

DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO QUE SE UTILIZA PARA REALIZAR UN
ESTUDIO DE RADIACIÓN NO IONIZANTE EN ESTACIONES DE SERVICIO
BROADCASTING, EMPRESA TES AMERICA ANDINA LTDA

FELIPE ANDRÉS VARGAS POVEDA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD SEDE SECCIONAL SOGAMOSO

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

SOGAMOSO

2015

DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO QUE SE UTILIZA PARA REALIZAR UN
ESTUDIO DE RADIACIÓN NO IONIZANTE EN ESTACIONES DE SERVICIO
BROADCASTING, EMPRESA TES AMERICA ANDINA LTDA

FELIPE ANDRÉS VARGAS POVEDA

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero electrónico en MODALIDAD
PRACTICA EMPRESARIAL O SOCIAL

DIRECTOR

Dr. HERMAN FERNÁNDEZ

CORDINADOR DE PRÁCTICA

Ing. DIEGO ROJAS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD SEDE SECCIONAL SOGAMOSO

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

SOGAMOSO

2015

A mi amada madre ROSA DELIA POVEDA MONTES

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

A Dios por permitirme llegar a desarrollar todos los proyectos que se han cruzado en mi vida, incluyendo este.

A mi madre **ROSA DELIA POVEDA MONTES** que con su esfuerzo y sacrificio ha sido el gestor de todos mis proyectos y triunfos

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por los conocimientos y la formación como profesional.

A TES AMERICA ANDINA LTDA por aceptarme en su grupo de trabajo, en especial al ingeniero Daniel Rosas, ingeniero Diego Rojas, ingeniera Gilma Inés Ángel e Ingeniero Andrés David Rodríguez Daza, por su apoyo y conocimientos.

Al Doctor Herman Antonio Fernández director del proyecto por el tiempo dedicado y sus conocimientos que fueron muy útiles y aprovechados en su momento.

A Diana Carolina Rodríguez Martínez, José Antonio Poveda Montes, Ana María Poveda Montes y Carlos Arturo Poveda Montes, que siempre fueron un apoyo en los momentos más críticos en el desarrollo del proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS.....	7
LISTA DE FIGURAS	10
GLOSARIO.....	12
INTRODUCCIÓN	15
1. GENERALIDADES	20
1.1 OBJETIVO GENERAL	20
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
2. MARCO EMPRESARIAL	21
2.1 TES AMERICA ANDINA	21
2.2 MISIÓN	21
2.3 VISIÓN.....	21
2.3.1 Innovación	21
2.3.2 Integridad.....	21
2.3.3 Confianza	21
2.3.4 Objetivo de calidad de la empresa.....	21
2.3.5 Organigrama.....	22
3. MARCO TEORICO	23
3.1 CAMPO ELÉCTRICO (<i>E</i>).....	23
3.2 CAMPO MAGNÉTICO (<i>B</i>).	23
3.3 ONDAS ELECTROMAGNETICAS.....	23
3.4 DENSIDAD DE POTENCIA E INTENSIDAD DE CAMPO	24
3.5 IMPEDANCIA CARACTERISTICA DEL ESPACIO LIBRE	25
3.6 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	25
3.7 EL CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS	25
3.8 FENÓMENOS FÍSICOS DE LA PROPAGACIÓN.....	26
3.9 CAMPO CERCANO.....	27
3.10 CAMPO LEJANO.....	27
4. DESARROLLO DEL PROYECTO	28
4.1 NOTAS TÉCNICAS Y DE APLICACIÓN.....	28
4.1.1 Medición en banda ancha y banda angosta	28
4.1.2 Evaluación técnica de la estación.....	34

4.1.3 Registro de valores de CEM.....	39
4.2 TUTORIAL DE LOS EQUIPOS CON LOS QUE SE EFECTÚA UNA MEDICIÓN DE RNI.....	41
4.2.1 Tutorial del equipo SMP de WAVECONTROL	41
4.2.2 Tutorial del equipo NARDA EMR-300.....	43
4.3 MEDICIONES DE CEM PARA ANALIZAR RNI, EN ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA	44
4.3.1 Valores de referencia para evaluar medidas de banda ancha.....	44
4.3.2 Determinar regiones de campo cercano y campo lejano.....	45
4.3.2.1 Análisis del límite entre campo cercano y campo lejano en FM..	45
4.3.2.2 Análisis del límite entre campo cercano y campo lejano AM	47
4.3.3 Análisis para las fronteras de zona ocupacional y zona poblacional, categoría de accesibilidad 1 para estaciones de televisión.....	48
4.3.4 Cálculo de las fronteras de exposición para radiodifusión AM, categoría de accesibilidad 4.....	54
4.4 DIAGRAMA DE FLUJO PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN EN EL MOMENTO QUE SE HACEN LAS MEDICIONES DE RNI.....	56
5. RESULTADOS	60
5.1 ESTACIONES FM.....	60
5.2 ESTACIONES AM	93
CONCLUSIONES.....	112
RECOMENDACIONES	114
Bibliografía	115
ANEXOS	119
Anexo 1. Bitácoras.....	119
Anexo 2. Método medición AM.	122
Anexo 3. Método medición FM.	124
Anexo 4. Distancias de campo cercano y campo lejano para televisión FM.	125
Anexo 5 Certificaciones de calibración	127
Anexo 6. Tutorial, equipo de medición SMP de WAVECONTROL	130
Anexo 7. Tutorial, equipo de medición EMR 300	144

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Empresas autorizadas, ANTV para presentar informes de DCER. [9]	17
Tabla 2. Límites máximos de exposición según la referencia de operación. [1]....	19
Tabla 3. Estaciones a las que se realizó el estudio.....	44
Tabla 4. Sondas utilizadas para la medición.....	45
Tabla 5. Análisis límite, entre campo cercano y campo lejano estación TV 1.	47
Tabla 6. Análisis para campo cercano y campo lejano para Radiodifusión AM. ...	48
Tabla 7. Límites de las zonas ocupacional y poblacional para las estaciones de televisión visitadas.	53
Tabla 8. Límites de las zonas ocupacional y poblacional para las estaciones de radiodifusión AM visitadas.....	55
Tabla 9. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 1.....	61
Tabla 10. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en la base de la torre, estación TV 1.....	61
Tabla 11. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 1.	61
Tabla 12. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 2.	63
Tabla 13. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 2.....	63
Tabla 14. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 3.....	65
Tabla 15. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 3.	66
Tabla 16. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 4.....	67
Tabla 17. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en la base de la torre, estación TV 4.....	68
Tabla 18. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 4.	68
Tabla 19. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 5.....	69
Tabla 20. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 5.	70
Tabla 21. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 6.....	71
Tabla 22. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en la base de la torre, estación TV 6.....	72
Tabla 23. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 6.	72
Tabla 24. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 7.....	74

Tabla 25. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 7	75
Tabla 26. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 8	76
Tabla 27. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 8.	77
Tabla 28. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 9	78
Tabla 29. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 9.	79
Tabla 30. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 10.	81
Tabla 31. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en la base de la torre, estación TV 10.....	81
Tabla 32. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 10.	82
Tabla 33. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 11.	83
Tabla 34. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 11.	84
Tabla 35. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 12.	85
Tabla 36. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en la base de la torre, estación TV 12.....	86
Tabla 37. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 12	86
Tabla 38. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 13.	88
Tabla 39. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 13.	89
Tabla 40. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 14.	90
Tabla 41. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en la base de la torre, estación TV 14.....	90
Tabla 42. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 14.	91
Tabla 43. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP por estaciones de televisión medidas.....	92
Tabla 44. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM por punto de medición, estación Radiodifusión 1.....	93
Tabla 45. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 1.....	94
Tabla 46. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM vecindades de la torre, estación Radiodifusión 1.....	95
Tabla 47. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 1.	95

Tabla 48. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 2.....	97
Tabla 49. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM vecindades de la torre, estación Radiodifusión 2.....	98
Tabla 50. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 2.	99
Tabla 51. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM vecindades de la torre, estación Radiodifusión 2.....	100
Tabla 52. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM vecindades de la torre, estación Radiodifusión 3.....	102
Tabla 53. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 3.....	103
Tabla 54. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM vecindades de la torre, estación Radiodifusión 3.....	104
Tabla 55. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 3.	105
Tabla 56. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 4.....	106
Tabla 57. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM vecindades de la torre, estación Radiodifusión 4.....	107
Tabla 58. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 4.	108
Tabla 59. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM vecindades de la torre, estación Radiodifusión 4.....	109
Tabla 60. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico, por estaciones de radiodifusión AM.	111
Tabla 61. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético, por estaciones de radiodifusión AM.	111
Tabla 62. Método de medición AM, zona de rebasamiento generada	122
Tabla 63. Método de medición AM, zona ocupacional generada.....	123
Tabla 64. Método de medición AM, zona de poblacional generada.....	123
Tabla 65. Método de medición FM, zona de rebasamiento generada.....	124
Tabla 66. Método de medición FM, zona ocupacional generada.....	124
Tabla 67. Método de medición FM, zona poblacional generada.....	124
Tabla 68. Cálculos de las distancias para campo cercano y lejano en estaciones de televisión.	125

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de TES AMERICA ANDINA LTDA.....	22
Figura 2. Banda del espectro electromagnético. [13]	25
Figura 3. Equipo de medición SMP de WAVECONTROL	29
Figura 4. Equipo de medición NARDA EMR 300	29
Figura 5. Fronteras de exposición a CEM	29
Figura 6. Distribución de puntos de medición en sistema radiante directivo	30
Figura 7. Distribución de puntos de medición para sistema radiante múltiple.	31
Figura 8. Puntos de medición método promediación espacial. [14]	32
Figura 9. Sistema de monitoreo transportable, banda angosta [16]	33
Figura 10. Set de medición, equipo Wave control.	41
Figura 11. Medidor de campo y sonda de campo eléctrico. [17]	42
Figura 12. Sonda de campo eléctrico de banda ancha entre 100 kHz – 3 GHz.	43
Figura 13. Sonda de campo magnético de banda ancha entre 27 MHz – 1 GHz.	43
Figura 14. Sonda de campo magnético de banda ancha entre 300 kHz 30 MHz.	43
Figura 15. Diagrama de flujo parte 1.	56
Figura 16. Diagrama de flujo parte 2.	57
Figura 17. Diagrama de flujo, parte 3.	58
Figura 18. Diagrama de flujo parte 4.	59
Figura 19. Estación TV 1, puntos medidos con respecto a la base de la torre.	62
Figura 20. Estación TV 2, puntos medidos con respecto a la base de la torre.	64
Figura 21. Estación TV 3, puntos medidos con respecto a la base de la torre.	66
Figura 22. Estación TV 4, puntos medidos con respecto a la base de la torre.	69
Figura 23. Estación TV 5, puntos medidos con respecto a la base de la torre.	70
Figura 24. Estación TV 6, puntos medidos con respecto a la base de la torre.	73
Figura 25. Estación TV 7, puntos medidos con respecto a la base de la torre.	75
Figura 26. Estación TV 8, puntos medidos con respecto a la base de la torre.	78
Figura 27. Estación TV 9, puntos medidos con respecto a la base de la torre.	80
Figura 28. Estación TV 10, puntos medidos con respecto a la base de la torre.	82
Figura 29. Estación TV 11, puntos medidos con respecto a la base de la torre.	84
Figura 30. Estación TV 12, puntos medidos con respecto a la base de la torre.	87
Figura 31. Estación TV 13, puntos medidos con respecto a la base de la torre.	89
Figura 32. Estación TV 14, puntos medidos con respecto a la base de la torre.	91
Figura 33. Estación radiodifusión 1, puntos medidos con respecto a la base de la torre campo eléctrico.	94
Figura 34. Estación radiodifusión 1, puntos medidos con respecto a la base de la torre campo magnético.	96
Figura 35. Estación radiodifusión 2 puntos medidos con respecto a la base de la torre campo eléctrico.	99
Figura 36. Estación radiodifusión 2, puntos medidos con respecto a la base de la torre campo magnético.	101
Figura 37. Estación radiodifusión 3, puntos medidos con respecto a la base de la torre campo eléctrico.	103

