

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

PROCEDIMIENTO PARA LA PROYECCIÓN, EJECUCIÓN Y SOSTENIMIENTO DE UN PUNTO DE ACCESO EN TELEFONIA MOVIL.

JUAN CAMILO ESTRADA MARTINEZ

INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

ANDRES FELIPE BETANCUR PEREZ

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

17/11/2016

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

Palabras clave: Metodología, implementación, mantenimiento, estandarización, productividad.

En la elaboración de este informe basado en las prácticas realizadas, se quiere dar a conocer los procedimientos necesarios para la implementación de una radio base de telefonía móvil. La idea es orientar la información documentada a las características más destacadas en el proceso, para que las personas que lean este proyecto tengan un conocimiento claro y conciso, las cuales son:

- Explicación de los componentes más significativos en la implementación en un punto de acceso.
- Reglamentación legal cuando se realiza una instalación.
- Técnicas de optimización usadas en la operación.
- Explicación de los parámetros y rangos de operación más relevantes cuando se transmiten datos. (2G – 3G – 4G).

Este conjunto de ítems, producirá aclarar las dudas que se tengan acerca del funcionamiento de una radio base, logrando comprender como se desempeña cada una de las tecnologías de telefonía móvil que usamos en nuestra diaria comunicación.

Además, se documentan los procesos más relevantes que son usados para las actividades que se desarrollan operación de O&M (Operación y Mantenimiento) que desempeña la empresa para Colombia Móvil, realizado mediante una plataforma educativa virtual, que ofrece todo el contenido actualizado para los empleados, teniendo como resultado un ahorro significativo en la capacitación e instrucciones del personal que ingresa a la empresa, ya que este proceso de enseñanza se realizaba mediante un acompañamiento de una cuadrilla, generando aplazamiento de actividades y ahora se enseña todo el funcionamiento virtualmente, aprovechando todo el personal para la operación y evitando el postergar las tareas asignadas y así mismo aumentar el rendimiento laboral.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

En este largo camino de muchos logros, al igual que caídas, tengo demasiadas personas que me han enseñado cómo obrar de buena manera, no solo en la parte académica, sino en la parte personal y la laboral. Lamento no poder mencionarlas a todas ellas, pero en un breve recuento, sé que se verán identificadas con algunas menciones especiales que aportaron algo positivo a mi vida.

Mi familia, la gente que más me apoyó, antes, durante y estoy seguro que después de mi paso el Instituto Tecnológico Metropolitano; a mis compañeros de estudio, pues sin ellos se me habría dificultado cumplir las exigencias del nivel académico de la Institución.

Agradezco también a los buenos profesores que han sembrado en mí una semilla investigativa, y además realizaron aportes a mi vida personal, en el momento del desafío académico.

A mi asesor, el cual me brindó el apoyo y cumplió con las citas acordadas, siempre de buena manera para orientarme por el mejor camino en la ejecución de mi proyecto.

Un saludo también a las personas de la empresa Linea Comunicaciones S.A.S., la cual me abrió las puertas para instruirme, y, además, permitirme documentar algunos aspectos mi trabajo de grado con sus extensas bases de datos e invertir en un proyecto que genera economía para la empresa.

ES POR USTEDES QUE TODO ESTO FUE POSIBLE...

¡GRACIAS!

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

RNI Radiación No Ionizante

RI Radiación Ionizante

GSM Global System for Mobile communications (Sistema Global para las comunicaciones Móviles)

BTS Base Transceiver Station (Estación radio base de transmisión y recepción)

BSC Base Station Controller (Controlador de radio base)

O&M Operación y Mantenimiento

UMTS Universal Mobile Telecommunications System (Sistema universal de telecomunicaciones móviles)

LTE Long Term Evolution (Evolución a largo plazo)

RxLev Reception Level (Nivel de recepción)

RxQual Reception Quality (Calidad de recepción)

QoS Quality of Service (Calidad del servicio)

SIC Superintendencia de Industria y Comercio

MinTic Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

ANE Agencia Nacional del Espectro

BBU Base Band Unit (Unidad banda base)

RRU Radio Remote Unit (Unidad remota de radio)

TGD Tablero Generador de Distribución

SPD Surge Protective Device (Protección contra Sobretensiones)

SPT Sistema de Puesta a Tierra

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	MARCO TEÓRICO	8
2.1.	EXPLICACION DEL AREA DE LAS TELECOMUNICACIONES ABARCADA	8
2.2.	PLANEACION DEL SITIO	20
2.3.	PARÁMETROS Y REQUERIMIENTOS ÓPTIMOS DE OPERACIÓN	23
2.4.	JUSTIFICACIÓN DE LIMITANTES A SUPERAR	26
2.4.1.	LIMITANTES LEGALES	26
2.4.2.	LIMITANTES TÉCNICAS.....	30
2.4.3.	LIMITANTES CIVILES	39
2.5.	PROCEDIMIENTOS.....	42
2.5.1.	MONTAJE CIVIL.....	42
2.5.2.	COMPONENTES DE INSTALACIÓN	48
2.5.3.	TOPOLOGIA Y TERRENOS PARA INTEGRAR EL SITIO	62
3.	METODOLOGÍA	69
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	78
	REFERENCIAS.....	80
	Bibliografía	80
	APÉNDICE	81
	Apéndice A.....	81
	Apéndice B.....	83
	Apéndice C.....	84
	Apéndice D.....	85
	Apéndice E	87
	Apéndice F.	89

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

Considerando que la necesidad de las personas de estar comunicado a cada instante ha crecido en los últimos tiempos, debido a la incesante búsqueda de información actualizada en todo momento y la interacción constante de los individuos en tiempo real a través de los medios de comunicación, ha creado la necesidad en los operadores de telefonía móvil, de brindar diferentes soluciones a los servicios móviles actuales para mantener factores de calidad adecuados en los enlaces, cuidando el régimen normativo y legal del país y de este modo, se genere una comunicación eficiente y especialmente asequible a la mayor cantidad de personas.

Hoy en día, las redes de telefonía móvil son el medio más usado a nivel mundial, haciendo que los usuarios accedan y compartan información de manera cómoda, dinámica y a veces confiable. Cabe aclarar que la topología de red cambia en varios países, pero estos modelos convergen hacia el mismo objetivo: cumplir con la necesidad incremental de la población, que se basa en la constante comunicación, visitas de portales web y ahora interactuando con dispositivos inteligentes. Sin embargo, las empresas que proveen los servicios, se encuentran con diferentes retos a la hora de proveer una red móvil, pues bien, se deben tener en cuenta varios aspectos, tanto lógicos, como técnicos y, así mismo, legales; los cuales comprenden un estudio detallado de la viabilidad, capacidad, y escalabilidad de nuevos puntos de cobertura de voz y enlace a datos de telecomunicaciones. Tal complejidad en el despliegue y mantenimiento de redes de telefonía móvil puede tornarse dificultoso de abordar si se tiene en cuenta que para llevar a cabo cada proyecto, la compañía tiene a su disposición mano de obra que está en etapa de formación o capacitación. Este inconveniente lo afrontan recurrentemente las compañías de telefonía móvil, después de todo, el personal técnico suelen tener periodos transitorios de contratación debido a contrataciones a término fijo, renuncias o en su defecto despidos, que desembocan en una constante renovación del personal.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Por lo tanto, este proyecto se orienta en la explicación de los procesos detallados, basados en casos de estudio, que permitan implementar la instalación de la radio base de telefonía móvil (BTS, NodeB o eNodeB) en cualquier lugar, contando con los cambios de la topografía y el terreno, la normatividad actual, el aumento del tráfico de la radio base, el espectro asignado para la operación, el modelo usado para la propagación adaptado a las condiciones ambientales y todo lo que abarca el post proceso del montaje, tanto operación como verificación, para así brindar un conocimiento preliminar y luego un soporte teórico a las personas que realizan trabajos de Operación y Mantenimiento en las radio bases, mediante una plataforma virtual educativa e interviniendo de una forma novedosa las falencias que se presentan en el día a día, ya que muchas personas por desconocimiento de los procesos no cumplen con las actividades programadas y así se aumentaría el cumplimiento y la formación de las cuadrillas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

2.1. EXPLICACION DEL AREA DE LAS TELECOMUNICACIONES ABARCADA

En el campo de las telecomunicaciones, se presenta un extenso mundo de definiciones, se suministraran conceptos claros y precisos en los aspectos generales que se presentan en nuestra área comprendida de las telecomunicaciones, y ser puntual en los aspectos que se consideren sobresalientes. De este modo se tendrán en cuenta las definiciones de las abreviaturas que más se utilizan en la ingeniería diariamente.

➤ ESTACIÓN BASE

Una estación base es un sitio donde se transmiten o se reciben ondas electromagnéticas las cuales hacen parte de un enlace determinado, éstas realizan un puente entre los usuarios, permitiendo que las comunicaciones móviles se realicen más eficientemente, pues su ubicación es un punto clave para el logro del tráfico óptimo.

Las estaciones base se comunican a través de una **Radiación No Ionizante (RNI)**, la cual la definimos así:

- **Radiación No ionizante:** Se dice que una radiación es no ionizante cuando por su baja frecuencia (menor a 300GHz) y energía no pueden ionizar la materia, esto es producir alteraciones a nivel atómico. En palabras más claras, se puede decir que son radiaciones que no generan alteraciones en la salud de las personas. Son radiaciones no ionizantes: Telecomunicaciones, Redes de Energía, radares, entre otros.
- **Radiación ionizante:** Se dice que una radiación es ionizante cuando la energía de la onda asociada a la radiación electromagnética es suficiente para arrancar un ion de un átomo. Algunos ejemplos de estas radiaciones son los rayos ultravioleta, los rayos X y los rayos Gama.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

➤ **TELEFONIA MOVIL**

Las redes de telefonía móvil se dividen en áreas geográficas denominadas células, cada una de ellas cuenta con el servicio de una estación base de telefonía móvil, las cuales van interconectadas a su clúster (cantidad de teléfonos móviles o dispositivos que interactúan de cualquier manera) mediante ondas electromagnéticas de radiofrecuencia, y con conexión también a las centrales, para realizar el paso a telefonía fija, y a otros teléfonos móviles fuera de la zona cubierta por la estación base.

Han sido muchas las evoluciones de este tipo de telefonía, y dentro de este trabajo nos enfocaremos en 3 de ellas, que corresponden al pasado, presente y futuro de esta área de las telecomunicaciones. Ellas son las tecnologías 2G, 3G y 4G, respectivamente, dentro de las cuales se tiene una implementación continua en la actualidad, en cada una se tienen procesos diferentes de acuerdo al porcentaje de implementación, pues a medida que se incrementa el tiempo de operación de la tecnología, se reduce la gestión que hay que realizar sobre ella.

➤ **REDES 2G (GSM)** (Herrera García, 2007)

Las redes 2G o Global System Mobile Communications (GSM) son una tecnología de orígenes europeo, presta servicios de voz y datos a baja velocidad, y ocupa las bandas: 450, 850, 900, 1800 y 1900Mhz. Fue la primera tecnología en implementar SIM (Subscriber Mobile Identifier). Se maneja bajo el estándar de indicadores GERAN (GSM EDGE – Radio Access Network).

Estructura

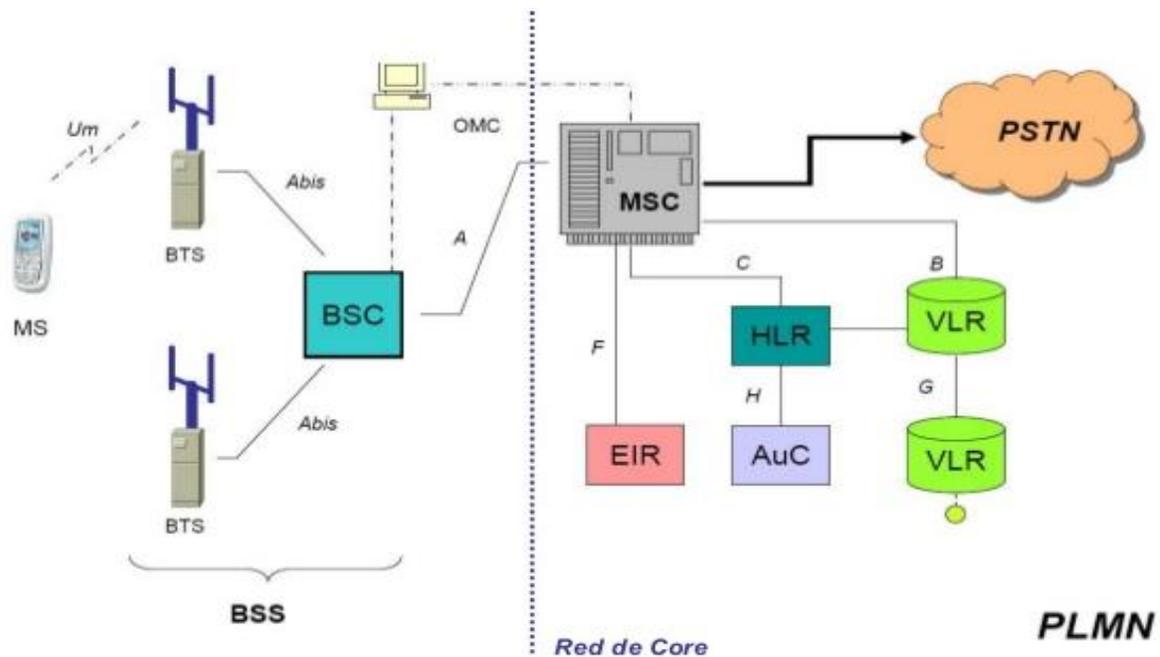


Figura 1: Arquitectura Red GSM (Instituto de educación secundaria Don Bosco)

PARTES

MS (Mobile Station): Celular o Estación Móvil. Es el equipo físico utilizado por el usuario de GSM. Se identifica por su IMEI (International Mobile Equipment Identity – Identificación internacional del equipo móvil). Proporciona la plataforma física pero no funciona con la red hasta que se personaliza mediante la inserción de una SIM (Subscriber Identity Module– Módulo de identificador del suscriptor). La SIM contiene parámetros que identifican al abonado en la red, algoritmos de autenticación para acceder al terminal como el PIN y el PUK (Personal Identification Number – Número de Identificación Personal, Personal Unblocking Key – Llave de desbloqueo personal). Contiene a su vez información del usuario como la agenda, SMS recibidos y enviados, servicios GSM, etc.

BTS (Base Transceiver Station): Estación radio base de transmisión y recepción. Están constituidas por equipos transmisores y receptores de radio como elementos de conexión al sistema radiante, las antenas, instalaciones y accesorios como torres, pararrayos, sistemas a tierra, sistemas de ventilación, grupo electrógeno o baterías de reserva.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Normalmente están ubicadas en lugares donde no hay mantenimiento, por lo que sus equipos deben ser sencillos, fiables, duraderos y de coste moderado.

BSC (Base Station Controller): Controlador de radio base. Este es el elemento que se encarga de la gestión de varias BTS es lo relativo a recursos de radio: asignación, utilización y liberación de las frecuencias, ciertos tipos de traspasos, control de potencia, entre otros. También puede realizar ciertas funciones de conmutación. Se interacciona con él a través del OMC para labores de operación y mantenimiento. También recoge todo tipo de estadísticas y alarmas tanto de su propio funcionamiento como de las BTS que controla para detectar posibles problemas en la red radio. Sirve como interfaz entre la BTS y el MSC.

BSS (Base Station Subsystem): Sistema conformado por un BSC y varias BTS, contando con un TCU (transcoder Unit), para tener la capacidad de procesamiento necesario para el soporte de la cantidad de usuarios de la red.

MSC (Mobile Switch Center): Centro de Conmutación Móvil que es el alma de la NSS (Network Switching Subsystem). Es, en esencia, una central telefónica que realiza las funciones de encaminamiento y conmutación de llamadas. Además, proporciona las funciones adicionales necesarias para sustentar la movilidad y organizar la asignación de los recursos radioeléctricos y realizar los traspasos de llamadas entre BTS controladas por distintas MSCs.

HLR (Home Location Register): Registro de Ubicación Local. Es una base de datos donde están inscritos todos los clientes del operador que se utiliza para la gestión de los abonados móviles. El HLR contiene toda la información administrativa de cada abonado (parámetros de identificación, servicios contratados, limitaciones de servicio) junto con los

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

datos de localización del mismo; información como: direcciones del VLR y del MSC e identidad temporal de la Móvil).

VLR (Visitor Location Register): Registro de ubicación de visitantes. Base de datos, asociada a un MSC, donde se almacena información dinámica (temporal) sobre los usuarios transeúntes en el área geográfica cubierta por la MSC. Cuando un Móvil entra en una zona de MSC, éste lo notifica al VLR asociado. El Móvil recibe una dirección de visitante que sirve para encaminar las llamadas destinadas a ese móvil. El VLR contiene otros datos necesarios para el tratamiento de las llamadas desde/hacia el móvil como los datos de los servicios contratados por el usuario, identificación completa del cliente, estado del terminal (apagado, registrado), restricciones, etc.

AUC (Authetication Center): Centro de Autentificación. Base de datos en donde se guardan las identidades IMSI de los clientes junto con la clave secreta de identificación de cada usuario, el cual tiene almacenada en la tarjeta SIM de su teléfono móvil una copia . El AuC está asociado al HLR y proporciona la información necesaria para la validación de los usuarios por parte de la red.

EIR (Equipment Identification Register): Registro de identidad de equipos. Base de datos que contiene las identidades de los equipos móviles, IMEI (International Mobile Equipment Identity). El IMEI permite identificar cada terminal internacionalmente de forma unívoca. Incluye, junto a otra información, el código del fabricante y el número de serie del equipo. También se almacena en la memoria del terminal. Cuando un MS trata de realizar una llamada, el MSC consulta al EIR la validez del IMEI de ese equipo. Contiene tres tipos de listas:

- Lista blanca: terminales autorizados para el acceso a la red.
- Lista gris: terminales en observación (fallos, irregularidades)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Lista negra: terminales que tienen prohibido el acceso a la red (por ejemplo por haber sido robados).

OMC o O&M: Centro de Operación y mantenimiento. Desde él se realizan y supervisan las funciones de control y gestión de la red de carácter técnico y/o administrativo.

NMC (Network Manager Center): Centro de Administración de la red y monitoreo de parámetros de operación.

PSTN(Public Switched Telephone Network): Es la telefonía que se encuentra en los hogares, y a la cual se accede desde un móvil por medio de la MSC, la cual cuenta con un EC(Echo Cancellers) para mejorar la calidad de la voz, y un IWF(Inter Working Function) para realizar el procesamiento del traspaso entre tecnologías sin ningún inconveniente.

Estas redes son las de mayor cobertura dentro del país, se le da mucha prioridad, pues maneja un tráfico bastante denso de usuarios, y por ende son el tipo de red que presentan más problemas de interferencia por la cantidad de sitios ubicados en las diferentes zonas además presenta problemas de experiencia de usuario, pues es bien sabido que al experimentar un bloqueo, o una interferencia, termina en la caída de la llamada; la gestión aquí debe ser la mejora en las interferencias, optimizando la cobertura de cada BTS que alimenta la estación móvil.

➤ **REDES 3G (UMTS) (SIGNAL THEORY AND COMMUNICATIONS)**

Sistema universal de telecomunicaciones móviles (Universal Mobile Telecommunications System o UMTS) es la tecnología denominada de tercera generación, evolucionando notablemente GSM pues no podía seguir su camino evolutivo en descarga de datos a gran velocidad y teleconferencias. Aunque inicialmente estuvo pensada para su uso en

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

teléfonos móviles, la red UMTS no está limitada a estos dispositivos, pudiendo ser utilizada por otros como Laptops, y sus primeros enfoques al ‘internet de las cosas’.

Sus tres grandes características son:

- Las capacidades de transmisión de elementos multimedia en tiempo real.
- Una velocidad de acceso a Internet elevada, alcanzando las 11Mbps teóricamente, frente a los 384Kbps que ofrecía en condiciones óptimas la red GSM.
- La transmisión de voz con calidad equiparable a la de las redes fijas.

La red UMTS está compuesta por tres grandes bloques: red de acceso radio (UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) o RAN), núcleo de red (Core Network, CN) y red de terminales móviles (User Equipment, UE). Cabe destacar las dos interfaces que se utilizan para conectar las redes anteriores: la interfaz Uu se encuentra entre el UE y UTRAN, y la interfaz lu que se sitúa entre la UTRAN y el CN y la interfaz wireless, que se encarga de comunicar los terminales móviles con la red de acceso radio.

