol Repeat* repite los símbolos del DPDCH para conseguir la longitud de trama deseada que debe corresponder a un factor de ensanchamiento igual a 4. El diagrama correspondiente al bloque *Uplink Symbol Repeat* se muestra en la figura E.25.

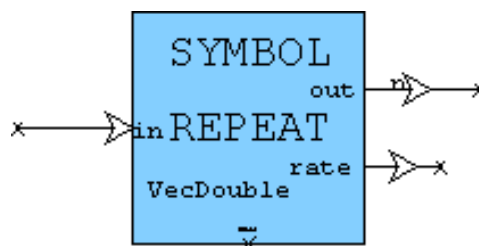


Figura E.25. Bloque *Uplink Symbol Repeat*.

Este bloque repite cada elemento del vector de entrada N veces para producir

un vector de salida de la longitud correcta. El valor N es calculado por el bloque y debe ser un entero. El propósito de este bloque es proveer el primer nivel de ensanchamiento en el enlace de subida. La segunda parte del ensanchamiento es realizada al multiplicar la salida de este bloque por un código OVSF de longitud 4.

La entrada al bloque es un vector poliformico cuya longitud puede variar de interacción en interacción. El vector de salida es un vector Doble de longitud fija. La longitud del vector de salida se fija como un parámetro del bloque. El factor de repetición es calculado como $Longitud_salida/longitud_entrada$. Por ejemplo, suponiendo que la longitud de salida es fija e igual a 8 y la entrada es la indicada en la ecuación E.15, la salida será la indicada en la ecuación E.16.

$$in = [1.2, 2.3] \quad (E.15)$$

$$out = [1.2, 1.2, 1.2, 1.2, 2.3, 2.3, 2.3, 2.3] \quad (E.16)$$

Si la longitud de entrada es la misma que la longitud de salida, la salida es una simple copia de la entrada. Si la longitud de salida no es divisible enteramente por la longitud de entrada, un error es generado y la simulación es detenida.

El parámetro definido en el bloque *Uplink Symbol Repeat* se indica en la tabla E.67.

Tabla E.67. Parámetro bloque *Uplink Symbol Repeat*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Output Frame Length</i>	Entero	Define la longitud del vector de salida. La longitud de entrada es variable.

La entrada al bloque *Uplink Symbol Repeat* se indica en la tabla E.68.

Tabla E.68. Entradas al bloque *Uplink Symbol Repeat*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
---------	--------------	-------------

<i>in</i>	Vector, Real	Vector de entrada cuyos elementos será repetidos para obtener un vector de salida de longitud fija.
-----------	-----------------	---

Las salidas del bloque *Uplink Symbol Repeat* se indican en la tabla E.69.

Tabla E.69. Salidas del bloque *Uplink Symbol Repeat*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>rate</i>	Doble	Factor de repetición de cada elemento.
<i>out</i>	Vector, Doble	Vector de salida.

El bloque *Uplink Single Code Spreading* es utilizado para ensanchar las tramas DPDCH y DPCCH utilizando los códigos OVSF y el factor de ensanchamiento apropiado. Antes del ensanchamiento, La trama DPCCH es multiplicada por un factor de escala o amplitud igual al valor del pin *DPCCH_gain*. Note que el factor de ensanchamiento es siempre 4 para el DPDCH y 256 para el DPCCH. El código OVSF siempre es 0. Las señales ensanchadas son unidas para producir una señal compleja. La señal DPDCH ensanchada es la parte real y el DPCCH ensanchado es la parte imaginaria de la señal compleja (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008). El diagrama correspondiente al bloque *Uplink Single Code Spreading* se muestra en la figura E.26.

Este bloque ejecuta la canalización de los datos de entrada al ensancharlos con un código OVSF. El vector de entrada es inicialmente convertido a una señal escalar. Esta señal es entonces SF veces repetida y multiplicada por el código OVSF. La salida corre a (longitud del vector de entrada * SF) veces la velocidad de la señal de entrada. La salida se muestra en la ecuación E.17.

$$out[j * vec_long + i] = C_{c,n}[i] * in[j] \quad (E.17)$$

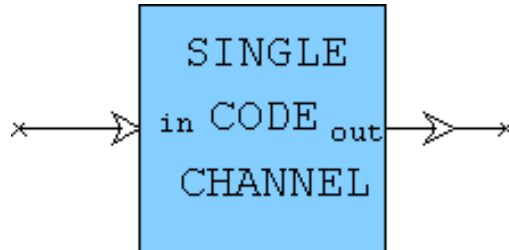


Figura E.26. Bloque *Uplink Single Code Spreading*.

Donde, i va de 0 a $SF-1$, $C_{c,n}$ es el código OVFS, j va de 0 a la longitud del vector de entrada (`vec.long`). La clase de código OVFS (c) se obtiene del factor de ensanchamiento como $\log_2(SF)$ y el número de código (n) es fijado como un parámetro del bloque.

los parámetros definidos en el bloque *Uplink Single Code Spreading* se indica en la tabla E.70.

Tabla E.70. Parámetro bloque *Uplink Single Code Spreading*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Spreading Factor</i>	Entero	Factor de ensanchamiento para el canal físico.
<i>OVFS Code Number</i>	Entero	Código OVFS de la clase $\log_2(SF)$ para uso de canalización.
<i>Input Frame Length</i>	Entero	Longitud del vector de entrada.

La entrada al bloque *Uplink Single Code Spreading* se indica en la tabla E.71.

Tabla E.71. Entradas al bloque *Uplink Single Code Spreading*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Doble	Dato a ser ensanchado.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Doble	Señal escalar ensanchada.

El bloque *Uplink Single Code Spreading* basa su funcionamiento en el bloque *OVSF Code Gen* (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008). El diagrama correspondiente al bloque *OVSF Code Gen* se muestra en la figura E.27.

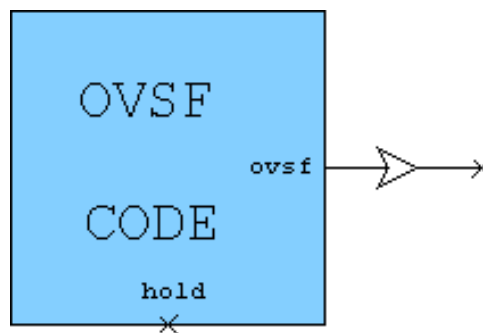


Figura E.27. Bloque *OVSF Code Gen*.

Este bloque genera el código de factor de ensanchamiento variable utilizado para la canalización en sistemas 3GPP. Estos códigos son generados recursivamente utilizando el algoritmo estructurado de árbol. El factor de ensanchamiento o el periodo de este código puede ser controlado utilizando el parámetro *short code class*. Cuando la clase del código es N , el código OVFSF generado tiene un periodo igual a 2^N .

El algoritmo de recursividad sigue la ecuación E.18

$$\begin{aligned}
 C_{i+1,2j} &= C_{i,j}C_{i,j} \\
 C_{i+1,2j+1} &= C_{i,j} - C_{i,j}
 \end{aligned}
 \tag{E.18}$$

El primer índice en el algoritmo de recursividad es la clase del código y el segundo el número del código. El punto de inicio del algoritmo de recursividad es $C_{0,0} = 1$.

Los códigos son construidos tal que cualquier código es ortogonal con cualquier otro código de la misma clase y sus descendientes.

Los parámetros del bloque permiten la configuración de la clase del código y el número del código. Note que la clase del código es dada por el logaritmo en base 2 de la clase dada en las especificaciones 3GPP.

los parámetros definidos en el bloque *OVSF Code Gen* se indican en la tabla E.73.

Tabla E.73. Parámetro bloque *OVSF Code Gen*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Short Code Class</i>	Entero	Número de la clase del código.
<i>Short Code Number</i>	Entero	Número del código dentro de la clase del código.
<i>Initial Value (0 or 1)</i>	Doble	Salida del bloque si el bloque es inicialmente sostenido.

El bloque *OVSF Code Gen* no presenta entradas.

La salida del bloque *OVSF Code Gen* se indica en la tabla E.74.

Tabla E.74. Salida del bloque *OVSF Code Gen*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Doble	El código de salida.

El bloque *Uplink Scrambling Code* genera la secuencia de aleatorización (*scrambling*) en el enlace de subida. En el enlace de subida, existen dos tipos de secuencias de aleatorización: la secuencia larga y la secuencia corta (3GPP TS 25.213

V8.0.0 , 2008). Este bloque puede generar cualquiera de los dos tipos. El diagrama correspondiente al bloque *Uplink Scrambling Code* se muestra en la figura E.28.

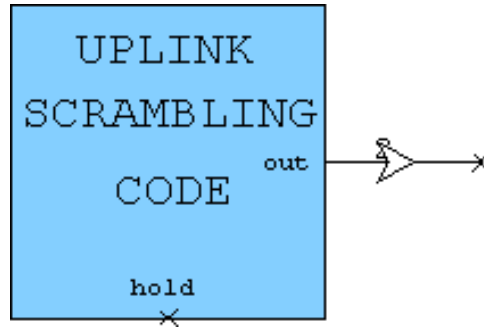


Figura E.28. Bloque *Uplink Scrambling Code*.

Para la secuencia de aleatorización larga, una secuencia *Gold* $z(i)$ es inicialmente generada. La secuencia $z(i)$ se define en la ecuación E.19.

$$\begin{aligned} x(i+25) &= x(i+3) \otimes x(i) \\ y(i+25) &= y(i+3) \otimes y(i+2) \otimes y(i+1) \otimes y(i) \\ z(i) &= x(i) \otimes y(i) \end{aligned} \quad (\text{E.19})$$

Donde $x(0)$ a $x(24)$ son inicializados con *sequence number*, $y(0)$ a $y(24)$ son inicializados todo en uno , y \otimes denota la operación OR-exclusiva (XOR). Desde esta secuencia dos secuencias son generadas como se indica en la ecuación E.20.

$$\begin{aligned} c_{largo,1}(i) &= 1 \text{ si } z(i) = 0, 0 \text{ en cualquier otro caso.} \\ c_{largo,2}(i) &= c_{long,1}((i + 16777232) \bmod (225 - 1)) \end{aligned} \quad (\text{E.20})$$

El periodo de las secuencias en E.20 es $2^{25} - 1$.

Para generar el código corto en el enlace de subida, primero, una secuencia cuaternaria $z(i)$ es generada basado en la ecuación E.21.

$$z(i) = [a(i) + 2 * b(i) + 2 * d(i)] \bmod 4 \quad (\text{E.21})$$

Donde, i toma valores de 0 a 254. Después de 254 la secuencia es repetida.

las secuencias $a(i)$, $b(i)$ y $d(i)$ son generadas por las ecuaciones recursivas mostradas en la figura E.22.

$$\begin{aligned}
 a(i) &= [3 * a(i - 3) + a(i - 5) + 3 * a(i - 6) + 2 * a(i - 7) + 3 * a(i - 8)] \bmod 4 \\
 b(i) &= [b(i - 1) + b(i - 3) + b(i - 7) + b(i - 8)] \bmod 2 \\
 d(i) &= [d(i - 1) + d(i - 3) + d(i - 4) + d(i - 8)] \bmod 2
 \end{aligned} \tag{E.22}$$

Donde, i toma valores de 8 a 254. Las secuencias son inicializadas con bits del parámetro del bloque *sequence number*.

Los valores iniciales de la secuencia se indican en la ecuación E.23.

$$\begin{aligned}
 a(0) &= 2 * n_0 + 1 \\
 a(i) &= 2 * n_i, \text{ si } i > 0 \\
 b(i) &= n_i + 8 \\
 d(i) &= n_i + 16
 \end{aligned} \tag{E.23}$$

Donde, i toma valores de 0 a 7 y n_i es el i_{esimo} bit del *sequence number*.

La secuencia $a(i)$ es generada por el bloque *Quaternary Sequence Gen*.

la secuencia cuaternaria $z(i)$ se mapea en dos secuencias como se indica en la ecuación E.24.

$$\begin{aligned}
 c_{corto,1}(i) &= 1 \text{ si } z(i) = 0 \text{ o } 3, \text{ ,}-1 \text{ en cualquier otro caso.} \\
 c_{corto,1}(i) &= 1 \text{ si } z(i) = 0 \text{ o } 1, \text{ ,}-1 \text{ en cualquier otro caso.}
 \end{aligned} \tag{E.24}$$

La secuencia de aleatorización compleja final es construida desde las dos secuencias mostradas en E.25.

$$\begin{aligned}
 C_*(i) &= c_{*,1}(i) * (1 + jc_{*,2}(i)) \text{ Si } i \text{ es par.} \\
 C_*(i) &= c_{*,1}(i) * (1 - jc_{*,2}(i - 1)) \text{ Si } i \text{ es impar.}
 \end{aligned} \tag{E.25}$$

Donde * puede ser largo o corto dependiendo si la secuencia de aleatorización a generar es larga o corta. En el caso de la secuencia de aleatorización corta, la

secuencia se repite después de la muestra 256. En el caso de la secuencia de aleatorización larga, la secuencia se repite después de $2^{25} - 1$ muestras.

los parámetros definidos en el bloque *Uplink Scrambling Code* se indican en la tabla E.77.

Tabla E.75. Parámetro bloque *Uplink Scrambling Code*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Scrambling code type</i>	Cadena	Define si la secuencia de aleatorización a generar es corta o larga.
<i>Sequence number</i>	Cadena	Cadena de inicialización hexadecimal de 24 bits.
<i>Sequence period</i>	Entero	Periodo deseado de la secuencia de aleatorización.
<i>Long code sequence offset</i>	Entero	Índice de desplazamiento de la secuencia de aleatorización $C_{largo,n}$.

El bloque *Uplink Scrambling Code* no presenta entradas.

La salida del bloque *Uplink Scrambling Code* se indica en la tabla E.76.

Tabla E.76. Salida del bloque *Uplink Scrambling Code*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Complejo	Secuencia de aleatorización compleja en el enlace de subida.

El bloque *Quaternary Sequence Gen* implementa un generador cuaternario periódico necesario para construir códigos de aleatorización cortos en el enlace de subida (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008). El diagrama correspondiente al bloque *Quaternary Sequence Gen* se muestra en la figura E.29.

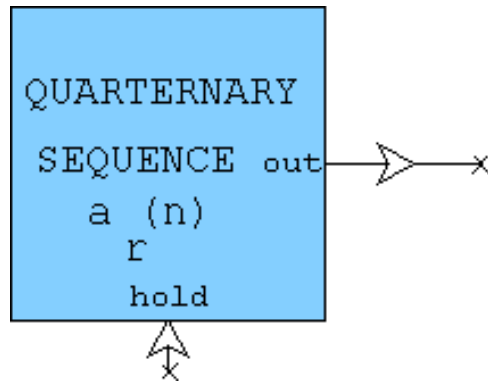


Figura E.29. Bloque *Quaternary Sequence Gen*.

La recursividad implementada por el bloque *Quaternary Sequence Gen* se muestra en la ecuación E.26.

$$ar(n) = [3*ar(n-3) + ar(n-5) + 3*ar(n-6) + 2*ar(n-7) + 3*ar(n-8)] \bmod 4 \quad (\text{E.26})$$

Donde, n toma valores de 8 a 254. Después de 254, la secuencia es repetida. El parámetro del bloque r da el valor para los 8 primeros puntos de la secuencia acorde a la ecuación E.27.

$$\begin{aligned} a_r(0) &= 2 * bit(0, r) + 1 \\ a_r(i) &= 2 * bit(i, r) \end{aligned} \quad (\text{E.27})$$

Donde, i toma valores de 1 a 7 y $bit(i, r)$ extrae el bit i_{esimo} del entero r .

El parámetro definido en el bloque *Quaternary Sequence Gen* se indica en la tabla ??.

Tabla E.77. Parámetro bloque *Uplink Scrambling Code*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
r	Entero	Valor utilizado para inicializar el generador de estados y definir los primeros 8 bits de salida.

El bloque *Quaternary Sequence Gen* no presenta entradas.

La salida del bloque *Quaternary Sequence Gen* se indica en la tabla E.78.

El bloque *Interpolate Complex* incrementa la frecuencia de muestreo de una señal compleja por un factor entero M . Esto es realizado insertando $(M-1)$ muestras de datos entre dos muestras consecutivas de datos de la señal de entrada original. Bloques conectados a la salida de este bloque *out* operan M veces más rápidos que los bloques conectados a la entrada (*in*). El valor M es un parámetro en el bloque. La señal de salida es generada por el incremento de la frecuencia de salida (insertando puntos con valor cero) seguido por un filtrado. El diagrama correspondiente al bloque *Interpolate Complex* se muestra en la figura E.30.

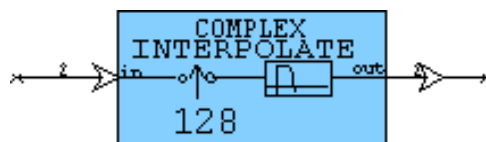


Figura E.30. Bloque *Interpolate Complex*.

Este bloque implementa un filtro polifase el cual mejora considerablemente el desempeño de la simulación.

Después de la interpolación, la señal es filtrada por un filtro pasa bajos que elimina componentes no deseadas del espectro. Es posible especificar la respuesta al impulso del filtro con un archivo de señal externo, o utilizar el filtro pasabajo ya integrado al bloque, un filtro de fase lineal, sinc-ventanado (*windowed-sinc*). Si se utiliza el filtro incluido dentro del bloque, el número de etapas del filtro se define por el parámetro *filter length multiplier*, el cual es multiplicado por el factor de interpolación M para obtener el número total de etapas del filtro. La frecuencia de corte del filtro corresponde a la mitad de la frecuencia de muestreo de entrada.

El filtro genera un retardo equivalente al tiempo desde que la muestra es recibida en la entrada del bloque hasta que el bloque produce una salida. El tiempo de retardo es igual a $L/2$ muestras, donde L es el número de etapas del filtro.

Los parámetros definidos en el bloque *Interpolate Complex* se indican en la tabla E.79.

Tabla E.79. Parámetro bloque *Interpolate Complex*.

Parámetro	Tipo de Dato, Rango	Descripción
<i>N (parameter in block symbol)</i>	Entero, > 1	El número de veces que la salida opera más rápido que la entrada. (N-1) muestras de datos son insertadas entre cada dos muestras de datos consecutivas recibidas en la entrada del bloque.
<i>Get impulse response from file</i>	Cadena, 'yes' o 'no'	Al seleccionar 'yes', la respuesta al impulso del filtro es leída desde un archivo de señal. Al seleccionar 'no', la respuesta al impulso de un filtro de fase líneal sinc-ventanado es utilizado.
<i>If no, filter length multiplier</i>	Entero, > 0	Multiplicador que determina el número de etapas en el filtro pasabajas interno. El número de etapas es igual al valor de este parámetro multiplicado por el factor de interpolación M (Un parámetro en el símbolo del bloque).
<i>If yes, signal file name</i>	Cadena, nombre del archivo	Nombre del archivo de señal del cual se obtendrá la respuesta al impulso del filtro pasabajas.
<i>First sample time (0 to rate-1)</i>	Entero, 0 a M-1	Define el número de muestras de salida que serán interpoladas y el tiempo en el cual los primeros datos filtrados aparecerán en la salida. El retraso entre entrada y salida es igual al retraso del filtro más este parámetro. Si este parámetro es igual a 0 (por defecto), los datos interpolados y filtrados aparecerán inmediatamente en la salida. Si este parámetro es fijado a 1, el primer valor de salida es cero, seguido por los datos interpolados y filtrados. Si este parámetro es fijado a M-1, los primeros M-1 valores son iguales a cero, seguidos por los datos filtrados e interpolados.

La entrada del bloque *Interpolate Complex* se indica en la tabla E.80.

Tabla E.80. Entrada del bloque *Interpolate Complex*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Complejo	Señal de entrada compleja que será remuestreada y filtrada.

La salida del bloque *Interpolate Complex* se indica en la tabla E.81.

Tabla E.81. Salida del bloque *Interpolate Complex*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Complejo	La señal de salida compleja creada al insertar (M-1) muestras de datos entre dos muestras de datos consecutivas a la entrada del bloque, seguida por un filtraje pasabajo. la frecuencia de muestreo de la salida es M veces la de la entrada.

E.1.2 Canal

El diagrama correspondiente al canal en el enlace de subida se muestra en la figura E.31.

Los bloques que componen el canal en el enlace de subida se describen a continuación.

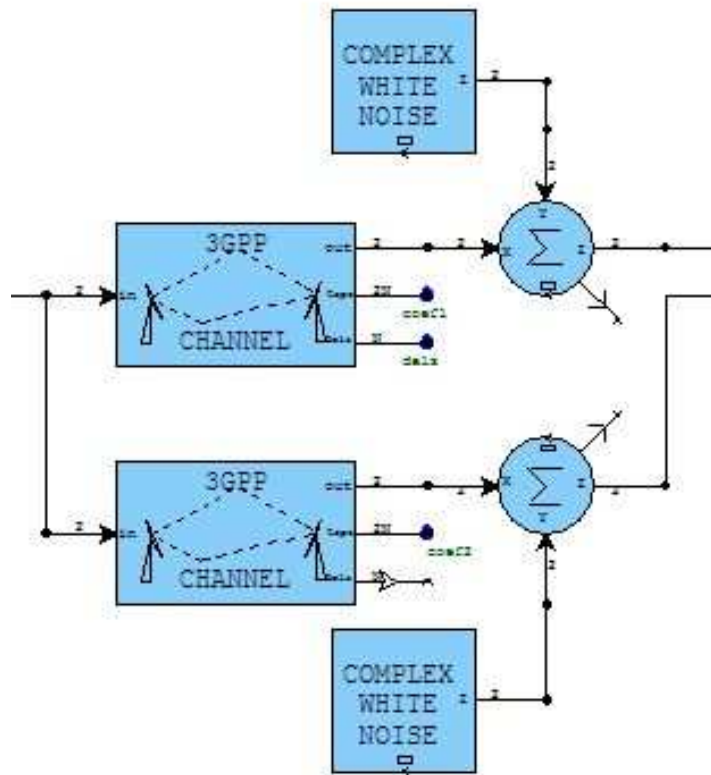


Figura E.31. Canal Enlace de Subida.

3GPP Channel

Este bloque simula todos los modelos de canal listados en el anexo B de (3GPP TS 25.104 V8.2.0 , 2008): estático, nacimiento y muerte, en movimiento y cuatro modelos diferentes de desvanecimiento. Dos canales son utilizados para simular las señales recibidas por dos antenas separadas en la estación base (3GPP TS 25.101 V8.2.0., 2008). Los canales son no correlacionados (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007). El diagrama correspondiente al bloque *3GPP Channel* se muestra en la figura E.32.

Este bloque simula el ambiente de propagación 3G. La salida del bloque está dada por la ecuación E.28.

$$out(i) = \sum_{j=0}^{N-1} w_j(i) * in(i - del_j) \quad (E.28)$$

Donde w_j es el peso del canal complejo conjugado para el trayecto j_{esimo} y del_j



Figura E.32. Bloque 3GPP Channel.

es el retardo de canal para el trayecto j ésimo.

Existen cuatro modos para calcular los pesos y retardos del canal. Estos modos corresponden a las condiciones de propagación listadas en (3GPP TS 25.101 V8.2.0., 2008).

- Estático (*Static*).

En este modo los pesos y los retardos del canal son fijos y no cambian durante la simulación.

- Desvanecimiento (*Fading*)

En este modo los retardos del canal son fijos pero los pesos del canal experimentan un desvanecimiento Rayleigh, simulando un ambiente móvil. Los pesos son calculados al pasar ruido Gaussiano blanco complejo a través de un filtro para producir un espectro de potencia de salida de la forma indicada en la ecuación E.29.

$$S(f) = \frac{A}{\left(1 - \left(\frac{f}{f_d}\right)^2\right)^{1/2}} \quad (\text{E.29})$$

Donde, el valor de A es ajustado para dar la potencia promedio correcta para el trayecto y f_d es la frecuencia Doppler.

- Movimiento (*Moving*)

En este modo los pesos del canal son fijos pero el retardo del segundo trayecto oscila entre un valor máximo y un valor mínimo. El retardo es dado por la ecuación E.30.

$$delay = min + 0.5 * (max - min) * (1 + sen(wt)) \quad (E.30)$$

Donde, min, max and w (frecuencia angular) son fijados por los parámetros de bloque. El número de trayectos debe ser fijado a dos para este modo.

- Nacimiento-Muerte (*Birth-Death*)

En este modo los pesos del canal son fijos pero los retardos varían con el tiempo. Los retardos son aleatoriamente seleccionados en la inicialización desde un conjunto de posibles retardos. Cuando un tiempo T ha transcurrido, El retardo asociado al primer trayecto es reseleccionado del conjunto de posibles retardos, excluyendo los retardos ya asociados con otros trayectos. El retardo asociado al segundo trayecto es reseleccionado después de que otro tiempo T ha transcurrido. Esto continua, retornando al primer trayecto una vez el retardo del último trayecto ha sido reseleccionado.

Los pesos del canal y la salida final es producida por el bloque *Channel Weights and Filter*. Los retardos del canal son producidos por el bloque *Channel Delays*.

los parámetros definidos en el bloque *3GPP Channel* se indican en la tabla E.82.

Tabla E.82. Parámetro bloque *3GPP Channel*.

Parámetro	Tipo de Dato, Rango	Descripción
<i>Sampling frequency (Hz)</i>	Doble	Frecuencia de muestreo del bloque.
<i>Carrier frequency (Hz)</i>	Doble	Frecuencia a la cual la señal es propagada.
<i>Channel model type</i>	Cadena	Modo de canal a utilizar. Este puede ser <i>Static</i> , <i>Fading</i> , <i>Moving</i> o <i>Birth-Death</i> .
<i>Number of paths</i>	Entero	Nombre del archivo de señal del cual se obtendrá la respuesta al impulso del filtro pasabajas.

<i>Channel attenuation (dB)</i>	Doble	Define el número de muestras de salida que serán interpoladas y el tiempo en el cual los primeros datos filtrados aparecerán en la salida. El retardo entre entrada y salida es igual al retardo del filtro más este parámetro. Si este parámetro es igual a 0 (por defecto), los datos interpolados y filtrados aparecerán inmediatamente en la salida. Si este parámetro es fijado a 1, el primer valor de salida es cero, seguido por los datos interpolados y filtrados. Si este parámetro es fijado a M-1, los primeros M-1 valores son iguales a cero, seguidos por los datos filtrados e interpolados.
<i>Vehicle speed (Km/h)</i>	Doble	Velocidad relativa entre el transmisor y el receptor. Este parámetro es utilizado en el canal con desvanecimiento (<i>fading</i>).
<i>Radian Frequency (rad/s)</i>	Doble	frecuencia angular de la oscilación en el retardo del segundo trayecto en el modo de canal en movimiento (<i>moving</i>).
<i>Minimum delay (us)</i>	Doble	Mínimo retardo para el segundo trayecto en el modo de canal en movimiento (<i>moving</i>).
<i>Maximum delay (us)</i>	Doble	Máximo retardo para el segundo trayecto en el modo de canal en movimiento (<i>moving</i>).
<i>Maximum delay (us)</i>	Doble	Máximo retardo para el modo de canal nacimiento-muerte (<i>Birth-Death</i>).
<i>Delay increments (us)</i>	Doble	Incremento de tiempo entre posibles retardos en el modo de canal nacimiento-muerte (<i>Birth-Death</i>). Los retardos son uniformemente espaciados entre 0 y el máximo retardo.
<i>Time between deaths (ms)</i>	Doble	Tiempo entre muerte de trayectos (reselección de retardos) en el modo de canal nacimiento-muerte (<i>Birth-Death</i>).

<i>Path i delay</i>	Doble	Retardo fijo para el trayecto i_{esimo} en los modelos de canal estático (<i>Static</i>) y con desvanecimiento (<i>fading</i>).
<i>Path i relative power</i>	Doble	Potencia relativa del trayecto i_{esimo} . generalmente el trayecto 0 se fija a 0 dB y las otras potencias de trayecto son fijadas de manera relativa respecto al trayecto 0.

La entrada del bloque *3GPP Channel* se indica en la tabla E.83.

Tabla E.83. Entrada del bloque *3GPP Channel*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Complejo	Señal transmitida compleja en banda base.

Las salidas del bloque *3GPP Channel* se indican en la tabla E.84.

Tabla E.84. Salida del bloque *3GPP Channel*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Complejo	La salida del canal.
<i>taps</i>	Vector complejo	Pesos del canal complejo. Uno por cada trayecto en el canal.
<i>dels</i>	Complejo	Retardo calculado en muestras para cada trayecto en el canal.

El bloque *Channel Weights and Filter* modela 1 a 8 trayectos de un canal mul-

titrayecto (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007). El diagrama correspondiente al bloque *Channel Weights and Filter* se muestra en la figura E.33.

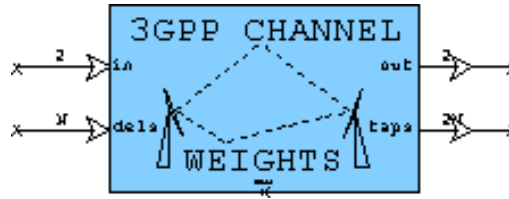


Figura E.33. Bloque *Channel Weights and Filter*.

Existen tres métodos para determinar la ganancia compleja aplicada en cada trayecto de canal.

- Rayleigh.

En este método, el peso complejo para cada trayecto del canal es calculado pasando ruido Gaussiano blanco aditivo a través de un filtro con la función de transferencia para producir un espectro de potencia de salida de la forma indicada en la ecuación E.31.

$$S(f) = \frac{A}{\left(1 - \left(\frac{f}{f_d}\right)^2\right)^{1/2}} \quad -f_d \leq f \leq f_d, 0 \text{ en otro caso.} \quad (\text{E.31})$$

Donde, el valor de A es ajustado para obtener la potencia promedio correcta para el trayecto y f_d es la frecuencia Doppler.

El bloque implementa un filtro de tres etapas multivelocidad. La primera etapa es un filtro de Respuesta Finita al Impulso (FIR, *Finite Impulse Response* con una tasa de muestreo igual a $4 * f_d$. La segunda etapa es un inetrpolador de función sinc-ventanado con una frecuencia de muestreo de salida igual a $4000 * f_d$. La ultima etapa es un interpolador que incrementa su frecuencia de muestreo a la frecuencia de muestreo del bloque.

- Fijo (*Fixed*)

En este método, el peso de canal complejo para cada trayecto es fijo. La magnitud de cada peso es fijado a la raíz cuadrada de la potencia del trayecto

(fijado como un parámetro del bloque). La fase de todos los pesos de trayecto es la misma y es aleatoriamente seleccionada en la inicialización entre $-\pi$ y π .

- Tren (*Train*)

En este método existe un solo trayecto directo de señal sin retardo con corrimiento de frecuencia Doppler variando en el tiempo. El corrimiento Doppler se presenta en la ecuación E.32.

$$f(t) = \frac{f_d * (\frac{D_s}{2} - v_t)}{(D_{min}^2 + (\frac{D_s}{2} - v_t)^2)^{1/2}} \quad 0 \leq t \leq D_s/v \quad (\text{E.32})$$

Donde, D_s es 300m, D_{min} is 2m, v es 300km/h y f_d se fija como el parámetro del bloque máximo corrimiento Doppler en frecuencia (*Maximum Doppler frequency*) el cual debe ser fijado a 600). La magnitud del peso de una etapa se fija a la raíz cuadrada de la potencia del trayecto (fijado como un parámetro del bloque).

En los dos primeros métodos, el retardo por cada trayecto es establecido por el elemento correspondiente en el vector de entrada de retardos. La salida se muestra en la ecuación E.33.

$$out(i) = \sum_{j=0}^{N-1} w_j(i) * in(i - del_j) \quad (\text{E.33})$$

Donde, w_j es el peso de canal complejo calculado para el trayecto j ésimo.

En el método tren, el vector de entrada de retardos es ignorado y la salida es la indicada en la ecuación E.34 (3GPP TS 25.101 V8.2.0., 2008).

$$out(i) = w(i) * in(i) \quad (\text{E.34})$$

los parámetros definidos en el bloque *Channel Weights and Filter* se indican en la tabla E.85.