Figura 38. Estación radiodifusión 3, puntos medidos con respecto a la base de la torre campo magnético.....	105
Figura 39. Estación radiodifusión 4, puntos medidos con respecto a la base de la torre campo eléctrico.....	108
Figura 40. Estación radiodifusión 4, puntos medidos con respecto a la base de la torre campo magnético.....	110
Figura 41. Bitácora para medición de banda ancha parte 1.....	119
Figura 42. Bitácora para medición de banda ancha parte 2.....	120
Figura 43. Bitácora de medición de banda angosta.	121
Figura 44. Certificado de calibración equipo Narda EMR 300.....	127
Figura 45. Certificado de calibración sonda de campo eléctrico 100 kHz – 3 GHz	127
Figura 46. Certificado de calibración sonda de campo magnético 27 MHz – 1 GHz	128
Figura 47. Certificado de calibración sonda de campo magnético 300 kHz – 30 MHz	128
Figura 48. Certificado de calibración SMP de WaveControl, medidor portátil de CEM y sonda isotrópica de campo eléctrico 100kHz – 8 GHz	129

GLOSARIO

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

CITEL: Comisión Interamericana de Telecomunicaciones.

IRPA: Asociación Internacional para la Protección contra la Radiación.

INIRC: Comité Internacional para las Radiaciones No-Ionizantes.

FCC: Federal Communications Commission.

RF: Radio Frecuencia.

RNI: Radiación No Ionizante.

CNTV: Comisión Nacional de Televisión.

CEM: Campos Electromagnéticos.

PUF: Plan de Utilización de Frecuencias.

SIMIT: Sistema de Monitoreo Transportable.

RTVC: Radio Televisión de Colombia.

UAC: Universidad Autónoma del Caribe.

UNEP: Programa de Naciones Unidas para el Ambiente.

ANE: Agencia Nacional del Espectro.

DCER: Declaración de Conformidad de Emisión Radioeléctrica.

EPA: Environmental Protection Agency.

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

En nuestro planeta siempre ha existido como fuente de radiación RF el sol y el ruido extrasolar. En el siglo XX gracias a la investigación científica y del desarrollo humano la radiación de RF aumento considerablemente.

Entre estas RF se tienen los transmisores de radio FM, AM, radares, televisión, servicios móviles de comunicación, hornos microondas, electrodomésticos entre otros.

Así el aumento de ondas electromagnéticas en nuestro entorno se ha multiplicado y por tanto el desarrollo de la tecnología.

Esta intensidad de radiación electromagnética en el medio ambiente ha causado interés a nivel internacional a causa de la preocupación de los posibles efectos que tenga la radiación electromagnética, por esto se han creado organizaciones a nivel mundial como la UIT, la ICNIRP, la OMS, CITEL para nombrar las más importantes.

La conferencia de plenipotenciarios, es el órgano supremo de la UIT. Celebrada cada cuatro años, en esta se establece la política general de la unión, se adoptan nuevos planes estratégicos, para el reglamento de radiocomunicaciones. En 1947 se llevó a cabo la primera conferencia internacional de telecomunicaciones en Atlanta USA. Posterior a esta conferencia se han llevado 12 reuniones, la más reciente se llevó a cabo en Busán (república de Corea). En el año 2000 la UIT publico la recomendación k:52 "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos" en febrero del año 2004 fue aprobada la recomendación K.62, "Evaluación de la conformidad de las emisiones radiadas a nivel de sistema radiante mediante modelos matemáticos, en diciembre del año 2004 fue actualizada la recomendación K.52, la recomendación K.91 "Orientación para la valoración, la evaluación y el seguimiento de la exposición humana a los campos electromagnéticos de las radiofrecuencias" es la más reciente, fue aprobada en mayo del año 2012.

En 1974, IRPA formo un grupo de trabajo para RNI, el cual examino los problemas suscitados en el campo de la protección contra los varios tipos de RNI. En 1977 este grupo se convirtió en INIRC.

En cooperación con la división de salud ambiental de la OMS, la ICNIRC desarrollo un número de documentos sobre criterios de salud en relación a las RNI, como parte del programa de criterios de salud ambiental de la OMS, auspiciado por UNEP.

En el octavo congreso internacional la IRPA (Mayo de 1992, Montreal), fue establecida una nueva organización científica independiente la ICNIRP como sucesora de la IRPA/INIRC, las funciones de las comisión son investigar los peligros que pueden ser asociados con las diferentes formas de RNI, desarrollar

recomendaciones internacionales sobre los límites de exposición para las RNI y tratar todos los aspectos sobre protección contra la RNI.

Los efectos biológicos reportados como resultado de la exposición a campos eléctricos y magnéticos estáticos y de ELF han sido revisados por la UNEP/ OMS/ IRPA (1984, 1987). Aquellas publicaciones y otras incluyendo UNEP/ OMS/ IRPA (1993) y Allen y et al. (1991) proveyeron la base científica para estas recomendaciones. [1]

La FCC es una agencia gubernamental independiente de los Estados Unidos que regula las comunicaciones por radio, televisión, teléfono, satélite y cable. Su jurisdicción cubre los 50 estados y territorios. La FCC se creó por la ley de comunicaciones de 1934 y responde directamente al congreso de los Estados Unidos. La FCC ha adoptado las recomendaciones sobre los límites de exposición a intensidad de campos "Evaluating Compliance With FCC Guidelines for Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fileds en febrero del año 1997. [2]

La Unión Europea también ha implantado medidas de regulación a la exposición de CEM, el concejo de la UE.E1 público en el diario oficial de la comisión Europea las recomendaciones de los límites a la exposición del público en general. Esta recomendación está basada en la ICINRP. "Recomendación del Concejo de 12 de julio de 1999 relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz)". [3]

En Canadá especifican requerimientos de cumplimiento para el uso seguro de dispositivos de telecomunicaciones. [4] [5]

En 1996 la OMS estableció un proyecto internacional con el fin de valorar los posibles efectos de la exposición a los campos electromagnéticos, denominado "Campos electromagnéticos y salud pública exposición a campos de frecuencia extremadamente baja", este proyecto trata de resolver los problemas sanitarios derivados de la exposición a campos de RF. [6]

En 1996 la OMS publicó un artículo llamado marco para el Desarrollo de estándares de CEM basados en la Salud. [7]

En 1992 la IEEE publico una recomendación, Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields 3kHz to 300 GHz, la IEEE da recomendaciones para evitar efectos nocivos en los seres humanos expuestos a campos electromagnéticos en el rango de 3 kHz a 300 GHz, las recomendaciones están destinadas a aplicarse a la exposición deliberada de los seres humanos bajo la exposición no controlada [8]. La FCC adopta la regulación actual correspondiente a la recomendación de IEEE de 1992.

En Colombia los límites de exposición de CEM están regulados y son de obligatorio cumplimiento por los entes reguladores tales como la ANTV y el MINTIC. Los cuales adoptan los estándares internacionales, indicados por la ICNIRP y la UIT, esta norma fue elaborada conjuntamente por un equipo interdisciplinarios de los

Ministerios de la Protección Social, del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. [9] [10] [11] La ANE en su página web tiene un geo-portal, cuya finalidad es ofrecer al público en general acceso a un sistema de información geográfico intuitivo que permite descubrir, acceder y visualizar datos del espectro asociados a diferentes ciudades a nivel nacional, en este portal se puede observar la radiación electromagnética en algunas ciudades de Colombia en tiempo real. En Colombia las empresas autorizadas para presentar estos estudios ante el MINTIC y la ANTV, tienen que estar registradas en la ANTV según el Acuerdo 003 de 2009. Las empresas autorizadas serán descritas en la tabla 1.

Tabla 1. Empresas autorizadas, ANTV para presentar informes de DCER. [9]

RAZÓN SOCIAL	NIT	Representante Legal	Dirección	Ciudad	FECHA DE INSCRIPCIÓN
TES AMÉRICA ANDINA LTDA	830.053.662-4	Daniel Rosas Tapia	carrera 15 No. 118-12	Bogotá D.C.	29/06/2010
TELEMEDICIONES S.A.	830.045.782-6	José Maria Houghton Pérez	carrera 46 No. 94 -17	Bogotá D.C.	06/07/2010
ADTEL LATAM S.A.S.	900.346.479-4	Domingo Ruiz Estopiñan	Calle 134 A No. 55 A - 46	Bogotá D.C.	01/10/2010
DIELCOM S.A.S.	900.086.511-6	Mauricio Herrera Perez	Calle 24 C No. 44 A - 70	Bogotá D.C.	27/10/2010
APPLUS NORCONTROL COLOMBIA LTDA	830.513.773-8	Omar Dario Barraza Coronell	Calle 17 No. 69 - 46	Bogotá D.C.	31/01/2011
ELECTRÓNICA INDUSTRIAL COLOMBIA S.A.	830.077.281-5	Jairo Camacho	Calle 94 A No. 13-08 Of. 303	Bogotá D.C.	21/02/2011
BALUM S.A.	800.077.715-0	Francisco Alfredo Ujueta Popayán	Transversal 93 No. 53 - 48 Int. 54	Bogotá D.C.	24/03/2011
MEDIOS Y SERVICIOS INTEGRADOS MIS LTDA	830.051.573-8	Giomar Sanín Posada	Carrera 11 A No. 93B - 51	Bogotá D.C.	26/07/2011
STUDEM COLOMBIANA LIMITADA	860.523.640-9	Guillermo Rafael Hernández Rodríguez	Calle 122 No. 21-55	Bogotá D. C.	07/02/2012

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el ámbito Internacional la comunidad científica se ha preocupado por los posibles efectos en la salud que pueda tener a largo plazo la exposición a señales de RF, a la fecha el único efecto en la salud de los campos de RF identificado en trabajos científicos es el relacionado al aumento de la temperatura corporal (>1° C) causado por la exposición a muy alta intensidad de campo electromagnético. [6]

En Colombia, el artículo 79 de la constitución política expone: todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano y el artículo 80 de la constitución política expone: “el estado planificara el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución, además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental” [12] y teniendo otras consideraciones se publicó el decreto, 195 de 2005 y el acuerdo 003 de 2009, que son de obligatorio cumplimiento para las empresas que

presten servicios y/o actividades de telecomunicaciones en la gama de frecuencias de 9 kHz a 300 GHz. Las empresas que tienen fuentes radiantes con emisores intencionales y no son fuentes inherentemente conformes, deben presentar un informe, DCER. Algunos seres humanos no saben a qué tipo de radiación están expuestos y algunas entidades que generan RNI en estas frecuencias, necesitan tener una información completa y detallada de la manera como se deben hacer este tipo de estudios.