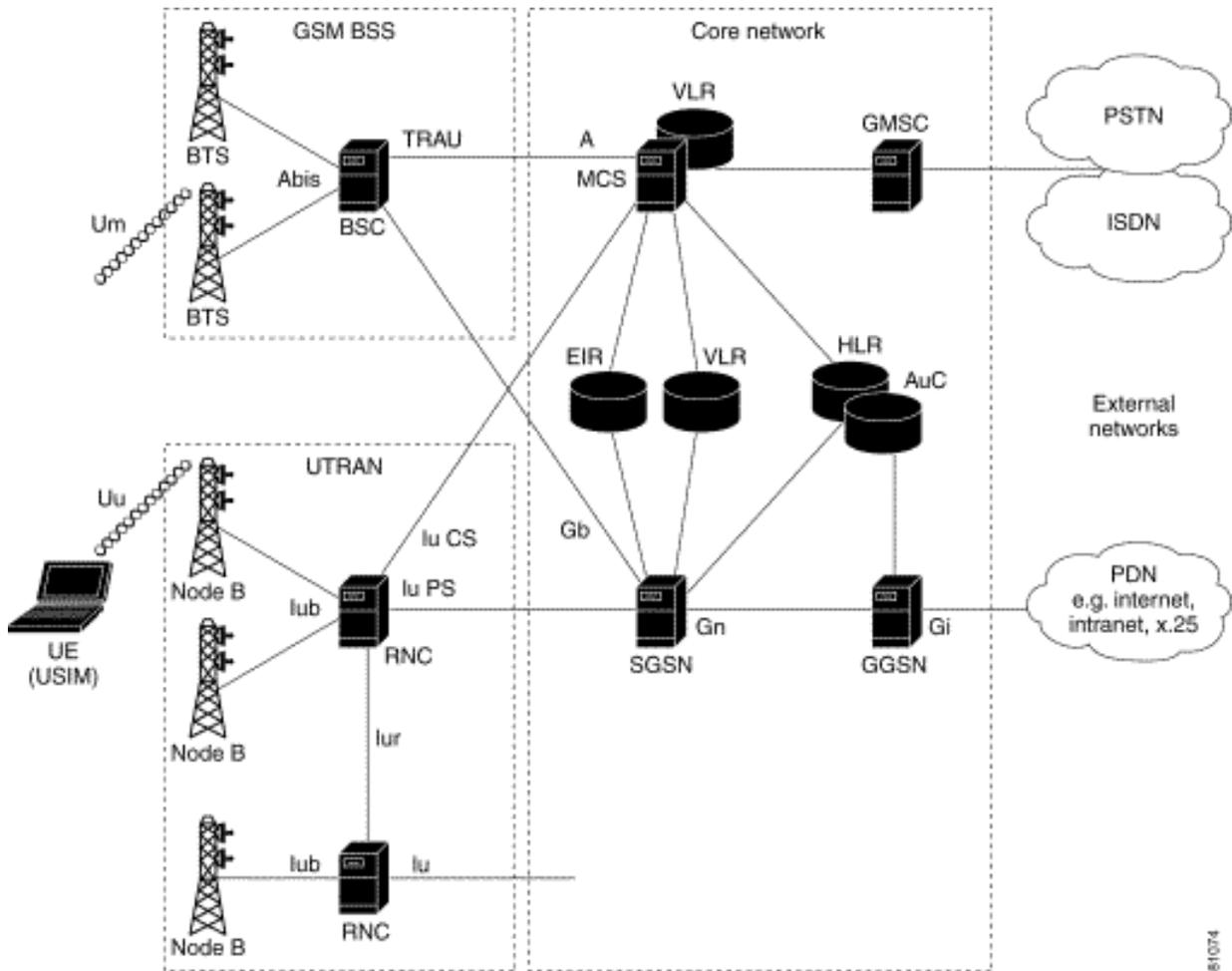


Figura 2: Arquitectura Red UMTS

Red de acceso radio

El estándar UMTS especifica el Universal Terrestrial Radio Access Network (UTRAN) el cual está compuesto de múltiples estaciones base, usando diferentes interfaces y bandas de frecuencia. La red UTRAN está compuesta de múltiples RNS (Radio Network Subsystems) y estos a su vez se componen de un RNC (Radio Network Controller) y uno o más Nodos B, también conocidas como estaciones base. Entre las principales funciones del RNC se encuentran:

- **Control de admisión de llamadas:** El mecanismo de control de admisión de llamadas decide si el nivel de interferencia es aceptable para aceptar la llamada, o en caso contrario se rechaza la llamada. Administración de los recursos de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

radio. El RNC administra los recursos de radio de todas las celdas adjuntas a este RNC.

- **Código de asignación:** Los códigos WCDMA en UMTS son manejados en lo que se llama un árbol de código. El RNC sitúa parte de este código de árbol para cada móvil y puede también cambiar la asignación durante el curso de la conexión.
- **Control de potencia:** Este es un proceso importante para la operación eficiente de una red WCDMA en donde la potencia de transmisión de todos los usuarios debe ser controlada.
- **Handover:** Basado en los valores medidos suministrados por el nodo B y el móvil, el RNC detecta si una celda diferente es más adecuada para la conexión actual. Si el RNC decide realizar un handover, este toma la responsabilidad de la señalización con la nueva celda e informa al móvil acerca del nuevo canal. (UNIK)

Núcleo de red

El núcleo de red es el responsable del conmutado y control de las conexiones, que dependiendo de la tecnología puede ser conmutación de paquetes o conmutación de circuitos. Está formado por varios elementos como el MSC (elemento central en una red basada en conmutación de circuitos) y el SGSN (elemento central en una red basada en conmutación de paquetes). Estos dos elementos pueden encontrarse a la vez en el núcleo de red y por lo tanto las redes y los terminales pueden tener sólo dominio PS (conmutación de circuitos), sólo dominio CS (conmutación de paquetes) o ambos dominios. Realiza labores de transporte de información, tanto para tráfico como de señalización y contiene la inteligencia del sistema. A su vez estos elementos se componen de: HLR, VLR, AuC, EIR y centros SMS.

- **HLR (Home Location Register)**

El HLR contiene los datos permanentes de registro de suscriptor. Hay dos tipos de información almacenadas, el registro de entrada permanente (clave de autenticación,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

posibles restricciones de roaming, identidad internacional de suscriptor o IMSI) y temporal (identidad local de la estación móvil, número de MSC, número de VLR).

- **VLR (Visitor Location Register)**

El VLR contiene información acerca del roaming en esta área del MSC, es decir, contiene toda la información necesaria para manejar las llamadas enviadas o recibidas por el móvil registrado en la base de datos.

- **AuC (Authentication Center)**

El centro de autenticación se asocia con un HLR. El AuC almacena la clave de autenticación del suscriptor (ki) así como su correspondiente IMSI.

- **EIR (Equipment Identify Register)**

El EIR almacena la identidad internacional del equipo móvil (IMEI) usado en el sistema. Un EIR puede contener tres listas separadas: lista blanca (IMEIs de equipos que están en buen orden), lista negra (IMEIs de equipos perdidos) y lista gris (IMEIs de equipos que se saben que contienen problemas).

Red de terminales móviles

Es el equipo móvil que tiene el usuario y que se conecta con la estación base. Puede variar en tamaño y forma. Puede operar en uno de los tres modos de operación: PS, CS o PS/CS. (TSC Wiki).

Estas redes son las de mayor planeación pues la ubicación estratégica de nuevos puntos y la retroalimentación en los ya existentes, nos obliga a que sea de mayor prioridad la gestión sobre estos puntos, la experiencia de usuario no presenta tantas quejas si es en paquetes, pues en el momento de la navegación, una reasignación de celda o de portadora se hace de manera más veloz y en el caso de estar lenta, el usuario no alcanza sino a experimentar un retraso, a menudo imperceptible; al final se espera que el usuario navegue con las garantías y que la red este en las mejores condiciones que les podamos brindar.

➤ **REDES 4G (LTE) (EcuRed)**

En 2004 3GPP empezó un proyecto para hacerle una evolución a largo término de la tecnología 3G, llamada Long Term Evolution (LTE), dando enfoque a un alto performance, a compatibilidad con redes que le preceden, y una amplia gama de aplicativos. Esta tecnología trabaja con un plus que también lo implementa en UMTS llamado PDCP (Packet Data Convergence Protocol) de la capa de red la cual se empeña comprimiendo y descomprimiendo las cabeceras IP para un mejor desempeño de la red y control del tráfico.

ESTRUCTURA

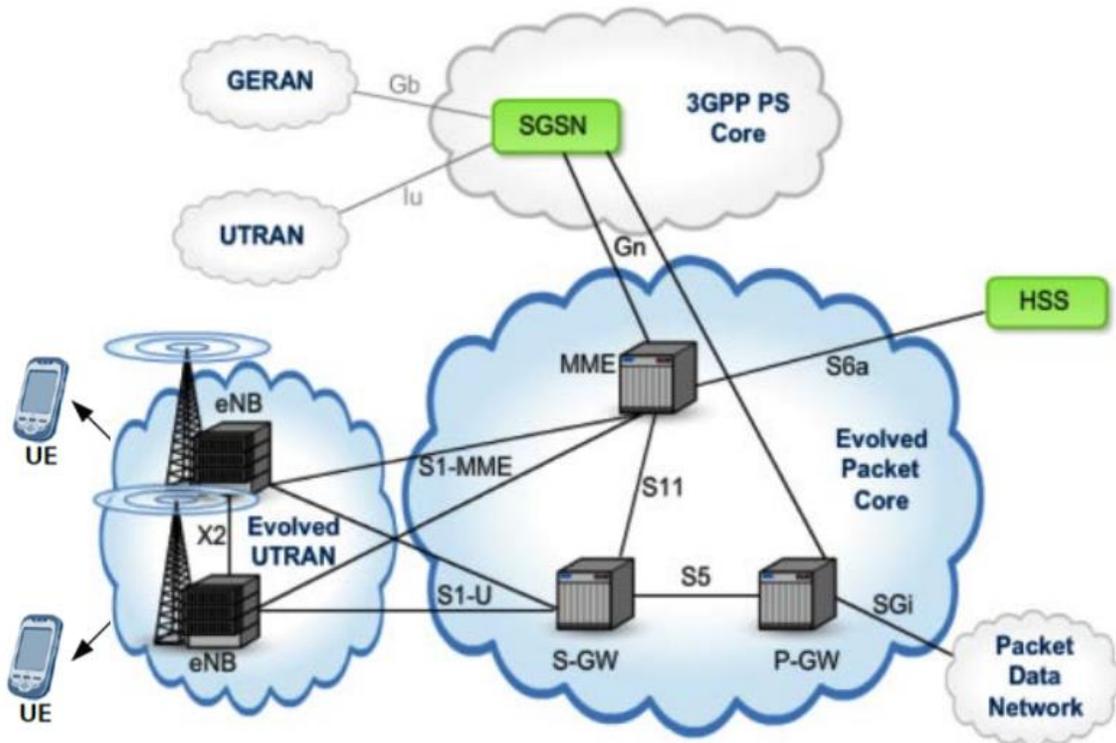


Figura 3: Arquitectura Red LTE

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **eNB (enhanced Node B):**

Tiene la capacidad de filtrar y enrutar paquetes a su destino deseado, y así mismo se encarga de la administración de recursos a los UE, protegiendo y a su vez comprimiendo tipos de paquetes que permitan este proceso.

- **UE (User Equipment):**

Es la terminal del usuario, la cual cuenta con 2 planos, uno de *Usuario*, donde busca su recurso de radio y donde hace su adaptación a la red IP; y un plano de *Control*, donde existe una *EPS (Evolved Packet System)*, donde se tiene un control de la movilidad, encargado del registro, handover y tracking; y un control de la sesión, como la asignación de recursos, modificación y desactivación.

- **EPC (Evolved Packet Core):**

Es el plus que posee 4G, es un core que ha sido concebido para proporcionar una conectividad 'TODO-IP' y lo conforman el MME, S-GW y el P-GW, las cuales junto a la base de datos HSS, proporcionan el acceso que hacen de la red LTE de ágil acceso a la conmutación de paquetes

- **MME (Mobile Management Entity):**

Encargado de la administración de paquetes, autenticación de usuarios, intermovilidad entre MME, y la selección entre SGW y PDN-GW, con el tracking de los usuarios y su tráfico proveniente así estén en modo Idle (Solo tracking y no descarga de datos).

- **S-GW (Serving Gateway):**

Encargado de interconectar la red troncal EPC con la eUTRAN (eUniversal Terrestrial Radio Access Network), además se responsabiliza de enrutar paquetes y responderlos, así mismo realizar interceptaciones legales de tráfico, y almacenamiento de contenido en general.

- **PDN-GW (Packet Data Network Gateway):**

Es la encargada de interconectar las redes externas con la red 4G, también realiza filtrado de paquetes, intercepta tráfico y además lo contabiliza, así mismo toma el control del

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

número de usuarios en modo Idle, asignando las IP acorde a las ya asignadas en el *HSS (Home Subscriber Server)* que contiene todos los datos de los usuarios de la red.

- IMS(IP Multimedia Subsystem):

En el caso de la red 4G es la encargada de almacenar elementos tanto de registro (HSS) como de contenido en general (imágenes, video, audio), y a su vez se encarga de monitorear registros de llamadas en general con el CSCF (Control Session Control Function).

En este tipo de redes por el momento no se presenta mucha inversión de tiempo, mas sí de planeación, pues, como se es sabido, no se tiene una red extensa y la interferencia entre Nodos es muy baja. Además esta red dispone de una “red de respaldo” que es la 3G que también tiene su enfoque en datos; el resultado esperado es expandir los nodos, y llegar a la estación móvil con una mayor velocidad, y una experiencia de usuario bastante aceptable.

2.2. PLANEACION DEL SITIO

El montaje de una radio base de telefonía móvil, es una labor un poco compleja, que se asigna a un grupo de personas que se especializan es esta clase de actividades, entre las cuales son esenciales:

- ✓ Experto en condiciones topográficas.
- ✓ Experto en modelos de propagación teniendo en cuenta el ambiente.
- ✓ Persona encargada para la obtención o alquiler de propiedades aptas para la operación.
- ✓ Persona encargada de la instalación de os equipos necesarios para el funcionamiento de la radio base, garantizando el fácil acceso a ellos.

Estas son las personas encargadas de incrementar la extender la red de las compañías de telefonía móvil, para esto se deben resaltar 3 necesidades principales, las cuales pueden cambiar pero siempre van enfocadas a mejorar el rendimiento del servicio prestado:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1) Aumento de cobertura.

De acuerdo con los usuarios disponibles se estructuran las antenas y los sectores de la radio base, de manera que se optimice la cantidad de energía RF disponible, para esto se debe saber cómo es la energía RF en el vacío, así:

PARA VOZ

Las celdas GSM 850 manejan una mejor propagación en el vacío, alcanzando una señal óptima para recepción (en una antena de ganancia promedio) de hasta 20 kilómetros de propagación en el vacío.

Las celdas GSM 1900 presentan una propagación de hasta 15 kilómetros para una señal óptima en la recepción en el vacío (en una antena de ganancia promedio).

NOTA: En ciudades se reduce considerablemente el alcance de la energía RF, siendo equivalente a una tercera parte o 500m, dependiendo cuál sea su ambiente y en una configuración neutral de sus configuraciones lógicas y físicas, sin variar su patrón de radiación.

PARA DATOS

Se debe tener especial tratamiento, pues aquí empiezan a entrar algunas variables que pueden ser bastante importantes como lo son:

Interferencias: Cantidad de transmisiones en la zona por este valor de frecuencia utilizada, y la cantidad de ruido que adicionen a nuestros parámetros de transmisión, como lo son los relacionados con la demodulación para las 3 tecnologías operativas hoy en día.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Obstáculos: La cantidad y tamaño de los edificios y la cantidad de elementos que puedan dispersar la energía RF que se radie desde la estación base.

Carga de Celda: Cantidad de usuarios que estén accediendo al recurso en el momento, impacta directamente en la facilidad del acceso a la información, pues una celda sobrecargada puede presentar pérdidas en señalización y en potencia de Tx/Rx.

2) Ensanchamiento de tráfico.

En esta unidad, sobresale el ámbito donde se ubica la radio base, ya que según el tipo de personas que hay, se dará el enfoque a voz o datos, para así identificar como se afectará el tráfico dependiendo del ancho de banda. Como conocemos, el transporte de voz no genera que el rendimiento llegue a un valor muy alto, comparado con el transporte de archivos multimedia, como imágenes, videos, audios y conferencias en tiempo real, que es el enfoque de las redes del momento y hoy en día las nuevas incorporaciones de servicios a las empresas de telecomunicaciones, que están desarrollando videoconferencias en vivo para sus actividades diarias por medio de un dispositivo móvil.

La nueva característica del ancho de banda que mencionamos es la capacidad para el transporte de datos demandado en el sector, teniendo en cuenta el sistema de radiación y el nivel de procesamiento para cubrir las zonas donde se presenta alto impacto en los indicadores de red.

También, se encuentran otros tipos de ensanchamientos de menor impacto, como el cambio en los sistemas radiantes de los sitios ya existentes, la variación en la capacidad de procesamiento con tarjetas de nuevas generaciones y dispositivos de alta gama que están actualizando los proveedores.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3) Necesidades o eventos específicos.

Constantemente se pueden ver momentos donde aparece alta circulación de tráfico, fuera de lo común, presentado por algún evento premeditado que confirma que un respaldo adicional sea esencial en ese sector, cuando se presenta este tipo de situaciones, es necesario realizar una expansión, que varía entre un cambio de tarjetas en sitios cercanos, modificación para aumentar el ancho de banda en algún sitio de aledaño y en ocasiones poco frecuentes, un sitio complementario basado en un clase de radio base llamada COW (Cell On Wheels), que son sitios móviles (sistema rodante).

2.3. PARÁMETROS Y REQUERIMIENTOS ÓPTIMOS DE OPERACIÓN

Los servicios brindados por las redes de telefonía móvil son evaluados por la efectividad de entrega de información, ya sea voz o datos, por esto se orienta de manera específica en tres aspectos relevantes, como:

- **Cobertura y Movilidad:**

Solicitud realizada por el usuario que dispone del servicio, sabiendo que hoy en día la sociedad requiere tener una constante comunicación y por lo tanto aumentar la cobertura de los operadores, cumpliendo con el cubrimiento de las zonas de interés, ya sea Outdoor o Indoor, para garantizar la conexión con los diferentes sistemas que usan distintos estándares.

- **Capacidad:**

A medida que los usuarios aumentan, esto requiere que los prestadores del servicio móvil ofrezcan mejores servicios, sin olvidar los limitantes que son causados por el espectro, la potencia, optimización y asignación de canales para que no se presenten bloqueos (pocos canales para conectarse a la red) o caídas (baja cobertura, celdas ocupadas).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Calidad:**

Este parámetro se encamina en ofrecer un buen servicio al consumidor, ya sea en la calidad de voz como en la carga y descarga de datos, mitigando así la aparición de eventualidades negativas que afecten los aspectos claves.

Las redes móviles, cuentan con 3 características principales que están determinadas por unos estándares con ciertos niveles teóricos que se deben tener presentes para llegar a adquirir excelentes condiciones, como lo indica la siguiente tabla:

	2G	3G	4G
Downlink	384KBps	14MBps	100MBps
Uplink	60KBps	7MBps	50MBps
Usuarios por Celda(5Mhz)	~28	~60	~200
Latencia	~300mS	~30mS	~5mS

Tabla 1: Objetivos de Redes Celulares

Para lograr conseguir estas velocidades, se deben considerar la medición de algunos parámetros, los cuales son establecidos con anterioridad y tienen un límite donde la recepción del usuario posibilite una excelente calidad en las llamadas o en la navegación.

Cada tecnología cuenta con estos parámetros de operación, son demasiados, pero por esta razón se apunta a los más relevantes que son tres, con su respectiva definición, siglas y el adecuado rango de operación para proporcionar las velocidades citadas anteriormente:

▪ **GSM**

Para redes 2G tenemos los parámetros:

- RxLev (Reception Level): Mide el nivel de recepción en *dBm* que tiene el ME (usuario).

- C/I (Carrier to Interference): Mide el nivel en dB que existe entre la portadora de los datos y el ruido, es una medición de interferencia llamada Carrier Over Interference.
- RxQual (Reception Quality): Medida adimensional para medir la calidad de la señal que percibe el usuario, y son las pérdidas de recepción ocasionadas por el piso de ruido.

		RxLev(dBm)	C/I(dB)	RxQual
CONDICION RF	Excelente	Max a -75	Max a 16	0 a 1
	Buena	-75 a -85	16 a 12	1 a 2
	Aceptable	-85 a -95	12 a 8	2 a 3
	Baja	-95 a Min	8 a Min	3 a 10

Tabla 2: Rangos de Operación GSM

▪ **UMTS**

Para redes 3G tenemos los parámetros:

- RSCP (Received Signal Code Power): Mide el nivel de recepción en dBm que tiene el ME (Usuario).
- Eclo (Energy per Chip to Interference level): Mide en dB la relación entre la energía recibida por Chip (Bit de cogido) y el nivel de interferencia.
- CQI(Channel Quality Indicator): Mide adimensional la calidad del canal por el cual se transmite, generalmente se realiza este tipo de mediciones en datos.

Estos son sus rangos de operación:

		RSCP(dBm)	Eclo(dB)	CQI
CONDICION RF	Excelente	Max a -75	Max a 16	Max a 20
	Buena	-75 a -85	16 a 12	20 a 16
	Aceptable	-85 a -95	12 a 8	16 a 12
	Baja	-95 a Min	8 a Min	12 a min

Tabla 3: Rangos de Operación UMTS

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

▪ **LTE**

Para las redes 4G se tienen los siguientes parámetros:

- RSRP (Reference Signal Received Power): Medición en dBm del nivel de recepción en dBm que se percibe en el ME (Usuario).
- SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio): Medición en dB de la relación de la señal y la interferencia ocasionada por el piso de ruido percibida en el ME.
- RSRQ (Reference Signal Received Quality): Medición en dB de la calidad de la señal de referencia que se recibe en el ME.

Estos son sus rangos de operación:

		RSRP(dBm)	SINR(dB)	RSRQ(dB)
CONDICION N DE	Excelente	Max a -80	Max a -10	Max a 20
	Buena	-80 a -90	-10 a -15	20 a 13
	Aceptable	-90 a -100	-15 a -20	13 a 0
	Baja	-100 a Min	-20 a Min	0 a Min

Tabla 4: Rangos de Operación LTE

2.4. JUSTIFICACIÓN DE LIMITANTES A SUPERAR

2.4.1. LIMITANTES LEGALES

Cuando se comprenden los temas normativos, procedemos a nombrar los temas más destacados que se deben tener en cuenta en el momento de citar los artículos y decretos más fundamentales, los cuales son:

- ❖ Fuente inherentemente conforme: Son aquellas que producen campos que cumplen los límites de exposición pertinentes a pocos centímetros de la fuente. No son necesarias precauciones particulares. El criterio para la fuente inherentemente conforme es una PIRE de 2W o menos, salvo para antenas de microondas de apertura pequeña y baja ganancia o antenas de ondas milimétricas cuando la

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

potencia de radiación total de 100 mW o menos podrá ser considerada como inherentemente conforme.

Por lo tanto, podemos relacionar estas definiciones con nuestra área de interés, explicando de forma clara que las ondas de radio son **no ionizantes**, por eso las frecuencias empleadas en los sistemas de comunicaciones móviles, en la difusión de radio y televisión y en los sistemas de radiocomunicaciones en general, no tienen la suficiente energía para ionizar la materia. De hecho su energía es aproximadamente 10 millones de veces inferior al umbral necesario para ionizar la materia y por este motivo se puede dar tranquilidad en los efectos que puedan producir sobre interacción en otras instalaciones y en la salud de las personas expuestas a este tipo de radiación.