Tabla E.85. Parámetro bloque *Channel Weights and Filter*.

Parámetro	Tipo de Dato, Rango	Descripción
<i>Sampling frequency (Hz)</i>	Doble	Frecuencia de muestreo del bloque.
<i>Channel weight type</i>	Cadena	Método de calculo de los pesos del canal. Este puede ser <i>Rayleigh</i> , <i>Fixed</i> o <i>Train</i> .
<i>Maximum Doppler frequency (Hz)</i>	Doble	Máxima frecuencia Doppler generada en los métodos <i>Rayleigh</i> y <i>Train</i> .
<i>Maximum delay</i>	Entero	Máximo retardo en muestras que serán retardadas las señales de entrada.
<i>Number of paths</i>	Entero	Número de trayectos en el canal. Debe ser fijado a 1 para el modelo Tren (<i>Train</i>).
<i>Path i</i>	Doble	ganancia de potencia del trayecto i_{esimo} .

Las entradas del bloque *Channel Weights and Filter* se indican en la tabla E.86.

Tabla E.86. Entrada del bloque *Channel Weights and Filter*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Complejo	Señal transmitida compleja en banda base.
<i>dels</i>	Vector Doble	Vector de retardos en muestras, uno por cada trayecto en el canal.

Las salidas del bloque *Channel Weights and Filter* se indican en la tabla E.87.

Tabla E.87. Salida del bloque *Channel Weights and Filter*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Complejo	La salida del canal.
<i>taps</i>	vector complejo	Pesos del canal complejo. Uno por cada trayecto en el canal.

Complex Gaussian Noise

Este bloque genera ruido Gaussiano blanco complejo para lograr el valor apropiado de E_b/N_0 en recepción. Dos generadores separados son utilizados para simular las señales recibidas por dos antenas separadas en la estación base. Las señales de ruido son no correlacionadas (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007). El diagrama correspondiente al bloque *Complex Gaussian Noise* se muestra en la figura E.34.

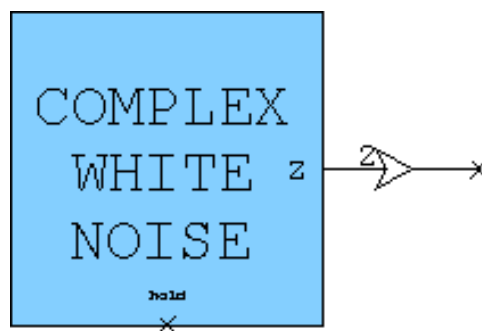


Figura E.34. Bloque *Complex Gaussian Noise*.

Este bloque genera una señal de ruido Gaussiano blanco aditivo. La potencia de salida se define por un parámetro del bloque.

El parámetro definido en el bloque *Complex Gaussian Noise* se indican en la tabla E.88.

Tabla E.88. Parámetro bloque *Complex Gaussian Noise*.

Parámetro	Tipo de Dato, Rango	Descripción
<i>Output power</i>	Doble	Potencia de salida de la señal generada de ruido Gaussiana compleja.

El bloque *Complex Gaussian Noise* no presenta entradas.

La salida del bloque *Complex Gaussian Noise* se indica en la tabla E.89.

Tabla E.89. Salida del bloque *Complex Gaussian Noise*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
Z	Complejo	Señal de ruido Gaussiana compleja generada.

E.1.3 Receptor

El diagrama correspondiente al receptor en el enlace de subida se muestra en la figura E.35.

Los bloques que componen el receptor en el enlace de subida se describen a continuación.

Uplink Ideal Receiver and Deformat

Este bloque implementa el receptor *rake* con diversidad de dos canales, el desensanchamiento, la separación de la ranura DPCCH y la decodificación del TFCI. Los receptores *rake* son implementaciones ideales que utilizan los retardos y pesos utilizados en el canal como estimados del canal para lograr el mejor caso de implementación. El desensanchamiento del DPDCH es realizado por un factor igual a cuatro, dado que el resto del desensanchamiento (derepetición de símbolos) requiere el TFCI decodificado para determinar el factor de ensanchamiento actual

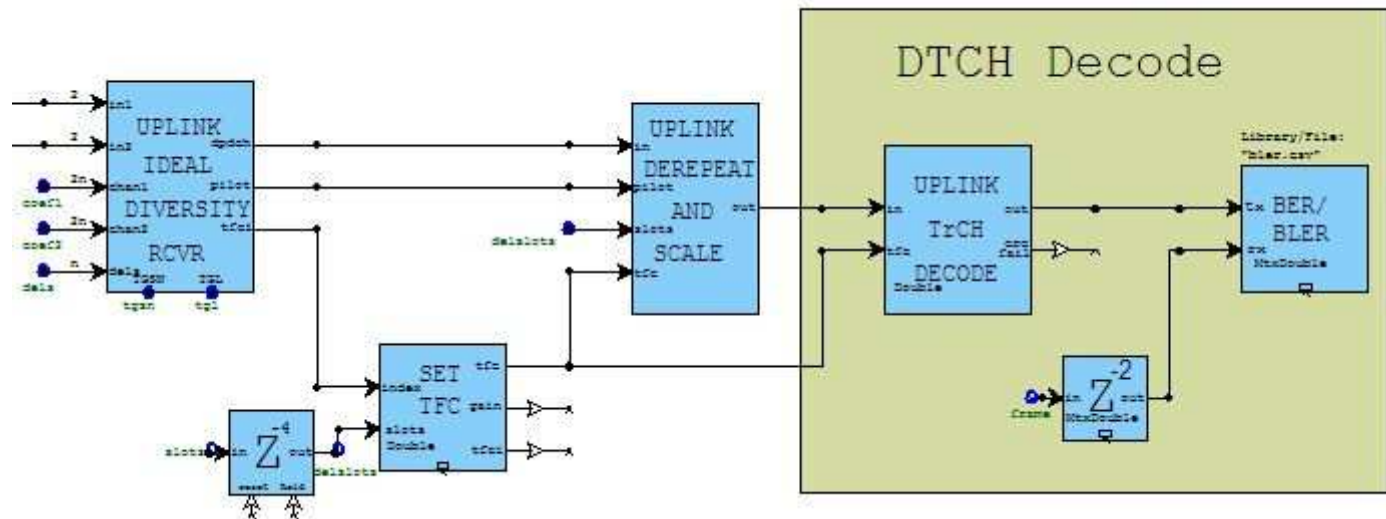


Figura E.35. Receptor Enlace de Subida.

(SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

El diagrama correspondiente al bloque *Uplink Ideal Receiver and Deformat* se muestra en la figura E.36.

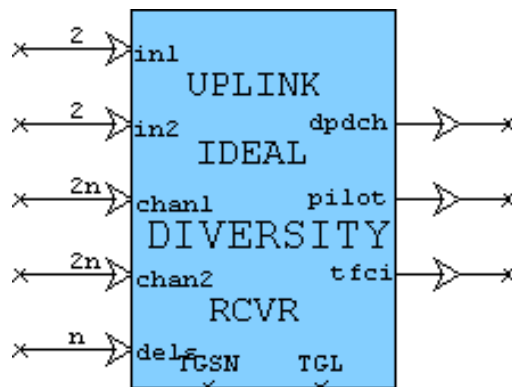


Figura E.36. Bloque *Uplink Ideal Receiver and Deformat*.

Las señales demoduladas finales son retardadas para alinearlas dentro de los límites del TTI. Las salidas del bloque son el DPDCH, bits piloto y TFCI decodificado.

Los parámetros definidos en el bloque *Uplink Ideal Receiver and Deformat* se indican en la tabla E.90.

Tabla E.90. Parámetros bloque *Uplink Ideal Receiver and Deformat*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Chip Rate</i>	Doble	Tasa de chip del sistema igual a 3.84 Mcps.
<i>Channel Over-sampling Factor</i>	Entero	Factor de sobremuestreo para el canal. Es la relación de la tasa de subchip a la tasa de chip.
<i>Receive Filter File</i>	Cadena	Ruta al archivo de señal que contiene la respuesta al impulso del filtro de adaptación en el receptor.
<i>Total Filter Delay</i>	Entero	Retardo en muestras para la combinación de los filtros de transmisión y recepción. Esto es utilizado para alinear los datos al límite de una ranura.
<i>Compressed mode type</i>	Cadena	Modo de compresión a utilizar para tramas comprimidas. Debe ser <i>SF reduction</i> para reducción del factor de ensanchamiento, <i>Puncturing</i> para perforación, y <i>Scheduling</i> para planificación de alto nivel. Note: Perforación no es utilizada en el enlace de subida
<i>Number of Rake Fingers</i>	Entero	Número de ramas del receptor tipo <i>Rake</i> utilizado en el receptor.
<i>Scrambling code type</i>	Cadena	Definido como <i>Long</i> si el código de aleatorización largo fue utilizado en el transmisor, y definido como <i>Short</i> si el código de aleatorización corto fue utilizado en el transmisor.
<i>Sequence number</i>	Cadena	Cadena de inicialización hexadecimal de 24 bits para generar la secuencia de aleatorización.
<i>maximum TTI (ms)</i>	Entero	Máximo TTI de todos los canales de transporte multiplexados en un canal físico. La salida de este bloque es retardada por esta cantidad para alinear todos los canales de transporte para su decodificación.

<i>Pilot</i>	Entero	Número de bits piloto en una ranura DPCCH. Existen tres versiones de este parámetro; tramas normales, tramas tipo A, y tramas tipo B. Tramas tipo A son utilizadas cuando el número de ranuras es mayor o igual a 10. Tramas tipo B son utilizadas cuando el número de ranuras es menor a 10.
<i>TFCI</i>	Entero	Número de bits TFCI en una ranura DPCCH. Existen tres versiones de este parámetro; tramas normales, tramas tipo A, y tramas tipo B. Tramas tipo A son utilizadas cuando el número de ranuras es mayor o igual a 10. Tramas tipo B son utilizadas cuando el número de ranuras es menor a 10.
<i>FBI</i>	Entero	Número de bits FBI en una ranura DPCCH. Existen tres versiones de este parámetro; tramas normales, tramas tipo A, y tramas tipo B. Tramas tipo A son utilizadas cuando el número de ranuras es mayor o igual a 10. Tramas tipo B son utilizadas cuando el número de ranuras es menor a 10.
<i>TPC</i>	Entero	Número de bits TPC en una ranura DPCCH. Existen tres versiones de este parámetro; tramas normales, tramas tipo A, y tramas tipo B. Tramas tipo A son utilizadas cuando el número de ranuras es mayor o igual a 10. Tramas tipo B son utilizadas cuando el número de ranuras es menor a 10.

Las entradas al bloque *Uplink Ideal Receiver and Deformat* se indican en la tabla E.91.

Tabla E.91. Entradas al bloque *Uplink Ideal Receiver and Deformat*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
---------	--------------	-------------

<i>in1</i>	Complejo	Señal recibida desde la antena 1.
<i>in2</i>	Complejo	Señal recibida desde la antena 2.
<i>chan1</i>	Vector complejo	Vector de ganancias, un elemento por cada trayecto en el canal visto por la antena 1. La longitud de este vector debe corresponder al número de ramas <i>rake</i> definido como un parámetro.
<i>chan2</i>	Vector complejo	Vector de ganancias, un elemento por cada trayecto en el canal visto por la antena 2. La longitud de este vector debe corresponder al número de ramas <i>rake</i> definido como un parámetro.
<i>dels</i>	vector Doble	Retardos de los trayectos en los canales. los retardos son asumidos idénticos en ambos canales.
<i>tgsn</i>	Doble	Número de la ranura de inicio para la interrupción de transmisión, si esta presente.
<i>tgl</i>	Doble	Longitud de interrupción de transmisión. Se fija a 0 para tramas no comprimidas.

Las salidas del bloque *Uplink Ideal Receiver and Deformat* se indican en la tabla E.92.

Tabla E.92. Salidas del bloque *Uplink Ideal Receiver and Deformat*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>dpdch</i>	Vector, Real	Bits DPDCH codificados recibidos de la trama radio. Estos bits serán desensanchados por un factor igual a 4. la operación de desensanchamiento adicional (<i>symbol derepeat</i>) debe ser hecha después de que el factor de ensanchamiento de transmisión ha sido determinado.
<i>pilot</i>	Vector, Real	Bits piloto recibidos en la trama.
<i>tfc1</i>	Doble	Número TFC1 decodificado.

Internamente en el bloque *Uplink Ideal Receiver and Deformat* se encuentran los bloques:

- *Uplink Ideal Receiver.*
- *Uplink Demod.*
- *Uplink Frame Deformat.*
- *TFCI Decode.*

El bloque *Uplink Ideal Receiver* es un receptor ideal de un receptor *rake* con conocimiento perfecto de las ganancias y retardos del canal. El bloque toma como entrada las señales recibidas desde dos antenas y produce un vector de las señales desaleatorizadas a la tasa de chip, y uno por cada rama *rake*. El número de ramas *rake* se fija como un parámetro del bloque. El diagrama correspondiente al bloque *Uplink Ideal Receiver* se muestra en la figura E.37.

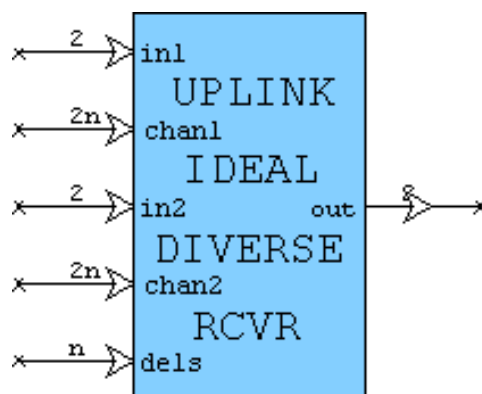


Figura E.37. Bloque *Uplink Ideal Receiver*.

El bloque *Uplink Ideal Receiver* implementa un receptor *rake* ideal con diversidad en el enlace de subida. El receptor es ideal porque tiene conocimiento perfecto de las ganancias y retardos del canal. Este receptor brinda el mejor caso de desempeño para un receptor 3GPP en el enlace de subida y puede ser utilizado como referencia para su comparación con receptores reales.

Las entradas desde dos antenas son inicialmente filtradas por un filtro raíz de coseno alzado con un alfa igual a 0.22. Las señales filtradas son multiplicadas por el complejo conjugado de los respectivos pesos de canal. Cada elemento en los dos vectores de señal representan una rama *rake*. Las señales de los vectores son sumadas optimamente para combinar las señales de las dos antenas. Cada señal de rama *rake* combinada es individualmente retardada tal que cada señal tiene un trayecto de canal correctamente alineado a los límites de la ranura. Por lo tanto, si la longitud de la ranura es N subchips, el retardo para la primera señal es $(N - \text{retardo_filtro} - \text{retardo_trayecto}_1)$, el retardo para la segunda señal es $(N - \text{retardo_filtro} - \text{retardo_trayecto}_2)$, y así sucesivamente. Los vectores complejos de señales de las ramas *rake* son submuestreados de la tasa de subchip a la tasa de chip.

El vector señal a la tasa de chip es multiplicado por una ranura retardada, complejo conjugado de la secuencia de aleatorización compleja multiplicada por un factor de escala o amplitud en el enlace de subida para desaleatorizar los datos. la secuencia de aleatorización es multiplicada por un factor de escala o amplitud igual a $\frac{1}{\sqrt{2}}$ debido a que la secuencia original tiene una potencia igual a 2.

La salida a la tasa de chip, optimamente ponderada, es un vector complejo de la señal desaleatorizada. Cada elemento en el vector es la señal recibida desde una rama *rake* combinada.

Los parámetros definidos en el bloque *Uplink Ideal Receiver* se indican en la tabla E.93.

Tabla E.93. Parámetros bloque *Uplink Ideal Receiver*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Chip Rate</i>	Doble	Tasa de chip del sistema igual a 3.84 Mcps.
<i>Receive Filter File</i>	Cadena	Ruta al archivo de señal que contiene la respuesta al impulso del filtro de adaptación en el receptor.
<i>Channel Over-sampling Factor</i>	Entero	Factor de sobremuestreo para el canal. Es la relación del número de subchips por chip.

<i>Total Filter Delay</i>	Entero	Retardo en muestras para la combinación de los filtros de transmisión y recepción. Esto es utilizado para alinear los datos al límite de una ranura.
<i>Radio Frame Duration</i>	Entero	Duración en segundos de la trama radio. Para un sistema 3GPP es 0.01 segundos.
<i>Number of Slots</i>	Entero	Número de ranuras en una trama. Este parámetro debe ser igual a 15.
<i>Scrambling code type</i>	Cadena	Definido como <i>Long</i> si el código de aleatorización largo fue utilizado en el transmisor, y definido como <i>Short</i> si el código de aleatorización corto fue utilizado en el transmisor.
<i>Sequence number</i>	Cadena	Cadena de inicialización hexadecimal de 24 bits para generar la secuencia de aleatorización.
<i>Number of Rake Fingers</i>	Entero	Número de ramas del receptor tipo <i>Rake</i> utilizado en el receptor.

Las entradas al bloque *Uplink Ideal Receiver* se indican en la tabla E.94.

Tabla E.94. Entradas al bloque *Uplink Ideal Receiver*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in1</i>	Complejo	Señal recibida desde la antena 1.
<i>chan1</i>	Vector complejo	Vector de ganancias de trayecto de canal visto por la antena 1.
<i>in2</i>	Complejo	Señal recibida desde la antena 2.
<i>chan2</i>	Vector complejo	Vector de ganancias de trayecto de canal visto por la antena 2.
<i>dels</i>	Vector Doble	Retardos de los trayectos en los canales. los retardos son asumidos idénticos en ambos canales.

La salida del bloque *Uplink Ideal Receiver* se indica en la tabla E.95.

Tabla E.95. Salidas del bloque *Uplink Ideal Receiver*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>dpdch</i>	Vector, Real	Vector de señales recibidas, un elemento por cada trayecto de canal. Estas señales son desaleatorizadas y optimamente ponderadas para combinación.

El bloque *Uplink Demod* demodula cada una de las señales de las ramas *rake* desensanchando las señales y ejecutando el proceso de integración. Las señales demoduladas son sumadas de manera óptima combinando las señales de los múltiples trayectos. Esta operación es realizada independientemente para las componentes real e imaginaria de la señal, las cuales representan los canales DPDCH y DPCCH respectivamente. Para el DPDCH, solo la primera parte del desensanchamiento es realizada. La segunda parte del desensanchamiento es realizada por el bloque *Symbol Derepeat* en el bloque *Uplink Frame Derepeat*. El diagrama correspondiente al bloque *Uplink Demod* se muestra en la figura E.38.

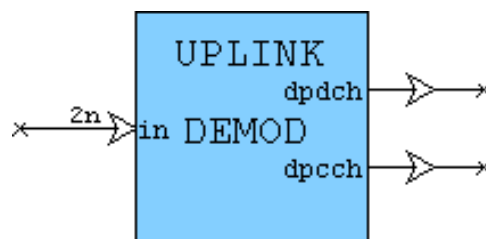


Figura E.38. Bloque *Uplink Demod*.

El bloque *Uplink Demod* demodula los canales DPDCH y DPCCH de la señal compleja recibida desde el receptor *rake*. Las señales de entrada son inicialmente divididas en parte real (DPDCH) e imaginaria (DPCCH). Estos canales son entonces

desensanchados al multiplicarlos por el conjugado complejo del código ortogonal de factor de ensanchamiento variable (OVSF) e integrando el resultado sobre el periodo de un bit.

La operación de desensanchamiento es indicada en la ecuación E.35.

$$despread(i) = \sum_{j=0}^{SF} C_{c,n}^* * in(SF * i + j) \quad (E.35)$$

Donde, SF es el factor de ensanchamiento y $C_{c,n}$ es el código OVSV. La clase (c) del código OSVF se obtiene del SF como $Log_2(SF)$ y el número de código (n) se fija como un parámetro de bloque. Note que el factor de ensanchamiento para el DPCCH es siempre igual a 256, por lo tanto la clase del código para el DPCCH es siempre 8.

las señales desensachadas, una por cada rama *rake*, son sumadas para mejorar la relación señal a ruido total. Este bloque asume que las señales provenientes de las diferentes ramas fueron ponderadas antes de la entrada a este bloque para obtener una combinación optima.

Las señales del DPDCH y DPCCH son reducidas en su numero de muestras por su factor de ensanchamiento individual, normalizadas por $\frac{1}{\sqrt{2}}$, retardas para ser alineadas en los limites de una trama y enviada a la salida como señales separadas. Los parámetros definidos en el bloque *Uplink Demod* se indican en la tabla E.96.

Tabla E.96. Parámetros bloque *Uplink Demod*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>DPDCH Spreading Factor</i>	Entero	Factor de ensanchamiento aplicado al DPDCH.
<i>DPDCH OVSV Code Number</i>	Entero	Código OVSV utilizado para ensanchar al DPDCH.
<i>DPCCH OVSV Code Number</i>	Entero	Código OVSV utilizado para ensanchar al DPCCH. Note que el factor de ensanchamiento del DPCCH es siempre igual a 256.

<i>Number of Slots to Delay</i>	Entero	Número de ranuras a retardar la señal de salida para alinearla en los límites de trama.
<i>Number of Rake Fingers</i>	Entero	Número de ramas del receptor tipo <i>Rake</i> . Este debe ser el número de elementos en el vector de entrada.

La entrada al bloque *Uplink Demod* se indica en la tabla E.97.

Tabla E.97. Entradas al bloque *Uplink Demod*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector Complejo	Salida desaleatorizada y ponderada desde el receptor <i>rake</i> . Cada elemento en el vector es la señal de una de las ramas <i>rake</i> .

Las salidas del bloque *Uplink Demod* se indican en la tabla ??.

Tabla E.98. Salidas del bloque *Uplink Demod and Deformat*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>dpdch</i>	Doble	Señal DPDCH desensanchada alineada a los límites de la trama.
<i>dpcch</i>	Doble	Señal DPCCH desensanchada alineada a los límites de la trama.

El bloque *Uplink Frame Deformat* divide los canales DPDCH y DPCCH en varios campos y remueve cualquier interrupción de transmisión generada por la operación

en modo compresión. El diagrama correspondiente al bloque *Uplink Frame Deformat* se muestra en la figura E.39.

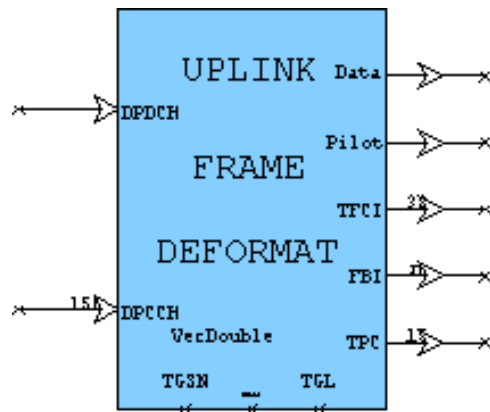


Figura E.39. Bloque *Uplink Frame Deformat*.

Este bloque separa la información de los campos en las ranuras de las tramas recibidas en el enlace de subida, DPDCH y DPCCH. Si se está en modo compresión, el bloque utilizará el formato de trama en modo compresión y tomará en cuenta las ranuras de interrupción señalizadas por los pines TGL y TGSN.

El tipo de tramas de entrada, comprimidas o no comprimidas, lo define el pin TGL, el cual indica la longitud, en ranuras, de interrupción de transmisión en la trama. Un valor igual a cero sobre el pin TGL indica una trama no comprimida, y un valor positivo indica una interrupción de transmisión, la cual produce una trama comprimida. La longitud de la interrupción de transmisión decide el tipo de formato de trama comprimida, A o B, utilizada en el DPCCH. El pin TGSN fija el número de la ranura de inicio de la interrupción de transmisión. Si el valor TGL sumado al valor TGSN excede el máximo número de ranuras en una trama, 15, esto denota la interrupción de transmisión sobre dos tramas. Un valor negativo sobre el pin TGSN indica que la trama previa fue comprimida y, por lo tanto, denota la segunda trama en la interrupción de transmisión. La longitud total de la interrupción de transmisión puede ser 3,4,5,7,10, o 14 ranuras, y la interrupción de transmisión en una trama no puede exceder 7 ranuras.

El tamaño de la trama de datos de entrada refleja si la trama es comprimida o no. Si el tamaño de la trama de entrada no es divisible de manera uniforme por el número real de ranuras en la trama, 15 menos la interrupción de transmisión, un

error es generado. El bloque divide la trama de entrada sobre el pin DPDCH en ranuras, eliminando cualquier interrupción de transmisión, y transfiriéndolo al pin de salida de datos. Cada ranura DPCCH tiene 10 símbolos, tal que una trama DPCCH tiene un tamaño fijo de 150.

El pin piloto contiene todos los símbolos pilotos correspondientes a una trama, 15 en total en un vector. Dado que la longitud del campo piloto puede diferir entre los tres formatos distintos de trama, el tamaño de los símbolos piloto cambia, alterando la longitud total del vector de salida piloto. los símbolos piloto de interrupción de transmisión son fijados a cero.

Los campos TFCI de las ranuras se mapean a un símbolo TFCI codificado de 32 bits acorde al algoritmo en (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008). Bits TFCI no mapeados son fijados a cero.

Los campos TPC y FBI deben tener igual longitud, y la longitud total de los campos de ranura DPCCH debe ser 10 para todos los formatos de trama. Si existe más de un bit TPC por ranura, los bits se suman, pero al final los 15 valores de salida no son normalizados. Valores TPC correspondientes a las ranuras de interrupción de transmisión son fijadas en cero (3GPP TS 25.211 V8.0.0 , 2008; 3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Los parámetros definidos en el bloque *Uplink Frame Deformat* se indican en la tabla E.99.

Tabla E.99. Parámetros bloque *Uplink Frame Deformat*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Pilot</i>	Entero	Longitud del campo de trama piloto. Existe para la trama no comprimida y para los dos tipos de tramas comprimidas.
<i>TFCI</i>	Entero	Longitud del campo de trama TFCI. Existe para la trama no comprimida y para los dos tipos de tramas comprimidas.
<i>FBI</i>	Entero	Longitud del campo de trama FBI. Existe para la trama no comprimida y para los dos tipos de tramas comprimidas.

<i>TPC</i>	Entero	Longitud del campo de trama TPC. Existe para la trama no comprimida y para los dos tipos de tramas comprimidas.
------------	--------	---

Las entradas al bloque *Uplink Frame Deformat* se indican en la tabla E.100.

Tabla E.100. Entradas al bloque *Uplink Frame Deformat*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>dpdch</i>	Vector, Real	Una trama DPDCH. La longitud puede variar, pero debe ser distribuida de manera uniforme en el número real de ranuras en una trama.
<i>dpcch</i>	Vector, Doble	150 valores del DPCCH en el enlace de subida.
<i>tgsn</i>	Doble	TGSN de la trama actual. Un valor negativo indica la segunda trama de una interrupción de transmisión en dos tramas.
<i>tgl</i>	Doble	TGL de la trama actual. Un valor igual a 0 significa que la trama es no comprimida.

Las salidas del bloque *Uplink Frame Deformat* se indican en la tabla E.101.

Tabla E.101. Salidas del bloque *Uplink Frame Deformat*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>data</i>	Vector, Real	Carga útil de datos de la trama. La longitud depende del formato de trama y el modo de compresión.

<i>pilot</i>	Vector Doble	15 símbolos piloto, uno por cada ranura. La longitud debe ser 15 veces la longitud del campo piloto.
<i>tfci</i>	Vector Doble	Los 32 bits TFCI codificados en una trama.
<i>fbi</i>	Vector Doble	Bits FBI. La longitud debe ser 15 veces la longitud del campo FBI. Si la longitud del campo FBI es cero, la longitud será fijada a uno.
<i>tpc</i>	Vector Doble	Los 15 bits de señal TPC, uno por cada ranura.

El bloque *TFCI Decode* decodifica los bits TFCI de la trama entera para producir el valor TFCI original no codificado. El diagrama correspondiente al bloque *TFCI Decode* se muestra en la figura E.40.

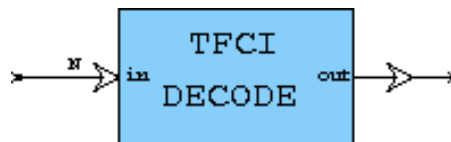


Figura E.40. Bloque *TFCI Decode*.

Este bloque decodifica la secuencia TFCI recibida. El TFCI fue codificado utilizando un codificador Reed-Muller de segundo orden.

El decodificador trabaja intentando todas las 16 posibles combinaciones de máscara aplicadas a los datos seguido de un decodificador lógico por mayoría. La entrada es organizada insertando elemento 30 e insertando el elemento 31 en el elemento 16 del vector. Esta organización restaura la naturaleza de la secuencia de Walsh de las primeras 6 secuencias básicas listadas en (3GPP TS 25.212 V8.1.0, 2008). El decodificador lógico por mayoría puede utilizar una transformada de Hadamard para obtener la secuencia más probable para cada una de las 16 posibles máscaras. las 16 posibles máscaras son generadas por combinación de las últimas 4 secuencias básicas. Un bloque de comparación y un bloque de retención determinan la secuencia más probable sobre todas las combinaciones de máscara.

Note que la repetición del vector por 16 y su submuestreo por 16 son utilizados para implementar el bucle sobre las combinaciones de mascara. La fase del bloque de submuestreo es fijada a 15 para seleccionar el mejor valor de TFCI sobre los 16 ensayos (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

No existen parámetros a definir en el bloque *TFCI Decode*.

La entrada al bloque *TFCI Decode* se indica en la tabla E.102.

Tabla E.102. Entradas al bloque *TFCI Decode*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Doble	la secuencia TFCI recibida. Estos valores no deben ser cuantificados dado que es un decodificador con decisión suave. La longitud de entrada debe ser 32.

La salida del bloque *TFCI Decode* se indica en la tabla E.103.

Tabla E.103. Salidas del bloque *TFCI Decode*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Doble	valor TFCI de salida. El valor TFCI más probable es obtenido a partir de la secuencia de entrada

Uplink Frame Derepeat

Este bloque ejecuta la segunda parte del desensanchamiento del DPDCH a través del promedio de muestras consecutivas para obtener un símbolo. La entrada al bloque promediador es fija mientras que la salida es de longitud variable dependiendo del factor de ensanchamiento utilizado. Después de la obtención del promedio, el dato es escalado al decodificador MAP si codificación turbo fue utilizada y final-

mente el dato es desentrelazado para remover el entrelazado introducido en el segundo desentrelazador (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

El diagrama correspondiente al bloque *Uplink Frame Derepeat* se muestra en la figura E.41.

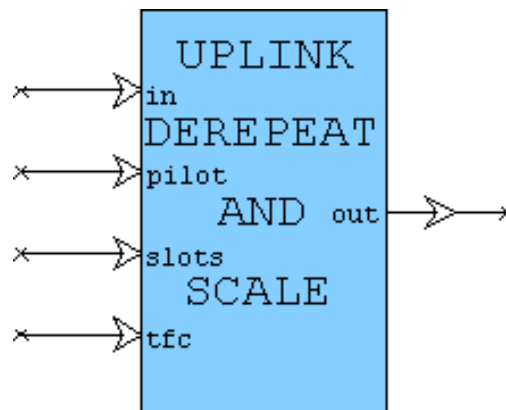


Figura E.41. Bloque *Uplink Frame Derepeat*.

Este bloque provee la segunda parte del desensanchamiento sobre el DPDCH en el enlace de subida. La primera parte del desensanchamiento es realizada al multiplicar la señal recibida con un código OVSF de índice 1 (factor de ensanchamiento igual a 4), e integrando sobre 4 chips.

para factores de ensanchamiento mayores a 4, el código OVSF simplemente es repetido para producir una secuencia de ensanchamiento mayor. A partir del resultado de la primera parte de desensanchamiento, todo lo que necesita en la segunda etapa de desensanchamiento es integrar sobre múltiples muestras para producir un único símbolo recibido. Esta operación es llamada desrepetición debido a que es la operación inversa a la repetición realizada en el transmisor.

El factor de ensanchamiento utilizado no puede ser determinado hasta que el TFCI haya sido decodificado. A partir del TFCI se determina el TFC, y a partir del TFC se determina el factor de ensanchamiento.