Cualquier persona que quiera fortalecer sus conocimientos respecto a las mediciones de RNI, con este documento podrá suplir su necesidad.

DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD EMPRESARIAL

La radiación electromagnética conocida como radiación no ionizante que emiten las instalaciones de telecomunicaciones, genera preocupación debido a la exposición que se encuentran las personas constantemente. La comunidad científica por medio de ICNIRP y UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), proporciona recomendaciones sobre el cumplimiento de los límites de exposición humana (ver tabla 2), las cuales han sido adoptadas por el MINTIC (Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones), la ANTV (Autoridad Nacional de Televisión). Los cuales en sus decretos exigen que los sitios con radiación electromagnética no superen los límites de exposición electromagnética, al que se encuentran las personas que viven en zonas de ocupación y zonas de población aledañas a las estaciones de servicio broadcasting.

Debido a que las empresas que emiten radiación electromagnética están en la obligación de no sobrepasar los límites que exige el ministerio de comunicaciones en el decreto 195 de 2005 y dado que TES America Andina LTDA está certificada para hacer estudios de RNI (como se describe en la Tabla 2), algunas empresas recurren a TES America Andina LTDA como clientes, para que se realicen los estudios correspondientes; con este propósito se hace necesario documentar la medición teórica y práctica para hacer más sencillo el proceso de realizar mediciones en campo, el manejo de equipos y la manera correcta de procesar la información desde el momento en que el cliente requiere el servicio hasta cuando se radican los resultados.

Es muy probable que con el desarrollo de estas actividades TES America Andina LTDA logre ofrecer los resultados en menor tiempo reduciendo gastos y costos, y las empresas tengan mejor información en las zonas de exposición electromagnética de acuerdo a las normas vigentes por los entes reguladores en nuestro país.

Tabla 2. Límites máximos de exposición según la referencia de operación. [1]

Tipo de Exposición	Gama de Frecuencias MHz	Intensidad de Campo Eléctrico E (V/m)	Intensidad de Campo Magnético H (A/m)	Densidad de Potencia de Onda Plana Equivalente, S (W/m ²)
Ocupacional	0.009 – 0.065	610	24.4	-
	0.065 – 1	610	1.6/f	-
	1 - 10	610/f	1.6/f	-
	10 - 400	61	0.16	10
	400 - 2000	3(f ^{1/2})	0.008(f ^{1/2})	f/40
	2000 - 300000	137	0.36	50
Público en general	0.009 – 0.15	87	5	-
	0.15 - 1	87	0.73/f	-
	42278	87/(f ^{1/2})	0.73/f	-
	10 - 400	28	0.073	2
	400 - 2000	1.375(f ^{1/2})	0.0037(f ^{1/2})	f/200
	2000 - 300000	61	0.16	10

NOTAS

NOTA 1 – f es la frecuencia indicada en la columna gama de frecuencias

NOTA 2 - Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz el tiempo de promediación es de 6 minutos.

NOTA 3 – Para frecuencias hasta 100 kHz, los valores de cresta pueden obtenerse multiplicando el valor eficaz por $\sqrt{2}$. Para impulsos de duración t_p la frecuencia equivalente aplicable debe calcularse como $f=1/(2t_p)$.

NOTA 4 – Entre 100 kHz y 10 MHz, los valores de cresta de las intensidades de campo se obtienen por interpolación desde 1.5 veces la cresta a 100 MHz hasta 32 veces la cresta a 10 MHz Para valores que sobrepasen 10 MHz , se sugiere que la densidad de potencia de onda plana equivalente de cresta, promediada a lo largo de la anchura del impulso, no sobrepase 1000 veces el limite S_{eq}, o que la intensidad de campo no sobrepase los niveles de exposición de intensidad de campos indicados en la tabla.

1. GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO GENERAL

Documentar el proceso que se utiliza para realizar un estudio de radiación no ionizante en estaciones de servicio broadcasting, siguiendo especificaciones de los entes reguladores en nuestro país y utilizando las herramientas e información suministrada por TES America Andina LTDA.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar notas técnicas y de aplicación, documentando los pasos a seguir en la medición de intensidad de campo electromagnético de radiación no ionizante en las estaciones de servicio broadcasting utilizando equipos de Wave Control, Narda (según corresponda TV, AM y FM) y dispositivos complementarios
- Realizar un tutorial que indique la metodología de uso adecuado de las herramientas (hardware y software) con las que cuenta TES America Andina para la medición de RNI.
- Realizar mediciones de intensidad de campo electromagnético de radiación no ionizante, en algunas estaciones de servicio broadcasting, siguiendo el Acuerdo 003 del 04 de Junio de 2009 de la CNTV, el decreto número 195 de 2005 del ministerio de comunicaciones y la recomendación UIT-T K-52.
- Diseñar un diagrama de flujo para recolectar información en el momento que se hacen las mediciones de RNI el cual se ha de utilizar para elaborar estudios técnicos que cumpla los requisitos expuestos por MINTIC y ANTV.

2. MARCO EMPRESARIAL

2.1 TES AMERICA ANDINA

TES AMERICA es una empresa rentable que crea soluciones innovadoras de clase mundial que agregan valor a nuestros clientes. Se apoya en procesos de Investigación y Desarrollo permanentes, y un equipo humano, integral y creativo, que responde a los cambios del entorno y se desempeña en un ambiente agradable y participativo.

2.2 MISIÓN

TES América desarrolla, integra y soporta soluciones innovadoras a la medida:

- Fundamentada en procesos de innovación permanentes.
- Realizando gestión y transferencia de conocimiento.
- Propiciando de manera permanente la vinculación y el desarrollo profesional de colaboradores que trabajen en equipo y que actúen de manera integral y creativa.
- Fortaleciendo las redes profesionales y empresariales.

2.3 VISIÓN

En 2019 TES América será reconocido socio estratégico para la gestión, control y vigilancia del espectro radioeléctrico en países con economías emergentes.

2.3.1 Innovación

Es la actitud que permite, de la mano del mejoramiento continuo, estar en la búsqueda permanente de nuevas y mejores soluciones que agreguen valor a la empresa y al entorno social.

2.3.2 Integridad

Los funcionarios de TES son personas que respetan la legalidad, son responsables y honestos en su forma de proceder, trabajan en función del bienestar colectivo con profundo respeto por el individuo.

2.3.3 Confianza

Cada una de las actividades de TES America está basada en la confianza depositada en sus colaboradores, en TES la palabra dicha es garantía de credibilidad.

2.3.4 Objetivo de calidad de la empresa

Servicio de Calidad.

Servicio Preciso y con Calidad.

Servicio y productos rentables.

Satisfacción del cliente.

2.3.5 Organigrama

La Figura 1 muestra el organigrama general de la empresa

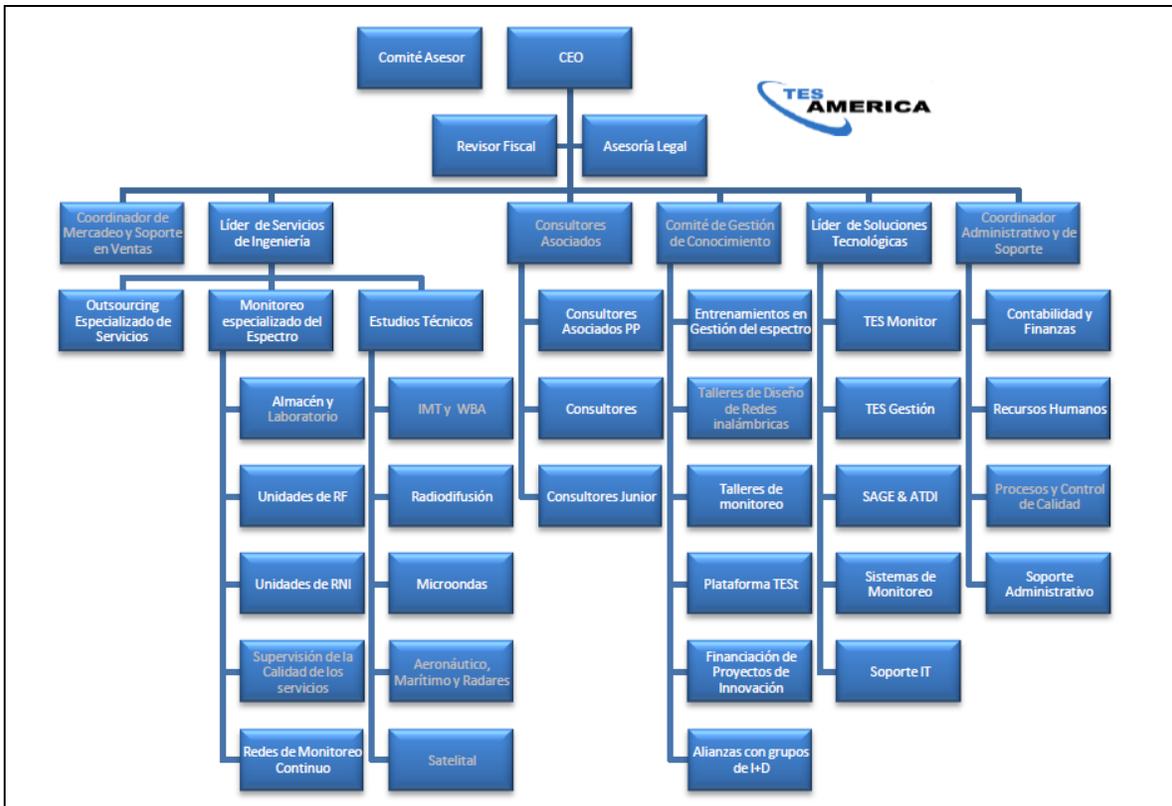


Figura 1. Organigrama de TES AMERICA ANDINA LTDA, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