Con este enunciado, adelantamos uno de los asuntos que más ha inquietado a la humanidad en el tema de ambiente y salud, que es la cuestión de los efectos de la radiación, debido a que en cierto tiempo, ha aumentado el uso de la tecnología causando transformaciones. Asimismo, el constante uso de los servicios de telecomunicaciones, ha ocasionado la obligación de construir numerosos sistemas de comunicaciones, con el fin de ampliar los niveles de calidad y cobertura de los servicios y garantizar el acceso de los mismos a todas las personas. Es por esta razón, que el Estado a través de diferentes leyes y desde la misma Constitución Política de 1991 ha establecido en los artículos 79 y 80, que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano y corresponde al Estado prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental.

No obstante, esta protección no parte sólo desde la Constitución de 1991, sino que anterior a ésta, ya se había hablado de la importancia de regular el tema de la radiación y de proteger el medio ambiente. Tanto así, que en el año de 1979 se había creado la ley 9 “Por la cual se dictan Medidas Sanitarias”, la cual consagró en su artículo 149 que todas las formas de energía radiante, distintas de las radiaciones ionizantes que se originen en lugares de trabajo, deberían someterse a procedimientos de control para evitar niveles de exposición nocivos para la salud o eficiencia de los trabajadores.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El Estado no solo se pronuncia a través de la normatividad que se logre desarrollar para la regulación de la radiación, sino que también ha dado facultades a la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones, para que valore los aspectos asociados a la radiación producida por emisores intencionales de radiación o antenas de telecomunicaciones. Los estudios realizados han entregado los niveles de referencia de emisión de campos electromagnéticos definidos por la Comisión Internacional para la Protección de la Radiación No Ionizante, ICNIRP, ente reconocido oficialmente por la Organización Mundial de la Salud, OMS.

Seguido de esto, el Ministerios de la Protección Social, del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, teniendo en cuenta los estándares internacionales, creó el Decreto 195 de enero 31 del año 2005 "Por el cual se adopta límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones". Aplicable a quienes presten servicios y/o actividades de telecomunicaciones en la gama de frecuencias de 9 KHz a 300 GHz, en el territorio colombiano.

El anterior Decreto que fue posteriormente reglamentado por el Decreto 1645 de 2005 en los Artículos 2, 3, 5, 15 y 17, en cuanto a la definición de las Fuentes Inherentemente conformes, se soportó con el Formato de Declaración de Conformidad de Emisión Radioeléctrica, el procedimiento de ayuda para definir el porcentaje de mitigación en el caso de la superación de los límites máximos de exposición, la metodología de medición para evaluar la conformidad de las Estaciones radioeléctricas y los parámetros para las fuentes radiantes con frecuencias, es el decreto más utilizado para regular lo pertinente a la radiación.

Es importante señalar que este decreto establece como debe realizarse la Declaración de Conformidad de Emisión Radioeléctrica, que es el formato que contiene la información recogida por la persona natural o jurídica, pública o privada, responsable de la gestión de un servicio y/o actividad de telecomunicaciones en virtud de autorización o concesión, o

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

por ministerio de la ley, el representante legal manifiesta bajo la gravedad de juramento el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos, el seguimiento de la metodología para asegurar la conformidad de los mismos, la adecuada delimitación de las zonas de exposición a campos electromagnéticos y las técnicas de mitigación, de acuerdo con lo establecido en el presente decreto.

El responsable de la declaración deberá definir autocontroles para asegurar continuidad el cumplimiento de lo declarado, como los que se describen en el Artículo 5 del Decreto 195 de 2005. Cualquier solicitud de modificación de los parámetros técnicos de su servicio y/o actividad al Ministerio de Comunicaciones, deberá ir acompañada de una nueva Declaración. El Ministerio de Comunicaciones expedirá, en un período no superior a seis meses, el formato respectivo de Declaración de Conformidad de Emisión Radioeléctrica mediante resolución motivada y se reservará el derecho a realizar mediciones e inspecciones de funcionamiento.

En cuanto a la resolución 1645 de 2005, es importante destacar lo que define por fuente inherentemente conforme categoría de accesibilidad por sistemas y servicios, en su artículo 3º. Además de los emisores que cumplan con los parámetros estipulados en el numeral 3.11 del Decreto

195 de 2005 se definen como fuentes inherentemente conformes, los emisores que emplean los siguientes sistemas y servicios, por cuanto sus campos electromagnéticos emitidos cumplen con los límites de exposición pertinentes y no son necesarias precauciones particulares:

- Telefonía Móvil Celular.
- Servicios de Comunicación Personal, PCS.
- Sistema Acceso Troncalizado-Trunking.
- Sistema de Radiomensajes-Beeper.
- Sistema de Radiocomunicación Convencional Voz y/o Datos-HF.
- Sistema de Radiocomunicación Convencional Voz y/o Datos VHF.
- Sistema de Radiocomunicación Convencional Voz y/o Datos UHF.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Proveedor de Segmento Espacial.

Por lo tanto, estos servicios no están obligados a realizar las mediciones que trata el Decreto 195 de 2005, ni a presentar la Declaración de Conformidad de Emisión Electromagnética. Sin embargo, esto no impide al Ministerio de Comunicaciones de revisar periódicamente estos valores e incluir alguno de estos servicios cuando lo crea conveniente o los niveles se superen debido a cambios en la tecnología u otros factores.

En cuanto a reportes y parámetros de medición por parte de la CRC nos encontramos con la resolución 4000 de 2012, por lo cual se establece la modificación de artículos de resoluciones anteriores donde se explica qué tipo de reportes empezará a solicitar la CRC y qué límites se imponen en cuanto a entrega del servicio y cobertura a nivel nacional.

Entre otras cosas, se hace enfoque en reportes trimestrales de indicadores más relevantes en caída, bloqueo y fallas en general de llamadas y mensajes de texto. Además de la definición de los tiempos de disponibilidad en la disponibilidad del servicio en poblaciones establecidas en el artículo.

Otra de las cosas bastante importantes de esta resolución, es la especificación del listado de fallas sufridas en las estaciones base durante un intervalo de tiempo y los plazos de implementación de reparaciones, refiriéndose explícitamente a los 3 grandes operadores hoy existentes en el país. Siendo fundamental pues se relaciona con la disponibilidad del servicio, reflejada en criterios y parámetros de calidad como RAM (Reliability o Confiabilidad, Availability o Disponibilidad, Maintainability y Mantenibilidad) y en calidad del servicio o QoS (Quality of Service).

2.4.2. LIMITANTES TÉCNICAS

En el diseño de nuestro sitio, se presentan varias limitantes técnicas, ya que tanto el canal lógico como el físico deben poseer una buena protección o adecuada estructura para no abusar de su funcionamiento, estas limitantes se resumen en 4 categorías principales:

1) ESPECTRO:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Teniendo en cuenta que los sistemas de telecomunicaciones se manejan en las bandas UHF y VHF que comprenden las frecuencias desde 30MHz hasta 3Ghz, se regula que los operadores deben tener cierta fracción equitativa con el fin de incentivar la competencia limpia entre ellos.

El espectro en Colombia está asignado de la siguiente manera:

FRECUENCIA MHz	850	1900	2500	TOTAL
TIGO		55		55
CLARO	25	30		55
TELEFONICA	25	30		55
UNE			50	50
TOTAL:	50	115	50	215

Tabla 5: Asignación Espectro 2G y 3G. (ANE, 2015)

Para la unión de TIGO y UNE se realizaron subastas del espectro excedido, pues por operador solo serán permitidas 85MHz, y sus respectivas bandas en 4G quedaron así:

FRECUENCIA MHz	2500	AWS(1700-2100Mhz)	1900	TOTAL
CLARO	30			30
DIRECTV	30+40(reserva)			70
TIGO/ETB & MOVISTAR		30		30
AVANTEL		30		30
NO ASIGNADO			5	5
TOTAL	100	60	5	165

Tabla 6: Asignación Espectro 4G (ANE, 2015)

Este espectro tiene valores de mucho dinero, y como vemos se deben realizar distintas técnicas para optimizar su uso, cada tecnología utiliza una técnica diferente para hacerlo, y podemos resumirlas así:

✓ **Plan de frecuencias 2G:**

Para elaborar un plan de frecuencias que opere de manera óptima se requiere conocer el número de Canales de Transmisión (TRX) necesarios para satisfacer los usuarios que se presenten en la zona de interés.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para este tipo de análisis, se utiliza la tabla Earlang B, donde para un número de canales N y un porcentaje de bloqueo K, se tiene un número estimado de tráfico de usuarios así:

Canales (N)	Probabilidad de Bloqueo (B)			
	<i>0.1%</i>	<i>0.2%</i>	<i>0.5%</i>	<i>1%</i>
1	0.001	0.002	0.005	0.010
5	0.762	0.900	1.13	1.36
10	3.09	3.43	3.96	4.46
15	6.08	6.58	7.38	8.11
20	9.41	10.1	11.1	12.0
25	13.0	13.8	15.0	16.1
30	16.7	17.6	19.0	20.3

Tabla 7: Earlang B

Generalmente se utiliza una probabilidad de bloqueo de 0.2% para telefonía celular. Luego de conocer la cantidad de TRX que utilizaremos por celda procedemos a ubicar nuestras celdas con una asignación de indicadores de frecuencias o números de canal, conocidos como ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number), así:

Banda de Frecuencias	Rango de Frecuencias	ARFCN (Numero de Canal)
GSM850	824 - 849 MHz (Uplink)	128 - 251
	869 - 894 MHz (Downlink)	
GSM1900	1850 -1910MHz(Uplink)	512 - 810
	1930 - 1990MHz (Downlink)	

Tabla 8: ARFCN GSM

Cada canal de estos tiene un valor de 200KHz y por sectorización se podría planear así:

A1	B1	C1	A2	B2	C2	A3	B3	C3	A4	B4	C4	A5
512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524
538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550
564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576

B5	C5	A6	B6	C6	A7	B7	C7	A8	B8	C8	A9	B9
525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537
551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563
577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589

Tabla 9: PLAN ARFCN

Entonces cada Celda (A-Z) tendrá 3 Frecuencias asignadas para transmitir, cada una conteniendo slots de tiempo para un BCCH (Broadcast Common Control Channel), SDCCH (Standalone Dedicated Control Channel) y TCH (Traffic Channel).

Entonces el clúster de celdas para este caso sería este:

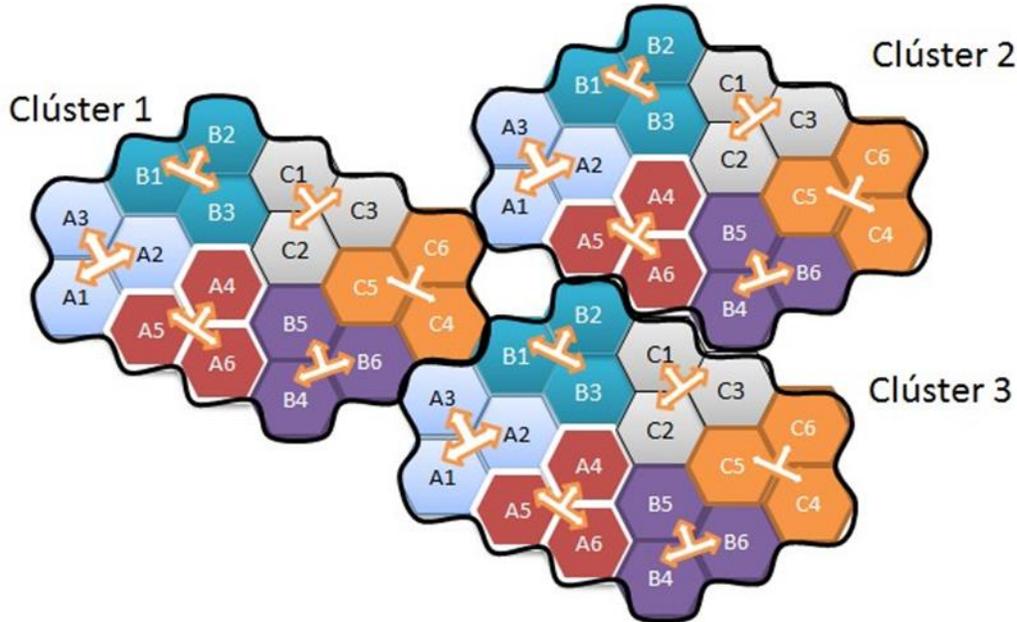


Figura 4: Plan Frecuencias GSM

Se ve que los ARFCN están debidamente separados, y que este plan de frecuencias abarca:

- Reducción de interferencias co-canal y canales adyacentes pues no hay sectores cercanos entre sí que tengan asignación de frecuencias cercanas, teniendo en cuenta que la separación entre celda es de 1KM.
- Planificación de los BCCH (Broadcast Common Control Channels) que cubran toda el área de interés del plan.
- Reúso de las frecuencias, incluido BCCH y TCH de manera adecuada para optimizar el espectro asignado y evitar los tipos de interferencias ya mencionados.

✓ **Plan de códigos 3G:**

La planificación de la transmisión en esta tecnología se realiza mediante códigos para ofrecer una alta velocidad, estos son asignados por técnicas de acceso al medio llamado

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

CDMA (Code Division Multiple Access), y en evoluciones siguientes, utilizando W- CDMA (Wide-Code Division Multiple Access).

Los códigos (Scrambling Code), que van de 0 a 511, se asignan por cada sector y estos códigos vienen asociados a una UARFCN (UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number) que para 3G generalmente es:

$$UARFCN \approx 5 * Carrier Frequency$$

Los cuales son identificadores de canales de 5MHz por donde transmiten a una mejor velocidad la cantidad de usuarios que soporte la celda, y además se tienen UARFCN adicionales, que se distribuyen así:

BANDA	NOMBRE	Rango De Frecuencias (MHz)	UARFCN UPLINK	UARFCN DOWNLINK
II	PCS1900	1850 – 1910 (Uplink)	9262 - 9538	9662 - 9938
		1930 – 1990 (Downlink)	(Adicionales 12, 37, 62, 87, 112, 137, 162, 187, 212, 237, 262, 287)	(Adicionales 412, 437, 462, 487, 512, 537, 562, 587, 612, 637, 662, 687)
V	UMTS850	824 – 849 (UpLink)	4132 – 4233	4357-4458
		869 - 894 (Downlink)	(Adicionales 782, 787, 807, 812, 837, 862)	(Adicionales 1007, 1012, 1032, 1037, 1062, 1087)

Tabla 10: UARFCN UMTS

Entonces podemos asignar un Scrambling a cada sector de la estación así:

SITIO SECTOR	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	F1	F2	F3
SC	0	1	2	11	12	13	24	25	26	31	32	33	44	45	46	54	55	56

Tabla 11: Scrambling Codes

Entonces el clúster de celdas para este caso sería este:

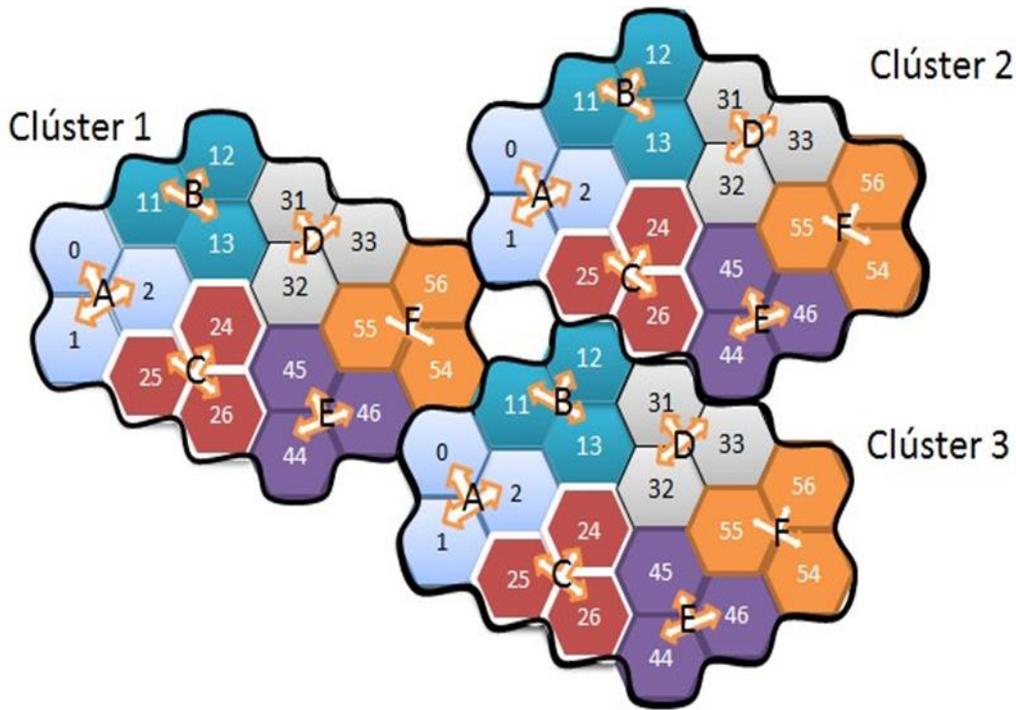


Figura 5: PLAN CÓDIGOS UMTS

Se cumple que no se realice duplicado de código en sitios cercanos entre sí, pues esto podría generar fallas en el procesamiento cuando un usuario este enlazado a 2 nodos B con el mismo Scrambling Code.

Como sabemos, el reúso de la frecuencia para todos los códigos hace más eficiente el transporte de la información, pues todos transmiten bajo una misma frecuencia y cada uno portando diferentes códigos, cada portadora tiene una capacidad previamente estudiada, y en caso de rebasarla se puede buscar ampliación tanto en portadoras adicionales, como en sitios adicionales ya en casos extremos.

✓ **Plan de Physical Cell ID (PCI):**

Para la planificación del espectro de la tecnología 4G se tiene un diseño inicial que solo incluye 3 celdas por sitio, en las cuales se maneja un PCI el cual es un valor que va de 0 a 503, agrupados en 3 categorías de 168 ID llamadas PSS (Primary Synchronization Signal), y cada una de las 168 secuencias de cada PSS es un SSS (Secondary Synchronization Signal) que va de 0 a 167.

Estos PCI's van asociados a un CPiCH (Control Pilot Channel) que será el canal por donde se va a transmitir, y para evitar interferencias, se tiene que cada clúster debe tener debidamente separados estos PCI's así:

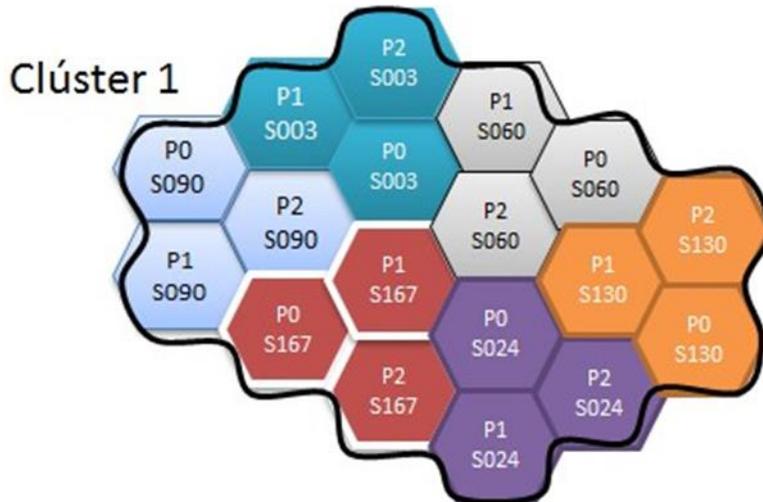


Figura 6: Plan PCI's LTE

Como vemos, los códigos primarios no se traslapan y por tanto cada CPiCH correspondiente, tiene asignadas sus 15MHz en el espectro para navegar a alta velocidad.

El reuso de la frecuencia se realiza a baja escala, pues las estaciones 4G en el país apenas están en crecimiento, además de que el módulo de PCI's primarios no aumenta más allá de 3, por ser una topología comercializada por los distribuidores de tecnología que ofrecen 4G en el territorio.

Cabe adicionar que para todos los clúster se presenta interferencia por radiación aun siendo con diferentes códigos o frecuencias, esto lleva a enfocar el análisis de cada uno de los clutters (ambientes de propagación) por cuadros de perdida equivalentes a unos 50m, donde cada cuadro podría presentar un valor diferente de perdidas, pues se puede pasar de ambiente urbano a rural en solo 100m. Este tipo de tablas alimentan los software de simulación de ambientes para tener un valor estimado de difracción en decibeles [dB], para cada tipo o código de terreno.

✓ **Fuente de alimentación:**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La alimentación es una limitante bastante seria pues en ocasiones se presentan en zonas suburbanas y hasta en las urbanas de forma esporádica, fluctuaciones de energía que bien podría resultar en inconvenientes en la operación del sitio. Si bien se tienen respaldos como baterías y moto generadores, existen sitios en zonas rurales y suburbanas a los que resulta difícil acceder, y por esto se deben recurrir a algunas técnicas para optimizar la transmisión y la alimentación del sitio.

Una de las técnicas de mayor impacto es la implementación de la transmisión discontinua, la cual permite que los teléfonos y hasta las se cierren o se silencien en el momento de no recibir una entrada de voz, ocasionando que la radio base solo reciba información, sin transmitirla, y así minimizar la cantidad de radiación campos electromagnéticos que transporten información, y, además de la interferencia, los efectos de la interferencia en una conversación.

✓ **Radiación:**

Las limitantes en radiación se tienen bien definidas en los aspectos legales, y además de esto tenemos que para poder realizar los cálculos de los niveles de radiación para nuestro sistema debemos recurrir a las siguientes formulas:

$$E \left(\frac{V}{m} \right) = \frac{\sqrt{30 * PIRE}}{d(mts)}$$

$$Pd \left(\frac{W}{m^2} \right) = \frac{E^2}{120\pi}$$

$$PIRE (W) = \frac{Ptx(w) * Gtx}{Lftx}$$

Donde:

E: Campo eléctrico (V/m)

PIRE: Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (Vatios).