Los parámetros definidos en el bloque *Uplink Frame Derepeat* se indican en la tabla E.104.

Tabla E.104. Parámetros bloque *Uplink Frame Derepeat*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Pilot Length (Bits/Slot)</i>	Entero	Número de bits piloto por ranura.
<i>Pilot DPDCH Power Offset (dB)</i>	Doble	Diferencia de potencia entre los bits piloto y el DPDCH. Este es utilizado para determinar el factor de escala turbo.
<i>Enable Scaling</i>	Cadena	Selecciona o no la utilización del factor de escala turbo.

Las entradas al bloque *Uplink Frame Derepeat* se indican en la tabla E.105.

Tabla E.105. Entradas al bloque *Uplink Frame Derepeat*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Datos recibidos, desensanchados por un factor igual a 4.
<i>pilot</i>	Vector, Real	Bits piloto recibidos para la trama.
<i>tfc</i>	Matriz, Long	Matriz de posiciones de trama y tamaños de bloque para cada canal de transporte en el formato de combinación actual. Si es conectado, este pin deberá ser conectado al bloque <i>Select TFC</i> .

La salida del bloque *Uplink Frame Derepeat* se indica en la tabla E.106.

Tabla E.106. Salidas del bloque *Uplink Frame Derepeat*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Real	Trama radio desentrelazada.

Internamente en el bloque *Uplink Frame Derepeat* se encuentran los bloques:

- *Uplink Symbol Derepeat*.
- *turbo Scaling*.
- *Second Interleaver*.

El bloque *Uplink Symbol Derepeat* provee la segunda etapa de desensanchamiento. N elementos consecutivos son promediados para producir un elemento de salida. El factor N es determinado dividiendo la longitud de entrada sobre la longitud de salida. la longitud de salida es calculada por la adición del número de elementos en la quinta columna de la entrada *tfc*. El diagrama correspondiente al bloque *Uplink Symbol Derepeat* se muestra en la figura E.42.

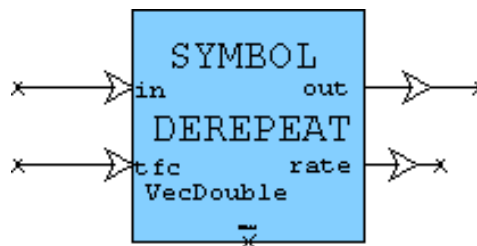


Figura E.42. Bloque *Uplink Symbol Derepeat*.

El bloque *Uplink Symbol Derepeat* desrepite los valores del vector de entrada para producir el vector de salida. La entrada es un vector de longitud fija no poliformico, y la salida es un vector de longitud dinámica poliformico. Existen dos modos de operación en el bloque, suma y resta. En el modo suma, se promedian N elementos consecutivos del vector de entrada para cada elemento del vector de salida, tal como se muestra en la ecuación E.36.

$$out(i) = \frac{1}{N} \sum_{j=i*N}^{(i+1)*N-1} in(j) \quad (E.36)$$

En el modo resta la operación realizada es la mitad de la diferencia de dos elementos consecutivos, tal como se muestra en la ecuación E.37.

$$out(i) = 0.5 * [in(2 * i) - in(2 * i + 1)] \quad (E.37)$$

En la operación de adición, el valor de N, el factor de desrepetición, es determinado por la matriz de entrada *tfc*. Este bloque suma los valores en la quinta columna de la matriz *tfc* para determinar el tamaño de la trama radio original. La operación de desrepetición ejecuta la última etapa de desensanchamiento en el enlace de subida debido a que el código de ensanchamiento es de longitud igual a 4 repetido N veces para producir una longitud de código igual a 4*N. Una vez el *tfc* es conocido, es posible determinar el factor de ensanchamiento actual. La segunda parte del desensanchamiento por un factor igual a N es ejecutada por este bloque.

El parámetro definido en el bloque *Uplink Symbol Derepeat* se indica en la tabla E.107.

Tabla E.107. Parámetros bloque *Uplink Symbol Derepeat*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Derepeat Operation</i>	Cadena	Puede ser configurado en suma (<i>add</i>) o resta (<i>subtract</i>).

Las entradas al bloque *Uplink Symbol Derepeat* se indican en la tabla E.108.

Tabla E.108. Entradas al bloque *Uplink Symbol Derepeat*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	vector de entrada de longitud fija.

<i>tfc</i>	Matriz, <i>Long</i>	Matriz de posiciones de trama y tamaños de bloque para cada canal de transporte en el formato de combinación actual. Si es conectado, este pin deberá ser conectado al bloque <i>Select TFC</i> .
------------	------------------------	---

Las salidas del bloque *Uplink Symbol Derepeat* se indican en la tabla E.109.

Tabla E.109. Salidas del bloque *Uplink Symbol Derepeat*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>rate</i>	Doble	Factor de desrepetición calculado. Este es igual a N.
<i>out</i>	Vector, Real	Salida desrepetida.

El bloque *Turbo Scaling* multiplica los datos por un factor de escala para utilizar el decodificador turbo MAP (*maximum a posteriori*). La operación de factor de escala puede ser deshabilitada por un parámetro del bloque. El diagrama correspondiente al bloque *Turbo Scaling* se muestra en la figura E.43.

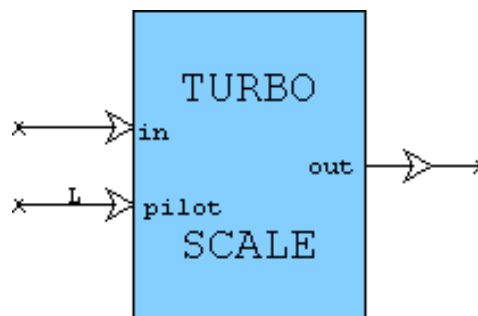


Figura E.43. Bloque *Turbo Scaling*.

El bloque *Turbo Scaling* estima la amplitud de la señal y la potencia de ruido en

cada trama de radio para aplicar un factor de escala apropiado a la señal de datos antes de la decodificación turbo con el decodificador MAP. El decodificador MAP es altamente sensible al factor de escala. La determinación del factor de escala se realiza a través de la ecuación E.38.

$$\text{factor_de_escala} = 2 * \text{amplitud_señal}/\text{potencia_ruido} \quad (\text{E.38})$$

Este bloque estima la amplitud de la señal y la potencia de ruido utilizando los bits piloto, correlacionando los bits piloto recibidos con los bits piloto conocidos sobre una trama entera para obtener la amplitud de la señal. Restando el cuadrado de la amplitud de la señal de la potencia total en los bits piloto recibidos permite determinar la potencia de ruido. Obtenidos estos valores, el bloque calcula y aplica el factor de escala de los bits de datos.

Si el bloque es utilizado en el modo de Diversidad en Transmisión por codificación Espacio Temporal (STTD) y la longitud piloto es 8 o 16, solo la mitad de los bits piloto pueden ser utilizados en la estimación debido a que solo la mitad de los bits son codificados STTD. los bits que no son codificados STTD no se suman coherentemente en el receptor y, por lo tanto no pueden ser utilizados en la estimación. Se remueve los bits piloto que no son codificados STTD. Los parámetros definidos en el bloque *Turbo Scaling* se indican en la tabla E.110.

Tabla E.110. Parámetros bloque *Turbo Scaling*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Pilot-DPDCH Power Offset (dB)</i>	Doble	Relación de las potencias transmitidas entre DPDCH y bits piloto.
<i>Pilot Length</i>	Entero	Longitud del vector piloto de entrada.
<i>Pilot Bits File</i>	Cadena	Ruta al archivo de secuencias piloto que contiene la secuencia piloto para cada ranura.
<i>STTD Mode?</i>	Cadena	Configura si la entrada es la de un receptor STTD. Si es configurado en 'yes', los bits piloto codificados no STTD son removidos de los estimados.

<i>Enable Scaling</i>	Cadena	Si es configurado en 'yes', el factor de escala es habilitado. factor de escala no es requerido para datos codificados convolucionales y puede ser utilizado para deshabilitar el factor de escala si solo códigos convolucionales son utilizados. .
-----------------------	--------	--

Las entradas al bloque *Turbo Scaling* se indican en la tabla E.111.

Tabla E.111. Entradas al bloque *Turbo Scaling*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Datos a los cuales se aplicará el factor de escala.
<i>pilot</i>	Vector Doble	Valores piloto recibidos.

La salida del bloque *Turbo Scaling* se indica en la tabla E.112.

Tabla E.112. Salidas del bloque *Turbo Scaling and Deformat*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Doble	valores de datos afectados por el factor de escala.

El bloque *Second Interleaver* desentrelaza la trama de datos radio.

Uplink TrCh Decode

Este bloque es utilizado para decodificar el DTCH, en los siguientes pasos: retardo de la trama de entrada para que esta se encuentre en el límite del TTI, extracción de la parte de la trama radio asociada al canal de transporte, desadaptación de velocidad, ensamble de segmentos para lograr el TTI, desentrelazado (para el primer entrelazado), remoción de los bits de ecualización de trama, decodificación de canal, y dar nuevamente forma a los bloques de datos. La salida es una matriz de bloques decodificados y el número de errores CRC por cada bloque (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

El diagrama correspondiente al bloque *Uplink TrCH Decode* se muestra en la figura E.44.

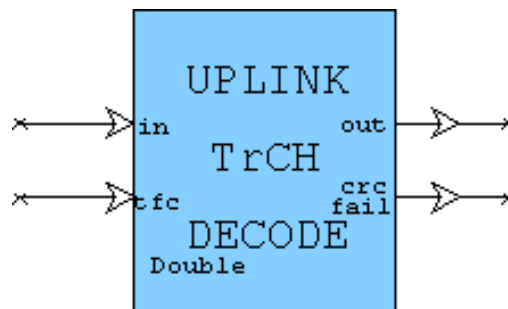


Figura E.44. Bloque *Uplink TrCH Decode*.

Este bloque decodifica los datos recibidos en el enlace de subida utilizando un decodificador de Viterbi de decisión suave o un decodificador. Este bloque de cierta manera realiza los procesos inversos del bloque *Uplink TrCH Encode*.

La entrada a este bloque es la trama radio recibida después del desentrelazado de la segunda etapa de entrelazado y la matriz de combinación del formato de transporte proveniente del bloque *Select TFC*.

Los parámetros definidos en el bloque *Uplink TrCH Decode* se indican en la tabla E.113.

Tabla E.113. Parámetros bloque *Uplink TrCH Decode*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción

<i>Encoding scheme</i>	Cadena	Selecciona el método de codificación de canal utilizado por el codificador. Este puede ser no codificado (<i>uncoded</i>), convolucional (<i>convolutional</i>), o turbo.
<i>Coding Rate</i>	Cadena	Configura la tasa de codificación utilizada por el codificador. Este debe ser uno para no codificado (<i>uncoded</i>), 1/3 para turbo, y 1/2 o 1/3 para datos codificados convolucionalmente (<i>convolutional</i>).
<i>Transmission time interval (ms)</i>	Entero	Longitud del TTI en milisegundos. Este valor solo puede ser 10, 20, 40, o 80.
<i>Transport format combination file</i>	Cadena	Ruta al archivo de combinación de formato de transporte (TFC). Este archivo lista la configuración y tamaño de los bloques para todos los canales de transporte y todos los TFCs.
<i>Transport channel number</i>	Entero	Número de canal de transporte a decodificar.
<i>Number of CRC bits</i>	Entero	Número de bits CRC que fueron concatenados a cada bloque de datos en el codificador.
<i>Number of iterations</i>	Entero	Número de iteraciones en los datos al utilizar la decodificación de códigos turbo.
<i>Decoding method</i>	cadena	Selecciona los métodos de decodificación MAP o Max-Log para decodificación de datos codificados con codificación turbo.
<i>Max-Log scaling factor</i>	Doble	Configura el factor de escala o amplitud a aplicar a la salida si el método Max-Log fue seleccionado como decodificador turbo. Un valor igual a 0.7 es una buena escogencia.
<i>Truncation path length</i>	Entero	Número de símbolos en la profundidad de rastreo (<i>trace back</i>) en el decodificador de Viterbi antes de producir una respuesta en la salida. Solo es utilizado para datos codificados convolucionalmente.

<i>Blind format detection</i>	cadena	Se configura en 'yes' para ejecutar una detección del formato sin conocimiento del campo TFC o cuando este no es incluido en el DPCCH. Solo es utilizado para datos codificados convolucionalmente.
<i>Value of D</i>	Doble	Valor utilizado para determinar si el CRC debe ser verificado. Si el factor de error es menor a este valor, el CRC es verificado.

Las entradas al bloque *Uplink TrCH Decode* se indican en la tabla E.114.

Tabla E.114. Entradas al bloque *Uplink TrCH Decode*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Trama radio después del desentrelazado del segundo entrelazado.
<i>tfc</i>	Matriz, Long	Matriz de posiciones de trama y tamaños de bloque para cada canal de transporte en el formato de combinación actual. Si es conectado, este pin deberá ser conectado al bloque <i>Select TFC</i> .

Las salidas del bloque *Uplink TrCH Decode* se indican en la tabla E.115.

Tabla E.115. Salidas del bloque *Uplink TrCH Decode*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Matriz, Real	Decodificación del conjunto de bloques de datos. Cada fila en la matriz de salida es un bloque de datos separado.

<i>crc_fail</i>	Matriz, Real	Número de errores de bit CRC por cada bloque de datos.
-----------------	-----------------	--

Internamente en el bloque *Uplink TrCH Decode* se encuentran los bloques:

- *Radio Frame Demux.*
- *Uplink Rate Match.*
- *Block Segment/Desegment.*
- *First Interleaver.*
- *DTX processing.*
- *3GPP Decoder.*
- *Reblock Data.*

El bloque *Radio Frame Demux* extrae la porción de la trama radio que es asociada con el canal de transporte seleccionado mediante un parámetro del bloque. El diagrama correspondiente al bloque *Radio Frame Demux* se muestra en la figura E.45.

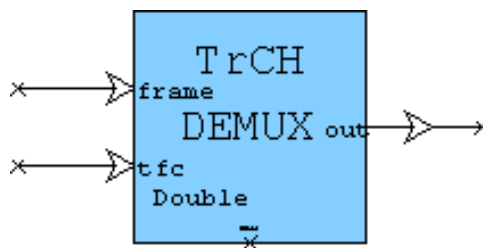


Figura E.45. Bloque *Radio Frame Demux*.

Este bloque utiliza la matriz de entrada *tfc* para determinar el inicio y el fin de cada canal de transporte en la trama radio. la entrada *tfc* es generada por el bloque *Select TFC*.

El parámetro definido en el bloque *Radio Frame Demux* se indica en la tabla E.116.

Tabla E.116. Parámetros bloque *Radio Frame Demux*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Transport channel number</i>	Entero	Canal de transporte a extraer de la trama radio de entrada.

Las entradas al bloque *Radio Frame Demux* se indican en la tabla E.117.

Tabla E.117. Entradas al bloque *Radio Frame Demux*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>frame</i>	Vector, Real	Trama radio recibida después del desentrelazado del segundo entrelazado.
<i>tfc</i>	Matriz, Long	Describe la combinación del formato de transporte actual. ver bloque <i>Select TFC</i> .

La salida del bloque *Radio Frame Demux* se indica en la tabla E.118.

Tabla E.118. Salidas del bloque *Radio Frame Demux*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Real	Porción de la trama radio asociada al canal de transporte seleccionado.

El bloque *Uplink Rate Match* ejecuta el proceso inverso a la adaptación de ve-

locidad. Si el dato fue originalmente perforado, ceros son insertados en los puntos perforados señalizados. Si el dato fue originalmente repetido, los valores repetidos son sumados para producir una mejor estimación de la señal.

El bloque *Block Segment/Desegment* ejecuta la desegmentación de la trama radio. Los segmentos radio para un TTI son desegmentados o concatenados para producir un bloque de datos codificado.

El bloque *First Interleaver* desentrelaza los datos recibidos.

El bloque *DTX Processing* remueve cualquier bit extra adicionado por el proceso de ecualización de trama radio en el transmisor. El diagrama correspondiente al bloque *First Interleaver* se muestra en la figura E.46.

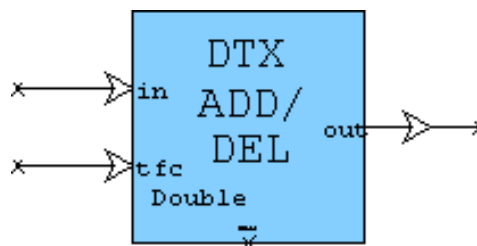


Figura E.46. Bloque *DTX Processing*.

Este bloque ejecuta la inserción y remoción de bits de transmisión discontinua (DTX) (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Este bloque tiene tres modos de operación:

- Inserción primer DTX *1st DTX Insert*. En este modo, el bloque adiciona bits DTX a la salida del bloque de adaptación de velocidad (*rate matching*) para llenar las porciones asignadas de la trama radio en el canal de transporte. Este modo es utilizado en tramas radio con posiciones fijas. El tamaño de la trama radio asignada es determinado por la quinta columna en la fila del canal de transporte en la matriz de entrada *tfc*. Esta matriz es generada por el bloque *Select TFC*. Si el modo compresión es configurado en perforación *Puncturing* y la sexta columna es diferente de cero, el número de bits DTX insertados es reducido en esta cantidad. Esto se realiza para generar espacio para la adición de los bits *p* (perforado) adicionados en el primer entrelazador.
- Inserción segundo DTX *2nd DTX Insert*. En este modo, el bloque adiciona bits DTX al final de la trama radio de multiplexación de servicios para completar la

trama radio. Este modo es utilizado en tramas radio con posiciones flexibles. El tamaño total de la trama radio se determina por un parámetro del bloque. Si el modo de compresión es configurado por planificación de alto nivel *scheduling*, este bloque examina la sexta fila de la primera fila de la matriz tfc para revisar si el modo compresión es activo. Si este elemento es diferente de cero, el número de bits DTX insertados se reduce en esta cantidad, para generar el espacio de interrupción de transmisión.

* Remoción primer DTX *Remove 1st DTX*. En este modo, los bits DTX de primera inserción son removidos después de la desadaptación de velocidad *rate de-matching*. La primera columna de la fila del canal de transporte en la matriz de entrada tfc es utilizada para determinar cuando datos permanecen y se pasan al decodificador.

Los parámetros definidos en el bloque *DTX Processing* se indican en la tabla E.119.

Tabla E.119. Parámetros bloque *DTX Processing*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>DTX mode</i>	Cadena	Selecciona el modo de operación de este bloque. Configura <i>1st DTX Insert</i> , <i>2nd DTX Insert</i> o <i>Remove 1st DTX</i> .
<i>Transport channel number</i>	Entero	Configura el número de canal de transporte. Este es utilizado para indexar la fila correcta de la matriz tfc de entrada.
<i>Transmission time interval (ms)</i>	Entero	Tiempo durante el cual los datos de entrada son transmitidos en milisegundos. Este valor debe ser 10, 20, 40, o 80.

<i>Compressed mode type</i>	Cadena	Modo de compresión a ser utilizado para tramas comprimidas. " <i>SF reduction</i> " para reducir el factor de ensanchamiento, " <i>Puncturing</i> " para perforación, y " <i>Scheduling</i> " para planificación de alto nivel. Nota: Perforación puede ser utilizada solo si son utilizadas tramas de posiciones fijas. Similarmente, planificación de alto nivel puede ser utilizada solo si son utilizadas tramas de posiciones flexibles.
<i>Radio frame length</i>	Entero	Longitud de la trama radio en modo normal (no comprimido).
<i>DTX Symbol</i>	Doble	Valor utilizado para los bits DTX insertados.

Las entradas al bloque *DTX Processing* se indican en la tabla E.120.

Tabla E.120. Entradas al bloque *DTX Processing*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Datos para insertar o remover bits DTX.
<i>tfc</i>	Matriz, Long	Matriz de posiciones de trama y tamaños de bloque para cada canal de transporte en el formato de combinación actual. Este pin debe ser conectado al bloque <i>Select TFC</i> .

La salida del bloque *DTX Processing* se indica en la tabla E.121.

Tabla E.121. Salidas del bloque *DTX Processing*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
--------	--------------	-------------

<i>out</i>	Vector, Real	Resultado de la operación DTX.
------------	-----------------	--------------------------------

El bloque *3GPP Decoder* ejecuta todos los tipos de decodificación de canal. 3GPP especifica tres esquemas de codificación de canal: no codificado (*uncoded*), convolucional (*convolutional*), y turbo. Para codificación convolucional, se utiliza el decodificador de Viterbi con decisión suave. Para códigos turbo, el decodificador MAO con decisión suave es utilizado. Para el decodificador MAP, se asume que la entrada a este bloque ha sido apropiadamente multiplicada por un factor de escala o amplitud. El diagrama correspondiente al bloque *3GPP Decoder* se muestra en la figura E.47.

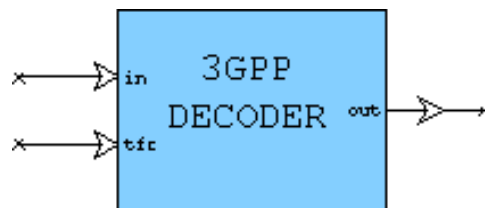


Figura E.47. Bloque *3GPP Decoder*.

El bloque incluye un parámetro para seleccionar el método de decodificación a utilizar con los datos codificados. La codificación puede ser convolucional, turbo o no codificado (*uncoded*). Si el esquema no codificado es seleccionado, la entrada pasa de manera directa a la salida.

Si codificación convolucional o turbo es seleccionada, se revisa la longitud de la entrada para determinar si el dato fue segmentado en el transmisor. Bloques con tamaño mayor a 504 son segmentados en pequeños bloques para codificación convolucional. bloques con tamaños mayores a 5114 bits son segmentados en pequeños bloques para codificación turbo. La segmentación de bloques es realizada por el bloque *Code Segment/Desegment*.

Los parámetros definidos en el bloque *3GPP Decoder* se indican en la tabla E.122.

Tabla E.122. Parámetros bloque 3GPP Decoder.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Encoding scheme</i>	Cadena	Selecciona el método de codificación de canal utilizado por el codificador. Este puede ser no codificado (<i>uncoded</i>), convolucional (<i>convolutional</i>), o turbo.
<i>Coding Rate</i>	Cadena	Configura la tasa de codificación utilizado por el codificador. Este debe ser uno para no codificado (<i>uncoded</i>), 1/3 para turbo, y 1/2 o 1/3 para datos codificados convolucionalmente (<i>convolutional</i>).
<i>Number of iterations</i>	Entero	Número de iteraciones en los datos al utilizar la decodificación de códigos turbo.
<i>Decoding method</i>	cadena	Selecciona los métodos de decodificación MAP o Max-Log para decodificación de datos codificados con codificación turbo.
<i>Max-Log scaling factor</i>	Doble	Configura el factor de escala o amplitud a aplicar a la salida si el método Max-Log fue seleccionado como decodificador turbo. Un valor igual a 0.7 es una buena escogencia.
<i>CRC generator polynomial</i>	Cadena	Polinomio utilizado para generar el código CRC para cada bloque de datos. Cuando se utiliza el método de detección de velocidad ciego <i>blind rate detection</i> para códigos convolucionales, el campo CRC es verificado para todos los puntos de finalización Trellis para determinar la velocidad de transmisión de datos de envío. Este parámetro es ignorado excepto para el esquema de codificación convolucional y la detección ciega de formato (<i>blind format detection</i>).
<i>Minimum Segment Size</i>	Entero	Determina la mínima longitud mínima de cualquier segmento a decodificar.

<i>Maximum Segment Size</i>	Entero	Determina la máxima longitud de cualquier segmento a decodificar.
<i>Truncation path length</i>	Entero	Número de símbolos a mantener en la memoria de profundidad de rastreo (<i>trace back</i>) en el decodificador de Viterbi. Después de que este número de símbolos son ingresados al decodificador, se decide cual debe ser el primer símbolo de salida. Solo es utilizado para datos codificados convolucionalmente.
<i>Metric normalization</i>	Cadena	Especifica si la métrica de trayecto en el decodificador de Viterbi debe ser normalizada por la mínima métrica de trayecto en cada etapa. Este parámetro es ignorado para datos con codificación de canal turbo o no codificados.
<i>Metric attributes</i>	Cadena	Utilizado para configurar atributos de punto fijo a las métricas de trayecto en el decodificador de Viterbi. Este parámetro es ignorado excepto para el esquema de codificación convolucional y bloques de punto fijo (Fxp).
<i>Blind format detection</i>	cadena	Se configura en 'yes' para ejecutar una detección del formato sin conocimiento del campo TFC o cuando este no es incluido en el DPCCH. Solo es utilizado para datos codificados convolucionalmente y cuando se utilizan posiciones fijas de los campos en la trama radio.
<i>Number of CRC bits</i>	Entero	Número de bits CRC en cada bloque de datos.
<i>Value of D</i>	Doble	Utilizado en detección ciega del formato y datos codificados convolucionalmente. Valor utilizado para determinar si el CRC debe ser verificado. Si el factor de error es menor a este valor, el CRC es verificado.

<i>TTI (ms)</i>	Entero	TTI para el canal. Este valor solo puede ser 10, 20, 40, o 80.
<i>TFC file</i>	Cadena	Ruta al archivo TFC. Este archivo especifica todas las combinaciones permitidas de tamaños de conjuntos de bloques para todos los canales de transporte.
<i>Transport Channel</i>	Entero	canal de transporte a decodificar.

Las entradas al bloque *3GPP Decoder* se indican en la tabla E.123.

Tabla E.123. Entradas al bloque *3GPP Decoder*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Datos recibidos por el canal de transporte seleccionado en un TTI.
<i>tfc</i>	Matriz, Long	Matriz que describe la combinación de formato de transporte utilizada en el TTI configurado. Este es utilizado por el decodificador de Viterbi para determinar el formato de transporte si la detección ciega de formato no es utilizada. Si es conectado, este pin deberá ser conectado al bloque <i>Select TFC</i> .

Las salidas del bloque *3GPP Decoder* se indican en la tabla E.124.

Tabla E.124. Salidas del bloque *3GPP Decoder*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
--------	--------------	-------------

<i>out</i>	Vector, Real	Datos decodificados.
------------	-----------------	----------------------

Internamente en el bloque *3GPP Decoder* se encuentran los bloques:

- *Viterbi Decoder*.
- *Turbo Decoder*.

El bloque *Viterbi Decoder* decodifica los segmentos de datos que fueron codificados convolucionalmente (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008). El diagrama correspondiente al bloque *Viterbi Decoder* se muestra en la figura E.48.



Figura E.48. Bloque *Viterbi Decoder*.

Este bloque ejecuta el proceso de decodificación de Viterbi de los bloques de entrada de datos. Este bloque asume decisión suave, asume bits de cola con valor igual a 0, puede decodificar múltiples bloques de datos simultáneamente, y puede ejecutar detección ciega de formato *blind format detection*.

La entrada es una matriz de datos donde cada fila de la matriz es una secuencia separada a decodificar.

Un parámetro de bloque controla si se utilizará detección ciega de formato. Si la detección ciega de formato es deshabilitada (*off*), el bloque lee el formato de transporte actual del pin *tfc*. Si la detección ciega de formato es habilitada (*on*), el bloque utiliza el algoritmo de (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008) para determinar el mejor formato. En este algoritmo un factor de error $s(n)$ es calculado en cada punto final potencial de la secuencia, como se indica en la ecuación E.39.

$$s(n) = -10 * \log_{10} \frac{a_0(n) - a_{min}(n)}{a_{max}(n) - a_{min}(n)} \quad (\text{E.39})$$

Donde, $a_i(n)$ es la métrica de trayecto para el trayecto i_{esimo} en el punto n . Si este factor de error es menor que el factor D especificado como parámetro, entonces se determina que la secuencia es interesante y la secuencia es decodificada y el CRC verificado. Si el CRC pasa, esta secuencia es mantenida. la salida final es la secuencia que pasa la prueba CRC y tiene el menor factor de error. Si ningún punto final potencial pasa la prueba CRC, el punto final con el mejor valor $s(n)$ se coloca en la salida.

los posibles puntos finales de las secuencias son determinados por lectura del archivo TFC. Este archivo contiene una lista de todos los posibles conjuntos de bloques de entrada y combinaciones de tamaño de bloque para todos los canales de transporte.

Este bloque puede ser pensado como el inverso de la combinación de bloques *Vector CRC* y *Convolutional Encoder*.

Los parámetros definidos en el bloque *Viterbi Decoder* se indican en la tabla E.125.

Tabla E.125. Parámetros bloque *Viterbi Decoder*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Generator polynomial file</i>	Cadena	Archivo que contiene los polinomios generadores para la codificación convolucional.
<i>Truncation path length</i>	Entero	Número de símbolos a mantener en la memoria de profundidad de rastreo (<i>trace back</i>) en el decodificador de Viterbi. Después de que este número de símbolos son ingresados al decodificador, se decide cual debe ser el primer símbolo de salida.
<i>Metric normalization</i>	Cadena	Especifica si la métrica de trayecto en el decodificador de Viterbi debe ser normalizada por la mínima métrica de trayecto en cada etapa. Este debe ser fijado a no.

<i>Metric attributes</i>	cadena	Si el bloque es fijado a punto fijo, este parámetro permite a los atributos de acumulación de métrica ser configurados de manera independiente de los atributos de entrada y salida.
<i>Transport format combination file</i>	Cadena	Ruta al archivo TFC. Este archivo especifica todas las combinaciones permitidas de tamaños de conjuntos de bloques para todos los canales de transporte.
<i>Transport Channel Number</i>	Entero	Canal de transporte a decodificar.
<i>Transmission time interval (ms)</i>	Entero	Tiempo para transmitir los datos del canal de transporte. Este valor debe ser 10, 20, 40, o 80.
<i>Blind format detection</i>	cadena	Selecciona si la detección ciega del formato es ejecutada por el bloque. Si se configura en no, el pin tfc debe ser conectado debido a que esta señal información acerca de la combinación de formato de transporte actual.
<i>Value of D</i>	Doble	Valor utilizado para determinar si el CRC de los puntos finales potenciales debe ser verificado. Si el factor de error en el punto final es menor a este valor, el CRC es verificado.
<i>Number of CRC bits</i>	Entero	Número de bits CRC en la secuencia codificada.
<i>CRC generator polynomial</i>	Cadena	Polinomio generador del CRC. El orden es igual al número de bits CRC menos 1.
<i>CRC initial register contents</i>	Cadena	Contenidos de los registros al inicio del cálculo CRC. El orden es igual al número de bits CRC menos 1.
<i>First bit input</i>	Cadena	Determina si el primer bit de entrada es el coeficiente del término de más alto orden (MSB) o el término de más bajo orden (LSB)).

<i>First bit output</i>	<i>Cadena</i>	Determina si el primer bit de salida es el coeficiente del termino de más alto orden (MSB) o el termino de más bajo orden (LSB)).
-------------------------	---------------	---

Las entradas al bloque *Viterbi Decoder* se indican en la tabla E.126.

Tabla E.126. Entradas al bloque *Viterbi Decoder*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	matriz, Real	Bloques de datos codificados. Cada fila de la matriz es un bloque separado de datos a decodificar.
<i>tfc</i>	Matriz, <i>Long</i>	Matriz de posiciones de trama y tamaños de bloque para cada canal de transporte en la combinación de formato actual. Este debe ser conectado al bloque <i>Select TFC</i> .

Las salidas del bloque *Viterbi Decoder* se indican en la tabla E.127.

Tabla E.127. Salidas del bloque *Viterbi Decoder*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Matriz, Real	Datos decodificados. Cada fila es un bloque de datos decodificado separadamente

El bloque *Turbo Decoder* decodifica los segmentos de datos que fueron codificados con codificación de canal turbo. El diagrama correspondiente al bloque *Turbo Decoder* se muestra en la figura E.49.



Figura E.49. Bloque *Turbo Decoder*.