3. MARCO TEORICO

3.1 CAMPO ELÉCTRICO (\vec{E}).

El campo eléctrico E , cantidad vectorial, es la fuerza por unidad de carga que se ejerce sobre una carga de prueba en cualquier punto, siempre que la carga de prueba sea tan pequeña que no perturbe las cargas que generan el campo. El campo eléctrico producido por una carga puntual está dirigido radialmente hacia fuera de la carga o hacia ella, la fuerza eléctrica sobre un cuerpo cargado es ejercida por el campo eléctrico que otros cuerpos cargados originan.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \quad (1)$$

3.2 CAMPO MAGNÉTICO (\vec{B}).

Al igual que el campo eléctrico, el campo magnético es un campo vectorial, tiene cuatro características esenciales. La primera es que su magnitud es proporcional a la magnitud de la carga, la segunda es que la magnitud de la fuerza también es proporcional a la magnitud o intensidad del campo, la tercera característica es que la fuerza magnética depende de la velocidad de la partícula y la cuarta característica es que los experimentos indican que la fuerza magnética no tiene la misma dirección que el campo magnético sino que siempre es perpendicular tanto al campo magnético como a la velocidad.

3.3 ONDAS ELECTROMAGNETICAS

Cuando un campo, ya sea eléctrico o magnético, cambia con el tiempo, induce un campo de otro tipo en las regiones adyacentes del espacio. Esto nos lleva considerar la posibilidad de la existencia de una perturbación electromagnética, consistente en campos eléctricos y magnéticos que se modifican con el tiempo, capaz de propagarse a través del espacio de una región a otra, aun cuando no exista materia en la región intermedia. Tal perturbación en caso de existir, tendrá las propiedades de una onda electromagnética. Tales ondas existen; las transmisiones de radio y televisión, la luz, los rayos x y muchas otras clases e radiación son ejemplos de ondas electromagnéticas.

Maxwell demostró en 1865 que una perturbación electromagnética debe propagarse en el espacio libre con una rapidez igual a la de la luz, por lo que era probable que la naturaleza de las ondas de la luz fuera electromagnética. Al mismo tiempo descubrió que los principios básicos del electromagnetismo podían expresarse en términos de cuatro ecuaciones.

$$\oint_{\vec{E}} \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0} \quad (\text{ley de Gauss}), \quad (2)$$

$$\oint_{\vec{B}} \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (\text{ley de Gauss del magnetismo}), \quad (3)$$

$$\oint_{\vec{B}} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_c + \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} \right)_{enc} \quad (\text{ley de Ampère}), \quad (4)$$

$$\oint_{\vec{E}} \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\phi_E}{dt} \quad (\text{ley de Faraday}), \quad (5)$$

Estas ecuaciones se aplican a los campos eléctricos y magnéticos en el vacío. Si está presente un material, la permitividad ϵ_0 y la permeabilidad μ_0 del espacio libre se sustituyen por la permitividad ϵ y la permeabilidad μ del material. [13]

3.4 DENSIDAD DE POTENCIA E INTENSIDAD DE CAMPO

Densidad de potencia (S): La densidad de flujo de potencia es la potencia por unidad de superficie normal a la dirección de la propagación de las ondas electromagnéticas, y suele expresarse en unidades de vatios por metro cuadrado (W/m^2).

NOTA-En las ondas planas, la densidad de flujo de potencia, la intensidad de campo eléctrico (E) y la intensidad de campo magnético (H) están relacionadas con la impedancia intrínseca del espacio libre, $\eta_0 = 377 \Omega$. En particular,

$$S = \frac{E^2}{\eta_0} = \eta_0 H^2 = EH, \quad (6)$$

donde E y H se expresan en unidades de V/m y A/m, respectivamente, y S en unidades de W/m^2 . Aunque muchos instrumentos indican unidades de densidad de potencia, las magnitudes reales medidas son E o H.

Densidad de potencia media (temporal): La densidad de potencia media es igual a la densidad de potencia instantánea integrada a lo largo de un periodo de repetición de origen.

Densidad de potencia de onda plana equivalente (S_{eq}): La densidad de potencia de onda plana equivalente es un término que suele utilizarse asociado a cualquier onda electromagnética, de igual magnitud que la densidad de flujo de potencia de una

onda plana que tiene la misma intensidad de campo eléctrico (E) o magnético (H). [14]

3.5 IMPEDANCIA CARACTERISTICA DEL ESPACIO LIBRE

Las intensidades del campo eléctrico y magnético de una onda electromagnética en el espacio libre se relacionan a través de la impedancia característica (resistencia) del espacio vacío. La impedancia característica de un medio de transmisión sin pérdidas es la raíz cuadrada de la relación de su permeabilidad magnética entre su permitividad eléctrica, igual a 377Ω . [13]

3.6 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Las ondas electromagnéticas cubren un espectro extremadamente amplio de longitudes de onda y frecuencia. Este espectro electromagnético incluye las ondas de radio y televisión, la luz visible, la radiación infrarroja y ultravioleta, los rayos x y los rayos gamma. Se han detectado ondas electromagnéticas con frecuencias desde 1 hasta 10^{24}Hz en la Figura 2 se representa la parte ms común del espectro y se indican los intervalos de longitud de onda y frecuencias aproximados de sus diferentes segmentos. [13]

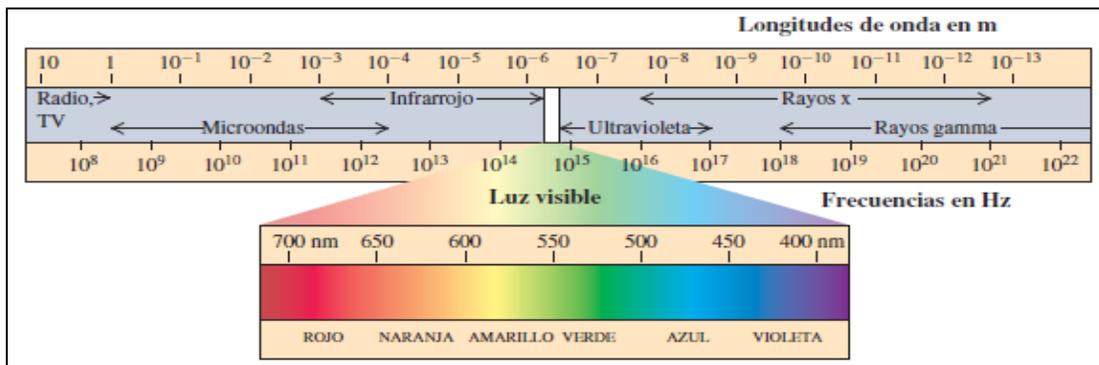


Figura 2. Banda del espectro electromagnético. [13]

3.7 EL CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS

El objetivo de un sistema electrónico de comunicaciones es transferir información entre dos o más lugares, cuyo nombre común es estaciones. La energía electromagnética se puede propagar en forma de voltaje o corriente, a través de un conductor o hilo metálico, o bien en forma de ondas de radio emitidas hacia el espacio libre, o como ondas luminosas a través de fibra óptica. [15]

El espectro electromagnético es de propiedad exclusiva del estado y como tal constituye un bien de dominio público, inenajenable e imprescriptible, cuya gestión y administración corresponden al MINTIC. El espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas electromagnéticas cuya frecuencias se fija convencionalmente por debajo

de los 3000 GHz y se propaga por el espacio sin guía artificial. El espectro radioeléctrico hace parte del espectro electromagnético.

La República de Colombia cuenta con un cuadro de atribución de frecuencias radioeléctricas, de tal forma que los diversos servicios de radiocomunicación del país operan en bandas de frecuencias definidas a fin de asegurar su operatividad, minimizar interferencias y permitir la coexistencia de servicios dentro de una misma banda de frecuencias.

Este cuadro de atribución de bandas de frecuencias es compatible con los servicios del reglamento de radiocomunicaciones de la UIT de la cual forma parte la República de Colombia. Diferentes sectores de la sociedad: Gubernamental, industrial, empresarial, universidades y de investigación científica y tecnológica, etc., cuenta con un marco de consulta que responde a su interés particular al conocer el estado actual de la atribución de las bandas de frecuencias radioeléctricas y los planes de los diferentes servicios de radiocomunicación.

Por la naturaleza dinámica de la gestión de frecuencias el cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias se actualizara periódicamente como resultado de acuerdos tomados en las Conferencias Mundiales de radiocomunicación de la UIT, acuerdos bilaterales y multilaterales celebrados con otros países y de aquellas modificaciones, adiciones o expedición de normas nacionales, aplicadas a los planes de distribución de radiocanales de los servicios de radiocomunicación que actualmente están en operación o bien de los nuevos servicios de radiocomunicación. [10]

3.8 FENÓMENOS FÍSICOS DE LA PROPAGACIÓN

La información que se trasmite a través de las señales de radio viaja a través de las ondas electromagnéticas u ondas de radio. Para que una onda electromagnética llegue de un lugar a otro, debe sortear múltiples obstáculos y dificultades asociadas a la geografía y a las propiedades del terreno.

En la atmosfera terrestre, la propagación de frentes de ondas y rayos puede diferir del comportamiento en el espacio libre, debido a efectos como, refracción, factor k, reflexión, dispersión o scattering, difracción e interferencia.

Refracción: se produce cuando una onda cambia el medio en el que se está propagando y por tanto se produce un cambio de velocidad, esto hace que el ángulo de la onda varíe.

Factor k: uno de los efectos más importantes asociados a la refracción, desde el punto de vista de la propagación de ondas de radio, es el efecto de curvatura que sufren las ondas cuando viajan a través de la atmosfera. La atmosfera terrestre tiene diferentes componentes, que hacen que su coeficiente de refracción varíe en diferentes sitios de la atmosfera o diferentes alturas. Este comportamiento de la atmosfera, hace que la onda de radio se esté refractando continuamente,

ocasionando un fenómeno de curvatura de la onda de radio. Es la relación entre curvatura de la onda y el radio de la tierra.

Reflexión: reflejar quiere decir regresar y la reflexión es el acto de reflejar. La reflexión electromagnética se presenta cuando una onda incidente choca con una frontera entre dos medios y algo o toda la potencia incidente no entra al segundo material.