Pd: Densidad de potencia electromagnética (Vatios/m²)

Ptx: Potencia de salida del transmisor celular (Vatios), esta potencia suele estar por los 15dBm por portadora de radio.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Gtx: Ganancia lineal de la antena celular, esta ganancia, dependiendo del tipo de antena, se encuentra en un rango de 12 y 24dBi.

Lftx: Pérdida lineal entre el transmisor y la antena, generalmente se asume la pérdida de la mitad de la potencia en el peor de los casos.

d: Distancia (m)

Y para el cálculo de los parámetros que no conocemos, tenemos que:

$$E(V/m) = 1.375 * \sqrt{f}$$

$$H(A/m) = 0.0037 * \sqrt{f}$$

$$Pd (w/m^2) = f/200$$

Donde:

f: Frecuencia de transmisión para nuestro canal RF

✓ **Operación:**

Para la operación de los sitios de telefonía celular, se debe contar con unas condiciones que permitan su funcionamiento tanto de día como de noche, entre ellas:

- **Balizamiento:** La estructura de la torre debe pintarse de colores naranja internacional y blanco, empezando por naranja en la base y terminando con naranja en el tope, y alternando franjas con el color blanco a una longitud ni menor que 0.5m, ni mayor a 6m.

Para la operación nocturna se deben cumplir las normas técnicas específicas de la región, las cuales convergen en tener en la parte superior de la estructura, una luz de iluminación de color rojo aeronáutico que sea omnidireccional, o 2 luces simples unidas por una horquilla con una altura entre bases de 0.3m, este sistema se recomienda que opere desde el atardecer donde se reduzca la visibilidad, y hasta el amanecer, donde se controle su operación con un sensores de luz que controlen su encendido y apagado. Estas luces que se emplean en las torres son a menudo de 75 Watts de potencia. En caso de tener una torre de más de 100 metros de altura, se emplearan 2 luces, una en el tope de la torre, y otra en la mitad de ella.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

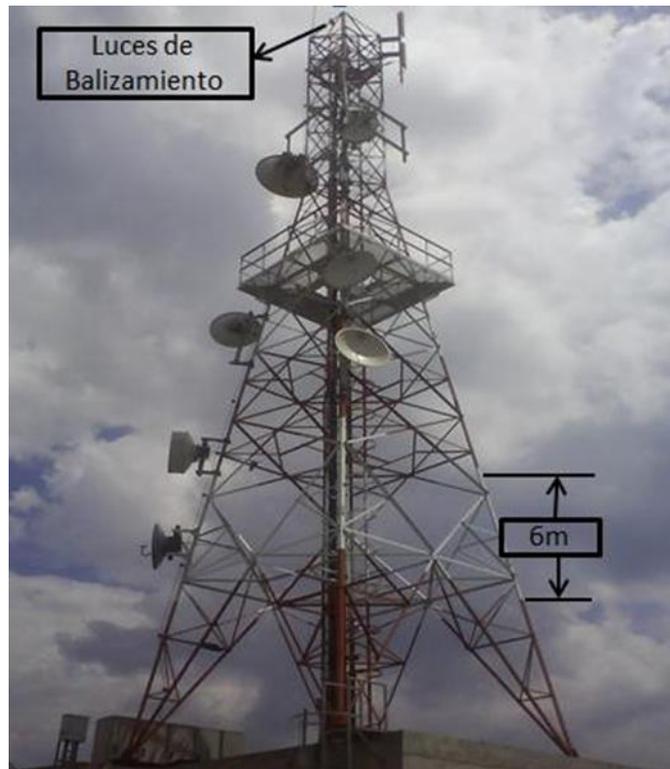


Figura 7: Balizamiento.

- **Avisos de Restricción:** La torre debe contar con cercos que impida el acceso a personas ajenas a la operación del sitio, evitando manipulaciones indebidas de cada uno de los implementos de la radio base, y así mismo contar con señalización de advertencia de manejo de alto voltaje, bien sea en antenas ubicadas en zonas rurales o en azoteas de edificios.

2.4.3. LIMITANTES CIVILES

Enunciación de diferentes elementos que deben llevar las torres, balizamientos y montaje de equipo en la torre.

Después de enumerar las limitantes legales y las técnicas que se pueden presentar durante la instalación de la radio base, procedemos a enunciar, más que las limitantes, algunas de las soluciones más relevantes que se pudieran implementar durante la instalación de nuestra radio base.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Además de conocer los deberes que se instauran al momento de instalar la radio base, las cuales abarcan desde medidas de seguridad, aterrizaje, y una buena señalización, se adhieren también las de minimizar el impacto ambiental.

Este impacto ambiental va desde la planeación del enlace, hasta velar porque la visualización de este tipo de instalaciones, sea agradable a la vista, por tanto este tipo de técnicas de reducción de impacto ambiental y de deberes civiles son los más relevantes al momento de implementar una radio base de telefonía móvil:

- ✓ Una adecuada planeación del número de sectores que llevara cada sitio al momento de su instalación, pues la cantidad de antenas impactara directamente con la opinión social y en la visualización del sitio.



Figura 8: Reducción Espacial (Fernández Salmeron, 2010)

- ✓ La minimización de nuevas radio base también hace posible la reducción del impacto, pues una torre donde se presta un sitio 2G, probablemente se pueda ampliar su espacio y su capacidad para brindar los servicios de 3G y 4G, obviamente previa a esta instalación, se debe realizar un estudio de soporte de pesos, y de capacidad de almacenamiento, y procesamiento de los dispositivos.
- ✓ En la medida de lo posible, se busca que se realice una Co- Localización de los sitios, donde se puedan instalar antenas de diferentes operadores en una misma

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

obra civil y en algunos casos hasta compartir la transmisión del servicio, actualmente en el país, se presenta este caso en muchas de las radio bases de 4G, donde comparten absolutamente toda la estructuración de la red, y se encargan conjuntamente del procesamiento en los datos.

- ✓ Uso de antenas omnidireccionales en los sitios donde no se exija tanta demanda de tráfico, como lo son entornos no urbanos, teniendo siempre en cuenta el plan de frecuencias implementado para la zona.
- ✓ La debida ubicación de los mástiles y los espacios para elementos integrantes de los sitios es de vital importancia puesto que cuanto menor impacto visual tengan, se tendrá una vista más agradable y esto influye en la opinión de los propietarios del espacio en cuestión. La técnica para la reducción de la contaminación visual más implementada es la de mimetización, la cual “camufla” la radio base, en la medida de lo posible, para que opere con mínimo impacto en su funcionamiento, y aporte al embellecimiento del medio ambiente.



Figura 9: Mimetización (Fernández Salmeron, 2010)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.5. PROCEDIMIENTOS

2.5.1. MONTAJE CIVIL

Después de tener nuestro sitio debidamente planeado, y con directrices claras de cobertura, se procede a buscar sitios en los cuales sea óptimo el montaje de una radio base, teniendo muy en claro siempre el objetivo principal con el cual se busca dar una solución en telefonía móvil.

Las radio bases existen de muchos tipos, pero convergen en 3 grandes ramas que no son específicamente nombradas, pero sí lógicamente distribuidas de la siguiente manera:

❖ RADIO BASE TIPO A

Este tipo de estación es generalmente instalada en pisos firmes, y su altura es generalmente mayor a 20 metros, pues sus objetivos de cobertura generalmente se sitúan a un radio mayor de 100 metros y sus áreas de instalación suelen ser las de mayor presupuesto, pues debe ser un sitio específicamente destinado a tener los implementos y el montaje civil que demandan el máximo de recursos en una de radio base.



FIGURA 10: Radio Base Tipo A (TIGO, 2015)

Su distribución, generalmente, suele dar una prioridad indispensable a las condiciones climáticas, y de impacto ambiental que se pueda tener en determinado momento, de la siguiente manera:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

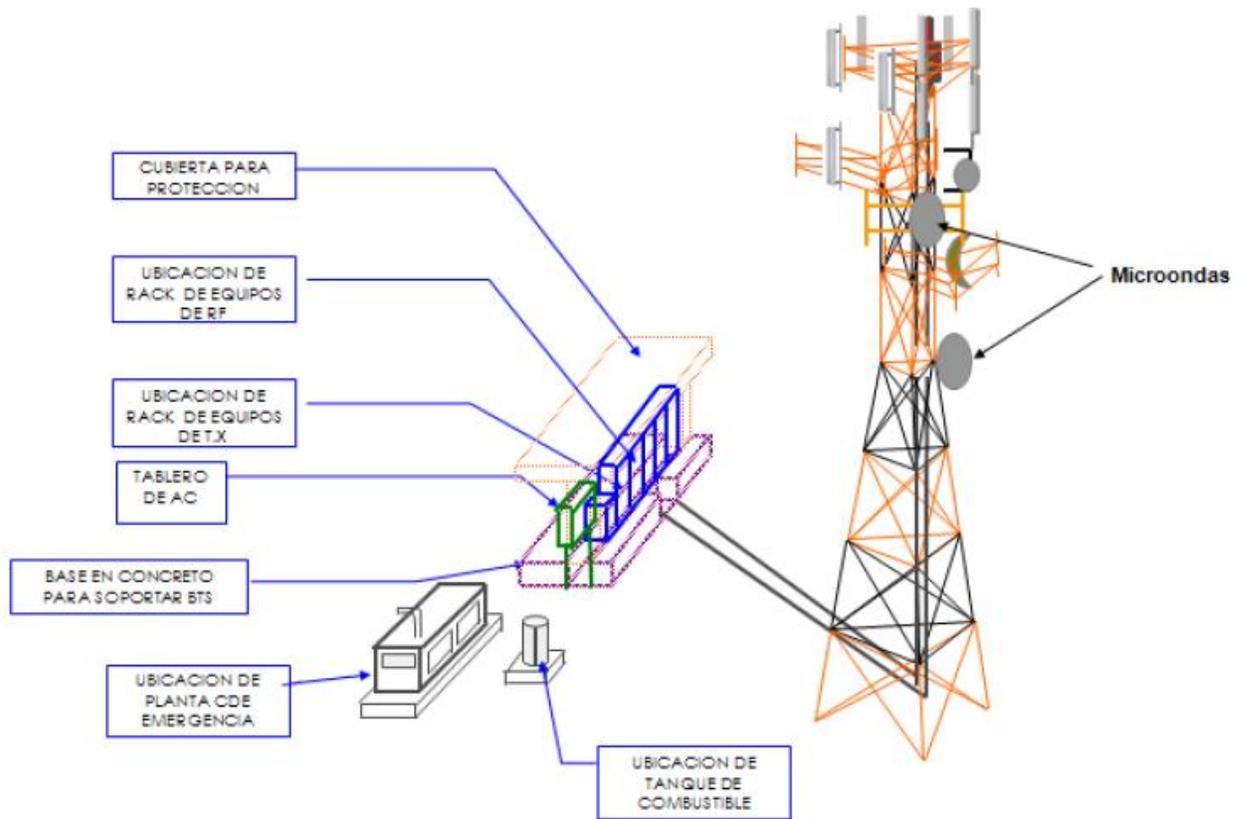


Figura 11: Componentes Radio Base Tipo A (TIGO, 2015)

Las áreas estimadas para todo este tipo de torres son:

- MONOPOLO - 52m²
- AUTOSOPORTADA TRIANGULAR - 80m²
- AUTOSOPORTADA CUADRADA CON GENERADOR Y TANQUE - 150m²
- ARRIOSTRADA O RIENDADA - 52m² + LA DISTANCIA DE LOS VIENTOS

QUE ES EQUIVALENTE APROXIMADAMENTE AL 30% DE H, TOMANDO 3 VERTICES PARA LOS VIENTOS A 120° MÍNIMO C/U.

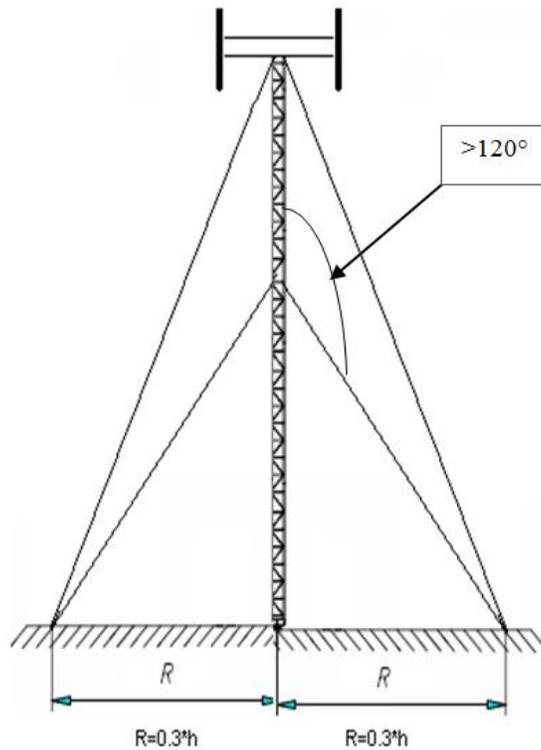


Figura12: Radio Base Arriostrada (TIGO, 2015)

Cabe anotar que estas medidas no son fijas, pues en algunos casos excepcionales, se debe optimizar los recursos que se encuentren en el sitio, por lo que las medidas pueden decrecer críticamente.

Además, a todas estas áreas, se debe sumar, si en las torres se comparten equipos con distintos operadores, un estimado adicional del 80% del área requerida por la clase del sitio, pues la ubicación de éste puede favorecer a la transmisión de ambos sin interferirse, además cabe mencionar la cantidad de radiación que debe ser inyectada en un área específica, anteriormente mencionada en las limitantes legales, por tanto minimizar el impacto ambiental y civil, es una de las prioridades que debe tener toda planeación de un sitio en un espacio determinado.

- RADIO BASE TIPO B

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Este tipo de radio bases se ubican en edificios o plataformas que están más altas al nivel del suelo, se conocen también como ROOF-TOP, y también cuentan con una estructura metálica que soporta el sistema radiante, y suelen tener su transmisión y su parte RF protegida a los ambientes climáticos, dentro de edificios en habitaciones dotadas con condiciones óptimas de operación, como aires acondicionados, y espacios de acceso exclusivo.



Figura 13: Radio Base Tipo B (TIGO, 2015)

Su distribución espacial se hace un poco más manejable pues se destina un espacio exclusivo donde los equipos cuenten con condiciones óptimas de operación y de acceso.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

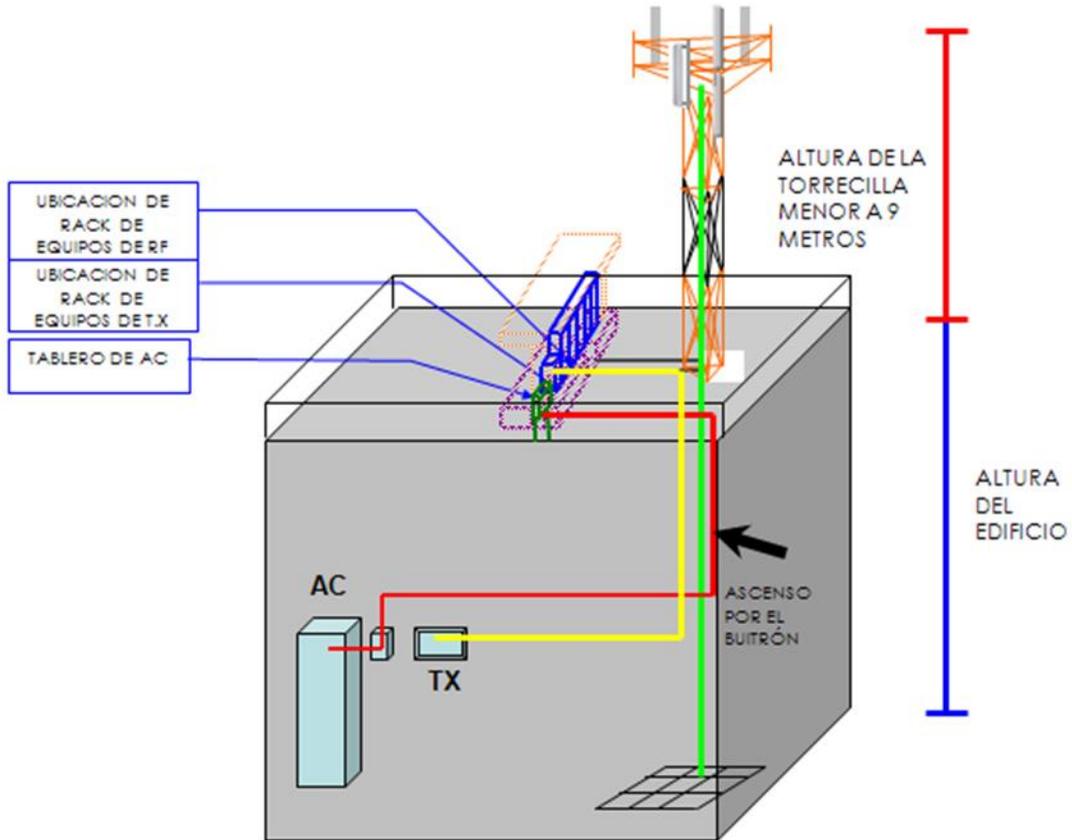


Figura 14: Componentes Radio Base Tipo B (TIGO, 2015)

Las áreas estimadas para este tipo de torres son:

BTS CON TORRECILLA AREA EN TERRAZA 20m².

El área anterior puede variar en algunos casos específicos en los cuales se requieren áreas más ajustadas o de lo contrario con áreas más espaciosas, lo cual sería el escenario ideal, así poder disponer de mayor espacio para la operación y el mantenimiento.

- RADIO BASE TIPO C

Son sectores simples, los cuales se ubican en zonas altas, a menudo en edificios, en sus techos o en los laterales de la construcción, se usan para dar solución a problemas de cobertura bastante específicos, pues a menudo se sitúan en este tipo de radio base, antenas de poca complejidad, y de poco peso, por el tipo de obra civil que suele

ser siempre con mástiles que soporten además del peso del sistema radiante, los excedentes por ambientes climáticos pesados.



Figura 15: Radio Base Tipo C (TIGO, 2015)

Este tipo de obra civil es la que menos presupuesto demanda, pues la ocupación de espacios es la más mínima entre sus similares, y por su poca demanda de recursos no requiere equipos muy complejos ni de grandes dimensiones.

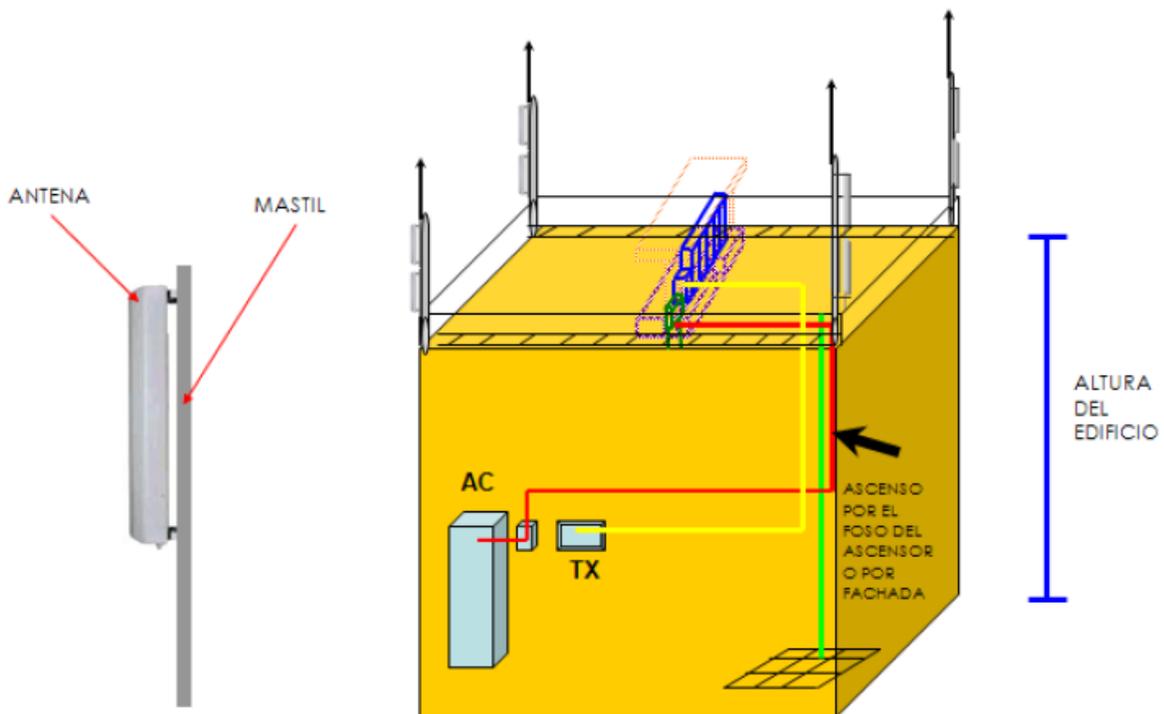


Figura 16: Componentes Radio Base Tipo C (TIGO, 2015)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Además de estos 3 tipos de radio bases, tenemos una que no alcanza a entrar en estas convergencias, pues es un caso excepcional, el cual se utiliza en contadas ocasiones y en eventos que se presentan esporádicamente en ciertos espacios, y por lo cual no ameritan la instalación de uno de los 3 tipos de radio bases que vimos anteriormente.

- **RADIO BASE TIPO CELL OVER WHEELS (COW)**

Este tipo de radio base está soportada sobre unas ruedas que hacen que sean bastante fáciles de transportar para eventos especiales, a menudo cuenta con alimentación y transmisión propia, que permiten que el gasto de recursos sea muy reducido pues solo se diseña la loza para soportar el peso de los equipos y se revisa que se tenga una ubicación estratégica de los soportes para las antenas.



Figura 17: Radio Base Tipo COW (TIGO, 2015)

Como podemos deducir, se necesita de un transporte de carga pesada para transportar radio bases COW, y para ello se utilizan generalmente remolques de gran potencia, y cuadrillas para transportar los equipos y ejecutar la transmisión una vez en el sitio.