Este bloque decodifica un código turbo de tasa de codificación 1/3 producido por el bloque *Turbo Encoder*. El método utilizado para decodificar el código turbo es un algoritmo iterativo MAP (*maximum a posteriori*). Dos implementaciones del algoritmo MAP son provistas en este bloque: el MAP estándar (o log-MAP) y el Max-Log *faster* (o Max-Log-MAP). El método MAP es exacto pero es lento y exige altos recursos computacionales y requiere que la entrada se encuentre apropiadamente multiplicada por un factor de escala o amplitud. El método Max-Log es más rápido y no requiere de aplicar un factor de escala a la entrada pero es una aproximación la cual presenta ligeramente peor desempeño para canales AWGN pero desempeño similar para canales con desvanecimiento en comparación con el método MAP.

La señal recibida es segmentada en segmentos código individuales utilizando el bloque *Code Segment/Desegment*. los segmentos código son decodificados separadamente pero simultáneamente. Los segmentos son repetidos N veces (donde N es el número de iteraciones) y demultiplexados en la secuencia de entrada (X), la secuencia de paridad (Z) para la secuencia de entrada, y la secuencia de paridad (Z') para la versión entrelazada de la secuencia de entrada.

Las secuencias no entrelazadas X y Z son aplicadas al bloque *MAP Decoder* con las relaciones de verosimilitud log priori fijadas a cero. (Note que el conmutador es fijado a abajo sobre la primera iteración). Las resultantes relaciones de verosimilitud log son entonces entrelazadas y utilizadas como las relaciones de verosimilitud log priori en el decodificador MAP aplicado a las secuencias entrelazadas X' y Z'. las relaciones de verosimilitud log de salida son entonces realimentadas como las relaciones de verosimilitud log log priori al primer decodificador MAP para operar sobre las secuencias no entrelazadas X y Z nuevamente. (Note que ahora el conmutador esta en la posición arriba.)

Después de que los decodificadores MAP han iterado el número correcto de ve-

ces, la secuencia de entrada de máxima verosimilitud es seleccionada para cada segmento código. los segmentos código concatenados y puestos en la salida del bloque. Si el bloque de segmentación de código adiciona ceros para igualar la longitud de los segmentos, esos ceros están presentes en la salida y deberán ser removidos.

Los parámetros definidos en el bloque *Turbo Decoder* se indican en la tabla E.128.

Tabla E.128. Parámetros bloque *Turbo Decoder*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Recursive Convolutional Coder File</i>	Cadena	Archivo con información sobre el polinomio generador del codificador Turbo. Ver el bloque <i>Recursive Convolutional Encoder</i> para descripción del formato de este archivo.
<i>Decoding method</i>	cadena	Selecciona los métodos de decodificación MAP o Max-Log como métodos de decodificación.
<i>scaling factor for Max-Log</i>	Doble	Configura el factor de escala o amplitud a aplicar a la salida si el método Max-Log fue seleccionado como decodificador turbo. Un valor igual a 0.7 es una buena escogencia.
<i>Number of Iterations</i>	Entero	Número de iteraciones en los datos antes de seleccionar la secuencia de máxima verosimilitud.
<i>Number of Tail Bits</i>	Entero	Número de bits de cola producidos por el codificador, los cuales son iguales a la longitud de restricción del codificador menos uno.
<i>Decoder active</i>	Cadena	Si es configurado en no, el decodificador se detendrá de manera que no haga uso de ningún tiempo de CPU.

La entrada al bloque *Turbo Decoder* se indica en la tabla E.129.

Tabla E.129. Entradas al bloque *Turbo Decoder*.

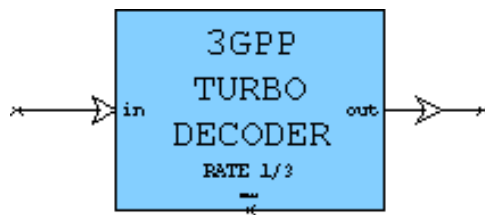
Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Secuencia recibida codificada turbo.

La salida del bloque *Turbo Decoder* se indica en la tabla E.130.

Tabla E.130. Salidas del bloque *Turbo Decoder*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Real	Estimación de máxima verosimilitud de la secuencia no codificada original.

El bloque *MAP Decoder* implementa el decodificador turbo MAP. El diagrama correspondiente al bloque *MAP Decoder* se muestra en la figura E.50.

Figura E.50. Bloque *MAP Decoder*.

El bloque transforma las relaciones de verosimilitud log a priori en las relaciones de salida de verosimilitud log posteriori. Estas relaciones de verosimilitud log pueden iterarse hasta obtener la secuencia de entrada más probable.

La relación de verosimilitud log se muestra en la ecuación E.40.

$$L(u_k) = \frac{\log(p(u_k = 1))}{\log(p(u_k = -1))} \quad (\text{E.40})$$

Donde, u_k es el k_{esimo} bit codificado.

Este bloque transforma la relación de entrada de verosimilitud log apriori en una relación de verosimilitud log posteriori como la indicada en la ecuación E.41.

$$L(u_k|y) = \frac{\log(p(u_k = 1|y))}{\log(p(u_k = -1|y))} \quad (\text{E.41})$$

Donde $L(u_k|y)$ es la relación de verosimilitud log del k_{esimo} bit codificado dada la secuencia recibida y.

El bloque estima la máxima verosimilitud de la secuencia de entrada dad por la secuencia y. Este bloque opera sobre múltiples segmentos de código simultáneamente. Las entradas y salidas son matrices donde cada fila es un segmento código diferente a ser decodificado. La operación de decodificación es ejecutada independientemente sobre cada fila de la matriz.

Los parámetros definidos en el bloque *MAP Decoder* se indican en la tabla E.131.

Tabla E.131. Parámetros bloque *MAP Decoder*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Generator Input File</i>	Cadena	Archivo que contiene información de los polinomios generadores para el codificador turbo. Ver la descripción del formato de este archivo en el bloque <i>Recursive Convolutional Encoder</i> .
<i>Decoding method</i>	cadena	Selecciona los métodos de decodificación MAP o Max-Log como métodos de decodificación.
<i>scaling factor for Max-Log</i>	Doble	Configura el factor de escala o amplitud a aplicar a la salida si el método Max-Log fue seleccionado como decodificador turbo. Un valor igual a 0.7 es una buena escogencia.

Las entradas al bloque *MAP Decoder* se indican en la tabla E.132.

Tabla E.132. Entradas al bloque *MAP Decoder*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>Apriori Prob.</i>	Matriz, Real	Relaciones de verosimilitud log a priori. Cada fila representa un segmento de código independiente.
<i>Info Bits</i>	Matriz, Real	Bits de información recibidos. Cada fila representa un segmento de código independiente.
<i>Parity Bits</i>	Matriz, Real	Bits de paridad recibidos. Cada fila representa un bloque de bits de paridad independiente.

La salida del bloque *MAP Decoder* se indica en la tabla E.133.

Tabla E.133. Salidas del bloque *MAP Decoder*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>Extrinsic Information</i>	Matriz, Real	Relaciones de verosimilitud log a posteriori. Cada fila representa un segmento de código independiente.
<i>Aposteriori Estimates</i>	Vector, Real	Estimación de máxima verosimilitud de la secuencia de entrada. Cada fila representa un segmento de código independiente.

El bloque *Reblock Data* nuevamente da formato a los datos decodificados en conjuntos de bloques. Esto es realizado por comparación de la longitud del vector de entrada contra todas las posibles longitudes del conjunto de bloques (*blockset*) en el archivo TFC encontrando una relación. Este bloque ubica al vector de entrada dentro de un conjunto de bloques de datos, removiendo cualquier bit de relleno adicionado por el bloque de segmentación código en el transmisor. Este bloque también verifica el CRC para cada bloque y reporta el número de errores CRC para cada bloque como un elemento en el vector *CRC_fail*. El diagrama correspondiente

al bloque *Reblock Data* se muestra en la figura E.51.

El diagrama correspondiente al bloque *Reblock Data* se muestra en la figura E.51.

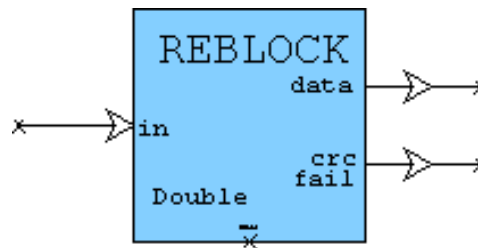


Figura E.51. Bloque *Reblock Data*.

Este bloque da formato a los bloques de datos de entrada en un conjunto de bloques y verifica el CRC de cada bloque. El bloque compara la longitud del vector de entrada contra todas las posibles longitudes listadas en el archivo TFC. Si una coincidencia es encontrada, se asume que esta fue la combinación enviada y se divide la entrada de datos en el número de bloques listados en la combinación. Los bits CRC son removidos de cada bloque para producir la matriz de salida de datos decodificados. Cada fila de la matriz de salida es un bloque independiente de datos decodificados.

los bits CRC de cada bloque son comparados con los bits CRC generados de cada bloque de datos decodificados, y el número de errores CRC para cada bloque es reportado en el vector de salida *CRC_fail*.

Si ninguna coincidencia es encontrada para el vector de entrada, una matriz de salida de 1x1 es generada con el valor de -1 para indicar que ninguna coincidencia fue encontrada y un mensaje de advertencia es producido. Esto sucede al inicio de la simulación cuando el receptor y el decodificador son inicializados con bloques falsos (*dummy*) a través del sistema. Esto también sucedera si los canales son deshabilitados durante un TTI.

Los parámetros definidos en el bloque *Reblock Data* se indican en la tabla E.134.

Tabla E.134. Parámetros bloque *Reblock Data*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción

<i>Transport format combination file</i>	Cadena	Ruta al archivo TFC. Este archivo especifica todas las combinaciones permitidas de tamaños de conjuntos de bloques para todos los canales de transporte.
<i>Transport Channel Number</i>	Entero	Número de canal del canal de transporte. Este determina la columna en el archivo TFC a utilizar.
<i>Number Of CRC Bits</i>	Entero	Número de bits CRC adjuntados a cada bloque de datos.
<i>CRC generator polynomial</i>	Cadena	Polinomio generador del CRC. El valor es especificado en octal (iniciando con 0) o hexadecimal (iniciando con 0x) . El termino de más alto orden no es incluido. Por ejemplo el polinomio generador $g(D) = D^8 + D^7 + D^4 + D^3 + D + 1$ se especifica como 0x9b o 0233.
<i>First input bit into CRC</i>	Cadena	Determina si el primer en cada fila de la entrada es el coeficiente de más alto orden (MSB) o el termino de más bajo orden (LSB).
<i>First output bit from CRC</i>	Cadena	Determina si el primer bit CRC es el coeficiente de más alto orden (MSB) de los restantes o el termino de más bajo orden (LSB).
<i>CRC initial register contents</i>	Cadena	Contenido inicial del registro CRC al inicio de cada calculo CRC, $r(x)$. El orden de este polinomio es igual al número de bits CRC menos 1. El polinomio es especificado como una cadena octal o hexadecimal similar al polinomio CRC excepto que el termino de más alto orden es incluido.

La entrada al bloque *Reblock Data* se indica en la tabla E.135.

Tabla E.135. Entradas al bloque *Reblock Data*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Datos a los cuales se les dar nuevamente formato en bloques.

Las salidas del bloque *Reblock Data* se indican en la tabla E.136.

Tabla E.136. Salidas del bloque *Reblock Data*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>Data</i>	Matriz, Real	Entrada con un nuevo formato en una matriz de bloques de datos con los bits CRC removidos. Cada fila en la matriz de salida es un bloque de datos separado.
<i>crc_fail</i>	Vector, Real	Contabiliza el número de errores CRC en cada bloque de datos. El primer elemento es el número de errores CRC en el primer bloque, el cual es la primera fila de los datos de salida.

BLER/BER

Este bloque calcula y despliega la tasa de errores de bloque (BLER), la tasa de error de bit (BER) y la Tasa de error de Decisión (DER, *Decision Error Rate*). Los resultados de simulación son almacenados en un archivo texto de Valores Separados por Coma (CSV) (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

El diagrama correspondiente al bloque *BLER/BER* se muestra en la figura E.52.

Este bloque calcula la tasa de error de bit (BER), la tasa de error de bloque (BLER), y la tasa de error de decisión entre el conjunto de bits recibidos y bits de referencia. El bloque puede reportar también el intervalo de confianza o el límite

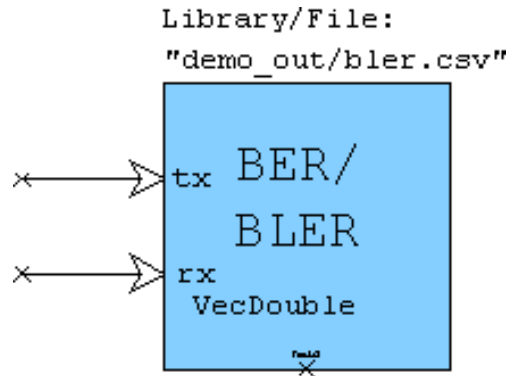


Figura E.52. Bloque *BLER/BER*.

para la estimación y opcionalmente la detección de la simulación la estimación logra una cierta calidad.

la BER es calculado como el número total de elementos diferentes en todo el tiempo dividido por el número total de elementos recibidos en todo el tiempo. La BLER es calculada como el número de bloques con cualquier diferencia en todo el tiempo dividido por el número total de bloques recibidos en todo el tiempo. Un bloque es definido como una entrada si el tipo de bloque es vector. Si el tipo de bloque es una matriz, cada fila de la matriz de entrada es considerada un bloque separado. Finalmente, el reporte de tasa de error de medida o decisión (DER) es calculado como el número de bloques con diferentes longitudes en la comparación de los bloques referencia y recibidos.

Un parámetro de bloque permite a los bits y bloques ser ignorados si no existe una coincidencia en el tamaño (tasa de error de decisión) entre los bloques referencia y recibidos.

Existen dos pruebas separadas de confianza que pueden ejecutarse sobre las estimaciones de BER y BLER. Las pruebas de confianza asumen que los eventos de errores son independientes y por lo tanto el número de errores en la simulación es una distribución de Poisson. La prueba de intervalo de confianza determina el rango de tasas de error para las cuales, con un nivel de confianza especificado, la tasa de error real es contenida. La prueba de límite de confianza determina el limite superior para el cual, con un nivel de confianza especificado, la tasa de error real es menor.

La característica de autodetención permite al bloque parar la simulación de man-

era temprana si ciertas condiciones son encontradas. Esta característica es útil en la generación de curvas BER o BLER en simulaciones con altas tasas de error, debido a que las simulaciones pueden ser detenidas de manera temprana y en esa forma no malgastar tiempo en la simulación. Las condiciones de detección son un número especificado de errores de bit o bloque sucedidos, o que el límite o intervalo de confianza ha alcanzado un cierto límite. Si el modo de detención es configurado a prueba de confianza y la prueba de confianza es una prueba de límite, entonces la simulación parará cuando, con un nivel de confianza especificado, la tasa de error se encuentra por debajo de la tasa de error objetivo. Si el modo de detención es configurado a prueba de confianza y la prueba de confianza a prueba de intervalo, entonces las simulaciones pararán cuando, con un nivel de confianza especificado, los límites superior e inferior de error se encuentran dentro de un número especificado de dBs de la estimación actual.

Los parámetros definidos en el bloque *BLER/BER* se indican en la tabla E.137.

Tabla E.137. Parámetros bloque *BLER/BER*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Path(on block symbol)</i>	Cadena	Ruta al archivo de resultados. Puede ser una ruta absoluta, un nombre de archivo o librería, o un nombre de archivo plano.
<i>Number of inputs to ignore</i>	Entero	Número de entradas a ignorar antes de iniciar el conteo.
<i>Text to add to result titles</i>	Cadena	Texto a adicionar en frente de las etiquetas de BER, BLER y DER en los resultados.
<i>Store BER result</i>	Cadena	Configurar a 'yes' para almacenar los resultados de BER.
<i>Store BLER result</i>	Cadena	Configurar a 'yes' para almacenar los resultados de BLER.
<i>Store size error rate (DER) result</i>	Cadena	Configurar a 'yes' para almacenar los resultados de DER.

<i>Ignore BER/BLER on size mismatch</i>	Cadena	Si es configurado 'con 'yes' los bloques de datos en donde existe un error de decisión de tasa serán ignorados en los cálculos BER y BLER.
<i>Confidence test</i>	cadena	Selecciona la prueba de confianza a realizar. Selecciona 'BLER.Interval', 'BER.Interval', 'BLER.Bound', o 'BER.Bound'. la prueba de intervalo determina el intervalo de confianza de la tasa de error asociada y las pruebas de limite determinan un limite de confianza de la tasa de error asociada.
<i>Confidence percentage</i>	Entero	Selecciona el nivel de confianza. Se debe seleccionar 90, 95 o 99.
<i>Report confidence results</i>	cadena	Configurar a 'yes' para incluir el intervalo de confianza estimado o el limite de confianza junto con el valor estimado en la venta de presentación de resultados de simulación.
<i>Auto stop mode</i>	Cadena	Selecciona la prueba para detención de la simulación. Se selecciona entre 'Disabled', 'Confidence.test', 'Block.errors' o 'Bit.errors'.
<i>Error count max</i>	Entero	Si el modo de auto detención (<i>auto stop mode</i>) es 'Block.errors' o 'Bit.errors', la simulación se detendrá después de que este número de errores haya sido detectado.
<i>target for bound test</i>	Doble	Si el modo de auto detención (<i>auto stop mode</i>) es 'Confidence.test' y la prueba de confianza es 'BLER.Bound' o 'BER.Bound', la simulación se detendrá una vez el limite de confianza este por debajo de este valor.

<i>Range for interval tests (dB)</i>	Doble	Si el modo de auto detención (<i>auto stop mode</i>) es 'Confidence_test' y la prueba de confianza es 'BLER.Interval' o 'BER.Interval', la simulación se detendrá una vez el intervalo de confianza encaje en el rango de valor estimado más o menos este valor en dB.
--------------------------------------	-------	--

Las entradas al bloque *BLER/BER* se indican en la tabla E.138.

Tabla E.138. Entradas al bloque *BLER/BER*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>tx</i>		Entrada de referencia polifórmica. Si el tipo es vector, el vector entero es asimilado como un bloque. Si el tipo es matriz, cada fila de la matriz se asimila a un bloque de datos separado.
<i>rx</i>		Dato recibido polifórmico. Esta entrada es comparada con la entrada <i>tx</i> para determinar BER, BLER y DER.

El bloque *BLER/BER* no presenta ninguna salida.

E.2 Modelo de simulación en el Enlace de Bajada

En esta sección se muestra el modelo de simulación obtenido para el enlace de bajada el cual multiplexa dos canales lógicos DTCH y DCCH en un único canal físico para su transmisión. El enlace de bajada utiliza un modelo de canal. El modelo del receptor es ideal. El modelo permite simular con un cambio de parámetros el enlace de subida para las diferentes velocidades de transmisión de datos de referencia de

12.2, 64, 144 y 384 Kbps (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

El sistema modela una conexión 3GPP en el enlace de bajada con dos canales de transporte. El modelo puede ser utilizado para modelar cualquiera de los canales listados en (3GPP TS 25.101 V8.2.0., 2008). El sistema puede ser fácilmente modificado para adicionar más canales de transporte.

El sistema multiplexa dos canales lógicos, en un único canal de transporte, y finalmente en un único canal físico para su transmisión. Los dos canales de transporte son el DTCH y DCCH. Solo el canal DTCH es decodificado.

Los dos canales pueden variar la velocidad de transmisión de datos en cada intervalo de tiempo de transmisión (TTI) pero todas las combinaciones deben ser listadas en el archivo de Combinación de Formato de Trama (TFC). Este archivo es leído por el bloque *Set TFC* el cual controla la adaptación de velocidad y la asignación de trama de los bloques codificados (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

E.2.1 Transmisor

El diagrama correspondiente al transmisor en el enlace de bajada se muestra en la figura E.53.

Los bloques que componen el transmisor en el enlace de bajada se describen a continuación.

Select TFC

Idem Enlace de subida.

Blockset Generator

Idem Enlace de subida.

Downlink TrCH Encode

Este bloque ejecuta la cadena de codificación: adjunta los bits CRC a cada bloque, concatena los bloques, ejecuta la codificación de canal, adapta la velocidad, adjunta los bits DTX, ejecuta el primer entrelazado, la segmentación de la trama radio, y

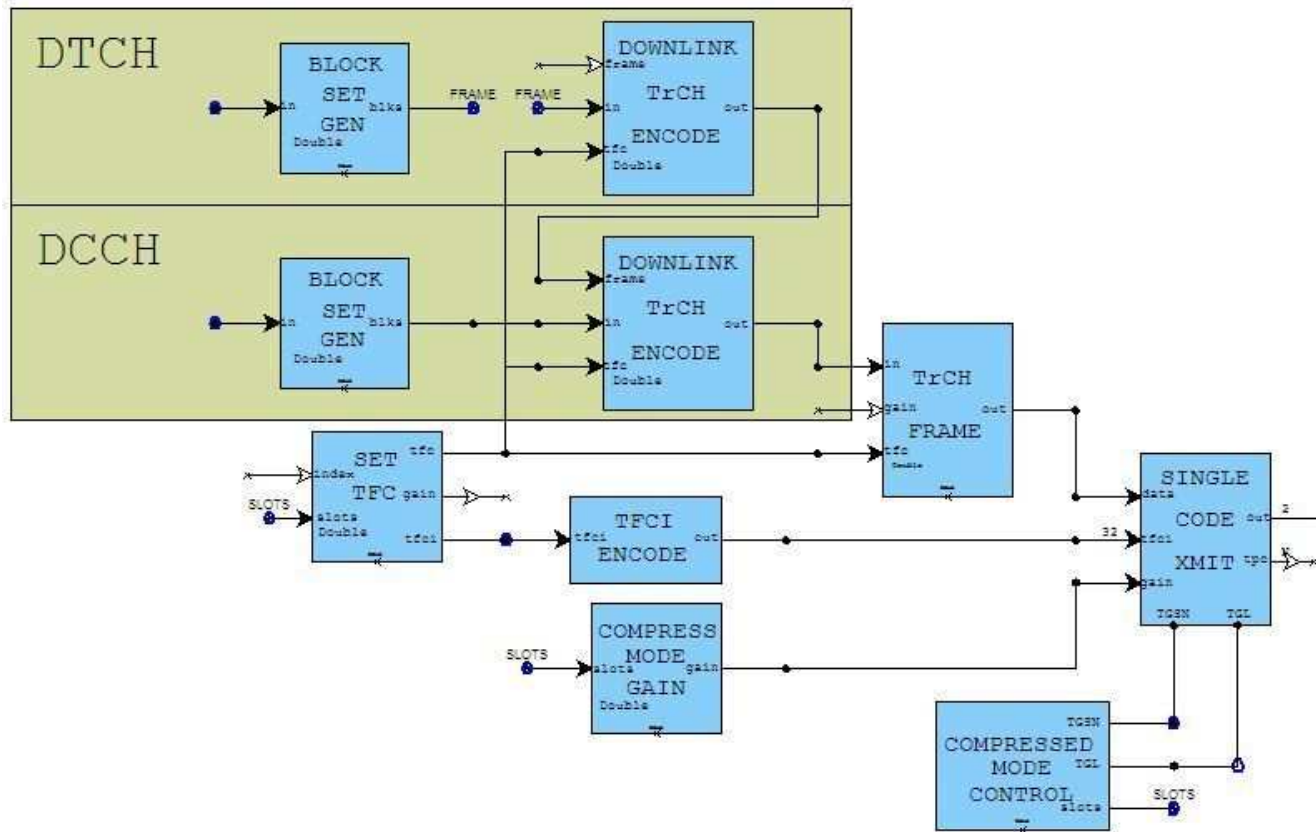


Figura E.53. Transmisor Enlace de Bajada.

finalmente la multiplexación de los canales de transporte (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008; SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

Este bloque provee la codificación y el entrelazado de datos para un canal de transporte en el enlace de bajada. El canal modelado puede ser de velocidad de transmisión de datos fija o variable, con posiciones de trama fijas o flexibles (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

El diagrama correspondiente al bloque *Downlink TrCH Encode* se muestra en la figura E.54.

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink TrCH Encode* diferentes a los definidos en el bloque *Uplink TrCH Encode* en el enlace de subida se indican en la tabla E.139.

Tabla E.139. Parámetros bloque *Downlink TrCH Encode*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Transport channel position type</i>	Cadena	Selecciona el tipo de posición de trama radio. Puede ser configurado a posiciones fijas (<i>fixed</i>) o flexibles (<i>flexible</i>).
<i>Compressed mode type</i>	Cadena	Modo de compresión a ser utilizado para tramas comprimidas. " <i>SF reduction</i> " para reducir el factor de ensanchamiento, " <i>Puncturing</i> " para perforación, y " <i>Scheduling</i> " para planificación de alto nivel. Nota: Perforación puede ser utilizada solo si son utilizadas tramas de posiciones fijas. Similarmente, planificación de alto nivel puede ser utilizada solo si son utilizadas tramas de posiciones flexibles.
<i>Value for DTX bits</i>	Entero	Valor de los bits DTX insertados. Este valor no debe ser igual a 0 o 1. Los bits DTX indican al transmisor cuando interrumpir o apagar la transmisión.
<i>Value for "p" bits</i>	Entero	Valor de los bits p insertados por el primer entrelazador. Este valor no debe ser igual a 0, 1 o el utilizado por los bits DTX. Los bits p indican los bits perforados. Estos bits son removidos posteriormente en el mapeador de símbolos (<i>symbol mapping</i>).

Las entradas al bloque *Downlink TrCH Encode* son iguales a las indicadas para el bloque *Uplink TrCH Encode* en el enlace de subida.

La salida del bloque *Downlink TrCH Encode* se indica en la tabla E.140.

Tabla E.140. Salidas del bloque *Downlink TrCH Encode*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
--------	--------------	-------------

<i>out</i>	Vector, Real	Trama radio de salida obtenida por multiplexación de los datos de este bloque con la trama radio de la trama de entrada.
------------	-----------------	--

Internamente en el bloque *Downlink TrCH Encode* se encuentran los bloques listados a continuación, los cuales de cierta manera con algunos cambios en el orden son los indicados en el bloque *Downlink TrCH Encode* en el enlace de subida, por ello solo se definirán aquellos que impliquen un cambio.

- *Vector CRC.*
- *Code Segment/Desegment.*
- *3GPP Encoder.*
- *Downlink Rate Match.*
- *DTX Processing*
- *First Interleaver.*
- *Block Segment/Desegment.*
- *Radio Frame Mux.*

El bloque *Vector CRC* es similar al utilizado en el enlace de subida.

El bloque *Code Segment/Desegment* es similar al utilizado en el enlace de subida.

El bloque *3GPP Encoder* es similar al utilizado en el enlace de subida.

El bloque *Downlink Rate Match* ejecuta la adaptación de velocidad en el enlace de bajada. Adaptación de velocidad es utilizada en 3GPP para adaptar la cantidad de datos en todos los canales de transporte a la capacidad del canal físico. Los datos son perforados si la cantidad de datos exceden la capacidad del canal. los datos son repetidos si la cantidad de datos es menor a la capacidad del canal. Si posiciones fijas son utilizadas, la adaptación de velocidad en el enlace de bajada

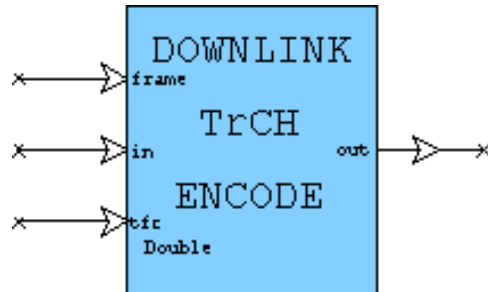


Figura E.54. Bloque *Downlink TrCH Encode*.

busca hacer que la cantidad de perforación o repetición utilizada sea similar para todos los canales de transporte y para todas las posibles velocidades de transmisión de datos. Si posiciones flexibles son utilizadas, la adaptación de velocidad en el enlace de bajada busca hacer que la cantidad de perforación o repetición utilizada sea similar para todos los canales de transporte en la velocidad de transmisión de datos actual. la cantidad de perforación o repetición a ser ejecutada es especificada por la matriz de entrada *tfc*. Este pin debe ser conectado al bloque *Select TFC*. El diagrama correspondiente al bloque *Downlink Rate Match* se muestra en la figura E.55.

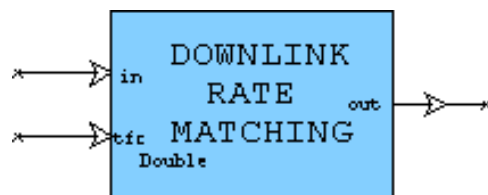


Figura E.55. Bloque *Downlink Rate Match*.

Este bloque ejecuta la adaptación y desadaptación de velocidad para un canal de transporte en el enlace de bajada en concordancia con las especificaciones 3GPP. La adaptación de velocidad permite a los datos que llegan a cualquier velocidad de transmisión de datos razonable ser adaptada a la velocidad de transmisión de datos agregada del canal físico. Si la velocidad de transmisión de datos de entrada es mayor a la soportada por el canal, los datos son perforados para que estos encajen en el ancho de banda disponible. Si la velocidad de transmisión de datos de entrada es menor a la máxima soportada por el canal, los datos son repetidos para que estos encajen en el ancho de banda disponible.

Dado que múltiples canales de transporte pueden ser multiplexados en un único canal físico dando a cada canal de transporte una porción de la trama radio. La asignación de las porciones dentro de la trama radio se realiza por el bloque *Select TFC block*, el cual revisa el tamaño de todos los canales de transporte y determina que cantidad de la trama radio será asignada a cada canal de transporte. Este bloque adapta el tamaño de los datos codificados al tamaño de la trama radio asignada.

En el enlace de bajada, la adaptación de velocidad es siempre realizada con una estricta relación donde el número de bits de salida es igual al número de bits de entrada multiplicados por un factor r ($salida = r * entrada$). El factor r es la relación del número máximo de bits que pueden ser enviados por el canal físico durante el TTI al número máximo de bits que pueden ser enviados durante un TTI cualquiera. Obviamente, si el número de bits a ser enviados es igual al máximo, la capacidad total del canal es utilizada. Si el número de bits es menor que el máximo, la capacidad del canal no es totalmente utilizada y el transmisor es ordenado apagarse mientras no existan bits para enviar. Esto es realizado por el bloque de transmisión discontinua (*DTX Insert*).

El algoritmo utilizado para adaptar las velocidades es similar al algoritmo de trazado de líneas de Bresenham para gráficas en computador. Note que si la velocidad de transmisión de datos de entrada es mayor que la velocidad de transmisión de datos de salida, los datos son perforados. Algoritmos diferentes son utilizados para perforar datos codificados convolucionalmente y con codificación turbo. La perforación de códigos turbo asegura que la secuencia no codificada es no perforada.

Este bloque tiene dos modos; adaptación de velocidad, donde la velocidad variable de entrada de datos es adaptada a la capacidad fija del canal, y desadaptación de velocidad, donde la velocidad fija recibida de datos es restaurada a la velocidad original de transmisión de datos. Si los datos fueron perforados, el algoritmo de desadaptación de velocidad reemplaza los bits perforados con tachaduras (valor igual 0). Si los datos fueron repetidos, el algoritmo de desadaptación de velocidad suma los bits repetidos para producir una mejor estimación de la velocidad (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink Rate Match* se indican en la tabla E.141.

Tabla E.141. Parámetros bloque *Downlink Rate Match*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Transport channel number</i>	Entero	Número de canal para el canal de transporte. los canales de transporte son numerados de 0 a N-1, donde N es el número de canales de transporte multiplexados en un canal físico compartido.
<i>Transport channel position type</i>	Cadena	Selecciona el tipo de posición de trama radio. Puede ser configurado a posiciones fijas (<i>fixed</i>) o flexibles (<i>flexible</i>). En posiciones flexibles, bits DTX son adicionados al final de la trama radio para completar la trama. En posiciones fijas, bits DTX son adicionados después de la parte de cada canal de transporte en la trama radio tal que la posición de cada canal de transporte en la trama radio es constante.
<i>Transport channel coding type</i>	Cadena	Selecciona el método de codificación de canal utilizado por el codificador. Este puede ser no codificador (<i>uncoded</i>), convolucional (<i>convolutional</i>), o turbo.
<i>Transmission time interval (ms)</i>	Entero	Duración de tiempo en el cual los datos de entrada son transmitidos. Este valor puede ser solo 10, 20, 40, o 80.
<i>Rate match or de-match</i>	Cadena	Selecciona el modo de operación, el cual puede ser adaptador de velocidad (<i>rate matching</i>) o desadaptador de velocidad (<i>rate de-matching</i>).