Dispersión o Scattering: otro fenómeno asociado a la reflexión es la dispersión o scattering. Usualmente cuando una onda incide sobre una superficie se pueden producir bien sea el fenómeno de reflexión especular, es decir cuando toda la onda se refleja en la superficie o se puede producir el conocido fenómeno scattering es decir que la onda no se refleja perfectamente sino que se sale dispersa de la superficie donde se refleja. Si la longitud de onda es mayor o igual a la rugosidad del terreno se presenta el fenómeno de reflexión especular. Mientras que si la longitud de la onda es menor o igual a la rugosidad del terreno se presenta el fenómeno de dispersión.

Difracción: Modulación o redistribución de la energía dentro de un frente de onda, al pasar cerca de una orilla de un objeto opaco. La difracción es el fenómeno que permite que las ondas luminosas o de radio se propaguen en torno a las esquinas.

Interferencia interferir quiere decir estar en oposición y la interferencia es el acto de interferir. La interferencia de ondas de radio se produce siempre que se combinan dos o más ondas electromagnéticas de tal manera que se degrada el funcionamiento del sistema, la interferencia está sujeta al principio de la superposición lineal de las ondas electromagnéticas y se presenta siempre que dos o más ondas ocupen el mismo punto del espacio, en forma simultánea. [15]

3.9 CAMPO CERCANO

La región de campo cercano existe en las proximidades de una antena u otra estructura radiante en la que los campos eléctricos y magnéticos no son sustancialmente de tipo de onda plana, sino que varían considerablemente de punto a punto. La región de campo cercano se subdivide todavía en la región de campo cercano reactivo, que es más próxima la estructura radiante y que contiene la mayor parte o casi la totalidad de la energía almacenada y la región de campo cercano radiante en la que el campo de radiación predomina sobre el campo reactivo pero que no es sustancialmente de tipo de onda plana y tiene una estructura complicada. [14]

3.10 CAMPO LEJANO

La región de campo de una antena donde la distribución de campo angular es esencialmente independiente de la distancia con respecto a la antena. En la región de campo lejano el campo predominante es del tipo de onda plana, es decir, la distribución localmente uniforme de la intensidad de campo eléctrico y de la intensidad de campo magnético en planos transversalmente a la dirección de propagación. [14]

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 NOTAS TÉCNICAS Y DE APLICACIÓN

Estas notas describen la metodología que se utiliza para realizar una medición de RNI exitosa y completa en estaciones de radiodifusión sonora, las cuales TES America Andina LTDA efectúa para presentarlos ante entes reguladores de la República de Colombia además de los equipos utilizados para la medición en banda ancha.

La documentación guía de leyes y decretos vigentes en el país, para mediciones de RNI son:

- Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz) ICNIRP
- Recomendación UIT-T K.52.
- Decreto 195 de 31 de Enero 2005.
- Resolución número 001645 de 29 de Julio del 2005
- Acuerdo No. 003 de 2009, de la CNTV, por medio del cual se adoptan el PUF y los límites de exposición de las personas a CEM.

4.1.1 Medición en banda ancha y banda angosta

Para analizar exposición de RNI a la cual se encuentra el público en general se realiza medición en banda ancha como primera medida y en el caso que supere los límites de exposición recomendados por ICNIRP se hace necesario medición en banda angosta.

Medición en banda ancha:

Para esta medición los instrumentos que utiliza TES AMERICA ANDINA LTDA, es el SMP de WAVE CONTROL (ver Figura 3) y el EMR-300 de NARDA (ver Figura 4), los cuales tienen sondas intercambiables, dependiendo de la variable a medir (campo eléctrico o magnético) y el rango de frecuencia. Estos equipos pueden registrar el valor instantáneo y el valor máximo, de la variable que se está midiendo (V/m o A/m).



Figura 3. Equipo de medición SMP de WAVECONTROL, fuente autor.



Figura 4. Equipo de medición NARDA EMR 300, fuente autor.

En cercanías a una fuente radiante de CEM existen tres zonas (zona de rebasamiento, ocupacional y poblacional) a las cuales puede estar expuestas el público en general (ver Figura 5).

El proceso implica la evaluación del CEM antes y después de las fronteras que determinan áreas de rebasamiento, ocupacional y poblacional, así como verificar la señalización que informa al público los límites de dichas zonas

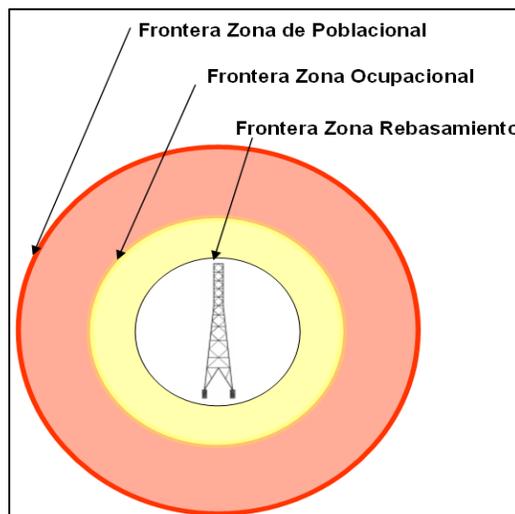


Figura 5. Fronteras de exposición a CEM, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Cuando una estación de transmisión emite altos niveles de potencia es de esperar que la medición requiera un amplio número de puntos medidos, generando las tres áreas mencionadas (aproximadamente 20 puntos), más aquellos que correspondan a la caracterización del entorno como hospitales, áreas comerciales, vías cercanas centros de salud, centros geriátricos entre otros. Si la potencia no es suficiente para generar una zona de rebasamiento el número de puntos de medición puede reducirse y si el sistema radiante no genera niveles de potencia para determinar siquiera una zona ocupacional, las mediciones cumplen el objetivo de medir el campo en la base de la torre y en la zona circundante.

Para un sistema de antenas directivo la distribución de puntos de medición debe adaptarse al patrón de radiación como lo muestra la Figura 6; en el anexo 3 se explica la distribución de puntos de medición por cada lóbulo y las zonas que se generen en estos; por similares razones cuando una misma torre se instalan diferentes sistemas de transmisión y existe más de un lóbulo principal, la distribución de puntos de medición resultara de la combinación de los sistemas radiantes, por ejemplo en la Figura 7 se observa un diagrama de radiación con dos lóbulos principales.

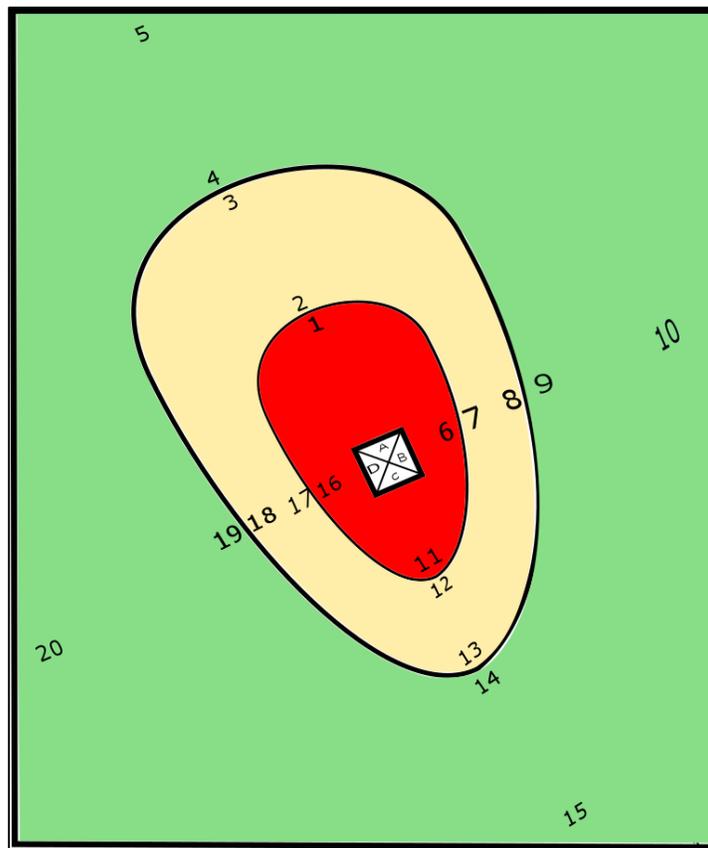


Figura 6. Distribución de puntos de medición en sistema radiante directivo, fuente autor.

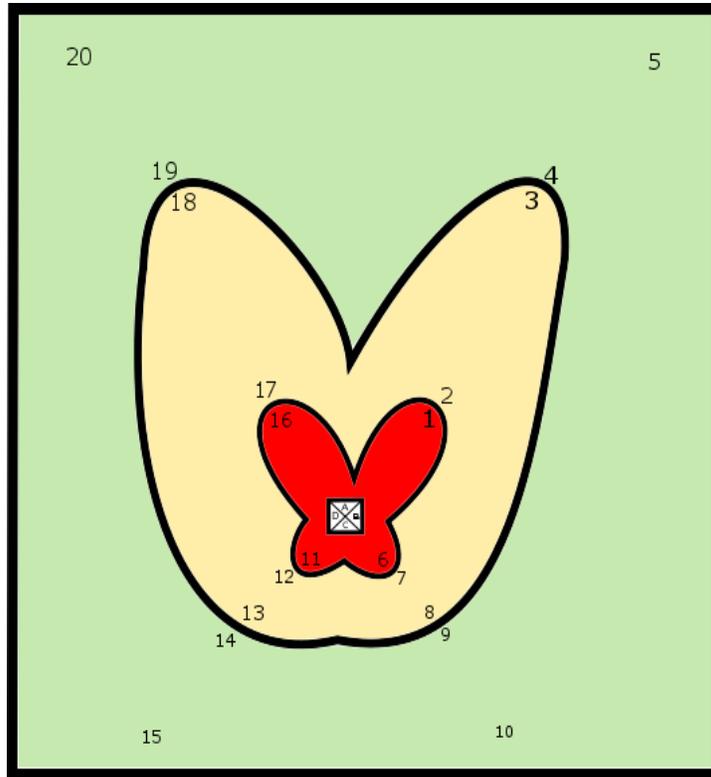


Figura 7. Distribución de puntos de medición para sistema radiante múltiple, fuente autor.