2.5.2. COMPONENTES DE INSTALACIÓN

Las componentes de cada BTS, Nodo B o eNodo B, no suelen ser muy distintas entre tecnologías, pues básicamente se basan en tres grandes categorías que podrían ser un sistema de alimentación, uno de procesamiento y un sistema radiante. Del correcto funcionamiento de cada una de estas partes depende la calidad del servicio, pues las fallas, además de afectarse a sí mismas, afectan a las otras 2 categorías y degradan la

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

entrega del servicio. Estas componentes se pueden visualizar en esencia en la siguiente imagen:

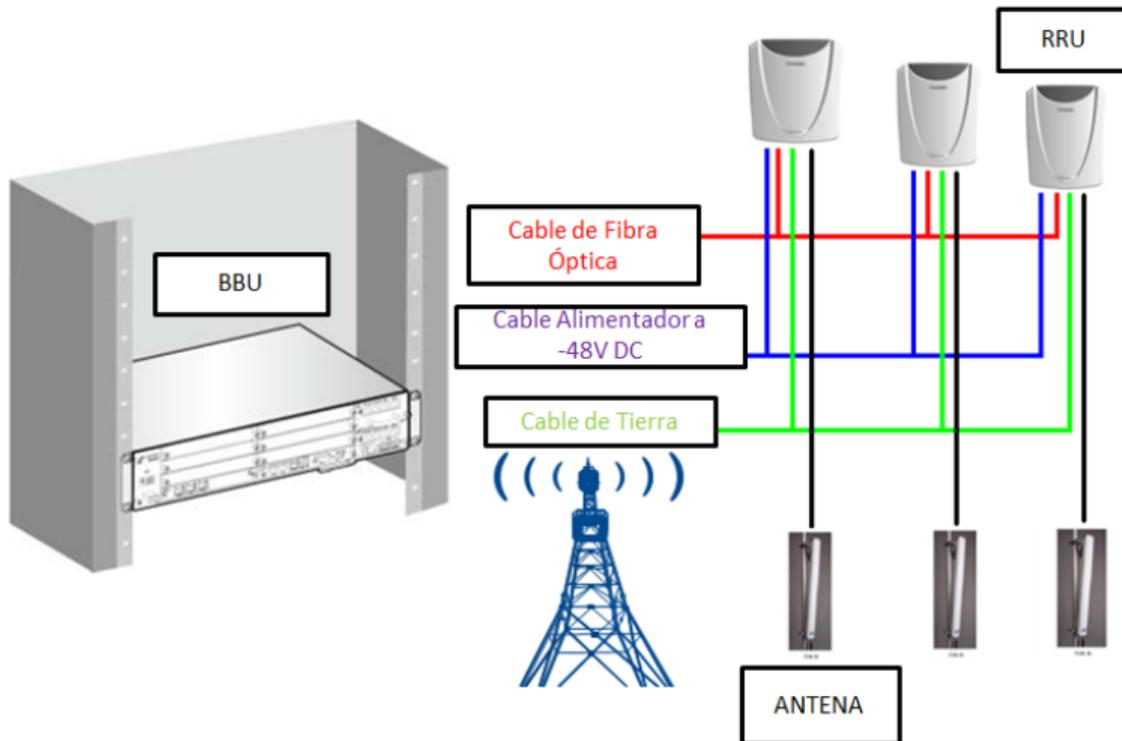


Figura18:ComponentesRadioBase

A continuación se procede a dar una breve descripción de los componentes de las estaciones, dividiéndolos en las categorías previamente nombradas:

SISTEMA RADIANTE

Compuesto por un número determinado de elementos que transmiten y reciben señales electromagnéticas, radiadas por aire. Lo componen los siguientes elementos:

- **ANTENA:** Es un dispositivo capaz de radiar ondas electromagnéticas transportando información, y que tiene una cantidad de parámetros que las hacen adaptarse a diferentes ambientes y cantidad de tráfico que se presente en determinado momento. Este dispositivo es un elemento pasivo dentro de la red y no necesita alimentación de energía eléctrica.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Los diferentes entornos hacen escoger el tipo de antena requerida para la transmisión, y por esto se debe tener claridad de algunas especificaciones para el momento en que se realice la adquisición, sacar el mayor provecho de este dispositivo, algunos de los parámetros que tienen las antenas son:

Rango de Frecuencias: Las antenas para 2G y 3G en el país, deben tener un rango de frecuencia de 850(Claro, movistar) y 1900(Tigo), y estas frecuencias van directamente relacionadas con el tamaño de las antenas, o su longitud como tal, pues bien es sabido que a mayor frecuencia, menor longitud de onda es requerida.

Ganancia: Es la relación entre la potencia que entra en una antena la potencia que sale de esta, se expresa en dBi, que se radia en el lóbulo principal de la antena, también podría ser expresada en dBd, lo cual se expresa de la siguiente manera:

$$Ganancia (dBi) = Ganancia (dBd) + 2.14$$

Polarización: Es el sentido de oscilación del campo eléctrico, en las antenas de telefonía móvil, generalmente es vertical, horizontal o cruzada.

Apertura: Las antenas poseen una apertura horizontal y una vertical, y esto es básicamente el ancho del haz que se radia, acimutal y por elevación; en ambientes donde se requiere, las antenas deben tener una apertura específica, pues en áreas urbanas y suburbanas se requiere cubrir áreas determinadas y para esto se tiene en cuenta este parámetro, dando como resultado, cuando el área a cubrir es muy específica, antenas directivas. Las cuales tienen una apertura horizontal pequeña (30° o menos) y una ganancia elevada en el ancho de ese lóbulo.

Por estos motivos, por cada sitio urbano o suburbano se deben tener por lo menos 3 sectores para tratar de cubrir el mayor radio de cobertura posible con la estación, y así optimizar los recursos de la radio base.

Patrón de Radiación: Este patrón va directamente relacionado con el tipo de antena, pues en el mundo de las redes celulares los existen de 3 tipos esenciales:

- *Omnidireccionales:* Se suelen usar para espacios interiores(indoor), donde solo se instale un solo punto, y son usualmente polarizadas verticalmente, su patrón de radiación es de 360° pero su distribución no es uniforme, pues se ve de la siguiente manera:

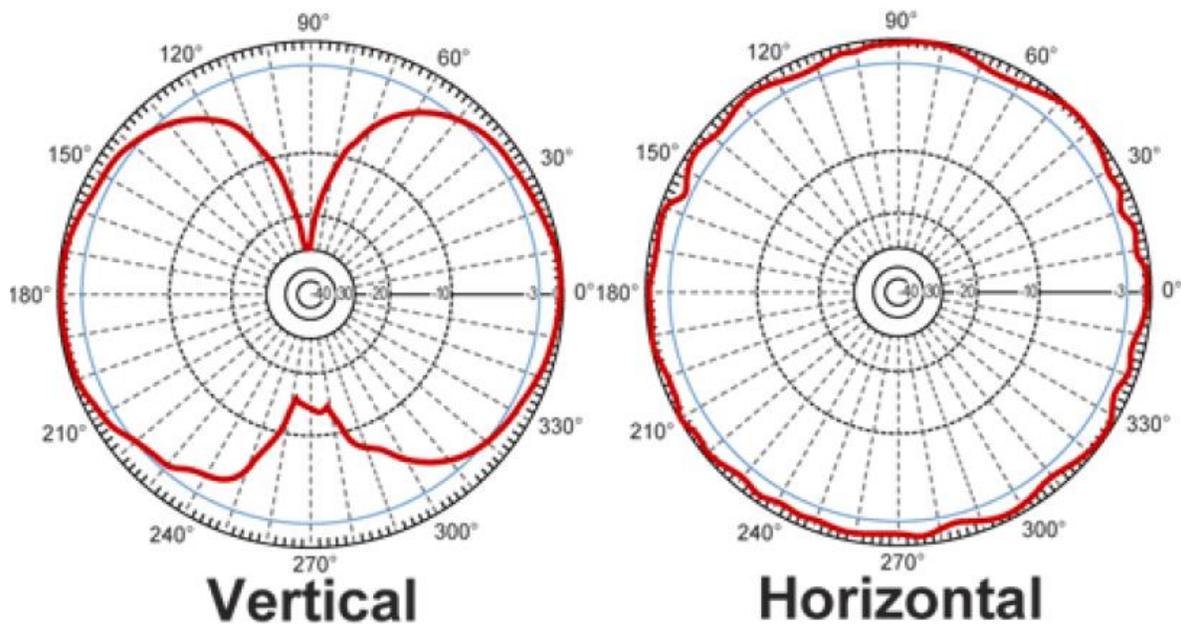


Figura 19: Patrón Omnidireccional

- *Sectorizadas/Direccionales*: Son usualmente de alta ganancias y su patrón de radiación horizontal está a menudo entre 30° y 120°. Son las más utilizadas en ambientes urbanos y suburbanos, donde su objetivo de cobertura es una área en específico, y su patrón se puede apreciar de la siguiente manera:

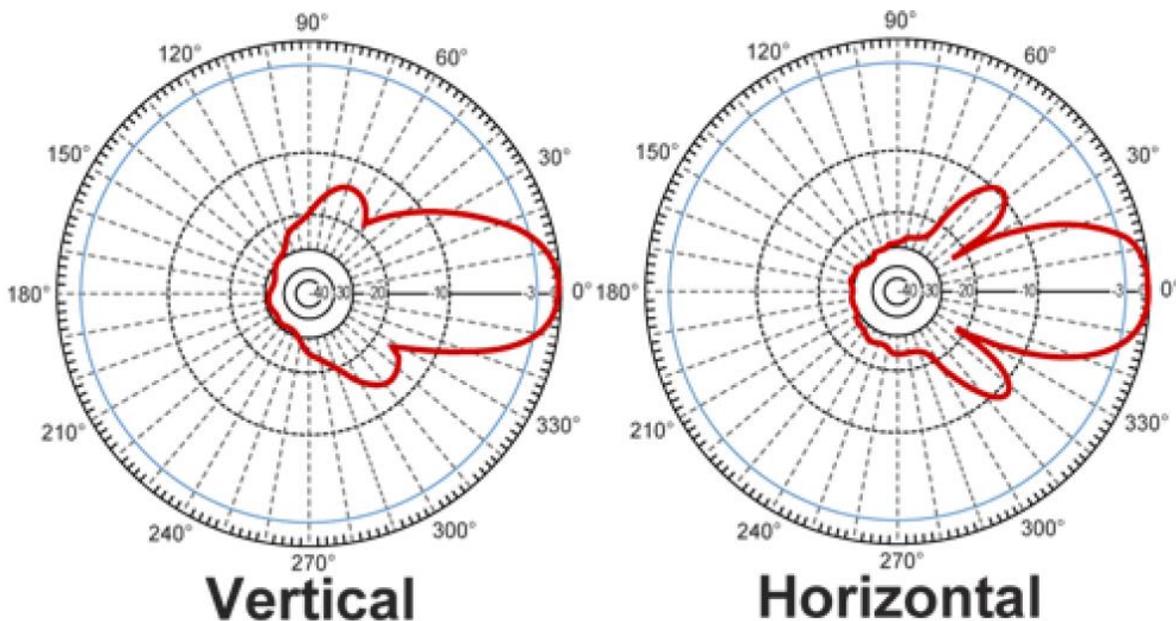


Figura 20: Patrón sectorizado

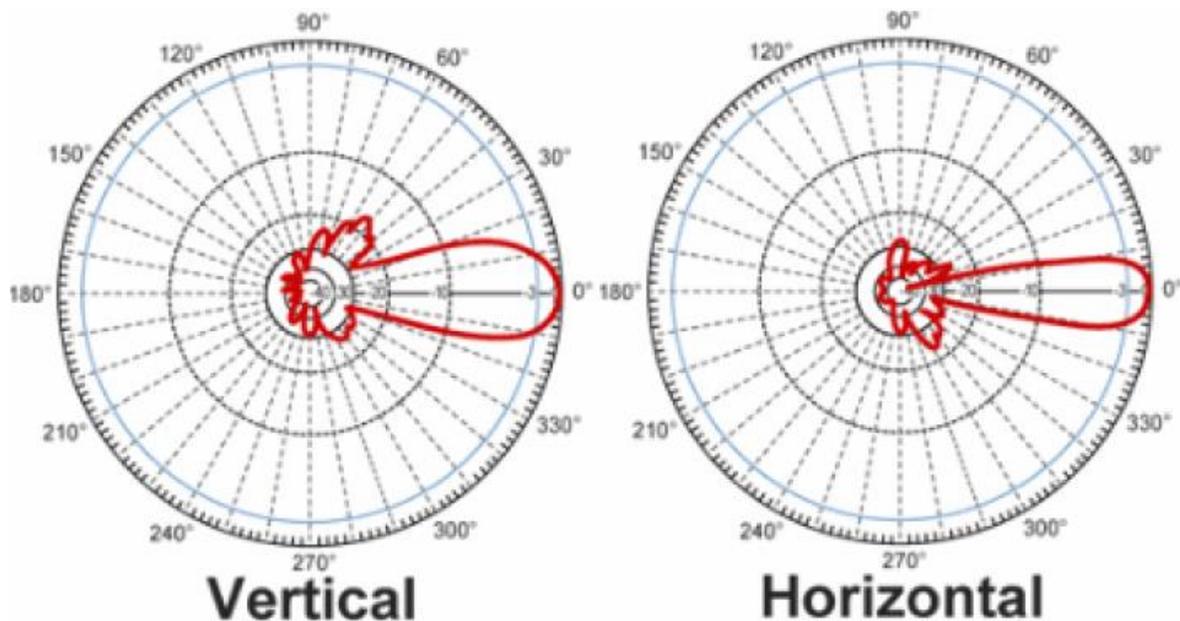


Figura 21: Patrón directivo

Como se puede apreciar, la gran diferencia entre el patrón directivo y el sectorizado, es su apertura horizontal, pues como se ve, en la antena directiva se enfoca toda la ganancia en una apertura mucho menor, y se solicita en casos de áreas muy específicas.

Ejemplo:

Los tipos de antena más utilizados en el país son de la marca Kathrein, existen de diferentes clases, pero aquí veremos especificaciones generales de una antena muy directiva, otra antena sectorial y una antena omnidireccional indoor. (Kathrein Inc.)

- ✓ Directiva: Kathrein 739134

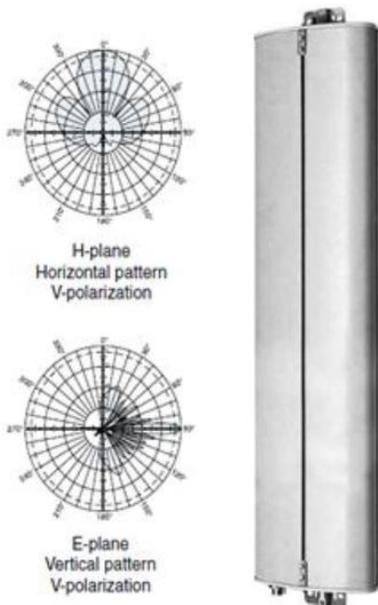


Figura 22: Kathrein 739134

Marca	Kathrein
Modelo	739134
Patrón H (°)	33
Patrón V (°)	6.5
Ganancia (dBi)	21
Rango de Frecuencias	1710-1990
VSWR	<1.5:1
Impedance	50 Ohm
Downtilt	N/A

Tabla 12: Especificaciones 739134

✓ Sectorial: Kathrein 742215

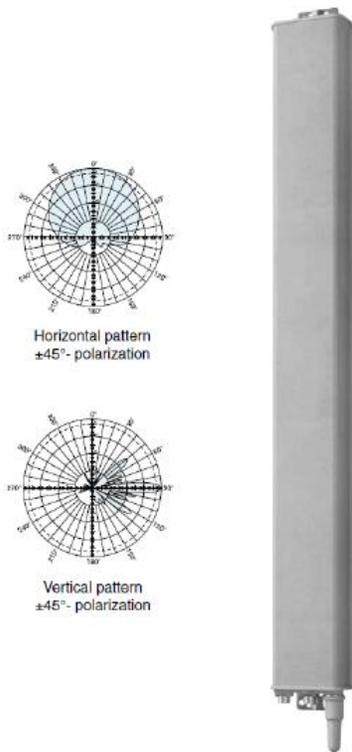


Figura 23: Kathrein 742215

Modelo	742215
Patrón Horizontal (°)	66
Patrón Vertical (°)	6.5
Ganancia (dBi)	17.9
Tilt Eléctrico (°)	0 - 10
Dimensiones HxWxD (mm)	1302 x 155 x 69
Rango de Frecuencias	1710-2200
VSWR	<1.5:1
Impedance	50 Ohm
Downtilt	0-10°

Tabla 13: Especificaciones 742215

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

✓ INDOOR: Katherin 80010430



Figura 24: Kathrein 80010430

Marca	Kathrein
Modelo	80010430
Patrón H (°)	360
Patrón V (°)	50
Ganancia (dBi)	2
Tilt Eléctrico (°)	0
Rango de Frecuencias	1710-6000
VSWR	<1.5:1
Impedance	50 Ohm
Downtilt	N/A

Tabla 14: Kathrein 80010430

Las antenas van instaladas de acuerdo a las condiciones que presente la zona, ya sea interior (indoor) o exterior (outdoor), y si se hace vital la directividad o no. El método es, conociendo las especificaciones de las antenas, escoger la más óptima para el escenario que se encuentren en la zona de interés.

SISTEMAS DE PROCESAMIENTO

Estos sistemas son las encargadas de realizar los canales lógicos y físicos, de la transmisión de datos y voz de nuestro servicio, bien sea 2G, 3G o 4G; son equipos que se conectan al rectificador y se alimentan a -48V DC para que operen de forma óptima, entre ellos encontramos:

Las entradas a estos sistemas de procesamiento se realizan por medio de transmisiones por medio de microondas y satelitales (si los sitios son de difícil acceso o de un costo elevado para tirar cableado) o de fibra óptica, o por canales de cobre en sistemas de transmisión viejos de 2G, que se han ido desmontando por la baja capacidad de transmisión que tienen.

Existen diferentes dispositivos que componen estos sistemas de procesamiento de datos y voz actuales, todos estos componentes van directamente relacionados con los distribuidores de tecnología (vendors) con los cuales se contrate el servicio, pues cada

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

uno maneja sus distintas maneras de operar. Aunque bien se pueden abarcar todas las tecnologías en un solo par de dispositivos, los cuales son:

- **BBU (Base Band Unit):** Es el dispositivo encargado de tomar la transmisión, y procesarla en banda base, dando señales para la que sean transmitida por RF en la RRU.

Este dispositivo es capaz de gestionar hasta 3 RRU a la vez con las conexiones de fibra, y se conecta a la RNC o BSC para la gestión de este nodo. Se opera en su mayoría con una alimentación de -48V DC, y tiene un rango de temperatura de -10° a +60°C, siendo esta ultima un riesgo para la operación pues reduciría críticamente el tiempo de vida.

Este equipo almacena las tarjetas que se encargan de la capa de enlace, red y transporte, lo cual hace indispensable el aterrizaje de este, pues es el alma de la transmisión.



Figura 25: Base Band Unit

- **RRU (Radio Remote Unit):** Es el dispositivo responsable de la modulación de la frecuencia, alimenta la antena para que radie la información recibida desde la BBU, haciendo que sea necesaria una RRU por sector de la estación base.

Este dispositivo se debe ubicar al lado de la antena pues lo ideal es que la distancia que hay en ese tramo sea mínima para reducir pérdidas en modulación por el feeder, se alimenta de -48V DC, y el rango de temperatura es de -33° a +45°C, debe estar debidamente aterrizado.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 26: Radio Remote Unit

SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN

Los sistemas eléctricos en una radio base son, en sí, la vida de ella, pues con una alimentación insuficiente, los equipos de procesamiento no pueden garantizar el funcionamiento óptimo, para ello se cuenta con un sistema de alimentación principal y unos respaldos que mantengan siempre garantizada la operación del nodo aun con fallas eléctricas.

Estos componentes de la estación se asignan de acuerdo a su jerarquía e importancia dentro de la red, pues el respaldo se le asigna, cuando no es posible a todas, a las estaciones que alimenten varias estaciones a la vez o que son parte vital de la topología, bien sea anillo o estrella; existen diferentes componentes, y estos son:

- **Tablero Generador de Distribución (TGD):** Es el elemento que realiza la conexión entre la red eléctrica proveedora que alimenta a 220V desde el transformador más cercano, y el sistema de procesamiento rectificando y regulando el flujo de corriente.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Este TGD es el corazón de la alimentación pues allí se tiene unos circuitos encargados de alimentar los sistemas de procesamiento, los cuales deben ir con una carga balanceada, para no hacer que estos se disparen o que se provoquen insuficiencias en la alimentación; tiene una serie de componentes que son:

- DPS: Supresor de picos de voltaje para proteger los equipos de procesamiento.
- Breaker principal: El switch de toda la estación base.
- Breaker Secundario: Se le asigna una carga de elementos balanceada para evitar insuficiencias en la alimentación.
- Rectificador: Realiza la conversión de corriente alterna (AC) a corriente directa (DC). Y además se encarga de disparar un switch cuando la entrada de la energía eléctrica común sea insuficiente, o no exista, para pasar a alimentarse del respaldo de baterías que debe tener cada sitio. Este rectificador entrega las salidas necesarias para alimentar los equipos de procesamiento a -48V DC.

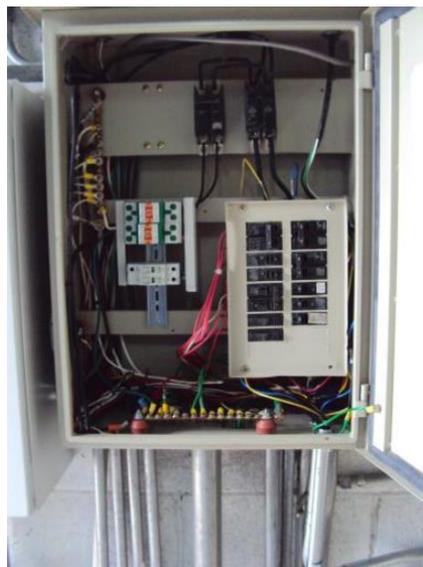


Figura 27: TGD

- **TP:** Es un armario para almacenar los dispositivos de procesamiento, el cual tiene como propiedad especial, además de sus ranuras para equipos y el respaldo de baterías, el poder generar alarmas de alimentación que van a la BBU y esta las lleva al centro de gestión y operaciones.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Este es el elemento vital pues la conexión remota permite optimizar el tiempo de operación y mantenimiento, y la acción rápida de los encargados de tener los sitios en funcionamiento.