Las entradas al bloque *Downlink Rate Match* se indican en la tabla E.142.

Tabla E.142. Entradas al bloque *Downlink Rate Match*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Vector de datos codificados.
<i>tfc</i>	Matriz, Long	Matriz de asignación de posiciones en la trama radio para los diferentes canales de transporte. cada fila en esta matriz es la información correspondiente a cada canal de transporte. Este debe ser conectado al bloque <i>Select TFC</i> .

La salida del bloque *Downlink Rate Match* se indica en la tabla E.143.

Tabla E.143. Salidas del bloque *Downlink Rate Match*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Real	Vector de datos adaptado en velocidad a la porción asignada de la trama radio a este canal de transporte.

El bloque *DTX Processing* ejecuta transmisiones discontinuas si posiciones fijas en las tramas son utilizadas. Si la cantidad de datos a ser enviada es menor al tamaño máximo de datos, la salida del bloque adaptador de velocidad es rellenada al final con bits DTX para llenar el espacio reservado en la trama radio para este canal de transporte. El valor de los bits DTX se configura como un parámetro de bloque y debe ser diferente de 0 o 1. Las demás características de este bloque son similares a las detalladas en el enlace de subida.

El bloque *First Interleaver* entrelaza la salida de DTX para minimizar el efecto de los errores en ráfaga. 3GPP especifica dos pasos separados de entrelazado. El segundo paso de entrelazado es realizado fuera del bloque de *First Interleaver*. Si el modo compresión es perforación *puncturing* y el TTI actual incluye tramas com-

primidas, este bloque también inserta bits p al inicio de cualquier trama comprimida. los bits p son posteriormente removidos en el mapeo de símbolos para generar una interrupción de transmisión. El valor de los bits p es configurado como un parámetro del bloque y debe ser diferente a 0, 1 o el valor de los bits DTX. El número de bits p a insertar es determinado de la entrada *tfc*, la cual debe ser conectada al bloque *Select TFC block*. Las demás características de este bloque son similares a las detalladas en el enlace de subida.

El bloque *Block Segment/Desegment* es similar al utilizado en el enlace de subida.

El bloque *Radio Frame Mux* es similar al utilizado en el enlace de subida.

TFCI Encode

Idem Enlace de subida.

Compressed Mode Gain

Este bloque calcula la ganancia de potencia en modo compresión en el enlace de bajada.

El diagrama correspondiente al bloque *Compressed Mode Gain* se muestra en la figura E.56.

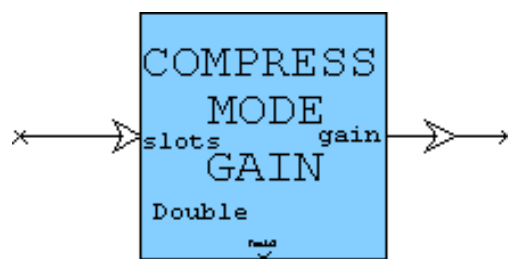


Figura E.56. Bloque *Compressed Mode Gain*.

En modo compresión por perforación (*puncturing*), la ganancia de potencia en dB es calculada haciendo uso de la ecuación E.42.

$$\max 10 \log(15F_i / (15F_i - TGL_i))_{i=1..n} \quad (\text{E.42})$$

Donde, n es el número de TTIs en la trama actual, F_i es la longitud del TTI, y TGL_i es la suma de las ranuras de interrupción del mismo TTI.

En el modo de compresión por reducción del factor de ensanchamiento (*spreading factor (SF) reduction*), la ganancia es $\sqrt[2]{2}$ para tramas comprimidas y 1 para tramas no comprimidas. En modo no comprimido o modo compresión por planificación (*scheduling*), la ganancia es 1 para todas las tramas. El bloque lee la ranura $maxF_i$ y cuenta simultáneamente en sus salidas y entrada el mismo número de valores de ganancia de potencia (3GPP TS 25.214 V8.1.0 , 2008).

Los parámetros definidos en el bloque *Compressed Mode Gain* se indican en la tabla E.144.

Tabla E.144. Parámetros bloque *Compressed Mode Gain*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Compressed mode type</i>	Cadena	Modo de compresión a ser utilizado para tramas comprimidas. " <i>SF reduction</i> " para reducir el factor de ensanchamiento, " <i>Puncturing</i> " para perforación, y " <i>Scheduling</i> " para planificación de alto nivel. Nota: Perforación puede ser utilizada solo si son utilizadas tramas de posiciones fijas. De manera similar, planificación de alto nivel puede ser utilizada solo si son utilizadas tramas de posiciones flexibles.
<i>Number of channels</i>	Entero	Número de canales o TTIs.
<i>Channel TTI (ms)</i> 0..7	Entero	TTI para canales número 0 a 7. los valores posibles son 10, 20, 40 o 80 ms.

La entrada al bloque *Compressed Mode Gain* se indica en la tabla E.145.

Tabla E.145. Entrada del bloque *Compressed Mode Gain*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
---------	--------------	-------------

<i>slots</i>	Doble	Número de ranuras utilizadas. Normalmente son 15, excepto en modo compresión debido a la interrupción de transmisión.
--------------	-------	---

La salida del bloque *Compressed Mode Gain* se indica en la tabla E.146.

Tabla E.146. Salidas del bloque *Compressed Mode Gain*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>gain</i>	Doble	Ganancia de potencia lineal calculada.

Downlink Frame Processing

Este bloque ejecuta todo el procesamiento de la trama radio. los pasos son: Segunda inserción DTX, segundo entrelazado y mapeo de símbolos.

El diagrama correspondiente al bloque *Downlink Frame Processing* se muestra en la figura E.57.

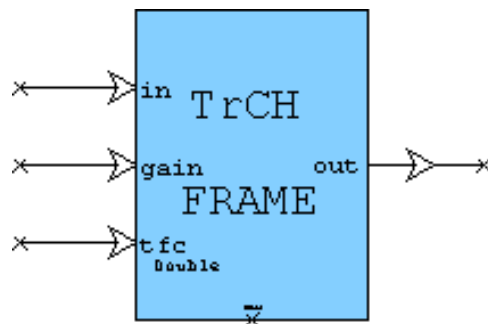


Figura E.57. Bloque *Downlink Frame Processing*.

Este bloque provee el procesamiento de la trama radio para el canal físico en el enlace de bajada (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Las entradas al bloque son las tramas radio constituidas por canales de transporte multiplexados, la matriz de combinación del formato de transporte desde el bloque *Downlink TrCH Encode*, y la ganancia para el canal. La salida es la trama radio del canal físico de datos físico dedicado en forma antípoda.

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink Frame Processing* se indican en la tabla E.147.

Tabla E.147. Parámetros bloque *Downlink Frame Processing*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Nominal DPDCH Power</i>	Doble	Potencia de transmisión si la entrada de ganancia es no conectada o configurada a 1.
<i>Size of normal frames</i>	Entero	Longitud de la trama radio en modo no comprimido.
<i>Value for DTX bits</i>	Entero	Valor utilizado para indicar un bit DTX. Estos bits son remplazados con 0 por el bloque de mapeo de símbolos (<i>symbol mapping</i>). El transmisor se apaga durante este periodo de bit.
<i>Value for "p" bits</i>	Entero	Valor utilizado para indicar un bit p. Estos bits son removidos por el mapeador de símbolos (<i>symbol mapping</i>) para producir una trama radio más pequeña que lo normal, cuando ingresa el modo compresión por perforación <i>puncturing</i> .
<i>Compressed mode type</i>	Cadena	Modo de compresión a ser utilizado para tramas comprimidas. " <i>SF reduction</i> " para reducir el factor de ensanchamiento, " <i>Puncturing</i> " para perforación, y " <i>Scheduling</i> " para planificación de alto nivel. Nota: Perforación puede ser utilizada solo si son utilizadas tramas de posiciones fijas. Similarmente, planificación de alto nivel puede ser utilizada solo si son utilizadas tramas de posiciones flexibles.

<i>Size of compressed frames</i>	Entero	Longitud de una trama radio en modo compresión.
----------------------------------	--------	---

Las entradas al bloque *Downlink Frame Processing* se indican en la tabla E.148.

Tabla E.148. Entradas del bloque *Downlink Frame Processing*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Vector de bits que representa la trama radio para el DPDCH.
<i>gain</i>	Real	Ganancia extra a aplicar a la salida. Este puede ser utilizado para alterar la potencia instantánea del DPDCH.
<i>tfc</i>	Matriz, Long	Matriz de medidas de trama para cada canal de transporte en la combinación de formato de transporte seleccionado. Este debe ser conectado al bloque <i>Select TFC</i> .

La salida del bloque *Downlink Frame Processing* se indica en la tabla E.149.

Tabla E.149. Salidas del bloque *Downlink Frame Processing*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector, Real	DPDCH al nivel de potencia adecuado listo para ensanchamiento.

Internamente en el bloque *Downlink Frame Processing* se encuentran los siguientes bloques:

- *DTX Processing*.
- *Symbol Mapping*.
- *Second Interleaver*.

El bloque *DTX Processing* inserta bits DTX para llenar la trama radio si posiciones flexibles son utilizadas al formar la trama (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008). Las demás características de este bloque son similares a las detalladas en el enlace de subida y en la primera inserción en el enlace de bajada.

El bloque *Symbol Mapping* mapea desde símbolos a una señal. Cualquier bit p insertado por el primer entrelazador para indicar bits perforados es removido, y los datos se corren a la izquierda para permitir la interrupción de transmisión. Los bits DTX insertados ya sea por el segundo o primer bloque de inserción DTX son mapeados a un valor igual a 0. Finalmente, una entrada de 0 es mapeada a A y una entrada de 1 es mapeada a $-A$, donde A es igual a $gain * \sqrt{DPDCH_Power}$, $gain$ es la entrada que define la ganancia de la señal y $DPDCH_Power$ se define como un parámetro del bloque (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008). Las demás características de este bloque son similares a las detalladas en el enlace de subida.

El bloque *Second Interleaver* entrelaza los datos sobre la trama radio entera. Este es el segunda etapa de entrelazado (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008). Las demás características de este bloque son similares a las detalladas en el enlace de subida.

Compressed Mode Control Block

Este bloque genera la Longitud de la Interrupción de Transmisión (TGL) y la señal de control del Número de Ranura de Inicio de Interrupción de Transmisión (TGSN) para cada trama acorde al patrón de modo compresión. Las señales de control son utilizadas tanto por el transmisor como por el receptor.

El diagrama correspondiente al bloque *Compressed Mode Control* se muestra en la figura E.58.

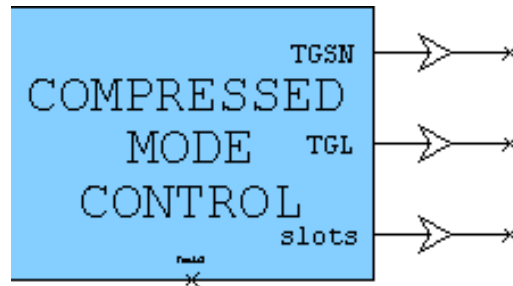


Figura E.58. Bloque *Compressed Mode Control*.

Este bloque genera las señales de control TGL y TGSN, las cuales son necesarias en el modo compresión, desde un conjunto de parámetros patrón. El patrón de interrupción es ilustrado en (3GPP TS 25.215 V8.0.0 , 2008). La señal TGL da la longitud de la interrupción de transmisión de la trama actual. Para la primera trama de un patrón, el parámetro TGL puede tomar los valores de 3,4,5,7,10, y 14. la señal TGSN informa acerca del número de ranura en el cual se iniciará la interrupción de transmisión. Si el valor de TGSN es negativo, indica la segunda trama de una interrupción de transmisión sobre dos tramas. Note que la primera trama de una interrupción que cubre dos tramas consecutivas, TGL más TGSN es mayor al número de ranuras en una trama (15). La salida *slots* genera el número real de ranuras utilizadas en la trama actual, excluyendo las ranuras de interrupción.

Antes de que el patrón de interrupción sea generado, un número de tramas no comprimidas pueden ser generadas para configurar el parámetro. También, después de que el patrón ha sido repetido el número de veces definido por el parámetro Contador de Repetición del Patrón Interrupción de Transmisión (TGPRC, *Transmission Gap Pattern Repetition Count*), un número de tramas no comprimidas puede ser generado y entonces todo el procedimiento iniciará de nuevo, excepto cuando el parámetro TGPRC ha sido fijado a cero. El patrón de interrupción será repetido indefinidamente.

En modo no comprimido (TGPL1 y TGPL2 igual cero), el pin TGL será igual a cero y el pin de salida *slots* igual a 15 (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008; 3GPP TS 25.215 V8.0.0 , 2008).

Los parámetros definidos en el bloque *Compressed Mode Control* se indican en la tabla E.150.

Tabla E.150. Parámetros bloque *Compressed Mode Control*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Duration Frames</i>	Entero	TGPL1 o TGPL2 en número de tramas. Un valor igual a cero indica el modo no comprimido (no patrón).
<i>TGSN(slots)</i>	Entero	TGSN para patrón de interrupción 1 o 2.
<i>TGL1(slots)</i>	Entero	Longitud de la interrupción de transmisión 1 para patrón 1 o 2.
<i>TGL2(slots)</i>	Entero	Longitud de la interrupción de transmisión 2 para patrón 1 o 2.
<i>TGD(slots)</i>	Entero	Distancia de inicio de interrupción de transmisión para patrón de interrupción 1 o 2.
<i>TGPRC</i>	Entero	TGPRC para los patrones de interrupción. Un valor igual a cero repetirá los patrones de interrupción indefinidamente.
<i>Frames before compressed mode</i>	Entero	Configura el número de tramas no comprimidas antes del patrón de interrupción en tramas comprimidas.
<i>Frames after compressed mode</i>	Entero	Configura el número de tramas no comprimidas después de que el patrón de interrupción en tramas comprimidas ha sido repetido TGPRC veces.

El bloque *Compressed Mode Control* no presenta ninguna entrada.

Las salidas del bloque *Compressed Mode Control* se indican en la tabla E.151.

Tabla E.151. Salidas del bloque *Compressed Mode Control*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>tgsn</i>	Doble	TGSN en la trama actual. Un valor negativo indica la segunda trama de una interrupción que involucra dos tramas.

<i>tgl</i>	Doble	TGL de la trama actual. Un valor igual a cero indica que la trama es no comprimida.
<i>slots</i>	Doble	Número real de ranuras en la trama actual.

Downlink Single Code Transmit

Este bloque toma los datos del canal dedicado (DCH) y los bits TFCI para ejecutar los siguientes pasos. Los datos se ubican en ranuras con bits aleatorios utilizados en el campo de control de potencia de transmisión (TPC). los datos en las ranuras son ensanchados y combinados con los canales comunes de la estación base, CPICH, PCCPCH, PICH, y un Simulador de Ruido de Canales Ortogonales (OCNS, *Orthogonal Channel Noise Simulator*) de 16 canales y el resultado de la combinación es aleatorizada (*scrambled*). Los datos aleatorizados son combinados con los canales SSCH y PSCH de la estación base y así la señal es sobremuestreada y filtrada por un filtro de raíz cuadrada de coseno alzado con un factor alfa igual a 0.22. La salida del filtro es la salida del bloque y es la señal transmitida.

El diagrama correspondiente al bloque *Downlink Single Code Transmit* se muestra en la figura E.59.

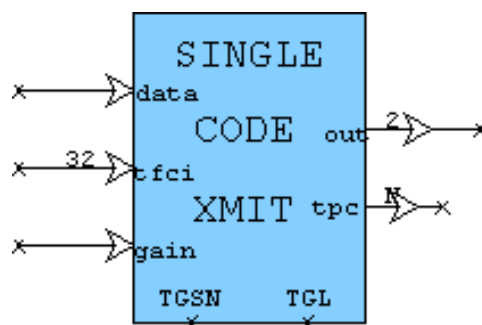


Figura E.59. Bloque *Downlink Single Code Transmit*.

Este bloque implementa el sistema 3GPP transmisor de código único. las entradas al bloque son una trama simple de datos el TFCI codificado de la trama. La salida es una señal transmitida en bandabase compleja lista para ser llevada ala

entrada del canal (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008). En este bloque se aplican diferentes factores de escala o amplitud para mantener en que cada etapa una ganancia de potencia igual a 1.

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink Single Code Transmit* se indican en la tabla E.152.

Tabla E.152. Parámetros bloque *Downlink Single Code Transmit*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Data 1 Length (Bits/Slot)</i>	Entero	Longitud del campo de datos 1 en la ranura para los modos comprimido y normal.
<i>Data 2 Length (Bits/Slot)</i>	Entero	Longitud del campo de datos 2 en la ranura para los modos comprimido y normal.
<i>TPC Length (Bits/Slot)</i>	Entero	Longitud del campo TPC en la ranura normal y comprimida.
<i>TFCI Length (Bits/Slot)</i>	Entero	Longitud del campo TFCI en ranuras normal y comprimida. Esta longitud debe ser igual a cero si el campo TFCI no es incluido.
<i>Pilot Length (Bits/Slot)</i>	Entero	Longitud del campo <i>pilot</i> en ranuras normal y comprimida.
<i>Spreading Factor</i>	Entero	Factor de ensanchamiento para el canal físico. Relación de la velocidad de chip a la velocidad de transmisión de datos de la información con formato.
<i>OVSF Code Number</i>	Entero	Código OVFSF utilizado para ensanchar el canal físico.
<i>Channel Over-sampling Factor</i>	Entero	Factor de interpolación utilizado para sobremuestrear los datos. El canal corre a una velocidad igual a este factor por la tasa de chip (3.84 Mcps).
<i>Scrambling code</i>	Entero	Desplazamiento de la secuencia PN utilizada para generar el código <i>Gold</i> para aleatorización. También configura el grupo de código para el canal de sincronización secundario.

<i>Compressed Mode Frame Structure</i>	Cadena	Modo de compresión en el enlace de bajada en la estructura de trama. Puede ser tipo A o B.
<i>Compressed mode type</i>	Cadena	Modo de compresión a ser utilizado. Puede ser "SF reduction" o "Puncturing".
<i>Transmit Filter File</i>	Cadena	Ruta al archivo que contiene la respuesta al impulso del filtro de transmisión.
<i>Pilot Bits File</i>	Cadena	Ruta al archivo que contiene la secuencia piloto para cada ranura.
<i>Base Station Power</i>	Doble	Potencia total transmitida por la estación base.
<i>DPCH_Ec/Ior (dB)</i>	Doble	Relación de la energía por chip del canal DPCH a la energía total transmitida por chip.
<i>CPICH_Ec/Ior (dB)</i>	Doble	Relación de la energía por chip del canal CPICH a la energía total transmitida por chip.
<i>PCCPCH_Ec/Ior (dB)</i>	Doble	Relación de la energía por chip del canal PCCPCH a la energía total transmitida por chip.
<i>PSCH_Ec/Ior (dB)</i>	Doble	Relación de la energía por chip del Canal de Sincronización Primario (PSCH, <i>Primary Synchronization Channel</i>) a la energía total transmitida por chip.
<i>SSCH_Ec/Ior (dB)</i>	Doble	Relación de la energía por chip del Canal de Sincronización Secundario (SSCH, <i>Secondary Synchronization Channel</i>) a la energía total transmitida por chip.
<i>PICH_Ec/Ior (dB)</i>	Doble	Relación de la energía por chip del canal PICH a la energía total transmitida por chip.
<i>TFCI offset, PO1 (dB)</i>	Doble	Variación de potencia del canal DPDCH para el campo de ranura TFCI.
<i>TPC offset, PO2 (dB)</i>	Doble	Variación de potencia del canal DPDCH para el campo de ranura TPC.
<i>Pilot offset, PO3 (dB)</i>	Doble	Variación de potencia del canal DPDCH para el campo de ranura <i>pilot</i> .

<i>OCNS Power</i>	Doble	Energía total OCNS por chip.
-------------------	-------	------------------------------

Las entradas al bloque *Downlink Single Code Transmit* se indican en la tabla E.153.

Tabla E.153. Entradas del bloque *Downlink Single Code Transmit*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>data</i>	Vector Doble	Vector de elementos de datos a ser enviados en la trama.
<i>tfc</i>	Doble	Vector de longitud 32 que contiene los bits TFCI codificados. Este bloque da formato y ensancha estos bits en las 15 ranuras que conforman la trama.
<i>tgsn</i>	Doble	TGSN en la trama actual. Un valor negativo indica la segunda trama de una interrupción que involucra dos tramas.
<i>tgl</i>	Doble	TGL de la trama actual. Un valor igual a cero indica que la trama es no comprimida. Valores validos: 0,3,4,5,7,10 y 14.
<i>gain</i>	Real	Factor de ganancia de la trama en el enlace de bajada.

Las salidas del bloque *Downlink Single Code Transmit* se indican en la tabla E.154.

Tabla E.154. Salidas del bloque *Downlink Single Code Transmit*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
--------	--------------	-------------

<i>out</i>	Complejo	Señal transmitida banda base compleja.
<i>tpc</i>	Vector Doble	Vector de bits del control de potencia de transmisión para la trama.

Internamente en el bloque *Downlink Single Code Transmit* se encuentran los siguientes bloques:

- *Downlink Frame Format.*
- *Pilot Gen.*
- *Downlink Symbol Repeat.*
- *Downlink Single Code Spreading.*
- *Downlink Common Channels.*
- *Downlink Scramble & Filter.*

El bloque *Downlink Frame Format* toma la trama de datos, el TFCI, y las tramas *Pilot* y TPC para producir 15 ranuras y formar una trama. El TFCI se asume que se encuentra en forma antípoda, con 0 mapeado a 1 y 1 mapeado a -1. los bits TPC son aleatoriamente generados por el bloque *White Noise*. El diagrama correspondiente al bloque *Downlink Frame Format* se muestra en la figura E.60.

Este bloque da forma a la trama en el enlace de bajada a partir de entradas separadas, formando una trama de 15 ranuras acorde a la información, las señales de entrada, y los parámetros de modo compresión. En modo compresión, el bloque utilizará el formato de trama de modo compresión e insertará ranuras de interrupción de transmisión definidos por las entradas TGL y TGSN. La interrupción de transmisión insertada será diferente dependiendo del parámetro tipo de estructura de trama (*frame structure type*) (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

El tipo de trama de salida, comprimida o no comprimida, es configurada por la entrada TGL, la cual indica la longitud de la interrupción de transmisión en ranuras. Un valor igual a cero en la entrada TGL indica una trama no comprimida. Un valor

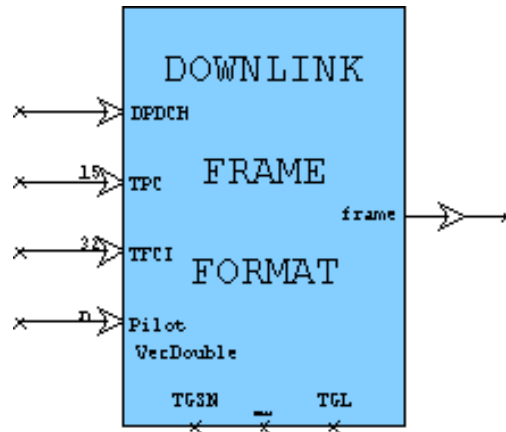


Figura E.60. Bloque *Downlink Frame Format*.

positivo significa una interrupción de la transmisión, lo cual indica una trama comprimida. La entrada TGSN configura el número de ranura de inicio de la interrupción de transmisión. Si la suma de los valores TGL y TGSN excede el valor máximo de ranuras en una trama, el cual es 15, la interrupción de transmisión involucra dos tramas. Un valor negativo sobre el pin TGSN indica que la trama previa fue comprimida y que actualmente se encuentra en la segunda trama de interrupción de transmisión.

Si se configura el modo compresión por perforación o planificación, la información de carga útil de una trama comprimida es reducida, lo cual se ve reflejado en la cantidad de datos sobre el pin DPDCH. En modo compresión por reducción del factor de ensanchamiento, el número de símbolos en una trama comprimida es duplicado, permitiendo el mismo número de símbolos de información que una trama normal pero con la presencia de una interrupción de transmisión.

Existe un solo valor de control de potencia de transmisión (TPC) para cada ranura, tal que el valor TPC es repetido para llenar el campo TPC en la ranura.

El TFCI codificado de 32 bits es mapeado al campo TFCI en las ranuras acorde al algoritmo indicado en (3GPP TS 25.212 V8.1.0, 2008).

La entrada *Pilot* debe contener todos los símbolos pilotos para una trama completa, 15 en total, en un vector. En modo compresión por reducción del factor de ensanchamiento, la longitud del campo *Pilot* es duplicada tal que los bits individuales de un símbolo piloto son repetidos en tramas comprimidas (3GPP TS 25.211 V8.0.0, 2008; 3GPP TS 25.212 V8.1.0, 2008).

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink Frame Format* se indican en la

tabla E.155.

Tabla E.155. Parámetros bloque *Downlink Frame Format*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Data 1)</i>	Entero	Longitud del campo de datos 1 en la ranura. Existe en tramas normales y comprimidas.
<i>TPC</i>	Entero	Longitud del campo TPC en la ranura. Existe en tramas normales y comprimidas.
<i>TFCI</i>	Entero	Longitud del campo TFCI en la ranura. Existe en tramas normales y comprimidas.
<i>Data 2)</i>	Entero	Longitud del campo de datos 2 en la ranura. Existe en tramas normales y comprimidas.
<i>Pilot</i>	Entero	Longitud del campo <i>pilot</i> en la ranura. Existe en tramas normales y comprimidas.
<i>Compressed mode</i>	Cadena	Configura el modo de compresión a utilizar. Puede ser " <i>SF reduction</i> ", " <i>Puncturing</i> ", " <i>scheduling</i> " o <i>none</i> .
<i>Frame Structure</i>	Cadena	Configura el tipo de estructura de trama, tipo A o B, en modo comprimido.

Las entradas al bloque *Downlink Frame Format* se indican en la tabla E.156.

Tabla E.156. Entradas del bloque *Downlink Frame Format*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>dpdch</i>		Carga útil de datos para la trama. La longitud debe adaptarse al formato de trama y al modo comprimido.
<i>tpc</i>	Vector Doble	15 bits de señal, uno por cada ranura.

<i>tfci</i>	Vector Doble	32 bits TFCI en una trama.
<i>pilot</i>	Vector Doble	15 símbolos piloto, uno por cada ranura. La longitud debe ser 15 veces la longitud del campo piloto.
<i>tgsn</i>	Doble	TGSN en la trama actual. Un valor negativo indica la segunda trama de una interrupción que involucra dos tramas.
<i>tgl</i>	Doble	TGL de la trama actual. Un valor igual a cero indica que la trama es no comprimida.

La salida del bloque *Downlink Frame Format* se indica en la tabla E.157.

Tabla E.157. Salidas del bloque *Downlink Frame Format*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>frame</i>		Trama completa con 15 ranuras.

El bloque *Pilot Gen* genera los bits piloto. El bloque genera interrupciones en la transmisión si la entrada TGL indica una trama comprimida. El diagrama correspondiente al bloque *Pilot Gen* se muestra en la figura E.61.

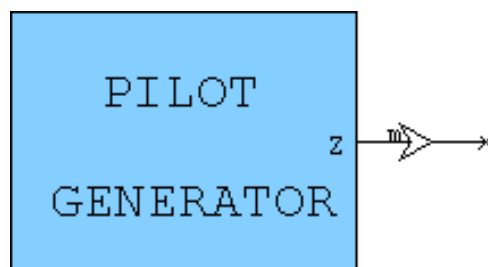


Figura E.61. Bloque *Pilot Gen*.

Este bloque implementa un generador de símbolos piloto genérico. Los símbolos

piloto se generan en un vector. En 3GPP los símbolos piloto difieren ranura a ranura en una trama. En este bloque, los patrones piloto para las diferentes ranuras son leídos desde un archivo texto.

El formato del archivo es el indicado en la ecuación E.43.

$$\begin{array}{l}
 p_{0,0}p_{0,1}\dots p_{0,n} \\
 p_{1,0}p_{1,1}\dots p_{1,n} \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 p_{m,0}p_{m,1}\dots p_{m,n}
 \end{array} \tag{E.43}$$

la primera línea en el archivo es la secuencia piloto para la primera ranura en la trama, la segunda línea es la secuencia piloto para la segunda ranura en la trama y así sucesivamente. En la ecuación E.43, n es el número de bits piloto por ranura, m es el número de ranuras en una trama (15 para 3GPP) y $p_{i,j}$ puede tomar valores 0 o 1.

La salida del bloque es un vector de bits piloto para la ranura actual. El bloque inicia en $t=0$ generando los bits piloto para la ranura 0 (3GPP TS 25.212 V8.1.0, 2008).

Los parámetros definidos en el bloque *Pilot Gen* se indican en la tabla E.158.

Tabla E.158. Parámetros bloque *Pilot Gen*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Pilot Bits File</i>	Cadena	Ruta al archivo que contiene la secuencia de bits piloto para cada ranura.
<i>Number of Pilot Bit Groups</i>	Entero	Número de ranuras por trama (15 para 3GPP).
<i>Number of Pilot Bit per Group</i>	Entero	Número de bits piloto por ranura.

El bloque *Pilot Gen* no presenta ninguna entrada.

La salida del bloque *Pilot Gen* se indica en la tabla E.159.

Tabla E.159. Salidas del bloque *Pilot Gen*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
Z	Vector Doble	Vector de bits piloto para la ranura actual.

El bloque *Downlink Symbol Repeat* repite cada elemento de la trama dos veces después de que estos han sido multiplicados por un factor de ganancia externo, excepto en el caso de una trama comprimida por reducción del factor de ensanchamiento que no requiere repetición. El diagrama correspondiente al bloque *Downlink Symbol Repeat* se muestra en la figura E.62.

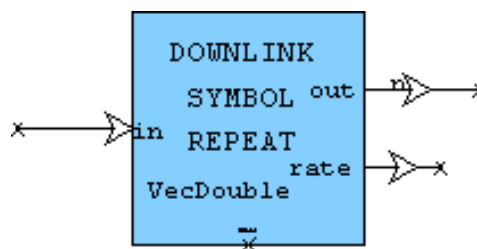


Figura E.62. Bloque *Downlink Symbol Repeat*.

Este bloque repite cada símbolo del vector de entrada y obtiene a la salida un vector de tamaño fijo. Si la longitud del vector de entrada es la mitad del tamaño del vector de salida deseado, el bloque repite cada símbolo dos veces. Este bloque es utilizado para implementar el modo de compresión por reducción del factor de ensanchamiento en el transmisor del enlace de bajada.

Si la secuencia de símbolos de entrada es denotada a_i , donde i es un número par entre cero y la longitud del vector de entrada, entonces la secuencia de símbolos de entrada se indica en la ecuación E.44.

$$a_i, a_{i+1}, a_{i+2}, a_{i+3}\dots \quad (\text{E.44})$$

Si el número de código corto es par, la secuencia repetida será la indicada en la ecuación E.45.

$$a_i, a_{i+1}, a_i, a_{i+1}, a_{i+2}, a_{i+3}, a_{i+2}, a_{i+3}\dots \quad (\text{E.45})$$

Si el número de código corto es impar, la segunda parte de los símbolos repetidos es negada como se indica en la ecuación E.46..

$$a_i, a_{i+1}, -a_i, -a_{i+1}, a_{i+2}, a_{i+3}, -a_{i+2}, -a_{i+3}\dots \quad (\text{E.46})$$

Si el vector de entrada es de igual tamaño al vector de salida deseado, los símbolos de entrada son simplemente copiados a la salida sin repetición. El bloque solo repite dos veces o ninguna y cualquier otra tasa de repetición generará un error. La tasa de repetición es señalizada a través del pin de salida *rate*.