Si en un punto de medición, las variaciones de intensidad de campo son mayores al 20% con respecto a los límites de exposición recomendados por ICNIRP, se utiliza el método de promediación espacial en este punto, el cual consiste en:

- Determinar el sitio de máximo campo.
- Establecer en este sitio un plano o grilla de medición perpendicular a la tierra, de dimensiones 35 cm de ancho por 1.25 m de alto, ubicado a 50 cm sobre el nivel de tierra. Determinar por lo menos nueve (9) puntos de medición uniformemente espaciados dentro de la grilla, así como lo describe la Figura 8 y que incluyan el punto de máxima intensidad de campo.
- Medir intensidad de campo en todos los puntos de la grilla: los puntos de medición deben ser por encima de los 50 cm de cualquier objeto, con el fin de evitar efectos capacitivos.
- Calcular el campo promedio como.

$$F_{\text{promedio}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{i=1}^n F_i^2} \quad (7)$$

Donde:

F_i Es la intensidad RMS de campo media en el punto i.

n Es el número de muestras de campo.

La ecuación 7 se aplica para obtener los promedios de campo eléctrico o campo magnético

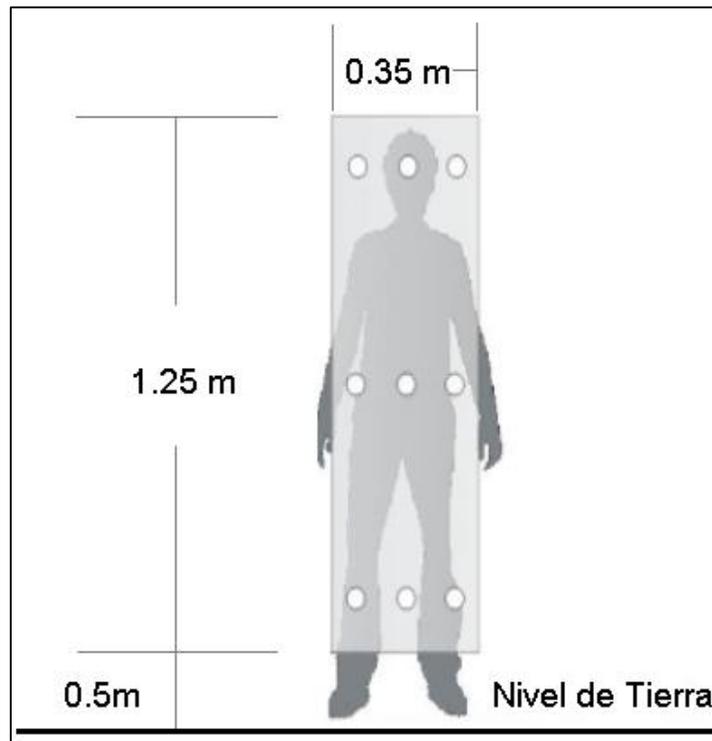


Figura 8. Puntos de medición método promediación espacial. [14]

Si en un punto las variaciones de intensidad de campo son menor a 20% con respecto a los valores límites de exposición recomendados por ICNIRP, será suficiente medir en un solo punto, como representativo del espacio ocupado por una persona.

En el punto donde supere el 80% de los límites máximos de exposición se harán mediciones para determinar los aportes individuales de cada fuente de CEM, utilizando sondas de banda angosta, la persona que está realizando las mediciones debe tomar las previsiones adecuadas para evitar sobre exposición.

Mediciones en banda angosta:

La empresa TES AMERICA ANDINA LTDA cuenta con un sistema de monitoreo trasportable. El cual está compuesto por un conjunto de elementos software y hardware integrados para facilitar la labor de monitoreo del espectro y recepción de ondas radioeléctricas, operan en el intervalo de frecuencias de 10 kHz a 26 GHz.

Puede funcionar como una unidad independiente o integrada a un móvil especialmente acondicionado para el suministro de alimentación.

El sistema de monitoreo transportable mostrado en la Figura 9, usado en esta edición se compone de los siguientes elementos:

- Analizador de espectros como instrumento de medición con interfaz GPIB (IEEE-488).
- Un computador portátil como elemento de control y corazón del sistema, con el software TESDATA® para la automatización, adquisición y análisis de datos.
- Antena en el rango de frecuencias a medir (se usan cables de baja pérdida).
- GPS.

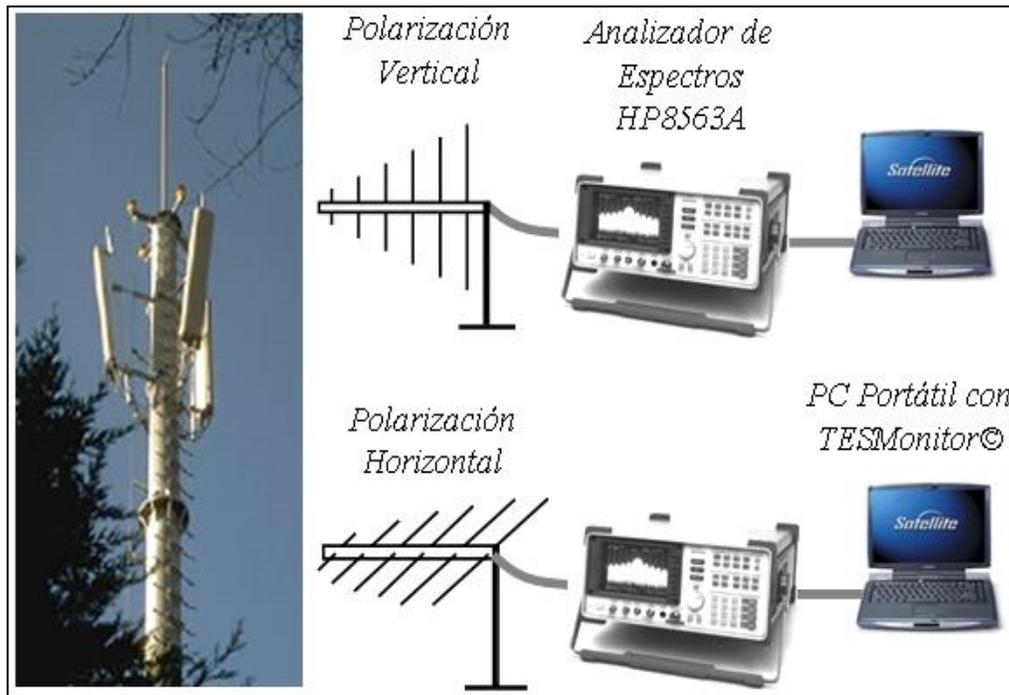


Figura 9. Sistema de monitoreo transportable, banda angosta [16]

Cuando los resultados de las mediciones en banda ancha superen los valores límites de exposición o los valores del nivel de decisión se realizarán mediciones de banda angosta con el propósito de evaluar las condiciones de conformidad de la portadora de interés.

Por lo tanto ubicando el equipo en el punto de interés a la altura detectada en las medidas en banda ancha, se realizarán barridos de medición con el analizador de espectros considerando las dos polarizaciones y las cuatro orientaciones (en el caso

de que la antena sea directiva), buscando determinar los niveles más representativos.

Regiones de campo cercano y campo lejano

- Mediciones en la región de campo cercano: la relación de las componentes de los campos eléctricos (E) y magnéticos (H) en campo cercano es generalmente desconocida, debido a que sus componentes no son ortogonales, por ello en todos los casos, se realiza la medición de dichos campos en forma separada, debiendo cada uno de ellos cumplir con los límites de exposición recomendados por ICNIRP, por lo tanto solo se podrá medir con el equipo NARDA EMR-300 cuando la medición sea en banda ancha debido a que este equipo cuenta con sondas de campo eléctrico y magnético.
- Mediciones en la región de campo lejano: en esta región es posible determinar la densidad de potencia equivalente de onda plana S , a partir de la medición de un único campo eléctrico (E) o magnético (H), para su posterior comparación con los límites de exposición, por lo tanto para su medición se puede realizar con cualquier equipo mencionado anteriormente.

4.1.2 Evaluación técnica de la estación

Para el inicio de las actividades se recopilan datos de ubicación de la estación (coordenadas geográficas, características del entorno, municipio, departamento, información de acceso a la estación), información técnica de los transmisores (potencia de transmisión, frecuencia de operación, tipo de modulación), información técnica de la antena (modelo, tipo, ganancia, patrón de radiación, altura de ubicación sobre el nivel del suelo acimut, tilt, polarización), documentar bitácora y registro fotográfico.

Con estos datos se puede localizar el sitio de medición, además se realizan cálculos preliminares de la estación (pre-ingeniería); frontera entre campo cercano y campo lejano, frontera ocupacional, frontera poblacional y distancias mínimas a la antena a ser considerada para los límites de exposición, este análisis se mostrará en el apartado 4.3, también estos datos servirán para anexarlos al informe que se presentara ante el ente regulador.

Selección del valor límite de referencia de exposición ocupacional y poblacional sugeridos por ICNIRP

Seleccionar el valor límite de CEM permite confrontar el valor medido tanto en banda ancha como en banda angosta con su valor permitido; la selección del valor límite depende del rango de frecuencia del cual se encuentren los servicios bajo estudio. En la medición de banda ancha cuando se cubran frecuencias con diferentes límites se ha de trabajar con el límite más restrictivo; en mediciones de banda angosta en cada rango de frecuencias se utilizara su límite respectivo.

Certificaciones para la medición de RNI

Para realizar un estudio de RNI y presentarlo ante el ente encargado, es necesario tener las certificaciones expedidas por la ANTV o por el MINTIC según corresponda el estudio, además de certificaciones de calibración del equipo de medición y sondas, que se utilizan para mediciones de CEM.

TES AMERICA ANDINA LTDA está certificada para realizar mediciones de campos electromagnéticos ante estos entes además de las certificaciones de calibración en el anexo 5 se podrá observar las certificaciones de calibración de las sondas de los equipos EMR 300 de NARDA y SMP de WAVECONTROL.

Planificar la pre-ingeniería del sitio que se va a visitar

- Cliente que contrató: Figura que contacto a la empresa para quien se va a realizar la medición.
- Cliente final: Figura a la que va dirigido el reporte.
- Acompañante del cliente: Representante del cliente que acompaña al responsable de medir, en el momento en que se ejecuta la medición.
- Nombre y teléfono de contactos encargados del sitio.
- Permisos para ingresar a la estación de estudio.
- Ubicación geográfica del sitio: departamento, ciudad, dirección, vereda, nombre del cerro, etc.
- Coordenadas del lugar: Latitud, longitud (datum geodésico), y altura (msnm).
- Nombre de la emisora o canales al cual se va a realizar el estudio: tal como se encuentra registrado ante la ANE.
- Frecuencias y potencia que el trasmisor está suministrando a las antenas.
- Tipo de torre: Si es rendada o auto-soportada, si es cuadrada, triangular un mástil etc.
- Altura de la torre.
- Altura a la que están instaladas las antenas: “Solo aplica para caso de Televisión”.
- Solicitar al cliente diagrama de radiación del arreglo de antenas.