Figura 28: TP

- Transferencia:** Es un armario que almacena unos contactores que permiten alternar la alimentación del sitio, de energía eléctrica común a la planta de emergencia, la cual generalmente es un motogenerador que funciona por medio de combustible.



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 29: Transferencia



Figura 30: Moto generador

- **Sistema de Puesta a Tierra:** Un sistema de puesta a tierra es un conjunto de conductores eléctricos directamente enterrados en el suelo y distribuidos a través de una instalación expresamente diseñada para soportar corrientes excepcionales en caso de cortocircuito o descarga atmosférica, entre otras eventualidades. A este sistema se conectan todos y cada uno de los elementos de la instalación que requieran ser aterrizados, tales como cajas eléctricas, conductos eléctricos, antenas y todas aquellas partes metálicas que deben estar a potencial de tierra. En los sistemas de comunicaciones de grandes dimensiones, se hace indispensable la presencia de protección ante descargas atmosféricas las cuales puede ingresar a las instalaciones por impacto directo o por corrientes inducidas. Esta energía busca su propio camino para llegar a tierra utilizando alimentación de energía eléctrica, de voz y de datos, produciendo daños severos en los dispositivos por donde circule. Un sistema de puesta a tierra para los sistemas de comunicaciones debe ofrecer un camino seguro para las descargas de corrientes de fallas, descargas de rayos, descargas estáticas y señales de interferencia electromagnética y radiofrecuencia (EMI y RFI). (Guerrero, 2015)

Aterramientos

- **Varilla copperweld:** Es una de las varillas más usadas pues su material es económico. Esta varilla se debe enterrar por norma, en forma vertical y a una profundidad de por lo menos 2.4 metros.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Varilla chem-rod:** Esta varilla de aterramiento posee una característica bastante especial, contiene sales minerales en su interior las cuales son liberadas para acondicionar el terreno que rodea la varilla lo que permite garantizar una excelente resistencia de puesta a tierra durante el periodo de duración de la misma. La eficiencia de estas varillas es tan elevada que permite reemplazar hasta diez varillas de aterramiento convencionales por una sola chem-rod; esto es muy importante en terrenos donde se requieran resistencias de tierras muy pequeñas, y la cantidad necesaria de varillas convencionales se hace excesivamente numerosa.

- **Protección de descarga atmosféricas(Pararrayos):** La presencia de una antena y su estructura que la soporta, puede que no incremente la probabilidad de que caiga un rayo en una localización en particular; sin embargo, si el sitio es alcanzado por un rayo, la antena y su estructura soporte pueden convertirse en el punto focal del rayo. Por lo tanto las consideraciones de puesta a tierra para protección de las estaciones radio eléctricas son extremadamente importantes. Deben colocarse puntas de pararrayos en la parte más alta de las torres y soportes. las puntas de pararrayos serán de un material adecuado que permitan atraer al rayo sin que este cause algún daño físico a las antenas y equipos que se encuentren en la estructura y deben tener por lo menos 45,72 cm de separación vertical de las antenas o equipos a ser protegidos ubicados en la torre.
 - **PUNTA FRANKLIN:** Su misión es provocar la excitación atmosférica por encima de cualquier otro punto de la estructura a proteger, para aumentar la probabilidad que la descarga incida en su zona de influencia y enviar a tierra la corriente del rayo. El pararrayos Franklin es el sistema óptimo para proteger edificaciones donde la altura predomina a la superficie.
 - **PARARRAYOS IONIZANTE:** Se fabrica en Bronce o Acero inoxidable, y está basado en el efecto de puntas, dieléctrico, e ion corona. Su cobertura es igual o mejor a la punta Franklin, y se asemeja a una semiesfera centrada en el pararrayos.
 Su principio de protección parte del campo eléctrico ambiente existente en cualquier situación de tormenta, un dispositivo de cebado genera impulsos de alta tensión sobre los electrodos, provocando un efecto corona. Produce una ionización dirigida hacia la nube, canalizando desde su origen, la posible descarga eléctrica; este efecto consiste en la descarga que se produce en torno

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

a los puntos agudos de un cuerpo cargado a un alto potencial, y se establece la corriente de descarga desde estos puntos a la atmósfera.



Figura 31: Pararrayos Ionizante

- **JAULA DE FARADAY:** El sistema consiste en la recepción del rayo a través de un conjunto de puntas captadoras unidas entre sí por cable conductor, formando una malla y enviarla a tierra mediante una red de bajantes conductores.

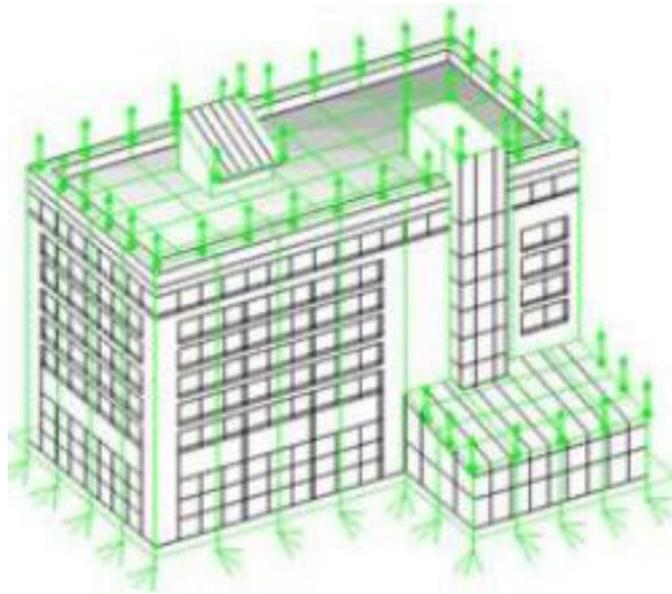


Figura 32: Jaula de Faraday

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.5.3. TOPOLOGIA Y TERRENOS PARA INTEGRAR EL SITIO

Son bastante los retos que tenemos al momento de ingresar el sitio a nuestra topología de red, entre ellos está la ubicación de la obra civil donde se va a realizar la transmisión de la información.

Al momento de la instalación y dependiendo el ambiente, se entran a buscar sitios donde su altura efectiva sea de fácil adaptación a estos 4 diagramas:

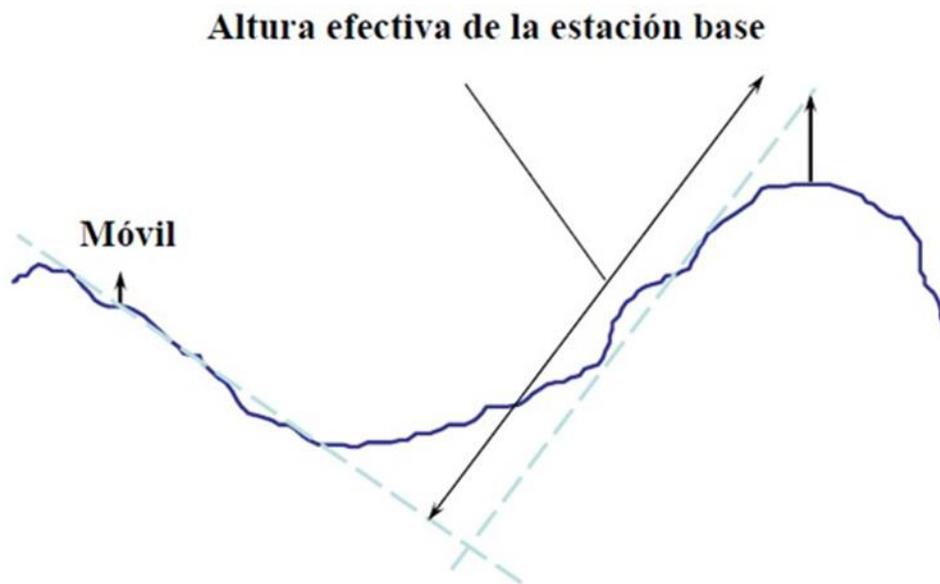


Figura 33: Altura efectiva

- A la altura del terreno se debe sumar la torre donde está ubicada la antena, luego se resta la altura donde se encuentra ubicado el móvil para tener nuestra altura efectiva para el cálculo de los parámetros de operación de la antena.
- La rugosidad de la montaña donde se encuentra la torre es indiferente pues este tipo de distancias se manejan con pendientes calculadas mediante herramientas topográficas digitales como google earth, así:

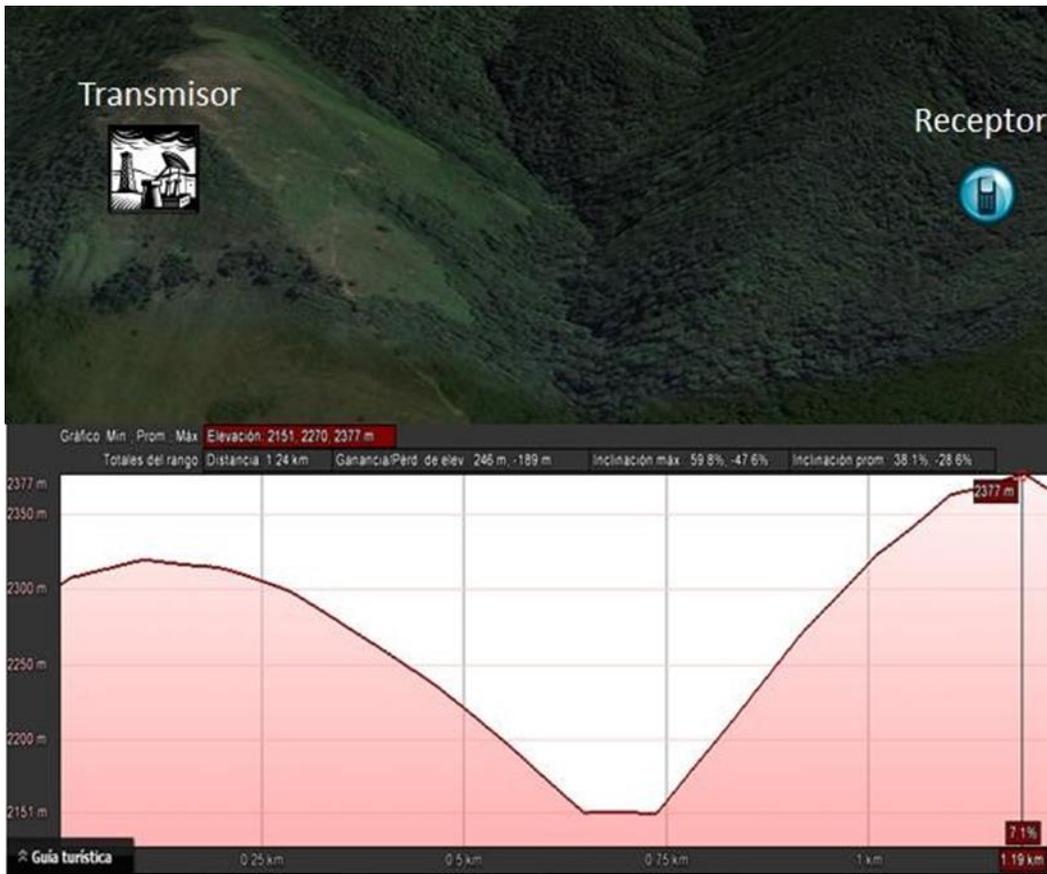


Figura 34: Planos de elevación

Al momento de realizar la integración del sitio en la red, se debe calcular un parámetro llamado TILT, el cual es muy propio de las antenas, y ayuda a direccionar el haz de la antena, entregando la cobertura planeada a la zona de interés, este parámetro se calcula en escenarios ideales así:

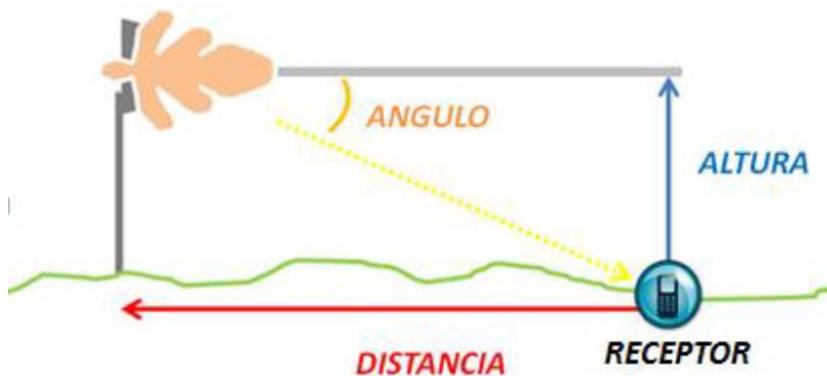


Figura 35: Tilt (telecomHall ES, 2011)

Entonces el Tilt corresponde al valor del ÁNGULO mostrado en la *figura X*, definido así:

$$ANGULO = \tan^{-1}(Altura/Distancia)$$

Esta variación del ángulo puede variarse con de 2 maneras:

- Tilt Mecánico: Es tomar toda la antena y modificarle su ángulo de inclinación por medio de herrajes y accesorios, sin cambiar la fase de la señal de entrada, pero si la dirección de propagación de la señal, de allí que se hace de manera mecánica así:

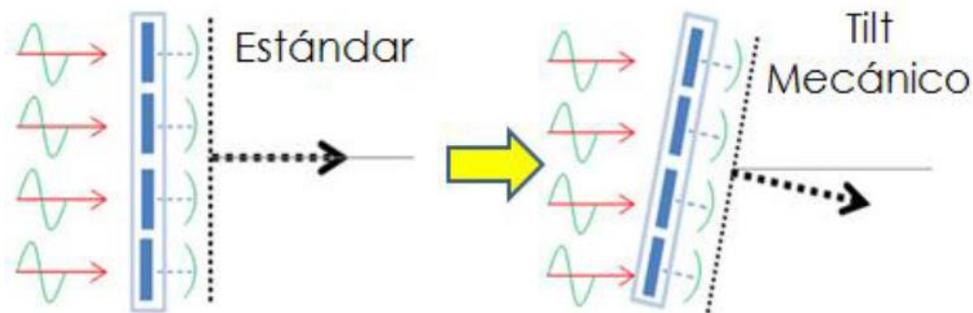


Figura 36: Tilt Mecánico (telecomHall ES, 2011)

Tilt Eléctrico: Corresponde a la modificación de las características de la fase de señal de cada elemento de la antena, cabe diferenciar que el tilt eléctrico inclina todos los haz hacia abajo, mientras que el mecánico inclina los haces frontales y el trasero lo levanta, como se ve a continuación:

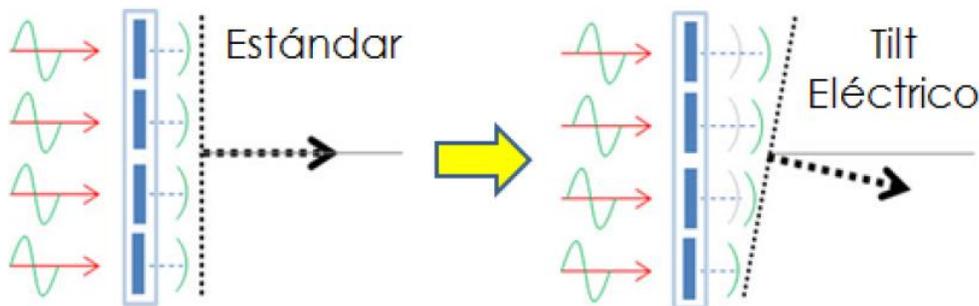


Figura 37: Tilt Eléctrico (telecomHall ES, 2011)

Como vemos en secciones anteriores, el patrón de radiación de las antenas sectoriales tiene una forma definida según su apertura, pues bien, de acuerdo a la

variación de estos tilt tenemos una forma diferente de su patrón de radiación en cada caso, la cual podemos apreciar en la siguiente tabla:

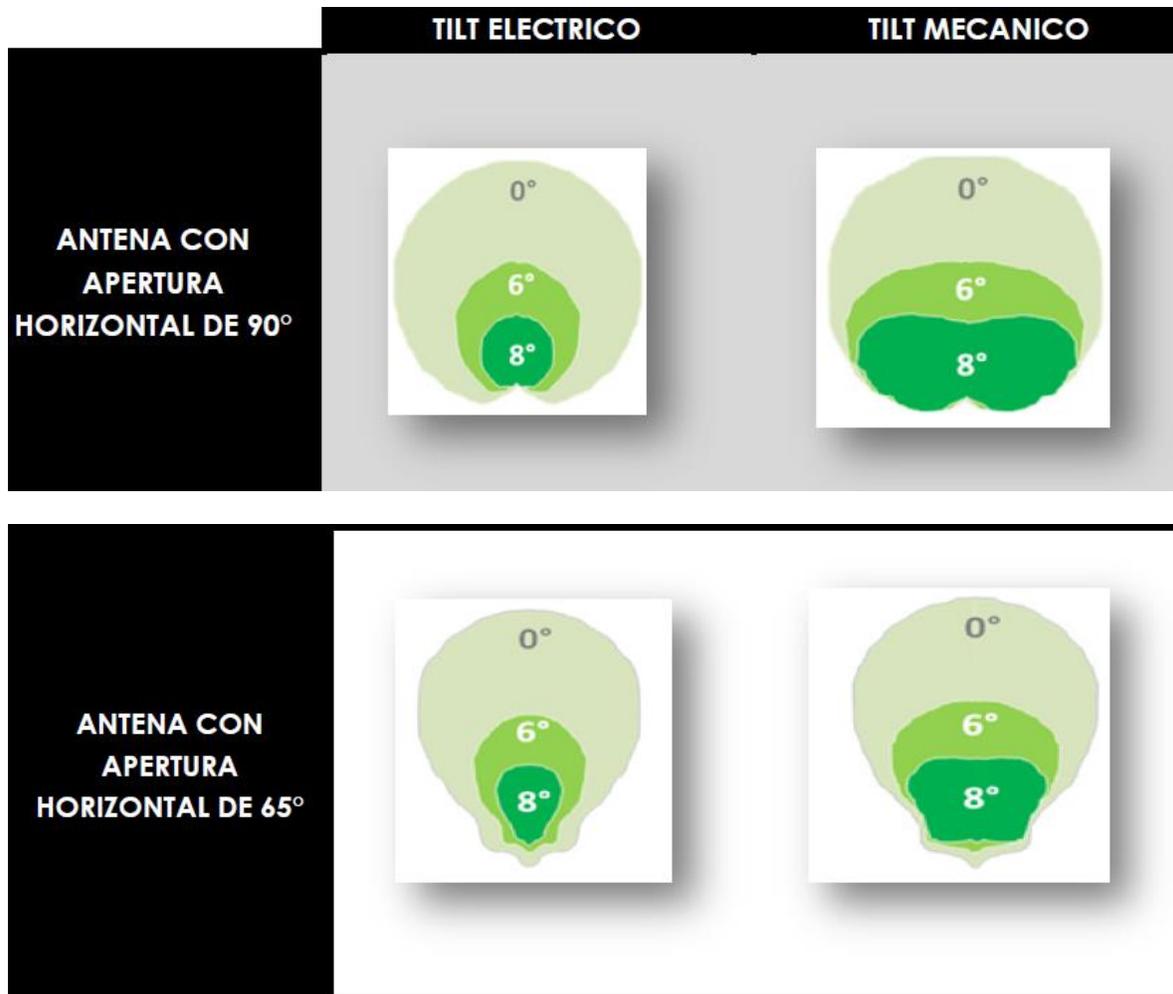


Tabla 15: Patrón de Radiación Modificado (telecomHall ES, 2011)

Para los diferentes terrenos podemos ver una distribución de TILT que nos permitan limitar, o sobrepropagar una señal de la forma que necesitemos, bien sean celdas ubicadas en zonas urbanas, rurales o suburbanas, esto puede ser analizado de la siguiente manera:



Figura 38: Celda rural

Obviamente se debe tener una planificación de los sitios aledaños, y el alcance se intenta hacer mayor para cubrir entradas y salidas a la zona de interés, con estos fines siempre se busca que estos sitios tenga una altura elevada.



Figura 39: Celda Urbana en topos de edificios

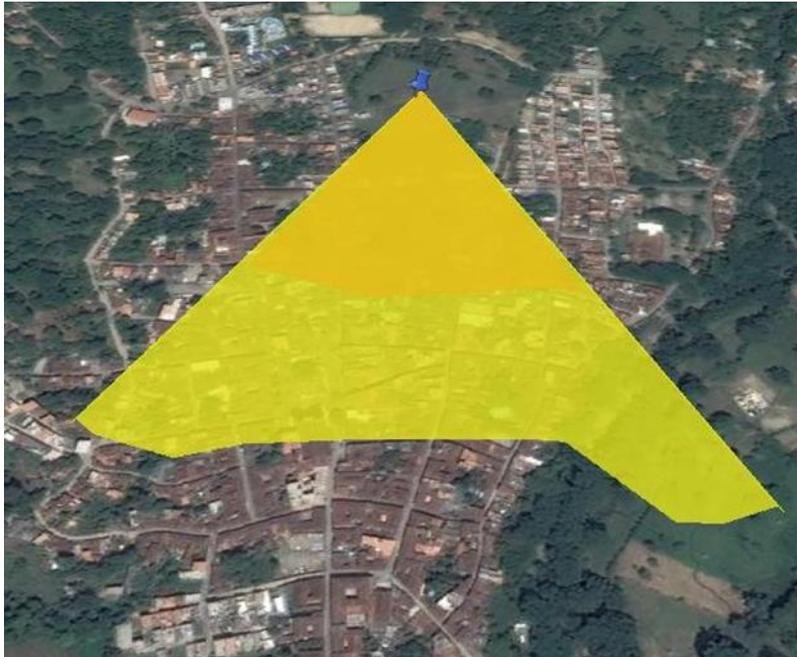


Figura 40: Celda en pueblos pequeños

De acuerdo a los perfiles de elevación del terreno buscaremos la ubicación, inclinación y azimut más óptimos para poder cubrir la mayor parte del territorio de interés.