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink Symbol Repeat* se indican en la tabla E.160.

Tabla E.160. Parámetros bloque *Downlink Symbol Repeat*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Output frame length</i>	Entero	Tamaño del vector de salida deseado.
<i>Short Code Number</i>	Entero	Clase del código OVSF. Debe ser la misma clase que la utilizada por el transmisor en el ensanchamiento en el enlace de bajada.

La entradas al bloque *Downlink Symbol Repeat* se indica en la tabla E.161.

Tabla E.161. Entradas del bloque *Downlink Symbol Repeat*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector, Real	Vector que contiene los símbolos de entrada.

Las salidas del bloque *Downlink Symbol Repeat* se indican en la tabla E.162.

Tabla E.162. Salidas del bloque *Downlink Symbol Repeat*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector Doble	Salida de símbolos repetidos.
<i>rate</i>	Doble	Tasa de repetición. 2 o Cualquier valor o 1, indicando esto ultimo no repetición de símbolos.

El bloque *Downlink Single Code Spreading* demultiplexa el flujo de datos de la trama en las ramas en fase (I) y en cuadratura (Q). las señales I y Q son ensanchadas por el mismo código OVFSF para generar la canalización y el resultado final es una señal compleja. Note que debido al proceso anterior de repetición de símbolos, el factor de ensanchamiento es dividido por 2 excepto para el modo de compresión por reducción del factor de ensanchamiento. El diagrama correspondiente al bloque *Downlink Single Code Spreading* se muestra en la figura E.63.

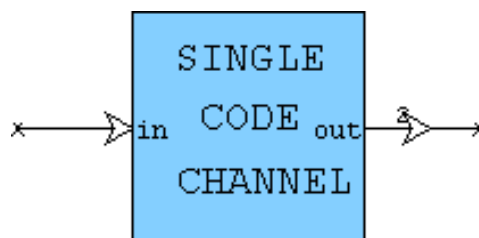


Figura E.63. Bloque *Downlink Single Code Spreading*.

Este bloque ejecuta la canalización de la señal de entrada al ensancharla utilizando un código OVSF. La señal de entrada es convertida a compleja tomando la primera parte como real y la segunda parte como imaginaria (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008). Dado que esta transformación duplica la potencia de la señal, la entrada es afectada por un factor de escala igual a $1/\sqrt{2}$ para obtener una ganancia de potencia igual a 1.

La señal compleja es entonces repetida un número de veces igual al factor de ensanchamiento (SF) y multiplicada por un código OVSF real. La salida corre a $SF/2$ veces la velocidad de entrada. la salida se indica en la ecuación E.47.

$$Re(out[i]) = C_{c,n}[i] * in[0] \quad Im(out[i]) = C_{c,n}[i] * in[1] \quad (E.47)$$

Donde, i va desde 0 hasta $SF - 1$ y $C_{c,n}$ es el código OVSF. La clase de código OVSF (c) se obtiene del factor de ensanchamiento como $\log_2(SF)$ y el número de código (n) se configurado como un parámetro de bloque.

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink Single Code Spreading* se indican en la tabla E.163.

Tabla E.163. Parámetros bloque *Downlink Single Code Spreading*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Spreading Factor</i>	Entero	Factor de ensanchamiento para el canal físico.
<i>OVSF Code Number</i>	Entero	Código OVSF de la clase $\log_2(SF)$ para canalización.

La entrada al bloque *Downlink Single Code Spreading* se indica en la tabla E.164.

Tabla E.164. Entradas del bloque *Downlink Single Code Spreading*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Doble	datos a ser ensanchados.

La salida del bloque *Downlink Single Code Spreading* se indica en la tabla E.165.

Tabla E.165. Salidas del bloque *Downlink Single Code Spreading*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Complejo	Señal ensanchada.

El bloque *Downlink Common Channels* genera los canales comunes en el enlace de bajada CPICH, PCCPCH, PSCH, SSCH, PICH, y el simulador de ruido de canal ortogonal (OCNS). El OCNS simula otros canales físicos dedicados. Los niveles de potencia para cada uno de estos canales son configurados a través de los parámetros del bloque. Los canales CPICH, PCCPCH, PICH, y OCNS se suman a la señal ensanchada producida por el bloque *Downlink Single Code Spreading* para generar la señal de entrada al aleatorizador (scrambler). El diagrama correspondiente al bloque *Downlink Common Channels* se muestra en la figura E.64.

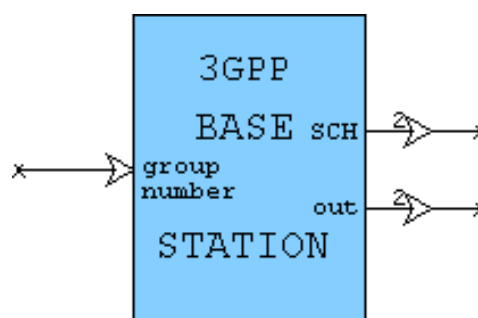


Figura E.64. Bloque *Downlink Common Channels*.

Este bloque genera todos los canales comunes de la estación base y el simulador de ruido de canal ortogonal de 16 canales (OCNS). Este bloque puede ser utilizado con cualquier configuración de canal dedicado para producir la señal completa de transmisión de la estación base.

Internamente en el bloque *Downlink Common Channels* se encuentran los siguientes bloques:

- *Common Pilot Channel (CPICH).*
- *Primary Common Control Physical Channel (PCCPCH).*
- *Paging Indicator Channel (PICH).*
- *Primary Synchronization Channel (PSCH).*
- *Secondary Synchronization Channel (SSCH).*
- *16-Channel Orthogonal Channel Noise Simulator.*

Los niveles de potencia de cada uno de estos canales puede ser individualmente configurados a través de los parámetros de los bloques. Los parámetros del bloque también permiten la configuración del código de canalización para el canal PICH.

Los canales PCCPCH, PICH, y OCNS transportan datos aleatorios. El canal OCNS es generado por el bloque *OCNS Generator*. Este bloque genera ruido con 16 canales de datos ensanchados con códigos de canalización ortogonales. El factor de ensanchamiento para los 16 canales es 128 y los códigos de canalización y los niveles de potencia relativa son dados por (3GPP TS 25.101 V8.2.0., 2008). Si el factor de ensanchamiento de DCH es mayor que 8, no habrán códigos de canalización disponibles que no generen conflicto con al menos uno de los canales OCNS. En este caso, el bloque apaga el canal 14 del OCNS para asegurar que existe un espacio disponible para transmisión.

El canal PSCH es generado por el bloque *Primary Sync Channel*, y el canal SSCH es generado por el bloque *Secondary Sync Channel block*. Los canales PSCH y SSCH son enviados durante los primeros 256 chips de cada ranura. Debido a que una ranura consiste de 2560 chips, la potencia durante la ráfaga del canal de sincronización es 10 veces la potencia promedio del canal. El canal PCCPCH no es enviado durante los primeros 256 chips de cada ranura. Por lo tanto, la potencia durante el periodo activo del PCCPCH es 10/9 de la potencia promedio configurada. La potencia de los canales PSCH, SSCH, y PCCPCH se configura como potencia de transmisión, y no como potencia promedio.

La entrada *group number* configura el grupo código para el código de aleatorización. El grupo código selecciona el código de sincronización secundario (SSCH). La suma de PSCH y SSCH generan la salida SCH. La salida SCH no debe ser

aleatorizada antes de su transmisión. Los otros canales, CPICH, PCCPCH, PICH, y OCNS, son sumados para generar la salida. la salida *out* debe ser aleatorizada con la secuencia de aleatorización primaria antes de su transmisión.

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink Common Channels* se indican en la tabla E.166.

Tabla E.166. Parámetros bloque *Downlink Common Channels*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Common Pilot Transmit Power</i>	Doble	Potencia del canal CPICH.
<i>Primary CCPCH Transmit Power</i>	Doble	Potencia de transmisión del canal PCCPCH. Debido a que este canal no es radiado durante durante el primer 1/10 de la ranura, su potencia promedio es 9/10 del valor de este parámetro.
<i>Primary SCH Transmit Power</i>	Doble	Potencia del canal PSCH. Debido a que este canal es radiado durante el primer 1/10 de la ranura, su potencia promedio es 1/10 del valor de este parámetro.
<i>Secondary SCH Transmit Power</i>	Doble	Potencia del canal SSCH. Debido a que este canal es radiado durante el primer 1/10 de la ranura, su potencia promedio es 1/10 del valor de este parámetro.
<i>PICH Transmit Power</i>	Doble	Potencia del canal PICH.
<i>OCNS Transmit Power</i>	Doble	Potencia del OCNS. Este simulador es utilizado típicamente para complementar la señal transmitida causando que la potencia de transmisión logre un valor específico. La potencia es dividida entre 16 canales separados (15 canales si el factor de ensanchamiento del DCH es igual a 4.
<i>DCH Spreading Factor</i>	Entero	Factor de ensanchamiento utilizado para el canal DCH.

<i>PICH Channel-ization Code</i>	Entero	Código de canalización del canal PICH. El factor de ensanchamiento para este canal es 256. Por lo tanto este parámetro puede tomar valores de 2 a 255 debido a que 0 es utilizado para el CPICH y 1 para el PCCPCH.
----------------------------------	--------	---

La entrada al bloque *Downlink Common Channels* se indica en la tabla E.167.

Tabla E.167. Entradas del bloque *Downlink Common Channels*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>group number</i>	Doble	Número del grupo código para la secuencia de aleatorización primaria utilizada en el transmisor. Este numero es utilizado para seleccionar el código de sincronización secundario utilizado en SSCH.

Las salidas del bloque *Downlink Common Channels* se indican en la tabla E.168.

Tabla E.168. Salidas del bloque *Downlink Common Channels*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>SCH</i>	Complejo	Suma del PSCH y SSCH. Esta salida no debe ser aleatorizada antes de transmisión.
<i>out</i>	Complejo	Suma del CPICH, PCCPCH, PICH y OCNS. Esta salida debe ser aleatorizada antes de la transmisión.

Dentro del *Downlink Common Channels* se complementan los siguientes blo-

ques:

- *OCNS Generator*: Este bloque produce una señal del simulador de ruido de 16 canales ortogonales (OCNS). Este bloque es utilizado en simulaciones 3GPP para complementar la potencia transmitida de la estación base y simular el efecto de otros usuarios servidos por la misma estación base. El diagrama correspondiente al bloque *OCNS Generator* se muestra en la figura E.65.

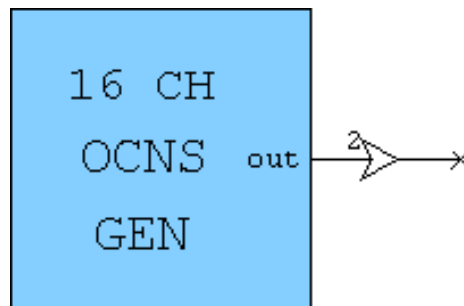


Figura E.65. Bloque *OCNS Generator*.

Los canales modelados no tienen formato; ambos los canales en fase (I) y en cuadratura (Q) simplemente tienen datos aleatorios, los cuales se ponderan para lograr la potencia adecuada, se ensanchan y se suman. La operación se indica en la ecuación E.48.

$$Re_{out} = Red^T * SIm_{out} = Imd^T * S \quad (E.48)$$

Donde, el vector d es datos complejos aleatorios para cada canal y S es la matriz de códigos de ensanchamiento. Cada elemento en el vector d es $A[i] * v[i]$, donde $A[i]$ es la amplitud del canal i_{esimo} y $v[i]$ es un valor complejo aleatorio cuyas componentes reales e imaginarias pueden ser 1 o -1. Para lograr la potencia total requerida, la suma de los cuadrados de todos los $A[i]$ debe ser la mitad de la potencia de salida total; la mitad dado que la potencia de la señal v es 2.

Cada fila de la matriz S es un código de ensanchamiento diferente. Esta matriz es leída desde un archivo de señal como un vector de longitud $16 * 128$ o 2048 . Deben haber 16 códigos de ensanchamiento en el archivo de señal,

cada uno de longitud 128. los códigos de ensanchamiento OCNS y las intensidades de la señal aparecen en (3GPP TS 25.101 V8.2.0., 2008).

Los parámetros definidos en el bloque *OCNS Generator* se indican en la tabla E.169.

Tabla E.169. Parámetros bloque *OCNS Generator*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>OCNS Output Power</i>	Doble	Potencia de salida total para los 16 canales OCNS.
<i>OCNS spreading signal</i>	Cadena	Ruta al archivo de señal que contiene las señales ensanchadas.
<i>CH i Relative power</i>	Doble	Potencia del canal i_{esimo} relativa a todos los otros canales. la suma de la potencia de todos los canales será igual a la potencia de salida OCNS.

No existen entradas a definir en el bloque *OCNS Generator*.

La salida del bloque *OCNS Generator* se indica en la tabla E.170.

Tabla E.170. Salidas del bloque *OCNS Generator*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Complejo	Suma de todos los 16 canales aleatorios ensanchados.

- *Primary Sync Channel*: Este bloque genera una ráfaga de secuencia jerárquica de Golay la cual es activa durante el primer 1/10 de cada ranura (3GPP TS

25.213 V8.0.0 , 2008). El diagrama correspondiente al bloque *Primary Sync Channel* se muestra en la figura E.66.

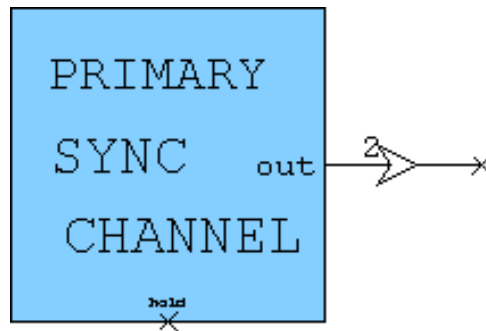


Figura E.66. Bloque *Primary Sync Channel*.

la secuencia Golay jerárquica es generada a partir de dos subsecuencias como se indica en la ecuación E.49.

$$golay(i) = seq2(i\%N)XORseq1(i/N) \quad i = 0, 1, \dots, (N * N - 1) \quad (E.49)$$

Donde, % denota el operador modulo, / es la división entera con truncamiento y N es la longitud de la subsecuencia. Las dos subsecuencias son especificadas como cadenas hexadecimales en los parámetros del bloque. Al especificar las subsecuencias, $seq(0)$ es la cadena hexadecimal con los MSB y $seq(N - 1)$ es la cadena hexadecimal con los LSB. Por defecto la subsecuencia 1 es 0x1b14.

Finalmente la secuencia Golay jerárquica se convierte a una forma antípoda donde 0 es mapeado a 1 y 1 es mapeado a -1 y la señal antípoda es transmitida uniformemente sobre las ramas I y Q. La salida compleja no normalizada se muestra en la ecuación E.50.

$$out(i) = (1 + j) * (1 - 2 * golay(i)) \quad (E.50)$$

La salida es normalizada para producir una salida en el nivel adecuado de potencia, el cual es especificado como un parámetro del bloque. dado que la señal es transmitida durante 1/10 del tiempo, la potencia instantánea durante

la ráfaga es 10 veces la potencia especificada como potencia promedio en los parámetros del bloque.

Los parámetros definidos en el bloque *Primary Sync Channel* se indican en la tabla E.171.

Tabla E.171. Parámetros bloque *Primary Sync Channel*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Sub-sequence Length (< 32)</i>	Entero	Longitud de las dos secuencias.
<i>Sub-sequence 1</i>	Cadena	Cadena hexadecimal que especifica la secuencia de variación lenta en la secuencia Golay jerárquica.
<i>Sub-sequence 2</i>	Cadena	Cadena hexadecimal que especifica la secuencia de variación rápida en la secuencia Golay jerárquica.
<i>Primary sync channel power</i>	Doble	Potencia promedio de la salida. La potencia pico será 10 veces este valor.

No existen entradas a definir en el bloque *Primary Sync Channel*.

La salida del bloque *Primary Sync Channel* se indica en la tabla E.172.

Tabla E.172. Salidas del bloque *Primary Sync Channel*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Complejo	Señal del canal de sincronización primario.

- *Secondary Sync Channel*: Este bloque genera el canal de sincronización se-

cundario el cual es utilizado por la unidad móvil para identificar la temporización de trama y el grupo (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008). El diagrama correspondiente al bloque *Secondary Sync Channel* se muestra en la figura E.67.

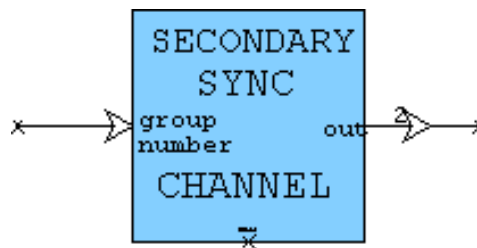


Figura E.67. Bloque *Secondary Sync Channel*.

El canal de sincronización secundario es una señal tipo ráfaga la cual se activa durante el primer 1/10 de tiempo de cada ranura. La ráfaga es generada como resultado de la operación XOR de una secuencia Golay jerarquía la cual es idéntica en cada ranura y una secuencia Hadamard la cual es diferente para cada ranura en la trama. El código de sincronización secundario transmitido es el indicado en la ecuación E.51.

$$ssc(i) = hadamard(k, i) XOR golay(i) \quad i = 0, 1, \dots, 255 \quad (E.51)$$

Donde, k es el índice Hadamard de la trama actual.

La secuencia Golay jerárquica es generada por el bloque *Hierarchical Golay Seq.* La secuencia Hadamard, de longitud igual a 256, es generada por el bloque *Walsh Sequence Generator*.

El índice de la secuencia Hadamard es seleccionado desde una tabla basada en el número del grupo código de la secuencia de aleatorización primaria (entrada al bloque) y la ranura actual en la trama (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008). La tabla tiene 64 filas, una por cada grupo de códigos de la secuencia de aleatorización primaria, y 15 columnas, una por cada ranura en la trama. cada fila en la tabla es única, incluso en las rotaciones circulares. De esta manera la unidad móvil, una vez ha determinado los 15 índices Hadamard, puede

identificar el inicio de la trama y el grupo de códigos para la secuencia de aleatorización primaria.

El código de sincronización secundario es convertido a forma antípoda mapeando el 0 al valor 1 y el 1 al valor -1, y la señal antípoda es transmitida uniformemente por las ramas I y Q. La salida compleja no normalizada se indica en E.52.

$$out(i) = (1 + j) * (1 - 2 * ssc(i)) \quad (E.52)$$

la salida es normalizada para producir el nivel adecuado de potencia promedio, el cual se especifica como parámetro del bloque. Debido a que la señal es transmitida durante el primer 1/10 de cada ranura, la potencia instantánea durante la ráfaga es 10 veces la potencia especificada como potencia promedio en los parámetros del bloque.

Los parámetros definidos en el bloque *Secondary Sync Channel* se indican en la tabla E.173.

Tabla E.173. Parámetros bloque *Secondary Sync Channel*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Code Length</i>	Entero	Número de ranuras en una trama. Este debe ser igual a 15.
<i>Number of Code Groups</i>	Entero	Número de grupo código para la secuencia de aleatorización primaria. Este debe ser igual a 64.
<i>Code Group mapping File</i>	cadena	Ruta al archivo de señal ASCII que contiene la tabla de índices Hadamard. La longitud de la señal debe ser $64 * 15 = 960$. El orden de los puntos debe seguir la primer fila, luego la segunda y así sucesivamente.
<i>Secondary sync channel power</i>	Doble	Potencia promedio de la salida. La potencia pico será 10 veces este valor.

<i>Hierarchical Sub-sequence 1</i>	Cadena	Cadena hexadecimal que especifica la secuencia de variación lenta en la secuencia Golay jerárquica.
<i>Hierarchical Sub-sequence 2</i>	Cadena	Cadena hexadecimal que especifica la secuencia de variación rápida en la secuencia Golay jerárquica.

La entrada al bloque *Secondary Sync Channel* se indica en la tabla E.174.

Tabla E.174. Entrada al bloque *Secondary Sync Channel*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>gnum</i>	Doble	Número del grupo de códigos para la secuencia de aleatorización primaria utilizada en la estación base. Esta entrada es de baja velocidad.

La salida del bloque *Secondary Sync Channel* se indica en la tabla E.175.

Tabla E.175. Salidas del bloque *Secondary Sync Channel*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Doble	Señal del canal de sincronización secundario.

El bloque *Downlink Scramble & Filter* aleatoriza la señal de entrada compleja al multiplicarla por una secuencia compleja *Gold*. La aleatorización hace que las

señales de estaciones bases adyacentes sean no correlacionadas. La señal aleatorizada es sumada al canal de sincronización (SCH). Finalmente, las señales aleatorizadas y SCH son sobremuestreadas y filtradas por un filtro de raíz cuadrada de coseno alzado con un alfa igual a 0.22. El diagrama correspondiente al bloque *Downlink Scramble & Filter* se muestra en la figura E.68.

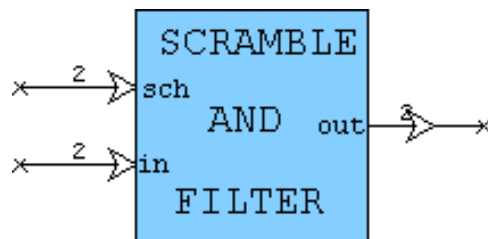


Figura E.68. Bloque *Downlink Scramble & Filter*.

Este bloque aleatoriza la señal de entrada, le suma el canal SCH, y el resultado lo sobremuestra y lo filtra. La aleatorización se realiza por multiplicación compleja de la de los datos de entrada con la secuencia aleatoria generada por el bloque *Downlink Scramble*. Un parámetro del bloque selecciona el código de aleatorización a utilizar, el cual es el corrimiento de la secuencia PN X (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008).

después de la aleatorización, la señal es multiplicada por un factor de escala igual a $1/\sqrt{2}$ debido a que la secuencia de aleatorización tiene una potencia igual a 2. Debido a que el SCH no es aleatorizado, la información SCH se adiciona la señal aleatorizada. La señal sumada es multiplicada por un factor de amplitud igual a $1/\sqrt{\text{oversampling_factor}}$ debido a que el bloque de interpolación compleja utilizado por el filtro de raíz cuadrada de coseno alzado tiene una ganancia igual al parámetro *oversampling_factor*. Los factores de amplitud aseguran que la ganancia de potencia a través del bloque es igual a 1.

Después de aplicados los factores de amplitud la señal es interpolada (sobremuestreada y filtrada) utilizando los parámetros *Channel Oversampling Factor* y *Transmit Filter File*. El archivo *transmit filter* es un archivo de señal que contiene la respuesta al impulso del filtro. El filtro por defecto es un filtro de raíz cuadrada de coseno alzado de 128 puntos con alfa igual a 0.22 y periodo de símbolo igual a $8/\text{frecuencia_de_muestreo}$.

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink Scramble and Filter* se indican

en la tabla E.176.

Tabla E.176. Parámetros bloque *Downlink Scramble and Filter*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Channel Oversampling Factor</i>	Entero	Factor de interpolación utilizado para sobremuestrear los datos. El canal corre a una velocidad igual a este factor por la tasa de chip (3.84 Mcps).
<i>Transmit Filter File</i>	Cadena	Ruta al archivo que contiene la respuesta al impulso del filtro de transmisión.
<i>Scrambling code</i>	Entero	Código de aleatorización a utilizar. Desplazamiento de la secuencia PN X utilizada en la generación del código <i>Gold</i> .

Las entradas al bloque *Downlink Scramble and Filter* se indican en la tabla E.177.

Tabla E.177. Entradas del bloque *Downlink Scramble and Filter*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>sch</i>	complejo	Entrada del canal de sincronización. la señal no se aleatoriza antes de su transmisión.
<i>in</i>	Complejo	Todas las entradas de canal diferentes a SCH. La señal es aleatorizada antes de su transmisión.

La salida del bloque *Downlink Scramble and Filter* se indica en la tabla E.178.

Tabla E.178. Salidas del bloque *Downlink Scramble and Filter*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
--------	--------------	-------------

<i>out</i>	Doble	Señal aleatorizada, sobremuestreada y filtrada. la salida corre a la velocidad de la señal de entrada por el factor de sobremuestreo del canal (<i>Oversampling factor</i>).
------------	-------	--

Internamente en el bloque *Downlink Scramble and Filter* se encuentra el siguiente bloque:

- *Downlink Scramble*.

El bloque *Downlink Scramble* genera la secuencia de aleatorización para todos los canales en el enlace de bajada. La secuencia de aleatorización es utilizada para hacer que la secuencia transmitida no se encuentre correlacionada con la señal de las celdas vecinas (3GPP TS 25.213 V8.0.0 , 2008). El diagrama correspondiente al bloque *Downlink Scramble* se muestra en la figura E.69.

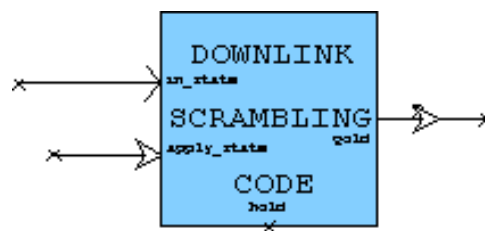


Figura E.69. Bloque *Downlink Scramble*.

La secuencia de aleatorización es una señal compleja donde las partes real e imaginaria son segmentos de una secuencia *Gold*. la secuencia *Gold* es utilizada por las partes real e imaginaria excepto que la secuencia imaginaria es una versión desplazada o corrida de la secuencia *Gold*. El desplazamiento es controlado por el parámetro *Q sequence offset*. De esta manera, la parte real esta dada por $G(t)$, y la parte imaginaria esta dada por $G(t + N)$, donde N es el valor especificado en el parámetro *Q sequence offset*.

La secuencia *Gold* es generada por la operación XOR de dos secuencias PN de orden 18 generadas por el bloque *PN Sequence Gen*. Las dos secuencias PN son

referidas como las secuencias X y Y. Parámetros del bloque permiten configurar el orden, el polinomio generador, y la secuencia inicial independientemente para las secuencias X y Y. Un parámetro separado del bloque configura el corrimiento de la secuencia X.

Los generadores de secuencias PN son inicializados al final de cada trama tal que la misma secuencia es utilizada por cada trama. la duración de la trama es 38400 chips. Los parámetros definidos en el bloque *Downlink Scramble* se indican en la tabla E.179.

Tabla E.179. Parámetros bloque *Downlink Scramble*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>X Seq. Shift Register Order</i>	Entero	Orden del polinomio utilizado para generar la secuencia PN X.
<i>Y Seq. Shift Register Order</i>	Entero	Orden del polinomio utilizado para generar la secuencia PN Y.
<i>X Seq. Shift Register Initialization</i>	Entero	Primeros N bits a ser generados por la secuencia PN X donde N es igual al orden del registro de corrimiento que genera la secuencia PN X. Si un desplazamiento o corrimiento es utilizado, este parámetro da el punto de la secuencia donde el desplazamiento será aplicado. Este parámetro es una cadena hexadecimal con un parámetro que especifica si la secuencia a la salida será generada de manera directa ('fwd') o invertida ('rev'). De manera directa, el LSB es el primero en salir.

<i>Y Seq. Shift Register Initialization</i>	Entero	Primeros N bits a ser generados por la secuencia PN Y donde N es igual al orden del registro de corrimiento que genera la secuencia PN Y. Este parámetro es una cadena hexadecimal con un parámetro que especifica si la secuencia a la salida será generada de manera directa ('fwd') o invertida ('rev'). De manera directa, el LSB es el primero en salir.
<i>X Seq. Generator Polynomial</i>	Cadena	Polinomio utilizado para generar la secuencia X. Este parámetro es una cadena hexadecimal con un parámetro que especifica si la secuencia a la salida será generada de manera directa ('fwd') o invertida ('rev'). De manera directa, el LSB es el primero en salir.
<i>Y Seq. Generator Polynomial</i>	Cadena	Polinomio utilizado para generar la secuencia Y. Este parámetro es una cadena hexadecimal con un parámetro que especifica si la secuencia a la salida será generada de manera directa ('fwd') o invertida ('rev'). De manera directa, el LSB es el primero en salir.
<i>X Sequence offset</i>	Entero	Corrimiento o desplazamiento desde el punto inicial para aplicar a la secuencia X antes de su generación. Diferentes corrimientos son utilizados para descorrelacionar señales provenientes de celdas adyacentes.
<i>Q Sequence offset</i>	Entero	Corrimiento o desplazamiento aplicado a la secuencia <i>Gold</i> para generar la parte imaginaria de la secuencia de aleatorización.

Las entradas al bloque *Downlink Scramble* se indican en la tabla E.180.

Tabla E.180. Entradas del bloque *Downlink Scramble*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in_state</i>	Doble	Los generadores de secuencias PN son inicializados al valor inicial si la entrada <i>apply_state</i> pasa a estado alto. Esta entrada doble es truncada a un entero antes de ser aplicada al generador de estados.
<i>apply_state</i>	Doble	Si se encuentra en alto (> 0) los estados internos del generador de secuencia PN X son inicializados al valor dado en la entrada <i>in_state</i> . Cualquier corrimiento o desplazamiento del generador PN X es aplicado en la inicialización antes de iniciar la generación de la secuencia.

La salida del bloque *Downlink Scramble* se indica en la tabla E.181.

Tabla E.181. Salidas del bloque *Downlink Scramble*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>gold</i>	Complejo	Secuencia de aleatorización compleja donde la secuencia original binaria es mapeada a una secuencia antípoda donde 1 es mapeado a -1 y 0 es mapeado a 1.

E.2.2 Canal

El diagrama correspondiente al canal en el enlace de bajada se muestra en la figura E.70.

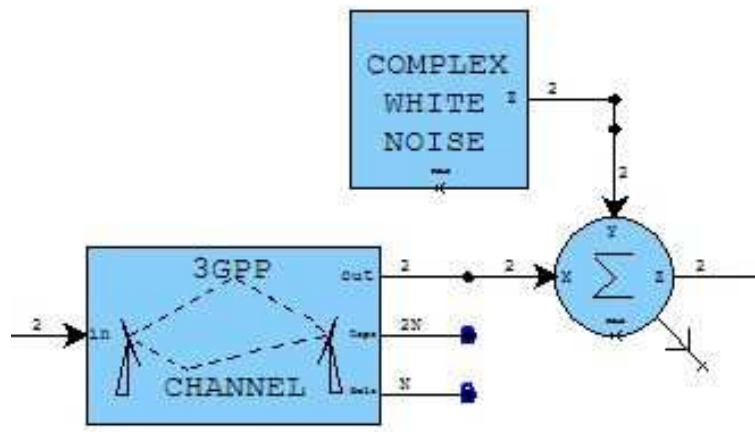


Figura E.70. Canal Enlace de Bajada.

Los bloques que componen el canal en el enlace de bajada se describen a continuación.

3GPP Channel

El bloque *3GPP Channel* es similar al utilizado en el enlace de subida, incluyendo modelos de canal estático, nacimiento y muerte, en movimiento, y 6 modelos diferentes de canales con desvanecimiento.

Complex Gaussian Noise

El bloque *Complex Gaussian Noise* es similar al utilizado en el enlace de subida. Este bloque simula la interferencia generada por otras celdas (loc).

E.2.3 Receptor

El diagrama correspondiente al receptor en el enlace de bajada se muestra en la figura E.71.

Los bloques que componen el receptor en el enlace de bajada se describen a continuación.