Herramientas necesarias para realizar la medición

- Equipo de medición CEM: según frecuencia de la pre-ingeniería
- Certificado de calibración del equipo bien sea WAVE-CONTROL o NARDA-EMR-300.
- Trípode fotográfico.
- Cámara digital.
- Bitácora de medición RNI. (Anexo 1, Figura 41, Figura 42, Figura 43).
- Computador portátil.
- Lista de chequeo de fotos.
- Brújula.
- Elementos de seguridad industrial

Reconocimiento de la torre a la que se va a realizar el estudio.

Teniendo en cuenta el tipo de torre de la estación a la que se efectuara la medición se ubican las caras de ésta, en caso de ser una estación de AM se llamará orientación, siguiendo los siguientes aspectos.

- La estación que se va a medir es AM: Para este tipo de torre se suponen 4 orientaciones, la ubicación de la orientación A es el norte de la torre, la ubicación de la orientación B es el este de la torre, la ubicación de la orientación C es el sur de la torre y la ubicación de la orientación D es el oeste de la torre.
- La estación es de televisión y su torre es triangular: En este tipo de torre existen tres caras, cara A, cara B y cara C, la cara A se encuentra ubicada en dirección más cercana a 0° desde el centro de la torre, el caso más crítico sería que el norte este apuntando hacia un vértice de la torre en este caso la cara A estaría ubicada a 60° , la cara B la siguiente en sentido de las manecillas del reloj y la cara C la siguiente de la cara B en sentido de las manecillas del reloj y tiene tres vértices (referenciándolos desde adentro de la torre), el vértice 1 es el vértice que se encuentra a la izquierda de la cara A, el vértice 2 y el vértice 3 continúan su numeración en sentido de las manecillas del reloj sucesivamente.
- La torre es de televisión cuadrada: En este tipo de torre se suponen cuatro caras, cara A, cara B, cara C y cara D, la cara A se encuentra ubicada en dirección más cercana a 0° desde el centro de la torre, el caso más crítico sería que el norte apuntara hacia un vértice de la torre desde

el centro de esta, en este caso la cara A estaría ubicada a 45°, la cara B la siguiente en sentido de las manecillas del reloj, la cara C la siguiente de la cara B en sentido de las manecillas del reloj, la cara D la siguiente a la cara C en sentido de las manecillas del reloj y tiene cuatro vértices (referenciándolos desde adentro de la torre), el vértice 1 es el vértice que se encuentra a la izquierda de la cara A, el vértice 2, el vértice 3 y el vértice 4, continúan su numeración en sentido de las manecillas del reloj sucesivamente.

Documentar bitácora

Ya en el sitio donde se va a realizar la medición es importante documentar la bitácora mostrada en el anexo 1.

- Coordenadas geográficas: Latitud, longitud y altura, tal y como se muestra en el GPS usando el datum WGS84 (importante que no haya ningún tipo de estructura en funcionamiento que emita CEM cerca al GPS ya que este pueda afectar el funcionamiento, debe ser en espacio abierto y hasta que tenga una precisión de $\pm 3\text{m}$).
- Fecha y hora en que se llega al sitio.
- Cliente que contrató y cliente final este dato se toma de la pre-ingeniería.
- Responsable del estudio: Ingeniero de TES-America a cargo del proyecto.
- Acompañante cliente: Representante del cliente que acompaña a la persona a cargo de hacer las mediciones.
- Departamento, municipio y dirección: Referencia política del sitio.
- Emisoras y/o canales, frecuencias y potencia con la que la estación está alimentando las antenas, este valor se puede ver en los transmisores.
- Encargado del sitio y teléfono este es el de la persona que atendió la visita.
- Torre Existente:
 - 1) Tipo de torre: Identificar el tipo de torre (las más comunes triangular cuadrada o monopolo; auto-soportada o rendada).
 - 2) Altura de la torre.
 - 3) Altura de instalación de la antena (no aplica AM).
- Acimut de la cara A (para el caso de AM no aplica).

- Accesibilidad: 1, 2, 3 o 4 (según Acuerdo UIT-T K.52 anexo B).
- Directividad: 1, 2 o 3 (según Acuerdo UIT-T K.52 anexo B).
- Nombre del archivo: el nombre del archivo va a ser el mismo nombre de la estación.
- Dibujar plano del cuarto de equipos. (A este plano es importante la ubicación aproximada de los equipos).
- Dibujar plano de la estación y sus alrededores (es importante para este plano referenciar claramente la torre de interés, el norte geográfico, el cuarto de equipos, viviendas cercanas, locales comerciales, centros geriátricos, jardines infantiles, colegios, escuelas y cualquier tipo de edificación, vías de acceso, ríos, montañas, etc., que no superen una distancia mayor a 200m de la torre de interés).

Toma del registro fotográfico

(Para este paso es importante tener una lista para el chequeo de fotos).

- Vías de acceso.
- Accesos a la estación.
- Torre de interés.
- Panorámicas cada 45 grados dándole la espalda a la torre.
- Torres cercanas.
- Antenas instaladas en la torre (caso broadcasting).
- Entrada al cuarto de equipos.
- Una panorámica al cuarto de equipos que incluyan los equipos de transmisión.
- Equipos de transmisión de interés.
- Viviendas cercanas a distancias de la torre transmisora no mayores que 200 m y sus respectivos ingresos.
- Avisos de precaución y/o limitación a CEM que se hallen en la estación.
- Panorámica al set de medición, donde se observe que se están obteniendo datos de CEM en la estación.

4.1.3 Registro de valores de CEM

En la práctica la cantidad de mediciones depende del arreglo de antenas así también como de la potencia que irradia la estación. Las mediciones se harán en dirección de la torre de interés hacia la zona poblacional. En cada punto donde se capturan valores de CEM, se va insertando la información en la bitácora del sitio medido tal como, coordenadas geográficas, distancia desde la torre, acimut con referencia a la torre y en las observaciones la descripción del punto medido.

La estación de estudio es de servicio AM

La estructura de las torres de servicio de radiodifusión AM son rendadas y se mide con el equipo Narda EMR 300, por lo general estas antenas están ubicadas en terrenos planos, en caso de que no sea de esta forma o haya cualquier tipo de obstáculo para realizar la medición, se toma una foto donde se observe la obstrucción que impide medir en este en ese punto. Si las condiciones son favorables las mediciones se harán tal como se indica a continuación. (Existen tres casos de mediciones para las antenas de AM).

- 1) La potencia de la estación es suficientemente alta para generar una zona de rebasamiento, ver anexo 2, tabla 62.
- 2) La potencia de la estación no es suficientemente alta como para generar una zona de rebasamiento y es lo suficiente alta para generar zona ocupacional, ver anexo 2, tabla 63.
- 3) La potencia de la estación no es lo suficientemente alta para generar una zona ocupacional, ver anexo 2, tabla 64.

La estación bajo estudio es de servicio FM

Las mediciones en este caso se hacen con foco de interés en la dirección de los lóbulos de las radiantes, es importante observar el campo eléctrico o magnético antes de grabar los datos en cada punto para compararlos con los límites de exposición CEM del ICNIRP, para esta medición observar el diagrama de radiación del arreglo de antenas, a diferencia del caso anterior de AM no se avanza en dirección cada 90° sino en la dirección que apunta el arreglo de antenas. Si los lóbulos no generan zona de rebasamiento se omitirán estas mediciones en estos puntos y si no generan zona ocupacional no se harán mediciones en estos puntos; si las condiciones son favorables las mediciones se harán tal como se indica a continuación.

Con el diagrama de radiación del arreglo de antenas, revisar el número de lóbulos que existen ya que en cada lóbulo de este se va a realizar una medición en dirección del lóbulo según corresponda.

- 1) La potencia de la estación es lo suficiente alta para generar una zona de rebasamiento en este lóbulo, la medición se ejecutara de la siguiente manera, ver anexo 3, tabla 65
- 2) La potencia de la estación no es lo suficientemente alta como para generar una zona de rebasamiento y es lo suficiente alta para generar zona ocupacional, ver anexo 3, tabla 66.
- 3) La potencia de la estación no es lo suficientemente alta para generar una zona ocupacional, ver anexo 3, tabla 67.

Puntos significativos de interacción humana

Después de realizar las mediciones en proximidades del sistema radiante, con el mismo equipo que se está realizando la medición, es indispensable efectuar mediciones de CEM en los siguientes puntos de interés que existan.

- Cada una de las caras de la torre de interés (solo aplica FM).
- Acceso a la estación.
- Acceso al cuarto de equipos.
- Frente a los equipos de interés.
- Detrás de los equipos de interés.
- Casas cercanas, para una distancia no mayor a 200 m del sistema radiante.
- Locales comerciales cercanos, para una distancia no mayor a 200 m del sistema radiante.
- Centros de salud cercanos, para una distancia no mayor a 200 m del sistema radiante.
- Centros geriátricos, para una distancia no mayor a 200 m del sistema radiante.
- Sitios de interacción humana, para una distancia no mayor a 200 m del sistema radiante.

4.2 TUTORIAL DE LOS EQUIPOS CON LOS QUE SE EFECTÚA UNA MEDICIÓN DE RNI

Para la utilización de los equipos se realizó un tutorial, para el equipo SMP de WAVECONTROL y EMR 300 de NARDA.

4.2.1 Tutorial del equipo SMP de WAVECONTROL

El equipo WAVECONTROL es una herramienta con la cuenta TES America para medir campo eléctrico en banda ancha utilizado en frecuencias de operación entre 100 kHz y 8 GHz. Este equipo puede ser ajustado para mostrar valores instantáneos, medidas máximas sobre un promedio de valores. Además cuenta con un GPS integrado y una memoria no volátil que almacena hasta 62000 muestras de información.

El tutorial de este equipo se encuentra en el anexo 6.

A continuación se mostraran unas imágenes del equipo, para la familiarización visual.