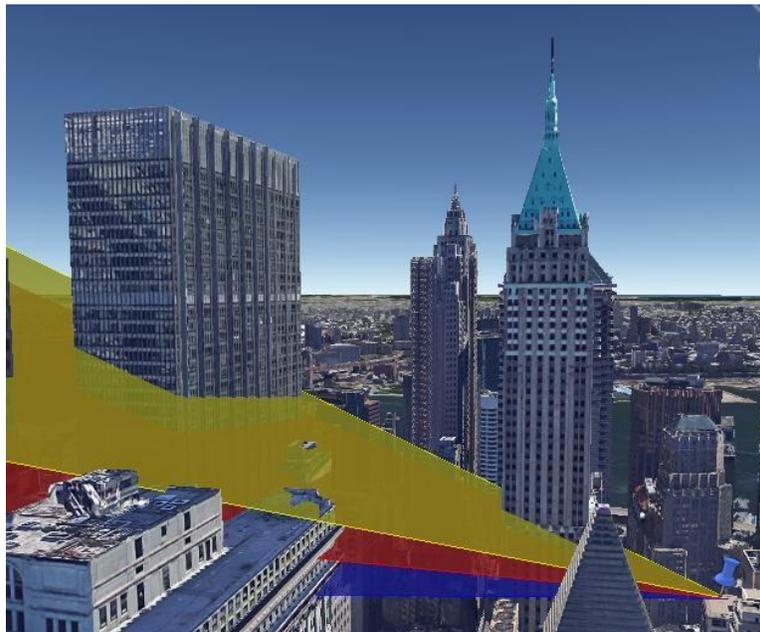


Figura 41: Celda a objetivo específico

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para este tipo de enlace se buscan alturas que permitan dar con el lóbulo de mayor potencia en el objetivo principal, y a una corta distancia que no deje dudas que el nodo va a entregar buenos niveles de recepción.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

En el proceso de mi práctica profesional, la manera más admisible de aprendizaje fue la disposición de profundizar más los conceptos que se relacionaban en mi trayectoria estudiantil, basándome principalmente en el trabajo en equipo para así poder llevar a buen término mi etapa de prácticas y cumplir cada una de mis tareas encomendadas enfocadas en los objetivos plasmados en el momento de aceptar el desarrollo de las prácticas en esta compañía, tratando de innovar cada proceso y siendo aportante en las labores.

El desarrollo de las prácticas profesionales fueron siempre acompañadas del Project Manager Edwin Tamayo, quien fue la persona encargada de la supervisión y asignación de todas las actividades solicitadas y quien es el responsable de la Operación y Mantenimiento de las redes de telefonía móvil del cliente Colombia Móvil (TIGO), adicionalmente también se contó con el apoyo y respaldo de la Coordinadora de la Regional NorOccidente Tatiana Herrera, quien organizaba y brindaba los tiempos para proceder con la consulta y asociación de los argumentos aprendidos en el momento estudiantil, para este aprendizaje practico, se realizaban acompañamientos a las cuadrillas que le brindan todo el servicio de Operación y mantenimiento de la red 2G y 3G, para afianzar los conocimientos adquiridos y ahondar en el tema de implementación de una radio base, este acompañamiento inicialmente se realizó con la cuadrilla liderada por Esteban Padilla, un ingeniero en telecomunicaciones del ITM, con una experiencia de 5 años en el sector de las radiocomunicaciones, quien era la persona encargada de exponer como operan las redes de telefonía móvil.

Por otro lado, debido al desempeño y buen apoyo en la operación y mantenimiento, me otorgan el privilegio de trabajar directamente en las oficinas del cliente Colombia Móvil (TIGO), para apoyar la operación más cerca y servir como apoyo a los ingenieros de campo. Al tener este acercamiento con los directivos de Colombia Móvil (TIGO), pude

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

investigar más detalladamente todas las áreas que conjuntamente hacen operar una radio base.

Inicialmente, tuve interacción con la persona encargada de la obra civil, Edison Ochoa, un Ingeniero civil, que es el responsable del área de infraestructura, esta persona es la que realiza todo el montaje de la torre, estudiando todos los aspectos para que la infraestructura quede segura para continuar la implementación y ejecución de la radio base. Luego de tener la parte civil, llega el momento de la instalación y comisionamiento (configuración) de los equipos, esta instalación la hace el área de Roll-Out, que está a cargo de Jorge Valdés, esta persona es la responsable de contratar y coordinar con personal contratista de Colombia Móvil (TIGO) para seguir con el proceso, la labor de instalación esta delegada a la empresa Ingytelcom S.A, quienes son los encargados de subir todos los equipos a la torre e instalar los gabinetes en la base del sitio y el trabajo de comisionamiento de los equipos es realizado por Applus, esta empresa es la responsable de la configuración de todos los equipos que se instalaron en la base del sitio, teniendo en cuenta las frecuencias de operación. Por último el área de O&M (Operación y mantenimiento), se encuentra a cargo de Luis Suárez y es la encargada de realizar los respectivos mantenimientos preventivos y correctivos para mitigar y solucionar las fallas que se presenten en la red móvil, esta área también contrata personal externo para las actividades, en este caso la empresa donde realicé las practicas Linea Comunicaciones SAS.

En este orden de ideas, se profundiza la investigación con los líderes de cada una de las áreas, con el fin de obtener los datos reales, concisos y para que la descripción informativa sea lo más acertada posible brindando un testimonio objetivo y veraz que facilite la interpretación de las personas. Vale aclarar que la información y datos adquiridos en su mayoría fueron autoría de fuentes verbales y del análisis realizado en el momento de acompañar el personal a campo, donde por cuestiones de seguridad y confidencialidad corporativa no entregan soportes físicos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la realización de este trabajo de grado, se tiene como finalidad demostrar la complejidad estructural que conforma la implementación de una radio base, la cual está plasmada en el marco teórico del trabajo, con sus respectivas guías que orientan al personal de campo que ejecuta actividades de O&M (Operación y Mantenimiento) a toda la red móvil 2G, 3G y 4G. Para esta aclaración, se desglosa detalladamente todos los procedimientos que se deben tener presentes en las radios bases, creando un material de apoyo virtual donde ellos puedan ingresar a consultar algún procedimiento, todo esto enfocado desde que se inicia la instalación de una torre (obra civil) hasta que se ponen en funcionamiento los equipos (instalación y configuración), haciendo énfasis en el sostenimiento continuo de todas las redes móviles.

Inicialmente, se gestionó la creación de una plataforma educativa con el administrador de la red corporativa, la cual sería con el software Moodle (v1.9), con un costo aproximado de \$10'000.000, siendo así una implementación exitosa, como se evidencia en la imagen:



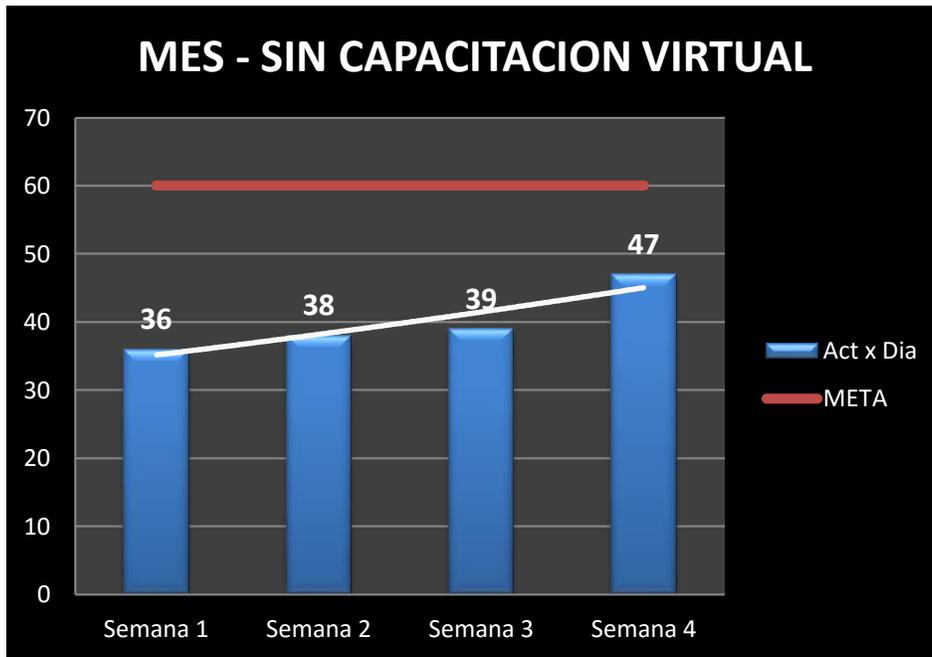
Teniendo en cuenta que la plataforma obtuvo resultados positivos, se cotiza con una empresa encargada del diseño y desarrollo de sitios web, para que se realice la actualización de la plataforma que se está utilizando, la empresa contratada PROGRAMARTE y cobra aproximadamente \$2'000.000 para realizar la actualización hasta la última versión estable (v3.1.2.) con una nueva plantilla de diseño modernizada.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

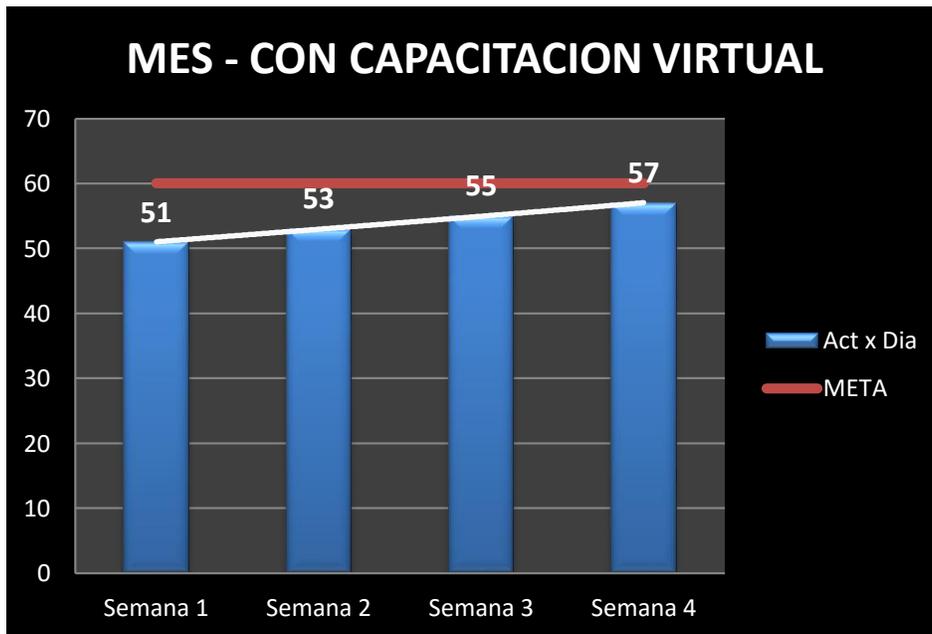
Luego, se procede con la documentación de las actividades que más frecuentan los ingenieros, adicionando un Test de cada capacitación para garantizar el aprendizaje, las cuales son:

- ✓ CAPACITACIÓN DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS
- ✓ CIERRE TIQUETES TAOLI
- ✓ COMISIONAMIENTO 3G FULL IP
- ✓ CONFIGURACIÓN RADWIND 2000
- ✓ ENLACES MICROONDAS
- ✓ FLEXI 2G BTS SITE MANAGER
- ✓ GESTIÓN ENLACES PASOLINK V4
- ✓ GESTIÓN Y OPERACIÓN DE RTN 620 Y RTN 950
- ✓ INSTALACIÓN UMTS/3G
- ✓ SISTEMA REDUNDANTE CON MOTOGENERADOR
- ✓ SISTEMAS RECTIFICADORES O SISTEMAS DE FUERZA (SF)
- ✓ TUTORIAL ATN HUAWEI 910
- ✓ TUTORIAL DE INSTALACIÓN SOFTWARE PNMT

Teniendo en cuenta todo el material obtenido, se realiza un análisis de resultados mediante graficas descriptivas que ilustren cada avance desde una perspectiva diferente. Inicialmente, se hace un seguimiento mensual, comparando la cantidad de **actividades realizadas por día** cuando NO se tenía esta metodología de aprendizaje y el personal de campo era el encargado de realizar el acompañamiento para capacitar el personal que ingresa a la empresa, obteniendo la Grafica 1. y la Grafica 2. Con su respectivo cumplimiento:



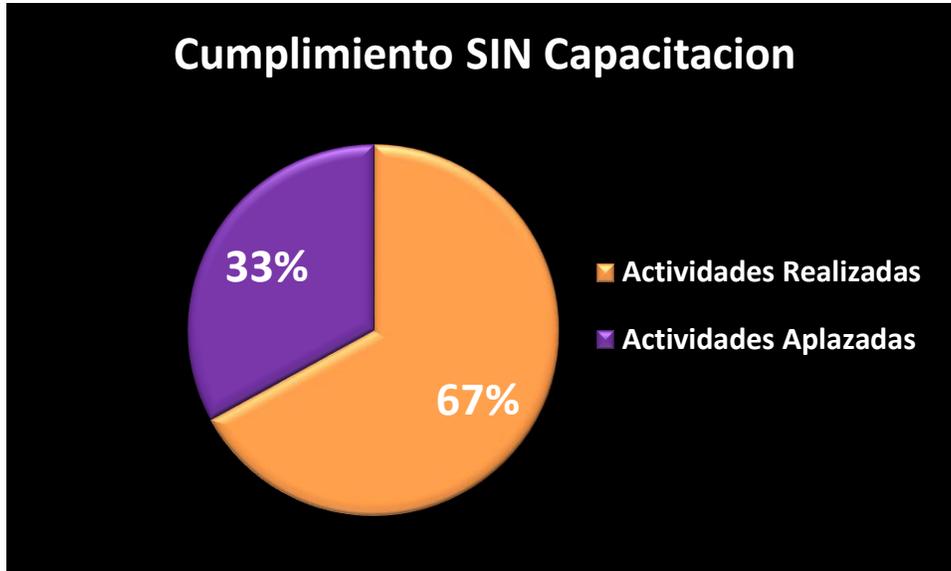
Grafica 1. Mes sin capacitación virtual



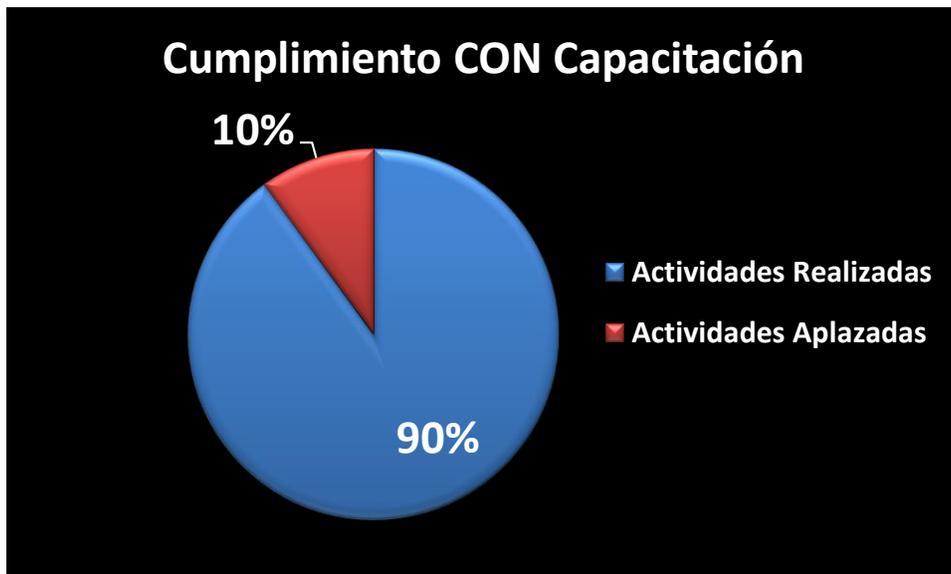
Grafica 2. Mes con capacitación virtual

En los siguientes diagramas Grafica 3. y Grafica 4, se comparará el **porcentaje de cumplimiento** de las actividades programadas aumenta un **23%** en el área de O&M, teniendo en cuenta que el personal que ingresa a la operación no necesita tanto

acompañamiento en campo y no genera retrasos en las actividades de la persona que realiza el apoyo y enseñanza.



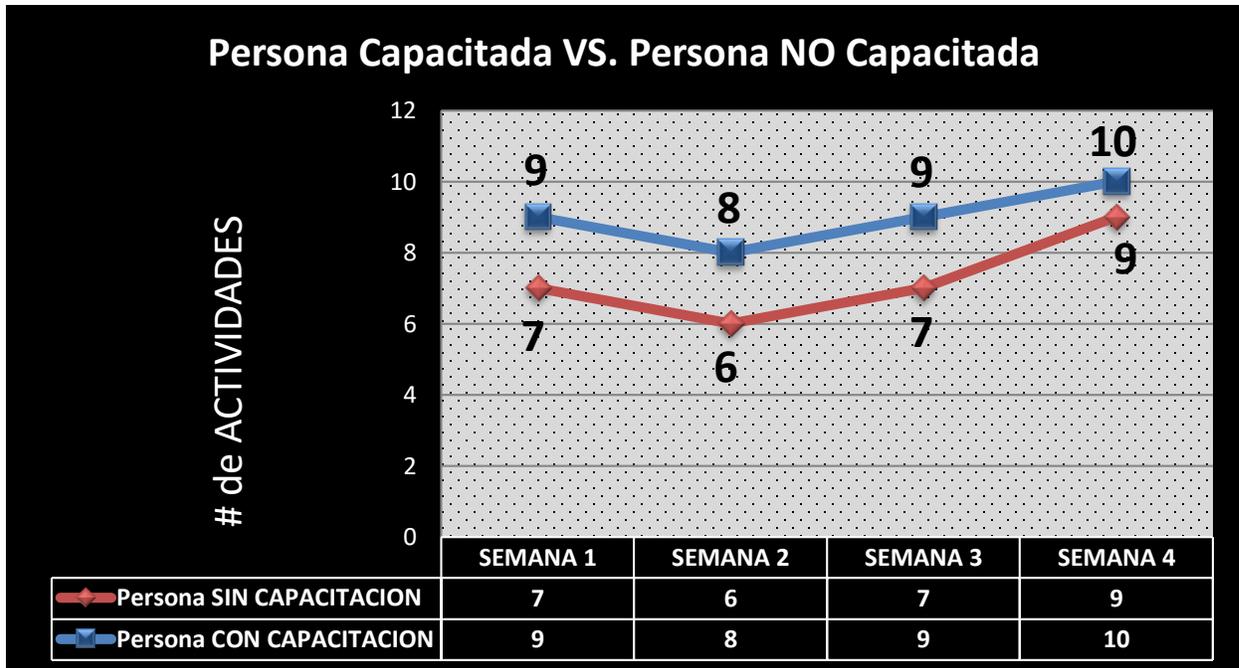
Grafica 3. Porcentaje de las actividades realizadas sin capacitación.



Grafica 4. Porcentaje de las actividades realizadas con capacitación.

También hacemos un seguimiento durante un mes (4 semanas) de un colaborador que no recibió la capacitación, para compararlo con uno que si utilizó la plataforma virtual como apoyo a las actividades y obtuvimos los siguientes resultados:

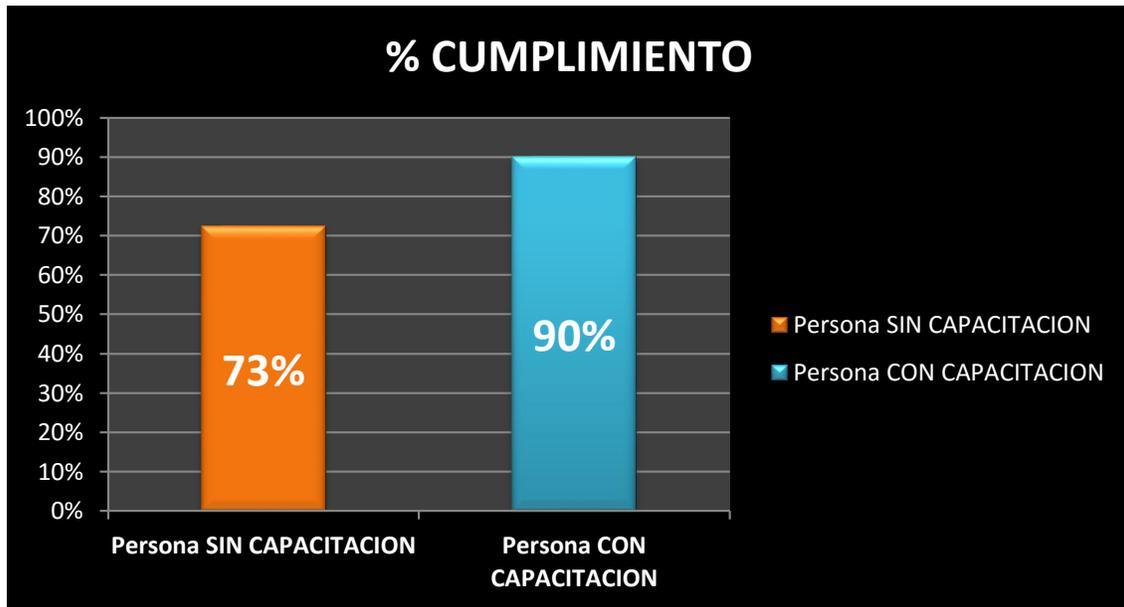
Como se evidencia en la Gráfica 5., la persona que recibe la capacitación mediante la plataforma virtual, tiene la competencia para realizar más actividades, ya que aprobó un test y tiene una teoría a la cual puede acceder en cualquier momento y no necesita tanto acompañamiento para realizar las actividades, mientras que la persona que no hizo la capacitación virtual, debe solicitar más apoyo en campo para ejecución de las actividades.



Grafica 5. Cantidad de actividades realizadas.