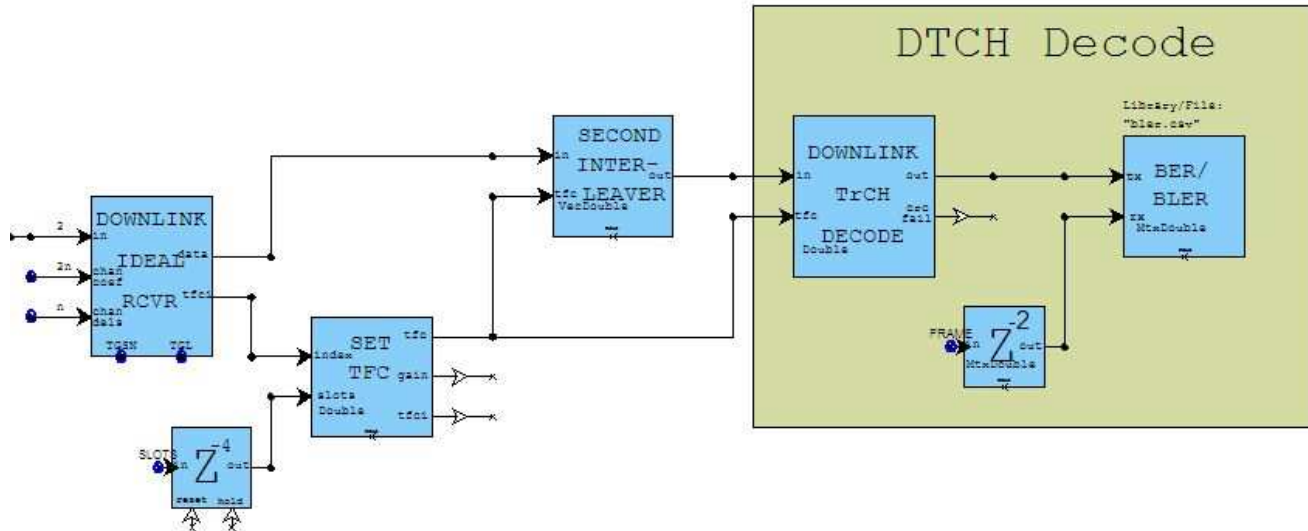


Figura E.71. Receptor Enlace de Bajada.

Downlink Ideal Receiver and Deformat

Este bloque implementa el receptor *rake*, desensancha, da nuevamente formato a la trama y multiplica los datos por un factor de amplitud (para decodificación MAP si la codificación turbo fue utilizada). El receptor *rake* es una implementación ideal que utiliza los retardos y pesos utilizados en el canal como estimaciones del comportamiento del canal para lograr el mejor caso de implementación. El factor de amplitud sobre los datos utiliza los bits piloto para estimar los niveles de señal y de ruido para brindar la amplitud correcta si el decodificador MAP es utilizado para decodificar los datos codificados con codificación Turbo (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

El diagrama correspondiente al bloque *Downlink Ideal Receiver and Deformat* se muestra en la figura E.72.

Este bloque implementa el receptor 3GPP en el enlace de bajada a partir de la señal recibida del canal hasta los bits codificados. Este receptor en el enlace de bajada puede ser utilizado para canales físicos de código único. La salida del bloque es una trama radio afectada por un factor de escala o amplitud, de bits de datos codificados y bits TFCI decodificados. Este bloque realiza el procesamiento inverso del bloque *Downlink Single Code Transmit*.

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink Ideal Receiver and Deformat* se

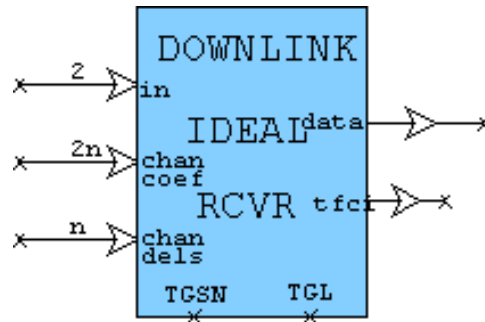


Figura E.72. Bloque *Downlink Ideal Receiver and Deformat*.

indican en la tabla E.182, muchos de los parámetros son idénticos al receptor en el enlace de subida.

Tabla E.182. Parámetros bloque *Downlink Ideal Receiver and Deformat*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Chip Rate</i>	Doble	Tasa de chip del sistema igual a 3.84 Mcps.
<i>Receive Filter File</i>	Cadena	Ruta al archivo de señal que contiene la respuesta al impulso del filtro de adaptación en el receptor.
<i>Channel Over-sampling Factor</i>	Entero	Factor de sobremuestreo para el canal. Es la relación de la tasa de subchip a la tasa de chip.
<i>Total Filter Delay</i>	Entero	Retardo en muestras para la combinación de los filtros de transmisión y recepción. Esto es utilizado para alinear los datos al límite de una ranura.
<i>Number of Slots</i>	Entero	Número de ranuras en una trama. Este parámetro debe ser igual a 15.
<i>Spreading Factor</i>	Entero	Factor de ensanchamiento para el canal físico.
<i>OVSF Code Number</i>	Entero	Número de código utilizado para ensanchar los datos en el transmisor.
<i>Number of Rake Fingers</i>	Entero	Número de ramas del receptor <i>Rake</i> . La longitud del vector de entrada de ganancias estimadas del canal debe coincidir con este valor.

<i>Pilot-DPDCH Power Offset (dB)</i>	Doble	Relación de las potencias transmitidas entre DPDCH y bits piloto.
<i>Enable Turbo Scaling</i>	Cadena	Habilita o deshabilita la utilización del factor de escala cuando se utiliza decodificación turbo.
<i>maximum TTI (ms)</i>	Entero	El más grande TTI en la combinación del formato de transporte actual.
<i>Data 1 Length (Bits/Slot)</i>	Entero	Longitud del campo de datos 1 en la ranura para los modos comprimido y normal.
<i>Data 2 Length (Bits/Slot)</i>	Entero	Longitud del campo de datos 2 en la ranura para los modos comprimido y normal.
<i>TPC Length (Bits/Slot)</i>	Entero	Longitud del campo TPC en la ranura normal y comprimida.
<i>TFCI Length (Bits/Slot)</i>	Entero	Longitud del campo TFCI en ranuras normal y comprimida. Esta longitud debe ser igual a cero si el campo TFCI no es incluido.
<i>Pilot Length (Bits/Slot)</i>	Entero	Longitud del campo <i>pilot</i> en ranuras normal y comprimida.
<i>Compressed mode type</i>	Cadena	Modo de compresión utilizado en tramas comprimidas: <i>SF reduction, Puncturing, Scheduling</i> o <i>none</i> .
<i>Frame Structure</i>	Cadena	Formato de estructura de trama utilizado en modo comprimido, tipo A o B.
<i>Number of Slots Delay in Receiver</i>	Entero	Número de ranuras de retardo en el bloque receptor ideal. El bloque de demodulación utiliza este valor para generar un retardo total en bloque receptor y demodulador exactamente igual a una trama radio.

Las entradas al bloque *Downlink Ideal Receiver and Deformat* se indican en la tabla E.183.

Tabla E.183. Entradas al bloque *Downlink Ideal Receiver and Deformat*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Complejo	Señal recibida del canal.
<i>chan_coef</i>	Vector complejo	Vector complejo de ganancias de trayecto de canal, un elemento por cada trayecto en el canal.
<i>chan_del</i>	vector Doble	Vector de retardos de los trayectos de canal, un elemento por cada trayecto en el canal.
<i>tgsn</i>	Doble	Número de la ranura de inicio para la interrupción de transmisión. Un valor negativo indica la segunda trama de una interrupción que involucra más de dos tramas.
<i>tgl</i>	Doble	Longitud de interrupción de transmisión. Un valor 0 indica una tramas no comprimida.

Las salidas del bloque *Downlink Ideal Receiver and Deformat* se indican en la tabla E.184.

Tabla E.184. Salidas del bloque *Downlink Ideal Receiver and Deformat*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>data</i>	Vector Doble	Bits codificados recibidos en una trama radio.
<i>tfc</i>	Vector Doble	Bits TFCI codificados para una trama radio.

Internamente en el bloque *Downlink Ideal Receiver and Deformat* se encuentran los bloques:

- *Downlink Ideal Receiver.*
- *Downlink Demod.*
- *Downlink Symbol Derepeat.*
- *Downlink Frame Deformat.*
- *Turbo Scaling.*

El bloque *Downlink Ideal Receiver* es un receptor ideal de un receptor *rake* con conocimiento perfecto de las ganancias y retardos del canal. El bloque toma como entrada la señal recibida y produce un vector de señales desaleatorizadas a la tasa de chip, uno por cada rama *rake*. El diagrama correspondiente al bloque *Downlink Ideal Receiver* se muestra en la figura E.73.

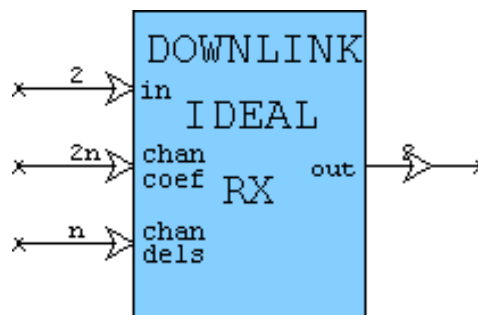


Figura E.73. Bloque *Downlink Ideal Receiver*.

El bloque *Downlink Ideal Receiver* implementa un receptor *rake* ideal en el enlace de bajada. El receptor es ideal porque tiene conocimiento perfecto de las ganancias y retardos del canal obtenidos a través de las entradas del bloque. Este receptor brinda un óptimo desempeño para un receptor 3GPP en el enlace de bajada y puede ser utilizado como referencia para su comparación con receptores reales.

La entrada es inicialmente filtrada por un filtro raíz de coseno alzado con un alfa igual a 0.22. La señal filtrada es replicada N veces, y cada una de estas señales es multiplicada por el complejo conjugado de las ganancias de trayecto de canal para optimamente ponderar las señales en las ramas *rake*.

Las señales en las ramas *rake* son individualmente retardadas tal que cada señal tiene un trayecto de canal correctamente alineado a los límites de la ranura. Por lo

tanto, si la longitud de la ranura es N subchips, el retardo para la primera señal es $(N - \text{retardo_filtro} - \text{retardo_trayecto}_1)$, el retardo para la segunda señal es $(N - \text{retardo_filtro} - \text{retardo_trayecto}_2)$, y así sucesivamente. Los vectores complejos de señales de las ramas *rake* son submuestreados de la tasa de subchip a la tasa de chip.

El vector señal a la tasa de chip es multiplicado por una ranura retardada, complejo conjugado de la secuencia de aleatorización compleja multiplicada por un factor de escala o amplitud en el enlace de bajada para desaleatorizar los datos. La secuencia de aleatorización es multiplicada por un factor de escala o amplitud igual a $\frac{1}{\sqrt{2}}$ debido a que la secuencia original tiene una potencia igual a 2.

La salida a la tasa de chip, optimamente ponderada, es un vector complejo de la señal desaleatorizada. Cada elemento en el vector es la señal recibida desde una rama *rake* combinada.

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink Ideal Receiver* se indican en la tabla E.185, muy similares a los definidos para el receptor ideal en el enlace de subida.

Tabla E.185. Parámetros bloque *Downlink Ideal Receiver*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Chip Rate</i>	Doble	Tasa de chip del sistema igual a 3.84 Mcps.
<i>Receive Filter File</i>	Cadena	Ruta al archivo de señal que contiene la respuesta al impulso del filtro de adaptación en el receptor.
<i>Channel Over-sampling Factor</i>	Entero	Factor de sobremuestreo para el canal. Es la relación del número de subchips por chip.
<i>Total Filter Delay</i>	Entero	Retardo en muestras para la combinación de los filtros de transmisión y recepción. Esto es utilizado para alinear los datos al límite de una ranura.
<i>Radio Frame Duration</i>	Entero	Duración en segundos de la trama radio. Para un sistema 3GPP es 0.01 segundos.
<i>Number of Slots</i>	Entero	Número de ranuras en una trama. Este parámetro debe ser igual a 15.

<i>Number of Rake Fingers</i>	Entero	Número de ramas en el receptor <i>Rake</i> . La longitud del vector de entrada de estimación del canal debe ser igual a este valor.
-------------------------------	--------	---

Las entradas al bloque *Downlink Ideal Receiver* se indican en la tabla E.186.

Tabla E.186. Entradas al bloque *Downlink Ideal Receiver*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Complejo	Señal recibida del canal.
<i>chan_coef</i>	Vector complejo	Vector complejo de ganancias de trayecto de canal, un elemento por cada trayecto en el canal. La longitud debe ser igual al parámetro <i>Number of Rake Fingers</i> .
<i>chan_del</i>	vector Doble	Vector de retardos de los trayectos de canal, un elemento por cada trayecto en el canal. La longitud debe ser igual al parámetro <i>Number of Rake Fingers</i> .

La salida del bloque *Downlink Ideal Receiver* se indica en la tabla E.187.

Tabla E.187. Salidas del bloque *Downlink Ideal Receiver*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Vector Complejo	Vector de señales recibidas, con un elemento por cada trayecto de canal. Estas señales son desaleatorizadas y optimamente ponderadas para combinación.

El bloque *Downlink Demod* demodula cada una de las señales de las ramas *rake* desensanchando las señales y ejecutando el proceso de integración. Las señales demoduladas son sumadas de manera óptima combinando las señales de los múltiples trayectos. El diagrama correspondiente al bloque *Downlink Demod* se muestra en la figura E.74.

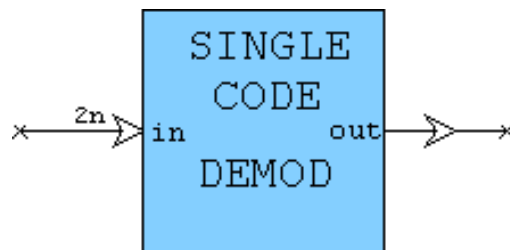


Figura E.74. Bloque *Downlink Demod*.

El bloque *Downlink Demod* demodula la señal compleja recibida desde el receptor *rake*. las señales de las ramas *rake* son desensanchadas al multiplicarlas por el complejo conjugado del código OVFS e integrando el resultado sobre el periodo de un bit.

La operación de desensanchamiento es indicada en la ecuación E.53.

$$despread(i) = \sum_{j=0}^{SF} C_{c,n}^* * in(SF * i + j) \quad (E.53)$$

Donde, SF es el factor de ensanchamiento y $C_{c,n}$ es el código OVFS. La clase (c) del código OSVF se obtiene del SF como $\text{Log}_2(SF)$ y el número de código (n) se fija como un parámetro de bloque.

las señales desensachadas, una por cada rama *rake*, son sumadas para mejorar la relación señal a ruido total. Este bloque asume que las señales provenientes de las diferentes ramas fueron ponderadas antes de la entrada a este bloque para obtener una combinación óptima.

Finalmente, el dato complejo es convertido a una secuencia real colocando en la salida primero la parte real y luego la parte imaginaria de la señal combinada. la salida de este bloque corre a $2/SF$ la velocidad de entrada al bloque.

Este bloque puede ser visto como el inverso del bloque *Single Code Spreading*.

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink Demod* se indican en la tabla E.188.

Tabla E.188. Parámetros bloque *Downlink Demod*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Spreading Factor</i>	Entero	Factor de ensanchamiento utilizado por el código OVSF en el transmisor.
<i>OVSF Code Number</i>	Entero	Código OVSF utilizado para ensanchar los datos transmitidos.
<i>Number of Rake Fingers</i>	Entero	Número de ramas del receptor tipo <i>Rake</i> . Este debe ser el número de elementos en el vector de entrada.

La entrada al bloque *Downlink Demod* se indica en la tabla E.189.

Tabla E.189. Entradas al bloque *Downlink Demod*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector Complejo	Salida desaleatorizada y ponderada desde el receptor <i>rake</i> . Cada elemento en el vector es la señal de una de las ramas <i>rake</i> .

La salida del bloque *Downlink Demod* se indica en la tabla E.190.

Tabla E.190. Salida del bloque *Downlink Demod*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>out</i>	Doble	Secuencia de datos desensanchada.

El bloque *Downlink Symbol Derepeat* desrepite por dos excepto cuando es una trama comprimida por reducción de factor de ensanchamiento, después de alinear las señales recibidas a los límites de la trama con un bloque de retardo. El diagrama correspondiente al bloque *Downlink Symbol Derepeat* se muestra en la figura E.75.

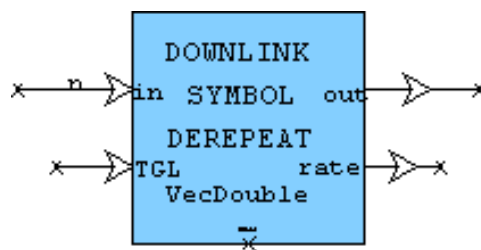


Figura E.75. Bloque *Downlink Symbol Derepeat*.

El bloque *Downlink Symbol Derepeat* en el caso de tramas no comprimidas desrepite por dos utilizando el inverso del algoritmo de repetición del bloque *Downlink Symbol Repeat*. En la desrepetición, los símbolos son sumados y la suma es normalizada. La tasa de repetición es señalizada, uno o dos, a través del pin de salida *rate*.

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink Symbol Derepeat* se indican en la tabla E.191.

Tabla E.191. Parámetros bloque *Downlink Symbol Derepeat*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Input Frame Length</i>	Entero	Tamaño fijo de la trama de símbolos de entrada.
<i>Compressed mode</i>	Cadena	Modo de compresión utilizado en tramas comprimidas: <i>SF reduction</i> , <i>Puncturing</i> , <i>Scheduling</i> o <i>none</i> .
<i>Short Code Number</i>	Entero	Clase del código OVSF. Debe ser la misma clase que la utilizada por el transmisor en el ensanchamiento en el enlace de bajada.

Las entradas al bloque *Downlink Symbol Derepeat* se indican en la tabla E.192.

Tabla E.192. Entradas al bloque *Downlink Symbol Derepeat*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>in</i>	Vector Doble	Trama de entrada que contiene símbolos a ser desrepetidos.
<i>tgl</i>	Doble	Longitud de interrupción de transmisión. Un valor 0 indica una tramas no comprimida.

Las salidas del bloque *Downlink Symbol Derepeat* se indican en la tabla E.193.

Tabla E.193. Salidas del bloque *Downlink Symbol Derepeat*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>rate</i>	Doble	Tasa de repetición. 1 indica no repetición, o 2.
<i>out</i>	Vector Real	Trama consistente de símbolos desrepetidos y normalizados.

El bloque *Downlink Frame Deformat* extrae los campos individuales de la trama y los entrega a la salida. Cualquier interrupción de transmisión es tomada en cuenta. Los bits TFCI son decodificados, y los bits piloto correspondientes a una trama son separados en ranuras. El diagrama correspondiente al bloque *Downlink Frame Deformat* se muestra en la figura E.76.

Este bloque separa la información de los campos en las ranuras de las tramas recibidas en el enlace de bajada. Si se está en modo compresión, el bloque utilizará el formato de trama en modo compresión y tomará en cuenta las ranuras de interrupción señalizadas por los pines TGL y TGSN. Cualquier interrupción de trans-

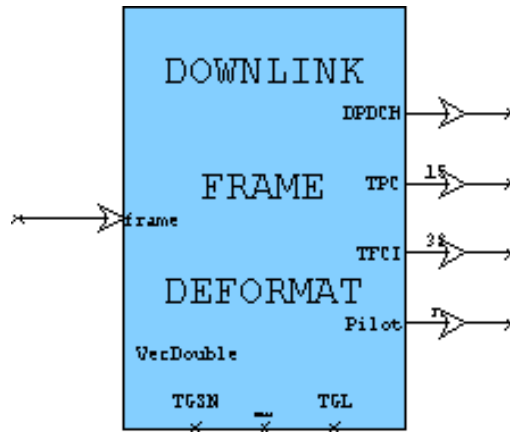


Figura E.76. Bloque *Downlink Frame Deformat*.

misión en la trama será tratada de manera diferente dependiendo del parámetro que identifica la estructura de trama (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

El tipo de tramas de entrada, comprimidas o no comprimidas, lo define el pin TGL, el cual indica la longitud, en ranuras, de interrupción de transmisión en la trama. Un valor igual a cero sobre el pin TGL indica una trama no comprimida, y un valor positivo indica una interrupción de transmisión, la cual produce una trama comprimida. El pin TGSN fija el número de la ranura de inicio de la interrupción de transmisión. Si el valor TGL sumado al valor TGSN excede el máximo número de ranuras en una trama, 15, esto denota la interrupción de transmisión sobre dos tramas. Un valor negativo sobre el pin TGSN indica que la trama previa fue comprimida y, por lo tanto, denota la segunda trama de interrupción de transmisión.

En modo de compresión por perforación (*puncturing*) o planificación (*scheduling*), la cantidad de información de carga útil se reduce, lo cual se ve reflejado en la cantidad de datos sobre el pin DPDCH. En modo de compresión por reducción del factor de ensanchamiento (*spreading factor reduction*), el número de símbolos en una trama comprimida se duplica, permitiendo el mismo número de símbolos de información como en una trama normal a pesar de la interrupción de transmisión.

Existe un único valor TPC por cada ranura, tal que el valor TPC es repetido en la entrada de la trama para llenar el campo TPC en la ranura. Todos los valores TPC repetidos son sumados, pero no normalizados, para formar uno de los 15 valores sobre el pin de salida TPC.

Los campos TFCI de las 15 ranuras son mapeados a un símbolo TFCI codificado

de 32 bits acorde a (3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008). El símbolo TFCl en entonces llevado al pin de salida.

El pin piloto contiene todos los símbolos pilotos de una trama, 15 en total, en un vector. Los símbolos piloto representan las ranuras de interrupción de transmisión con valor igual a cero. En modo de compresión por reducción de factor de ensanchamiento (*spreading factor reduction*, se duplica la longitud del campo piloto de la trama, dado que los bits en un símbolo piloto se duplica en tramas comprimidas. En este caso, los bits piloto se suman y se normalizan (3GPP TS 25.211 V8.0.0 , 2008; 3GPP TS 25.212 V8.1.0 , 2008).

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink Frame Deformat* se indican en la tabla E.194.

Tabla E.194. Parámetros bloque *Downlink Frame Deformat*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Data1</i>	Entero	Longitud del campo <i>data1</i> por ranura. Existe en tramas normales y comprimidas.
<i>TPC</i>	Entero	Longitud del campo de trama TPC. Existe en tramas normales y comprimidas.
<i>TFCl</i>	Entero	Longitud del campo de trama TFCl. Existe en tramas normales y comprimidas.
<i>Data2</i>	Entero	Longitud del campo <i>data2</i> por ranura. Existe en tramas normales y comprimidas.
<i>Pilot</i>	Entero	Longitud del campo de trama piloto. Existe en tramas normales y comprimidas.
<i>Compressed mode</i>	Cadena	Modo de compresión utilizado en tramas comprimidas: <i>SF reduction</i> , <i>Puncturing</i> , o <i>Scheduling</i> .
<i>Frame Structure</i>	Cadena	Formato de estructura de trama utilizado en modo comprimido, tipo A o B.

Las entradas al bloque *Downlink Frame Deformat* se indican en la tabla E.195.

Tabla E.195. Entradas al bloque *Downlink Frame Deformat*.

Entrada	Tipo de Dato	Descripción
<i>frame</i> <i>tgsn</i>	Doble	Trama con formato completa con 15 ranuras. TGSN de la trama actual. Un valor negativo indica la segunda trama de una interrupción de transmisión en dos tramas.
<i>tgl</i>	Doble	TGL de la trama actual. Un valor igual a 0 significa que la trama es no comprimida.

Las salidas del bloque *Downlink Frame Deformat* se indican en la tabla E.196.

Tabla E.196. Salidas del bloque *Downlink Frame Deformat*.

Salida	Tipo de Dato	Descripción
<i>dpdch</i>		Carga útil de datos de la trama. La longitud depende del formato de trama y el modo de compresión.
<i>tpc</i>	Vector Doble	Los 15 bits de señal TPC, uno por cada ranura.
<i>tfc</i>	Vector Doble	Los 32 bits TFCI codificados en una trama.
<i>pilot</i>	Vector Doble	15 símbolos piloto, uno por cada ranura. La longitud debe ser 15 veces la longitud del campo piloto.

El bloque *Turbo Scaling* multiplica los datos por un factor de escala para utilizar el decodificador turbo MAP (*maximum a posteriori*). El factor de escala es relativo a los bits piloto. El bloque *Turbo Scaling* es similar al utilizado en el enlace de subida.

Second Interleaver

Este bloque desentrelaza los datos en la trama.

Downlink TrCH Decode

Este bloque es utilizado para decodificar el DTCH, en los siguientes pasos: retardo de la trama de entrada para que esta se encuentre en el límite del TTI, extracción de la parte de la trama radio asociada al canal de transporte, ensamblaje de las diferentes partes en un TTI, desentrelazado (para el primer entrelazado), remoción de los bits DTX, desadaptación de velocidad, decodificación de canal, y dar nuevamente formato a los bloques. La salida es una matriz de bloques decodificados y el número de errores CRC por cada bloque (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

El diagrama correspondiente al bloque *Downlink TrCH Decode* se muestra en la figura E.77.

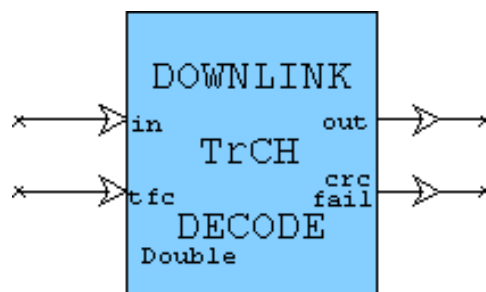


Figura E.77. Bloque *Downlink TrCH Decode*.

Este bloque provee los procesos de desentrelazado y decodificación para un canal de transporte en el enlace de bajada. El canal puede ser de velocidad fija o variable y con posiciones de trama fijas o variables (3GPP TS 25.212 V8.1.0, 2008). Este bloque puede ser pensado como el inverso del bloque *Downlink TrCH Encode*.

La entrada a este bloque es la trama radio recibida después del desentrelazado de la segunda etapa de entrelazado y la matriz de combinación de formato de transporte proveniente del bloque *Select TFC*.

Los parámetros definidos en el bloque *Downlink TrCH Decode* se indican en la tabla E.197.

Tabla E.197. Parámetros bloque *Downlink TrCH Decode*.

Parámetro	Tipo de Dato	Descripción
<i>Encoding scheme</i>	Cadena	Selecciona el método de codificación de canal utilizado por el codificador. Este puede ser no codificado (<i>uncoded</i>), convolucional (<i>convolutional</i>), o turbo.
<i>Coding Rate</i>	Cadena	Configura la tasa de codificación utilizada por el codificador. Este debe ser uno para no codificado (<i>uncoded</i>), 1/3 para turbo, y 1/2 o 1/3 para datos codificados convolucionalmente (<i>convolutional</i>).
<i>Transmission time interval (ms)</i>	Entero	Longitud del TTI en milisegundos. Este valor solo puede ser 10, 20, 40, o 80.
<i>Transport format combination file</i>	Cadena	Ruta al archivo de combinación de formato de transporte (TFC). Este archivo lista la configuración y tamaño de los bloques para todos los canales de transporte y todos los TFCs.
<i>Transport channel number</i>	Entero	Número de canal de transporte a decodificar.
<i>Number of CRC bits</i>	Entero	Número de bits CRC que fueron concatenados a cada bloque de datos en el codificador.
<i>Transport channel position type</i>	Cadena	Selecciona el tipo de posición de trama radio. Puede ser configurado a posiciones fijas (<i>fixed</i>) o flexibles (<i>flexible</i>).
<i>Compressed mode type</i>	Cadena	Modo de compresión utilizado en tramas comprimidas: <i>SF reduction</i> , <i>Puncturing</i> , <i>Scheduling</i> o <i>none</i> . Perforación puede ser utilizada solo si son utilizadas tramas de posiciones fijas. Similarmente, planificación de alto nivel puede ser utilizada solo si son utilizadas tramas de posiciones flexibles.
<i>Number of iterations</i>	Entero	Número de iteraciones en los datos al utilizar la decodificación de códigos turbo.

<i>Decoding method</i>	cadena	Selecciona los métodos de decodificación MAP o Max-Log para decodificación de datos codificados con codificación turbo.
<i>Max-Log scaling factor</i>	Doble	Configura el factor de escala o amplitud a aplicar a la salida si el método Max-Log fue seleccionado como decodificador turbo. Un valor igual a 0.7 es una buena escogencia.
<i>Truncation path length</i>	Entero	Número de símbolos en la profundidad de rastreo (<i>trace back</i>) en el decodificador de Viterbi antes de producir una respuesta en la salida. Solo es utilizado para datos codificados convolucionalmente.
<i>Blind format detection</i>	cadena	Se configura en 'yes' para ejecutar una detección del formato sin conocimiento del campo TFC o cuando este no es incluido en el DPCCH. Solo es utilizado para datos codificados convolucionalmente.
<i>Value of D</i>	Doble	Valor utilizado para determinar si el CRC debe ser verificado. Si el factor de error es menor a este valor, el CRC es verificado.

Las entradas al bloque *Downlink TrCH Decode* son las mismas indicadas en el enlace de subida.

Las salidas del bloque *Downlink TrCH Decode* son las mismas indicadas en el enlace de subida.

Internamente en el bloque *Downlink TrCH Decode* se encuentran los bloques:

- *Radio Frame Demux.*
- *Block Segment/Desegment.*
- *First Interleaver.*
- *Downlink Rate Match*

- *DTX processing.*
- *3GPP Decoder.*
- *Reblock Data.*

Todo estos bloques son similares en sus características, parámetros, entradas y salidas a los definidos en el enlace de subida.

BLER/BER

Este bloque calcula y despliega la tasa de errores de bloque (BLER), la tasa de error de bit (BER) y la Tasa de error de Decisión (DER). Los resultados de simulación son almacenados en un archivo texto de Valores Separados por Coma (CSV) (SPD CDMA Library Reference., 2007; SPD CDMA Library Help., 2007).

Apéndice F

Aplicación de la Herramienta de Simulación a Nivel de Sistema para Fortalecer Procesos de Enseñanza y Aprendizaje.

En el presente apéndice se indica la aplicación de la herramienta de simulación a nivel de sistema para análisis de capacidad por control ideal de potencia en la asignatura 3G-WCDMA. Durante el desarrollo del presente trabajo final de maestría se propuso y se dió origen a la asignatura electiva 3G-WCDMA, en la cual se han desarrollado como trabajos de la asignatura simulaciones básicas a nivel de enlace que permiten conocer la técnica de espectro ensanchado por secuencia directa y el uso de herramientas de simulación a nivel de sistema, tal como lo es NSPW. Durante el segundo semestre académico de 2010 se utilizó con los estudiantes la herramienta desarrollada en el presente trabajo final de maestría. A continuación se encuentran los requerimientos de la práctica dirigida a los estudiantes, una encuesta realizada a ellos, y sus resultados.

F.1 Requerimientos de la Practica Asignada

El requerimiento se encuentra disponible en: [http://artemisa.unicauca.edu.co/vflorez/3GWCDMA/trabajo 2.pdf](http://artemisa.unicauca.edu.co/vflorez/3GWCDMA/trabajo%202.pdf)

TRABAJO No. 2. Análisis de Capacidad de Sistemas WCDMA en el Enlace de Subida.

Cada grupo debe presentar en un informe los resultados y el análisis de Capaci-

dad de Sistemas WCDMA en el Enlace de Subida. El informe debe ser presentado de manera independiente por cada grupo. Cada grupo debe tener especial cuidado con la redacción (gramática, estilo, claridad, la presentación), la comunicación efectiva de las ideas, también como el contenido técnico. Todos los informes deben tener las siguientes secciones.

1. Encabezado. Título, nombres y fecha.
2. Objetivo. Objetivo del trabajo.
3. Contenido. Brevemente se describe la simulación que permite el análisis de capacidad de sistemas WCDMA.
4. Resultados. Claramente presenta los resultados, proveyendo los datos necesarios, diagramas, imágenes, etc.
5. Análisis. Análisis de resultados. Explica los datos numéricos y las gráficas obtenidas
6. Conclusiones.

Herramienta: Scilab

Objetivo: Analizar la capacidad de un sistema WCDMA en el enlace de subida haciendo uso de la simulación diseñada e implementada para ello, en dos dimensiones distintas del escenario, para las diferentes velocidades de transmisión de datos de referencia (12.2, 64, 144 y 384 Kbps), teniendo en cuenta diversidad o no de recepción en estación base.