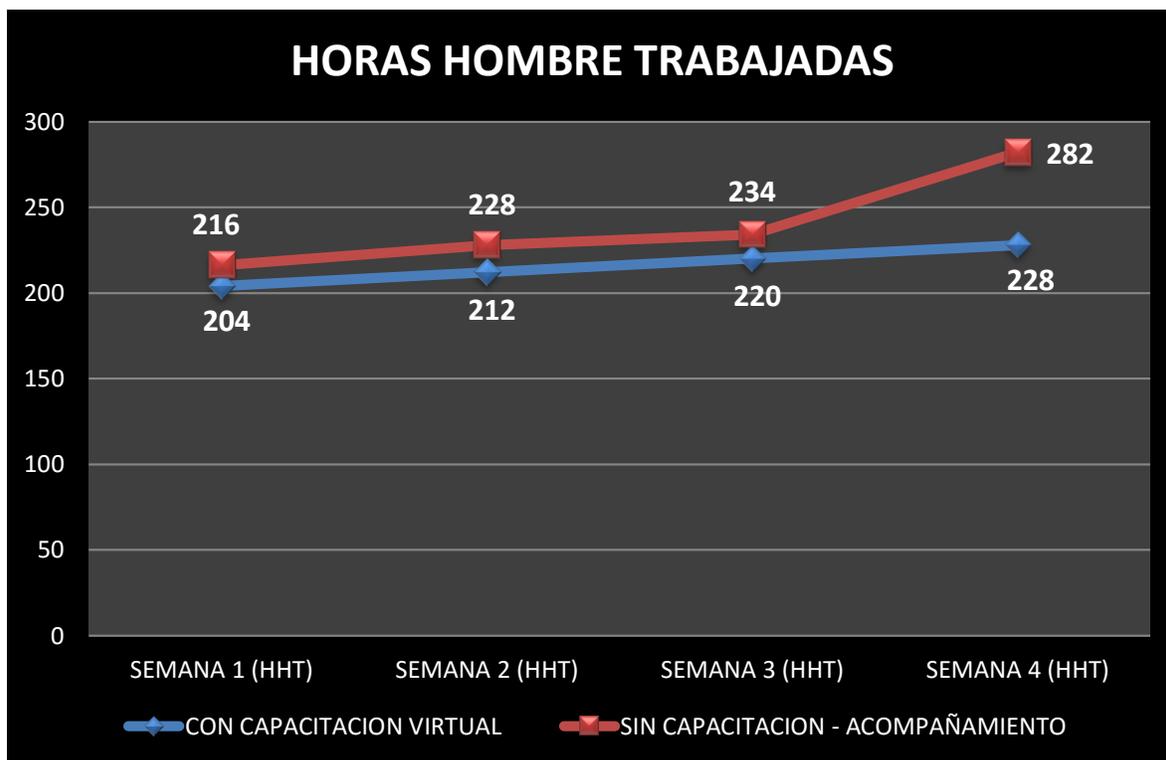
De esta forma, el **porcentaje de cumplimiento** de cada persona, será como lo describe el siguiente diagrama en la Grafica 6.:

Persona SIN Capacitación virtual cumplió un **73%** las actividades programadas, en cambio Persona CON Capacitación virtual cumplió con la ejecución del **90%** de las actividades.



Grafica 6. Porcentaje de cumplimiento de las actividades

Considerando que el personal que no tuvo la posibilidad de pasar por una capacitación virtual, debe solicitar acompañamiento para que brinden apoyo en la ejecución de actividades, esto incrementa las horas hombre trabajadas, debido a que se están empleando dos cuadrillas para una actividad que normalmente se realiza con una cuadrilla, por la necesidad de capacitar el personal y no hacer malos procedimientos en los sitios, de esta forma se comparan las horas empleadas por una cuadrilla que tuvo la capacitación mediante la plataforma virtual con la cuadrilla que es capacitada en campo por una cuadrilla adicional en la Grafica 7.:



Grafica 7. Horas hombre trabajadas

	SEMANA 1 (HHT)	SEMANA 2 (HHT)	SEMANA 3 (HHT)	SEMANA 4 (HHT)	TOTAL (HHT)
CON CAPACITACION VIRTUAL	46	50	47	48	191
SIN CAPACITACION - ACOMPAÑAMIENTO	70	73	72	74	289
AHORRRO Total					98

Tabla 16. Relación y ahorro de HHT

La anterior tabla relaciona las horas trabajadas en las dos situaciones (Con Capacitación y Sin Capacitación), presentándose así un **ahorro de 96 horas trabajadas** con la implementación de la capacitación por medio de la plataforma virtual. Adicionalmente, se analiza desde el punto de vista económico y el valor por hora de cada cuadrilla esta aproximadamente en **\$ 14.063**, si multiplicamos este valor por las horas que se están ahorrando al suministrar esta metodología de capacitación, la empresa se estaría ahorrando **\$ 1.378.125**, por cada cuadrilla que ingresa y no tiene que ocupar a las demás cuadrillas para la explicación de procedimientos y acompañamiento a la ejecución de las actividades.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- La integración de los sitios a la red requiere de una minuciosa gestión, pues la cantidad de procesos que abarca su instalación, operación y mantenimiento, debe ser cuidadosamente estudiado y con un enfoque especial a la cantidad de usuarios finales que se verán impactados directamente con su funcionamiento.
- La ejecución de este tipo de proyectos requiere una planeación que abarca desde obras civiles hasta una optimización periódica constante, pues de su sostenimiento depende la calidad del enlace que se tenga tanto con el núcleo de red, como con los usuarios finales.
- Los aspectos que abarcan la implementación las radio bases van desde lo legal hasta lo estético, por esto se debe contar con un grupo de trabajo robusto y profesional, además de contratar con personas que realmente estén comprometidas con la calidad y la capacidad que requieren este tipo de trabajos.
- La diferenciación en el modelamiento de propagación se debe tener bastante clara pues en el momento de realizar mediciones en diferentes ambientes, nos encontraremos con valores específicos para frecuencias determinadas, así mismo la cantidad de obstáculos influyen al momento de analizar los resultados.
- La información de todos los procesos de comisionamiento (configuración) y/o actividades de O&M (Operación y Mantenimiento) deben estar documentados y

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

compartidos con el personal, para aumentar la productividad y tener una eficiente atención a los incidentes presentados en la red.

- Como recomendación, se sugiere fomentar la documentación de actividades para que sean plasmados en una plataforma virtual e impulsar el personal de las empresas a que aumenten sus conocimientos teniendo en cuenta que esta plataforma cuenta con flexibilidad de horario, fomentando el aprovechamiento del tiempo.
- Como trabajo a futuro, se le aconseja a los directivos de la empresa que propaguen este modelo de aprendizaje a los demás proyectos con los que cuenta la compañía, dándoles a conocer los resultados positivos que se obtuvieron y siguiendo con la inversión de la plataforma para que se le realicen las respectivas actualizaciones, para que el capacitador tenga un ligero proceso de enseñanza y un avance en los resultados para que sean vistos de forma más dinámica.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

Bibliografía

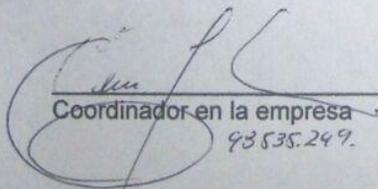
- ANE. (1 de Mayo de 2015). <http://www.mintic.gov.co/>. Obtenido de <http://www.mintic.gov.co/>:
http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-9301_recurso_1.pdf
- EcuRed. (s.f.). <http://www.ecured.cu/>. Obtenido de Tecnología 4G:
http://www.ecured.cu/index.php/Tecnolog%C3%ADa_4G
- Fernández Salmeron, V. (2010). <https://riunet.upv.es>. Obtenido de Ejemplo de diseño e implementación:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8972/memoria.pdf?sequence=1>
- Guerrero, J. (Junio de 2015). <http://s3.amazonaws.com/lcp/malvasanchez/myfiles/ing2tierra.pdf>.
Obtenido de SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA :
<http://s3.amazonaws.com/lcp/malvasanchez/myfiles/ing2tierra.pdf>
- Herrera García, E. F. (Octubre de 2007). <http://bibdigital.epn.edu.ec/>. Obtenido de Performance de la red GSM: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4139/1/CD-0964.pdf>
- Instituto de educacion secundaria Don Bosco*. (s.f.). Obtenido de CAPÍTULO 5--11:
http://www.iesdonbosco.com/data/electronica/Tr_51_GSM.pdf
- Kathrein Inc. (s.f.). <http://www.kathrein-scala.com>. Obtenido de Antennas& Filters for mobile communications 3-512 MHz: http://www.kathrein-scala.com/catalog/30-512_C34.pdf
- SIGNAL THEORY AND COMMUNICATIONS. (s.f.). *SIGNAL THEORY AND COMMUNICATIONS*.
Obtenido de Funcionamiento de una red UMTS:
http://tsc.urjc.es/tcwiki_1213/index.php/Funcionamiento_de_una_red_UMTS
- TelecomHall ES. (Octubre de 2011). *telecomHall ES*. Obtenido de Tilt Eléctrico y Mecánico:
<http://www.telecomhall.com/ES/que-es-tilt-electrico-y-mecanico-de-la-antena-y-como-lo-usa.aspx>
- TIGO. (Agosto de 2015). Curso diseño y optimización RF. Medellín, Colombia.
- UNIK, t. U. (s.f.). <http://cwi.unik.no/>. Obtenido de Handover in Mobile systems:
http://cwi.unik.no/images/9/9a/Basics_Handover.pdf

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Las funciones puntuales de Juan Camilo seran:

1. Apoyo en el diseño, implementación y soporte de metodología de autogestión de los Ingenieros Field Service del proyecto Tigo a nivel Nacional. Esto es Reingeniería al modelo de gestión actual del proyecto.
2. Ejecución de Auditorias Técnicas en campo para evidenciar falencias en Calidad de los servicios de Operación y Mantenimiento brindados por la empresa
3. Apoyo en la implementación de la Metodología Kaizen al proyecto Tigo.
4. Recepción de Capacitación en plataformas de gestión: Taoli y Laicon para posterior supervisión de apoyo.
5. Soporte en la elaboración de los Formatos de " Exclusión de Disponibilidad ante el Ministerio" para el cierre de fallas por fuerza mayor y del formato "Reporte final de solución de falla" para las demás indisponibilidades
6. Seguimiento diario al estado de cierre de tiquetes de falla y órdenes de trabajo de todos y cada uno de los líderes de zona con estaciones asignadas
7. Recepción, revisión y archivo de los formatos generados por mantenimiento.

Atentamente,


 Coordinador en la empresa
 93535.249.


 LINEA
 Comunicaciones S.A.S.

Edwin Tamayo Cardona
 PM_Tigo
 PBX. 4 6041781 - Ext. 113
 320-6520540
 Medellín - Colombia
edwin.tamayo@lineacomunicaciones.com
www.lineacomunicaciones.com



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Apéndice B

 Institución Universitaria	GUIA No.2 SEGUIMIENTO A LOS ESTUDIANTES DE LA PRACTICA PROFESIONAL	Código	FDE 075
		Versión	03
		Fecha	2013-09-12

Evaluación diligenciada por la empresa

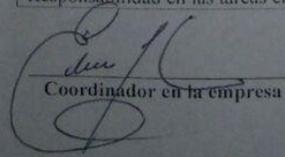
MODALIDAD DE PRÁCTICA PROFESIONAL:
 Práctica Empresarial Práctica Laboratorio Contrato de Aprendizaje
 Práctica Social

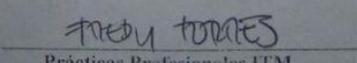
Nombres y apellidos: Juan Camilo Estrada Martinez
Programa: Ingeniería en Telecomunicaciones
Empresa: Linea Comunicaciones SAS **Fecha:** _____

Para el ITM es de gran importancia el proceso de formación integral, igualmente la valoración que ustedes como empresa realicen sobre el desempeño de los estudiantes que participan en la dinámica empresarial.

Valore con las siguientes categorías los factores enunciados:
 E = EXCELENTE, B = BUENO, A = ACEPTABLE, D = DEFICIENTE, NE = NO EVALUABLE

FACTORES A EVALUAR					
Saber Ser					
	E	B	A	D	NE
Pensamiento crítico		✓			
Interés, motivación y compromiso con la práctica		✓			
Proactividad y creatividad en su puesto de trabajo	✓				
Comunicación asertiva	✓				
Puntualidad y cumplimiento	✓				
Presentación personal	✓				
Adaptabilidad al puesto de trabajo	✓				
Respeto por los demás	✓				
Saber Disciplinar					
Conocimientos básicos del programa a aplicar		✓			
Autonomía		✓			
Descso y capacidad de actualizar sus conocimientos	✓				
Capacidad de investigación y aplicación al puesto de trabajo		✓			
Manejo de los aplicativos internos de su puesto de trabajo	✓				
Diseña estrategias para el mejoramiento de los procesos		✓			
Conoce y comprende la normatividad de los procesos empresariales	✓				
Saber hacer					
Habilidad y flexibilidad para aceptar los cambios internos de la Organización		✓			
Comprende e interpreta las observaciones realizadas por el jefe inmediato para llevar a cabo las funciones	✓				
Recursividad		✓			
Calidad del trabajo realizado	✓				
Cepacidad de trabajo en equipo	✓				
Responsabilidad en las tareas encomendadas	✓				


 Coordinador en la empresa


 Prácticas Profesionales ITM

Entregar al mes

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Apéndice C

 Institución Universitaria	GUIA No.3 EVALUACIÓN DEL ESTUDIANTE EN SU PRACTICA PROFESIONAL	Código	FDE 076
		Versión	02
		Fecha	2012-07-25

Evaluación diligenciada por el Estudiante

MODALIDAD DE PRÁCTICA PROFESIONAL

Práctica Empresarial Práctica Laboratorio Contrato de Aprendizaje
 Práctica Social

Nombres y apellidos: Juan Camilo Estrada Martínez

Teléfonos: 311 345 4692 264 52 53

Programa: Ingeniería en Telecomunicaciones

Nombre de la empresa: Linea Comunicaciones S.A.S.

Dirección: Calle 7 Sur # 51A-112 Of: 503 Teléfono: 604 1780

Para fortalecer el proceso de aprendizaje interinstitucional (EMPRESA – ITM), le solicitamos a usted como estudiante su aporte sobre los siguientes aspectos:

E = EXCELENTE, B = BUENO, A = ACEPTABLE, D = DEFICIENTE

Como contribuye la práctica profesional a la construcción de su proyecto de vida para:

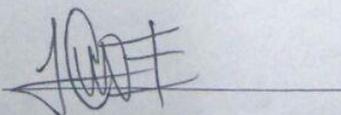
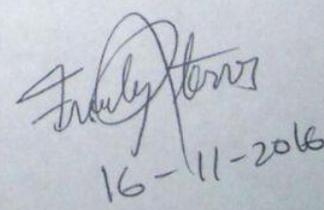
ÍTEMS	E	B	A	D
Su desarrollo como persona	X			
Su proyección a futuro	X			
Fortalece sus relaciones interpersonales	X			

Como contribuye la práctica en su formación profesional en cuanto a:

ÍTEMS	E	B	A	D
Fortalece el desarrollo de sus competencias y el objeto de su formación profesional	X			
Aplica sus conocimientos profesionales durante la realización de la práctica		X		
Las prácticas profesionales fortalecen las actitudes y aptitudes personales para actuar en el entorno laboral	X			
Al finalizar su experiencia empresarial, considera que cumplió los objetivos		X		

FIRMA DEL ESTUDIANTE

Fecha 19/02/2016

16-11-2016

Entregar a los 3 meses

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Apéndice D

 Institución Universitaria	Guía No. 4 EVALUACIÓN FINAL DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL	Código	FDE 077
		Versión	03
		Fecha	2013-09-12

Evaluación diligenciada por la empresa

MODALIDAD DE PRÁCTICA PROFESIONAL
 Práctica Empresarial Práctica Laboratorio Contrato de Aprendizaje
 Práctica Social

Nombres y apellidos: Juan Camilo Estrada Martínez
 Programa: Ingeniería en Telecomunicaciones
 Empresa: Linea Comunicaciones SAS Fecha: 19/02/2016

Solicitamos a usted evaluar en forma objetiva las funciones y actividades del practicante para determinar su avance en la Empresa

E: Excelente Calificación 5.0	B: Bueno Calificación de 4.0 a 4.9	A: Aceptable Calificación de 3.0 a 3.9	D: Deficiente Calificación de 1.0 a 2.9	NE: No Evaluable
----------------------------------	---------------------------------------	---	--	------------------

Seleccionar con una X

FACTORES A EVALUAR					
Saber Ser					
	E	B	A	D	NE
Pensamiento crítico		X			
Interés, motivación y compromiso con la práctica	X				
Proactividad y creatividad en su puesto de trabajo	X				
Comunicación asertiva		X			
Puntualidad y cumplimiento		X			
Presentación personal	X				
Adaptabilidad al puesto de trabajo		X			
Respeto por los demás	X				
Saber Disciplinar					
Conocimientos básicos del programa a aplicar		X			
Deseo y capacidad de actualizar sus conocimientos	X				
Autonomía		X			
Capacidad de investigación y aplicación al puesto de trabajo	X				
Manejo de los aplicativos internos de su puesto de trabajo	X				
Diseña estrategias para el mejoramiento de los procesos		X			
Conoce y comprende la normatividad de los procesos empresariales		X			
Saber hacer					
Habilidad y flexibilidad para aceptar los cambios internos de la Organización	X				
Comprende e interpreta las observaciones realizadas por el jefe inmediato para llevar a cabo las funciones	X				

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

 Institución Universitaria	Guía No. 4 EVALUACIÓN FINAL DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL	Código	FDE 077
		Versión	03
		Fecha	2013-09-12

Recursividad	X				
Calidad del trabajo realizado		X			
Capacidad de trabajo en equipo	X				
Responsabilidad en las tareas encomendadas	X				

EVALUACION FINAL: Evalúe de (1 a 5), el desarrollo final de experiencia realizada por el aprendiz durante el período laborado en la empresa. (Véase escala de valoración definida en la parte superior)

CALIFICACIÓN	
NÚMERO	LETRAS
5	Cinco

Observaciones y Sugerencias para complementar la formación del programa académico al cual pertenece el estudiante

Julieth Tatiana Herrera Hurtado
 Coordinador en la empresa
 CC- 1123469637
 14/02/2016 .

Fredy Jarama 16-11-2016
 Prácticas Profesionales ITM

Nota:

Esta evaluación debe ser entregada a la Oficina de Prácticas un mes antes de finalizar la experiencia en la empresa.	Solicite en la empresa una carta con la constancia de la realización de Prácticas indicando fecha de iniciación y finalización.
--	---

*El ITM agradece a la empresa la acogida que les brindaron a nuestros estudiantes en el proceso de formación integral.
 Además ustedes contribuyeron en la proyección de nuestros jóvenes para actuar con autonomía académica y reconocer la trascendencia de la vida y el trabajo.*

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Apéndice E

Medellín, 10 de Noviembre del 2016

LÍNEA COMUNICACIONES S.A.S

CERTIFICA QUE

El Sr. **JUAN CAMILO ESTRADA MARTINEZ** identificado con cedula de ciudadanía **1.017.207.331** Realizo Practicas en la Empresa desde el 16 de Marzo de 2015 hasta el 15 de Marzo de 2016.

Desempeño las siguientes funciones:

1. Apoyo en el diseño, implementación y soporte de metodología de autogestión de los Ingenieros Field Service del proyecto a nivel Nacional. Esto es Reingeniería al modelo de gestión actual del proyecto.
2. Ejecución de Auditorias Técnicas en campo para evidenciar falencias en Calidad de los servicios de Operación y Mantenimiento brindados por la empresa.
3. Apoyo en la implementación de la Metodología Kaizen.
4. Recepción de Capacitación en plataformas de gestión: Taoli y Laicon para posterior supervisión de apoyo.
5. Soporte en la elaboración de los Formatos de "Exclusión de Disponibilidad ante el Ministerio" para el cierre de fallas por fuerza mayor y del formato "Reporte final de solución de falla" para las demás indisponibilidades.
6. Seguimiento diario al estado de cierre de tiquetes de falla y órdenes de trabajo de todos y cada uno de los líderes de zona con estaciones asignadas.
7. Recepción, revisión y archivo de los formatos generados por mantenimiento.
8. Cumplir y difundir el programa de formación y bienestar de la empresa.
9. Participar activamente de todas las actividades de la empresa (calidad, bienestar, SST, logística, financiera, etc.).
10. Ejecución de reuniones de Ingeniería.
11. Asistencia a comités primarios y de calidad.
12. Apoyo en labores de coordinación de operaciones.



Medellín: Calle 7 Sur No. 51A - 112 Of. 503 PBX: (574) 604-1780
 Cali: Av. 5 B Norte No. 21N - 69 Versalles Tel: (572) 683-0305 485-5490/91
 Pereira: Carrera 10 Bis No. 25B - 04 Tel: (576) 325-1836

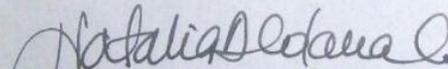


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

13. Apoyo en labores de Ingeniero BackOffice.
14. Acompañamiento para el aprendizaje de la solución a las fallas de red móvil, clasificadas en BSS, Tx y Ex.
15. Aprendizaje para apoyo en el comisionamiento de equipos como solución a los incidentes presentes.
16. Acompañamiento para el aprendizaje del funcionamiento de una radio base en las tecnologías 2G, 3G y 4G.
17. Acompañamiento para el aprendizaje de los mantenimientos preventivos realizados periódicamente a las radio bases.
18. Gestión, seguimiento y ejecución de temáticas de apoyo mediante una plataforma virtual como refuerzo para la ejecución de actividades.

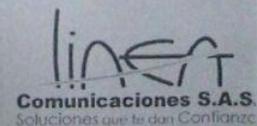
Cualquier información adicional con gusto será suministrada.

Atentamente


NATALIA ALDANA RESTREPO
 Directora Gestión Humana



Medellín: Calle 7 Sur No. 51A - 112 Of. 503 PBX: (574) 604-1780
 Cali: Av. 5 B Norte No. 21N - 69 Versailles Tel: (572) 683-0305 485-5490/91
 Pereira: Carrera 10 Bis No. 25B - 04 Tel: (576) 325-1836



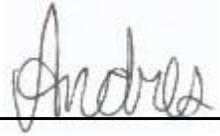
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Apéndice F.

Se adjunta archivo “.rar” con las evidencias de los procesos documentados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES  _____

FIRMA ASESOR  _____

FECHA ENTREGA: 17 de Noviembre de 2016

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO ___ ACEPTADO ___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES ___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____