Procedimiento:

1. Buscar en las recomendaciones 3GPP los valores de requerimiento de desempeño (E_b/N_0) para dos de las velocidades de transmisión de datos de referencia (12.2, 64, 144 y 384 Kbps), para cualquiera de los modelos de canal que involucra desvanecimiento (F1, F2, F3 o F4), considerando y no la diversidad de recepción en estación base.
2. Definir las dimensiones de dos escenarios de simulación basado en el sistema básico de nueve celdas con una dimensión máxima de 3000mx3000m.

3. El archivo de simulación `simv1.3.sce` genera el escenario de simulación, distribuye la cantidad de usuarios definidos de manera uniforme y ejecuta un control de potencia ideal acorde a los parámetros definidos del sistema a simular. La simulación al ejecutarse determina cada terminal de usuario a que estación base se conecta basado en el criterio de mínima atenuación o distancia, la distancia, las pérdidas de propagación y finalmente la potencia requerida para cumplir con la relación E_b/N_0 especificada. La simulación deshabilita los terminales de aquellos usuarios que superan el máximo nivel de potencia permitido, calculando los nuevos valores de potencia y repitiendo la simulación si los valores de potencia obtenidos al final son negativos, presentando al final de la simulación una ventana gráfica del escenario con los usuarios atendidos y no atendidos. En la consola aparecen los valores de potencia en unidades naturales, el factor de carga de cada una de las nueve celdas, el número de veces que se repitió la simulación y el número final de usuarios atendidos. Analizar el código, su funcionamiento, el algoritmo de control de potencia y calculo de factor de carga y analizar para diferentes velocidades de transmisión de datos según el valor requerido de E_b/N_0 y número de usuarios, con o sin diversidad de recepción en estación base, en dos dimensiones o medidas distintas del sistema, el comportamiento del mismo. Tener en cuenta la definición de la máxima potencia de transmisión según la clase de terminal y el servicio.

4. El archivo de simulación `simv1.11.sce` permite realizar el mismo procedimiento del punto anterior, pero repetirlo un número considerable de veces (10000) para obtener resultados validos estadísticamente. Esta simulación no permite visualizar el escenario pero permite visualizar en histogramas la potencia de los terminales de usuario, la carga y la máxima cobertura en cada una de las nueve celdas. En la consola aparece información sobre el número total de veces que se realizó la simulación (pueden ser más de las definidas en el programa debido a que en algunos casos se pueden presentar casos de limitación intrínseca (potencias negativas)), el total de usuarios atendidos en el número de veces definido en el archivo de simulación, el número de repeticiones definidas inicialmente en el archivo de simulación, y la distribución de usuarios por celda en el número total de realizaciones de la simulación. Analizar para dos velocidades de transmisión de datos según el valor requerido

de Eb/No y número de usuarios, con o sin diversidad de recepción en estación base, en dos dimensiones o medidas distintas del sistema, los resultados arrojados por la simulación. Tener en cuenta la definición de la máxima potencia de transmisión según la clase de terminal y el servicio. Determinar y analizar los casos de limitación intrínseca y el porcentaje que representa con respecto al número total de repeticiones definidas de la simulación, la probabilidad de degradación global del sistema, la potencia requerida de los terminales móviles, el factor de carga y la cobertura en cada una de las celdas.

El trabajo debe ser enviado al correo: vflorez@unicauca.edu.co. Se debe tener cuidado a la hora de adjuntar archivos muy pesados.

Fecha plazo de entrega del trabajo: viernes 12 de noviembre de 2010 hasta las 24:00 horas.

Víctor Manuel Quintero Flórez.

Fecha de publicación: Viernes 29 de octubre de 2010.

F.2 Preguntas Realizadas en la Encuesta

La siguiente es la encuesta realizada a los estudiantes de la asignatura electiva 3G-WCDMA.

Esta encuesta permitirá determinar el nivel de percepción de los estudiantes de la asignatura electiva 3G-WCDMA acerca del uso de la herramienta software basada en Scilab, utilizada en la evaluación de capacidad y cobertura de un sistema WCDMA por medio del control ideal de potencia en el enlace de subida. (Trabajo 2)

1. ¿En qué grado considera usted es de utilidad para el curso 3G-WCDMA el uso de la herramienta basada en Scilab que permite evaluar la capacidad y cobertura de un sistema WCDMA en el enlace de subida por medio del control ideal de potencia?
 - (a) Grado muy alto
 - (b) Grado alto
 - (c) Grado medio
 - (d) Grado bajo

- (e) Grado deficiente
 - (f) No aplica
2. ¿En qué grado considera usted la herramienta software le permitió aclarar y afianzar los conceptos relacionados con sistemas basados en espectro ensanchado, sus limitaciones por interferencia y el control de potencia?
- (a) Grado muy alto
 - (b) Grado alto
 - (c) Grado medio
 - (d) Grado bajo
 - (e) Grado deficiente
 - (f) No aplica
3. ¿En qué grado considera usted fue clara la guía de trabajo y/o procedimientos para la evaluación de capacidad y cobertura de un sistema WCDMA por medio del control ideal de potencia haciendo uso de la herramienta software en Scilab?
- (a) Grado muy alto
 - (b) Grado alto
 - (c) Grado medio
 - (d) Grado bajo
 - (e) Grado deficiente
 - (f) No aplica
4. ¿En qué grado considera usted fue claro el objetivo de la práctica?
- (a) Grado muy alto
 - (b) Grado alto
 - (c) Grado medio
 - (d) Grado bajo

- (e) Grado deficiente
 - (f) No aplica
5. ¿En qué nivel considera usted se encuentra la complejidad de los códigos de los archivos de simulación utilizados por usted?
- (a) muy alta complejidad
 - (b) alta complejidad
 - (c) mediana complejidad
 - (d) baja complejidad
 - (e) No aplica
6. ¿Cómo calificaría usted la visualización de resultados que ofrece la herramienta?
- (a) Muy buena
 - (b) Buena
 - (c) Regular
 - (d) Mala
 - (e) No aplica
7. ¿Cómo calificaría usted el tiempo de ejecución de las simulaciones y el nivel de carga ofrecido al computador?
- (a) Muy buena
 - (b) Buena
 - (c) Regular
 - (d) Mala
 - (e) No aplica
8. ¿Qué grado de flexibilidad brinda la herramienta software para realizar modificaciones y/o cambios sobre el código que permita evaluar diferentes parámetros del sistema y características del escenario?

- (a) Grado muy alto
 - (b) Grado alto
 - (c) Grado medio
 - (d) Grado bajo
 - (e) Grado deficiente
 - (f) No aplica
9. ¿Considera que el uso de esta herramienta de simulación facilita el proceso de aprendizaje?
- (a) Si
 - (b) No
10. Este espacio es para comentarios acerca del uso de la herramienta software y sus características (aspectos positivos, aspectos negativos, aspectos por mejorar.)

F.3 Resultados de la Encuesta

La encuesta fue realizada por 18 estudiantes.

1. ¿En qué grado considera usted es de utilidad para el curso 3G-WCDMA el uso de la herramienta basada en Scilab que permite evaluar la capacidad y cobertura de un sistema WCDMA en el enlace de subida por medio del control ideal de potencia?
- (a) Grado muy alto: 5.5%
 - (b) Grado alto: 88.9%
 - (c) Grado medio: 5.5%
2. ¿En qué grado considera usted la herramienta software le permitió aclarar y afianzar los conceptos relacionados con sistemas basados en espectro ensanchado, sus limitaciones por interferencia y el control de potencia?

- (a) Grado muy alto: 16.7%
 - (b) Grado alto: 55.5%
 - (c) Grado medio: 27.8%
3. ¿En qué grado considera usted fue clara la guía de trabajo y/o procedimientos para la evaluación de capacidad y cobertura de un sistema WCDMA por medio del control ideal de potencia haciendo uso de la herramienta software en Scilab?
- (a) Grado muy alto: 11.1%
 - (b) Grado alto: 44.4%
 - (c) Grado medio: 38.9%
 - (d) Grado bajo: 5.5%
4. ¿En qué grado considera usted fue claro el objetivo de la práctica?
- (a) Grado muy alto: 33.3%
 - (b) Grado alto: 55.5%
 - (c) Grado medio: 11.1%
5. ¿En qué nivel considera usted se encuentra la complejidad de los códigos de los archivos de simulación utilizados por usted?
- (a) alta complejidad: 22.2%
 - (b) mediana complejidad: 72.2%
 - (c) baja complejidad: 5.5%
6. ¿Cómo calificaría usted la visualización de resultados que ofrece la herramienta?
- (a) Muy buena: 33.3%
 - (b) Buena: 61.1%
 - (c) Mala: 5.5%
7. ¿Cómo calificaría usted el tiempo de ejecución de las simulaciones y el nivel de carga ofrecido al computador?

- (a) Buena: 27.8%
 - (b) Regular: 50%
 - (c) Mala: 22.2%
8. ¿Qué grado de flexibilidad brinda la herramienta software para realizar modificaciones y/o cambios sobre el código que permita evaluar diferentes parámetros del sistema y características del escenario?
- (a) Grado muy alto: 11.1%
 - (b) Grado alto: 72.2%
 - (c) Grado medio: 16.7%
9. ¿Considera que el uso de esta herramienta de simulación facilita el proceso de aprendizaje?
- (a) Si: 100%

F.4 Comentarios de los estudiantes

Los siguiente son los comentarios de los estudiantes al final de la encuesta:

- El tiempo de ejecución sería necesario tratar de mejorarlo, así como la interfaz gráfica.
- Explicar de una manera un poco mas clara lo que se busca con la simulación, explicar de manera previa cosas que pueden pedir en la simulación.
- En la pregunta 7 donde hace referencia al tiempo de ejecución de las simulaciones lo califico como regular, porque el tiempo en que demora en ejecutarse es mucho en algunas gráficas donde se aumenta mucho el numero de usuarios o el tamaño de la celda. Otra sugerencia es que produce muchos errores en algunas simulaciones cuando se cambian datos donde se modifica de manera considerable el numero de usuarios o el tamaño de la celda.

- Considero que scilab es una buena herramienta para el curso de 3G ya que por medio de ella se nos permite a los estudiantes aclarar y afianzar los conocimientos adquiridos en clase.
- En términos generales es una herramienta liviana para instalar y con buenas capacidades de simulación, muy similares a las de Matlab, en este tipo de simulaciones, de pronto la herramienta se pone bastante lenta para un número de usuarios considerable, alrededor de 100, pero es por la cantidad de iteraciones que la herramienta tiene que ejecutar, además de la limitación de recursos por parte de la máquina en la que realizamos la simulación.
- Hacer una descripción un poco más clara acerca de lo que se busca con la práctica.
- la herramienta scilab permite la simulación de sistemas que mejoran notablemente el entendimiento de los conceptos teóricos vistos en clase, por tal razón es de vital importancia contar con herramientas de este tipo ya que permiten que el proceso de manejo de los conceptos hacia el conocimiento de estos sea más favorable. sin embargo, para que el rendimiento de la simulación sea óptimo, debe contarse con equipos computacionales que brinden las capacidades necesarias para correr el programa, sino el proceso será tortuoso y creará impaciencia.

Apéndice G

Archivos Resultados de Simulación

En el presente apéndice se indica el lugar donde se encuentran los resultados de las diferentes simulaciones realizadas tanto a nivel de enlace como de sistema.

G.1 Archivos Resultados de Simulación a Nivel de Enlace

En esta sección se indica el lugar donde se encuentran los archivos de resultados, figuras y códigos que permitieron la interpolación de valores o la creación de las figuras utilizando Scilab. Los resultados se encuentran en la carpeta "Resultados Simulación a Nivel de Enlace" que se encuentra dentro de la carpeta "Resultados".

Dentro de la carpeta mencionada se encuentran las siguientes carpetas:

- Archivos Interpolación: Archivos que permiten determinar por interpolación el valor de la relación E_b/N_o para una BLER específica, y a partir del valor de E_b/N_o se determina el valor de BER. Se debe tener cuidado en los archivos con la ruta que apunta a los archivos de resultados de SPD en formato CSV.
- Documentos resultados: Archivos de resultados de SPD en formato CSV.

G.1.1 Archivos Resultados de Simulación Enlace de Subida

Dentro de la carpeta "Resultados Simulación a Nivel de Enlace" que se encuentra dentro de la carpeta "Resultados", se encuentran las siguientes carpetas con resul-

tados y archivos que permiten la visualización de resultados en el enlace de subida:

- Resultados UL: incluye los archivos de resultados generador por SPD en formato CSV. Los nombres de los archivos se encuentran relacionados con la velocidad de transmisión de datos de referencia: 12, 64, 144 y 384 para 12.2, 64, 144 y 384 Kbps respectivamente; s, f1, f2, f3, f4, bd y m para los canales estático, con desvanecimiento casos 1, 2, 3 y 4, nacimiento y muerte y en movimiento respectivamente; wod cuando los resultados son obtenidos sin diversidad de recepción; y en los casos que aparece 001 este valor está relacionado a un valor de BLER igual a 10^{-2} .
- Archivos creación figuras UL: Archivos que permiten la generación de las curvas de desempeño (BER y BLER Vs E_b/N_o) a partir de los archivos de resultados. Los nombres de los archivos se encuentran relacionados con la velocidad de transmisión de datos de referencia: 12, 64, 144 y 384 para 12.2, 64, 144 y 384 Kbps respectivamente; s, f1, f2, f3, f4, bd y m para los canales estático, con desvanecimiento casos 1, 2, 3 y 4, nacimiento y muerte y en movimiento respectivamente; y wwod cuando se comparará el desempeño con y sin diversidad de recepción. Se debe tener cuidado en los archivos con la ruta que apunta a los archivos de resultados de SPD en formato CSV.
- Figuras UL: Figuras relacionadas con los resultados de simulación que permiten evaluar y analizar el desempeño a nivel de enlace. Los nombres de los archivos se encuentran relacionados con la velocidad de transmisión de datos de referencia: 12, 64, 144 y 384 para 12.2, 64, 144 y 384 Kbps respectivamente; s, f1, f2, f3, f4, bd y m para los canales estático, con desvanecimiento casos 1, 2, 3 y 4, nacimiento y muerte y en movimiento respectivamente; uld cuando se tiene en cuenta la diversidad de recepción en el enlace de subida; wwod cuando se comparará el desempeño con y sin diversidad de recepción; y BER o BLER si la figura está relacionada con BER o BLER Vs E_b/N_o). Las figuras se encuentran en formato eps.

G.1.2 Archivos Resultados de Simulación Enlace de Bajada

Dentro de la carpeta "Resultados Simulación a Nivel de Enlace" que se encuentra dentro de la carpeta "Resultados", se encuentran las siguientes carpetas con resul-

tados y archivos que permiten la visualización de resultados en el enlace de bajada:

- Resultados DL: incluye los archivos de resultados generador por SPD en formato CSV. Los nombres de los archivos se encuentran relacionados con la velocidad de transmisión de datos de referencia: 12, 64, 144 y 384 para 12.2, 64, 144 y 384 Kbps respectivamente; y s, f1, f2, f3, f6, bd y m para los canales estático, con desvanecimiento casos 1, 2, 3 y 6, nacimiento y muerte y en movimiento respectivamente.
- Archivos creacion figuras DL: Archivos que permiten la generación de las curvas de desempeño (BER y BLER Vs E_b/N_o) a partir de los archivos de resultados. Los nombres de los archivos se encuentran relacionados con la velocidad de transmisión de datos de referencia: 12, 64, 144 y 384 para 12.2, 64, 144 y 384 Kbps respectivamente; y s, f1, f2, f3, f6, bd y m para los canales estático, con desvanecimiento casos 1, 2, 3 y 6, nacimiento y muerte y en movimiento respectivamente. Se debe tener cuidado en los archivos con la ruta que apunta a los archivos de resultados de SPD en formato CSV.
- Figuras DL: Figuras relacionadas con los resultados de simulación que permiten evaluar y analizar el desempeño a nivel de enlace. Los nombres de los archivos se encuentran relacionados con la velocidad de transmisión de datos de referencia: 12, 64, 144 y 384 para 12.2, 64, 144 y 384 Kbps respectivamente; s, f1, f2, f3, f6, bd y m para los canales estático, con desvanecimiento casos 1, 2, 3 y 6, nacimiento y muerte y en movimiento respectivamente; y BER o BLER si la figura esta relacionada con BER o BLER Vs E_b/N_o). Las figuras se encuentra en formato eps.

G.2 Archivos Resultados de Simulación a Nivel de Sistema

En esta sección se indica el lugar donde se encuentran los archivos de resultados, figuras y códigos que permitieron el análisis de capacidad y cobertura en el enlace de subida utilizando Scilab. Dentro de la carpeta "Resultados Simulación a Nivel de Sistema" que se encuentra dentro de la carpeta "Resultados", se encuentran las siguientes carpetas:

- Archivos de simulación: Se encuentran 13 archivos de código fuente en Scilab, ejecutables resultado de la evolución de la simulación a nivel de sistema. Las diferencias entre los archivos se encuentran de manera general en el archivo leame.txt y se explican a continuación:
 - simv1.0.sce: Simulación básica. Genera el escenario, distribuye de manera aleatoria y uniforme los usuarios en el escenario, calcula la distancia y las pérdidas de propagación de cada usuario con respecto a cada una de las estaciones base teniendo en cuenta la mínima pérdida de acoplamiento, determina a que estación base se conecta cada uno de los usuarios, calcula la SIR de cada conexión asociada a la velocidad de transmisión de datos y la relación E_b/N_o que determina la calidad requerida por cada servicio, y finalmente ejecuta el control de potencia con lo cual determina el valor de potencia con el cual debe transmitir cada usuario desde la posición en la que se ubica, y con ello el factor de carga.
 - simv1.1.sce: Archivo similar al anterior con la adición que repite la simulación al obtener valores de potencia negativos en unidades naturales (limitación intrínseca), los cuales son resultados de una sobrecarga en la red.
 - simv1.2.sce: Archivo similar al anterior con la adición que detecta los usuarios que superan el máximo nivel de potencia y repite la simulación si los valores de potencia son negativos.
 - simv1.3.sce: Archivo similar al anterior con la diferencia que al detectar los usuarios que superan el máximo nivel de potencia los elimina y realiza un nuevo control de potencia y repite la simulación si los valores de potencia son negativos. Muestra gráficamente en el escenario los usuarios conectados y los no conectados, estos últimos debido a que han excedido el máximo valor de potencia permitido a un terminal móvil.
 - simv1.4.sce: Archivo similar al anterior pero elimina a los usuarios que exceden la máxima potencia uno por uno (iniciando por aquel que requiera la más alta potencia) y al eliminar un usuario aplica el control de potencia y determina los nuevos valores de potencia y si es necesario sigue eliminando usuarios que excedan el máximo valor de potencia per-

- mitido a un terminal móvil. Al final revisa si los valores de potencia son negativos y en caso de serlo repite la simulación desde el principio.
- simv1.5.sce: Archivo similar al anterior pero no gráfica los usuarios en el escenario y define el número de usuarios que se encuentra en una celda en un rango específico de potencia.
 - simv1.6.sce: Archivo similar al anterior con la adición de que repite la simulación un número definido de veces.
 - simv.1.7.sce: Archivo similar al anterior con la adición que gráfica los resultados estadísticos al simular un número definido de veces.
 - simv.1.8.sce: Archivo similar al anterior. Su objeto fue realizar pruebas de simulación con él para detectar errores de programación.
 - simv.1.9.sce: Archivo similar al anterior con la adición de la determinación por simulación del usuario que se encuentra más distante de la estación base en cada celda.
 - simv.1.10.sce: Similar al anterior con la adición de un incremento del límite máximo de potencia permitido por terminal móvil a 250mW (24 dBm), y la posibilidad de que los usuarios pudieran tener una distancia mayor a el radio de la celda ($\pm 500, \pm 150$) en las gráficas estadísticas.
 - simv.1.11.sce: Similar al anterior con la adición de que si el número de usuarios (K) es igual a cero se inicia una nueva simulación antes que Scilab genere una singularidad dado que con $K = 0$ entonces $d = 0$ y $\log_{10}(d)$ genera un error.
 - simv.1.12.sce idem al anterior, soluciona un problema en el cálculo de cobertura y solo gráfica cobertura.
- Resultados: Aparecen los resultados gráficos y algunos valores importantes de los resultados o características de la simulación en archivos texto. Internamente tiene dos carpetas, una por cada uno de los escenarios definidos: "900x900" y "3000x3000". En cada una de las carpetas mencionadas anteriormente se encuentran dos carpetas: "con diversidad" y "sin diversidad". En cada una de las carpetas mencionadas anteriormente se encuentran 4 carpetas: "12.2", "64", "144" y "384", correspondientes a cada una de las velocidades de transmisión de datos de referencia. En cada una de las carpetas

mencionadas anteriormente se encuentran carpetas cada una relacionada con el número de usuarios considerados en los resultados que contiene dicha carpeta. Dentro de estas últimas carpetas se encuentran los archivos gráficos correspondientes a los resultados estadísticos, donde el nombre de cada archivo identifica la velocidad de transmisión de datos de referencia (12, 64, 144 o 384 para 12.2, 64, 144 y 384 Kbps respectivamente), el número de usuarios, la estación base o celda a la que refieren los resultados (BSX, donde X identifica la estación base o la celda), la dimensión del escenario (900 o 3000, que identifica los escenarios 900x900 y 3000x3000 respectivamente), si tiene en cuenta la diversidad de recepción (cd) o no (sd), y el tipo de medida al que se refiere la figura: potencia (pw), carga (ld) o cobertura (cb). Por ejemplo, el archivo "6420bs7900sdpw" incluye el resultado de potencia de los usuarios que se conectan a la estación base 7 en el escenario 2 de 900x900, en el cual se han generado 20 usuarios cada uno con velocidades de transmisión de datos de 64 Kbps.

- Documentos resultados: Incluye en dos hojas de calculo el resumen de los resultados de la simulación a nivel de sistema, y el balance de enlace para diferentes valores de carga y diferentes velocidades referencia de transmisión de datos, haciendo uso del modelo de propagación seleccionado en la simulación.
- Análisis estadístico: Esta carpeta incluye carpetas que a su vez incluyen figuras y una hoja de calculo donde se calcula la media, la moda, la mediana, la varianza y la desviación estándar de cuatro escenarios posibles 40 usuarios (sin diversidad) y 100 usuarios (con diversidad), en dimensiones de los escenarios de 900x900 o 3000x3000.

Referencias

3GPP TR 25.942 V7.0.0 (2007): Radio Frequency (RF) system scenarios (Release 7). 2007.

3GPP TR 25.990 V3.0.0(1999): Vocabulary. 1999.

3GPP TS 25.101 V8.2.0.(2008): User Equipment (UE) Radio Transmission and Reception (FDD)(Release 8). 2008.

3GPP TS 25.104 V8.2.0 (2008): Base Station (BS) Radio Transmission and Reception (FDD) (Release 8). 2008.

3GPP TS 25.211 V8.0.0 (2008)): Physical Channels and Mapping of Transport Channels onto Physical Channels (FDD) (Release 8). 2008.

3GPP TS 25.212 V8.1.0 (2008)): Multiplexing and Channel Coding (FDD) (Release 8). 2008.

3GPP TS 25.213 V8.0.0 (2008)): Spreading and Modulation (FDD) (Release 8). 2008.

3GPP TS 25.214 V8.1.0 (2008): Physical Layer Procedures (FDD)(Release 8). 2008.

3GPP TS 25.215 V8.0.0 (2008): Physical Layer - Measurements (FDD)(Release 8). 2008.

3GPP TS 25.301 V8.1.0 (2008)): Radio Interface Protocol Architecture (Release 8). 2008.

- 3GPP TS 25.302 V8.0.0 (2007): *Services Provided by the Physical Layer (Release 8)*. 2007.
- 3GPP TS 25.401 V8.2.0(2008): *UTRAN Overall Description (Release 8)*. 2008.
- ETSI TR 101 112 V3.1.0: *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Selection procedures for the choice of radio transmission technologies of the UMTS*. 1997.
- Adachi F., Sawahashi M., y Okawa K.(1997). Tree-Structured Generation of Orthogonal Spreading Codes with Different Lengths for Forward Link of DS-CDMA Mobile Radio. *Electronic Letters*, Vol. 33. No. 1, pp. 27-28, Enero 1997.
- Andermo P.G. y Ewerbring L-M.(1995). Looking far beyond the concepts proposed for current cellular systems - A CDMA-Based Radio Access Design for UMTS. *IEEE Personal Communications*, pp.48-53, Febrero 1995.
- Arboleda C. y Arroyo F.(2006). Análisis y Simulación de UWB (Ultra Wide Band) a Nivel Físico Con Matlab. *Trabajo de Grado*, Universidad del Cauca, Popayán-Cauca, Colombia, 2006.
- Baier A., Fiebig U.C., Granzow W., Koch, W and Teder P.(1994). Design Study for a CDMA based Third Generation Mobile Radio System. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, pp. 733-743, Mayo 1994.
- Bolaños C. y Estupiñan A.(2004). Estudio, Análisis y Simulación de Sistemas de Comunicaciones Móviles basados en CDMA. *Trabajo de Grado*, Universidad del Cauca, Popayán-Cauca, Colombia, 2004.
- Bostelmann G.(2003). *UMTS Design Details and System Engineering*. Artech House Publishers.2003.
- Cooper G. R. y Nettleton R.W.(1978). A Spread Spectrum Technique for High-Capacity Mobile Communications. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, VT-27. 38, No. 2, pp.264-275, 1978.
- Gilhausen, K. S., Jacobs I., Padovani R., Viterbi A., Weaver L. y Wheatley C.(1991). On the Capacity of a Cellular CDMA system. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 40, No. 2, pp 303-312, Mayo 1991.

- Holma H. y Toskala A.(2004). *WCDMA for UMTS*. Jhon Wiley & Sons Ltd.2004.
- Kaarainen H., Ahtiainen A., Laitinen L., Naghian S. y Niemi V.(2005). *UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services..* Jhon Wiley & Sons Ltd.2005.
- Korhonen J.(2001). *Introduction to 3G mobile communications*. Artech House Publishers.2001.
- Lopez J. y Esguerra R.(2009). Evaluación y Análisis del Desempeño en el Nivel Físico para Redes de Area Local Inalámbricas (WLAN) IEEE 802.11g. *Trabajo de Grado*, Universidad del Cauca, Popayán-Cauca, Colombia, 2009.
- Lopez R. y Villamarin F.(2005). Simulación de Bluetooth con Matlab. *Trabajo de Grado*, Universidad del Cauca, Popayán-Cauca, Colombia, 2005.
- Meel J.(1999). *Spread Spectrum. Introduction*. Sirius Communications.1999. Disponible en: http://sss-mag.com/pdf/Ss_jme_denayer_intro_print.pdf Acceso en 24 nov. 2009.
- Mendo L.(2001). Capacidad en Sistemas Celulares W-CDMA. *Tesis Doctoral*, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2001.
- Mendo L.(2004). Capacity in WCDMA cellular Systems: Analysis Methods. *UP-GRADE*, Vol. V, No. 1, Febrero 2004.
- Mendo L. y Hernando J. (2002). Uplink and downlink traffic capacity performance in WCDMA systems. *Wireless Design Conference*, Londres, 2002.
- Mendo L.(1997). Sistema Móvil Microcelular con CDMA. *Proyecto Fin de Carrera*, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 1997.
- Mera J. y David M.(2007). Simulación y Análisis del Nivel Físico del Estándar IEEE 802.11b. *Trabajo de Grado*, Universidad del Cauca, Popayán-Cauca, Colombia, 2007.
- Muñoz C. y Muñoz J.(1995). Metodología para la Simulación de Equipos de Telecomunicaciones. *Trabajo de Grado*, Universidad del Cauca, Popayán-Cauca, Colombia, 1995.

- Muñoz O. y Valdes J.(2010). Análisis de Interferencia en Femtoceldas para WCDMA. *Trabajo de Grado*, Universidad del Cauca, Popayán-Cauca, Colombia, 2010.
- Nilsson M. (1999). *Third-Generation Radio Access Standards*. Ericsson review.1999. Disponible en: http://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/1999_03/files/1999031.pdf Acceso en 20 nov. 2009.
- Portilla M. y Tascon M.(2009). Evaluación y Análisis del Desempeño de la Tecnología Zigbee (IEEE 802.15.4). *Trabajo de Grado*, Universidad del Cauca, Popayán-Cauca, Colombia, 2009.
- Price R. y Green P. E. Jr.(1958). A Communication Technique for Multipath Channels. *Proceedings of the IRE*, Vol. 46. No. 3, pp. 555-570, Marzo 1958.
- Realpe E. y Ruiz H.(2011). Evaluación y Análisis del Desempeño de la Tecnología HSDPA. *Trabajo de Grado*, Universidad del Cauca, Popayán-Cauca, Colombia, 2011.
- Scholtz R.(1982). The Origins of Spread-Spectrum Communications. *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 30. No. 5, pp. 822-854, Mayo 1982.
- Skold J., Lundevall M., Parkvall S. y Sundelin M. (2005). *Broadband Data Performance of Third-Generation Mobile Systems*. Ericsson review.2005. Disponible en: http://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/2005_01/files/2005012.pdf Acceso en 20 nov. 2009.
- Turin G.(1980). Introduction to Spread-Spectrum Antimultipath Techniques and Their Application to Urban Digital Radio. *Proceedings of the IEEE*, Vol. 68, No. 3, pp. 328-353, Marzo 1980.
- Turin G.(1984). The Effects of Multipath and Fading on the Performance of Direct-Sequence CDMA Systems. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 2, No. 4, pp. 597-603, Julio 1984.
- Urbano D. y Diaz D.(2007). Simulación y Análisis de Desempeño del Nivel Físico de WCDMA en modo FDD. *Trabajo de Grado*, Universidad del Cauca, Popayán-Cauca, Colombia, 2007.

- Viterbi A.(1995). *CDMA: Principles of Spread Spectrum Communication*. Addison-Wesley.1995.
- 3G SPECIFICATIONS*. 2008. Disponible en: <http://www.denmasbroto.com/?pilih=news&mod=yes&aksi=lihat&id=7> Acceso en 19 nov. 2009.
- 3G TUTORIALS: INTRODUCTION TO 3G*. 3glteinfo.com. 2009. Disponible en: <http://www.3glteinfo.com/3g-tutorials-introduction-to-3g> Acceso en 20 nov. 2009.
- Siemens Whitepaper.(2002). *3G WIRELESS STANDARDS FOR CELLULAR MOBILE SERVICES*. Siemens.2002. Disponible en: http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-moviles-digitales/contenidos/Documentos/whitepaper_3g_wireless.pdf Acceso en 20 nov. 2009.
- 3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW*. UMTSWorld.com. 2003. Disponible en: <http://www.umtsworld.com/technology/overview.htm> Acceso en 02 nov. 2009.
- 3G TUTORIAL, UMTS OVERVIEW*. UMTSWorld.com. 2003. Disponible en: <http://www.umtsworld.com/technology/UMTSChannels.htm> Acceso en 11 dic. 2009.
- DESCRIPCIÓN GENERAL UMTS*. Universidad de las Américas Puebla. UDLA. México. Disponible en: <http://hosting.udlap.mx/profesores/luisg.guerrero/Cursos/MaterialGeneraldeApoyo/simuladortramas/UMTS/-descripcionumts1.htm> Acceso en 19 nov. 2009.
- GSM & UMTS TECHNOLOGY SYSTEM ARCHITECTURE*. mobileguru.co.uk. 2009. Disponible en: http://www.mobileguru.co.uk/Mobile_Technology_globe.html Acceso en 06 nov. 2009.
- Ericsson Whitepaper.(2008). *INNOVATIONS IN WCDMA*. Ericsson.2008. Disponible en: http://www.ericsson.com/technology/whitepapers/innovations_in_wcdma.pdf Acceso en 19 nov. 2009.
- READING SUMMARY OF UMTS ARCHITECTURE..* Disponible en: <http://par-excellence.blogspot.com/2009/05/reading-summary-of-umts-architecture.html> Acceso en 19 nov. 2009.

SPD CDMA Library Reference.. Coware.2007.

SPD CDMA Library Help.. Coware.2007.

UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM. Protocols and Protocol Testing Tutorial. iec.org/online/tutorials. 2000. Disponible en: <http://www.dia.unisa.it/ads/corso-security/www/CORSO-9900/umts/iec.html> Acceso en 10 nov. 2009.