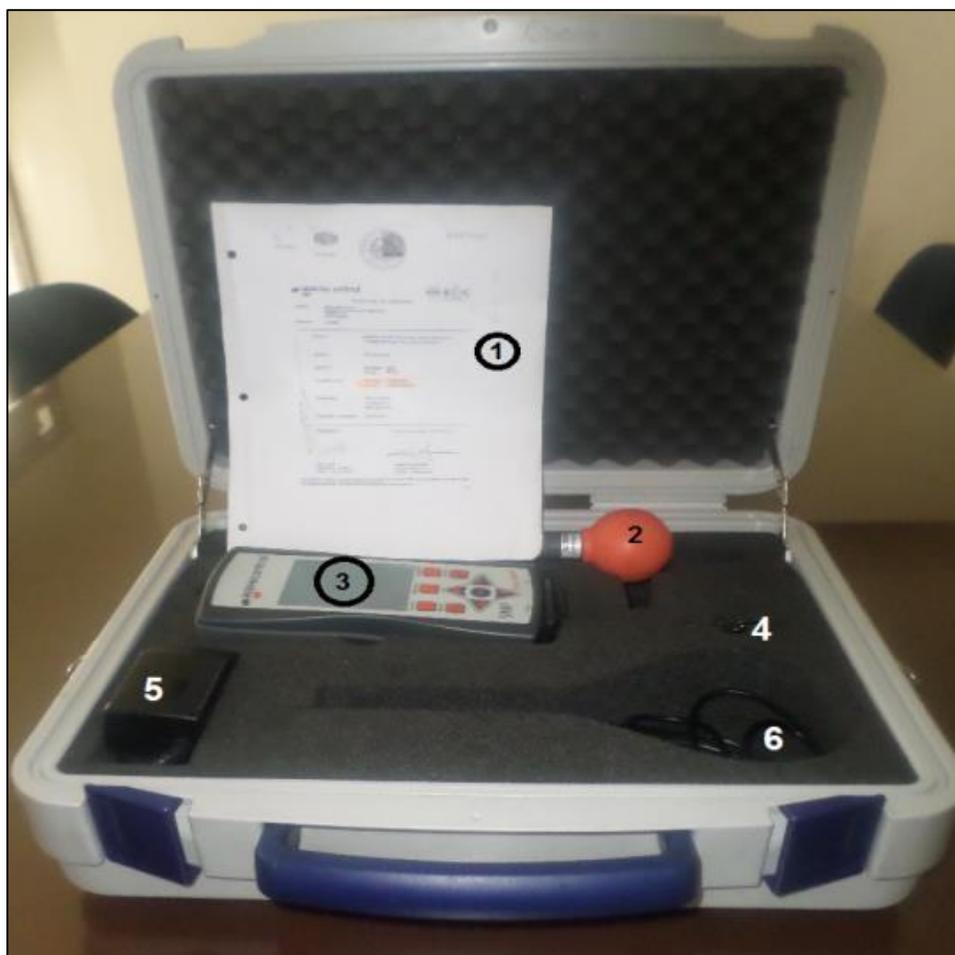


Figura 10. Set de medición, equipo Wave control, fuente autor.

Donde:

- 1) Certificado de calibración.
- 2) Sonda eléctrica.
- 3) Equipo de medición WAVE CONTROL.
- 4) Llave para software.
- 5) Cargador.
- 6) Cable de datos.



Figura 11. Medidor de campo y sonda de campo eléctrico. [17]

4.2.2 Tutorial del equipo NARDA EMR-300

El equipo de medición EMR 300 de NARDA, es un dispositivo de banda ancha usado para mediciones de CEM, cuya frecuencia de operación está comprendida entre 100 kHz y 3 GHz. Los resultados de las mediciones tomadas con este equipo son expresados en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m), intensidad de campo magnético (A/m) y de densidad de potencia W/m^2 , con el fin de facilitar la comparación con los rangos límites; además puede ser ajustado para mostrar valores instantáneos, medidas máximas sobre un promedio de valores.

El EMR 300 es usado en aplicaciones sofisticadas ya que cuenta con una memoria no volátil con la capacidad de almacenar hasta 1500 valores medidos creando así, un historial de los mismos.

El tutorial de este equipo se encuentra en el anexo 7.

A continuación se mostraran unas imágenes del equipo, para la familiarización visual del mismo.



Figura 12. Sonda de campo eléctrico de banda ancha entre 100 kHz – 3 GHz, fuente autor.



Figura 13. Sonda de campo magnético de banda ancha entre 27 MHz – 1 GHz, fuente autor.



Figura 14. Sonda de campo magnético de banda ancha entre 300 kHz 30 MHz, fuente autor.

4.3 MEDICIONES DE CEM PARA ANALIZAR RNI, EN ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA

Los sitios a los cuales se les realizo el estudio son los enunciados en la tabla 3.

Tabla 3. Estaciones a las que se realizó el estudio, fuente autor.

Estación	FRECUENCIA (MHz)			Servicio
	CANAL A	CANAL B	CANAL C	
TV 1	198.00	186.00	174.00	FM
TV 2	204.00	82.00	60.00	FM
TV 3	174.00	186.00	198.00	FM
TV 4	180.00	192.00	204.00	FM
TV 5	530.00	60.00	180.00	FM
TV 6	512.00	192.00	205.00	FM
TV 7	54.00	66.00	76.00	FM
TV 8	566.00	186.00	198.00	FM
TV 9	180.00	204.00	192.00	FM
TV 10	180.00	82.00	60.00	FM
TV 11	198.00	186.00	174.00	FM
TV 12	76.00	54.00	66.00	FM
TV 13	524.00	182.00	204.00	FM
TV 14	524.00			FM
Radiodifusión 1	0.57			AM
Radiodifusión 2	1.00			AM
Radiodifusión 3	0.56			AM
Radiodifusión 4	0.61			AM

4.3.1 Valores de referencia para evaluar medidas de banda ancha

Las sondas empleadas para las medidas de las variables electromagnéticas tienen un rango de frecuencia de operación como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Sondas utilizadas para la medición, fuente autor.

Equipo	Sonda Tipo	Frecuencia de Operación
Narda EMR-300	Sonda de campo eléctrico tipo 18	100 kHz a 3 GHz
Narda EMR-300	Sonda de campo magnético tipo 10	27 MHz a 1 GHz
Narda EMR-300	Sonda de campo magnético tipo 12	300 kHz a 27 MHz
SMP Wave Control	Sonda de campo eléctrico WC	100 kHz a 8 GHz

En este tipo de medidas, el valor registrado en el instrumento corresponde al aporte de todas las señales existentes en el sitio de medición y que están en el rango de operación de la sonda.

En los casos donde el servicio es de televisión en el sitio de trasmisión, se hará una evaluación particular de los niveles registrados en el instrumento de medida, dependiendo de la frecuencia de interés y se ha de trabajar con el límite más restrictivo.

En las estaciones de radiodifusión AM, se hará una evaluación particular de los niveles registrados en el instrumento, dependiendo de la frecuencia de la estación de interés. Es posible realizar esta aproximación, puesto que la cercanía a la fuente de radiación permite asegurar que la lectura registrada obedece principalmente a la estación de interés.

4.3.2 Determinar regiones de campo cercano y campo lejano

Para determinar la región de campo es importante tener la máxima dimensión de la antena, la frecuencia, así mismo como calcular la longitud de onda en su frecuencia correspondiente.

4.3.2.1 Análisis del límite entre campo cercano y campo lejano en FM.

Si la dimensión de la antena es grande en comparación a la longitud de onda se calcula con la ecuación 8.

$$\text{Campo Lejano} = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (8)$$

Si la dimensión de la antena es menor o igual a la longitud de onda, se escoge el mayor resultado de las ecuaciones 8 y 9.

$$\text{Campo Lejano} = 3\lambda, \quad (9)$$

donde:

Campo Lejano, es el límite entre campo cercano y campo lejano en m,

D, es la máxima dimensión de antena en m,

λ , es la longitud de onda en m.

Para analizar estas ecuaciones se tomara como ejemplo la estación TV 1

En esta estación existen tres frecuencias donde operan los canales: Canal A, Canal B y Canal C, se analizara el canal A ya que los demás canales se analizan de la misma manera

Canal A frecuencia de operación 198 MHz:

Primero se calcula la longitud de onda.

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (10)$$

donde:

c, velocidad de la luz en el espacio libre,

f, frecuencia de operación.

$$\lambda = \frac{300000000}{198000000}, \quad (11)$$

$$\lambda = 1.52 \quad (12)$$

En este canal la dimensión de la antena es 1.25 m, como la longitud de onda es mayor que la dimensión de antena se toma el mayor valor entre la ecuación 13 y 15 así:

$$\text{Campo Lejano (m)} = \frac{2(1.25)^2}{1.52}, \quad (13)$$

$$\text{Campo Lejano (m)} = 2.06, \quad (14)$$

y

$$\text{Campo Lejano (m)} = 3(1.52) , \quad (15)$$

$$\text{Campo Lejano (m)} = 4.55 \text{ m}, \quad (16)$$

Dando como resultado el límite entre campo cercano y campo lejano de 4.55 m, en la tabla 5 se muestra los demás canales de la estación TV 1; asimismo se calcula para todas las estaciones de servicio FM (ver anexo 4, tabla 68).

Tabla 5. Análisis límite, entre campo cercano y campo lejano estación TV 1, fuente autor.

N.	Estación	Canal	Frecuencia (MHz)	Altura de Centro Radiante (m)	Marca de Elemento Unitario de Antena	Máxima Dimensión de Antena (m)	Longitud de Onda (m)	Distancia Límite Campo Cercano y Lejano (m)
1	TV 1	CANAL A	198.00	90.00	RYMSA (AT13-240)	1.25	1.52	4.55
		CANAL B	186.00	90.00	RYMSA (AT13-220)	1.25	1.61	4.84
		CANAL C	174.00	90.00	RYMSA (AT13-240)	1.25	1.72	5.17

En la estación TV 1 se encuentran tres canales (Canal A, Canal B y Canal C) en cada uno de estos, la altura de centro radiante de las antenas, no es mayor que la distancia límite entre campo cercano y campo lejano como se puede observar en la tabla 5, por lo tanto a nivel de suelo es campo lejano.

En la tabla 68 del anexo 4, se puede observar que en ninguna estación, la distancia límite de campo cercano y campo lejano supera la altura del centro radiante de las antenas, por lo que se puede deducir, que a nivel del suelo la onda es plana en todas las estaciones de servicio FM para estos casos.

En campo lejano los campos eléctrico y magnético son ortogonales, de esta manera a partir del campo eléctrico se puede calcular el campo magnético y la densidad de potencia, o bien se puede analizar solo el campo eléctrico.

4.3.2.2 Análisis del límite entre campo cercano y campo lejano AM

Debido a que la longitud de onda es mayor a la máxima dimensión de antena como se puede observar en la tabla 6, se utiliza el mayor valor resultante de las ecuaciones 8 y 9.

En estaciones de radiodifusión AM, se analizará campo eléctrico y campo magnético por aparte, debido a que las mediciones se harán en campo cercano y los campos eléctrico y magnético no son ortogonales, estas mediciones se harán con el equipo

NARDA EMR-300 el cual tiene sondas de campo eléctrico y magnético en el rango de estas frecuencias.

Tabla 6. Análisis para campo cercano y campo lejano para Radiodifusión AM, fuente autor.

N.	Estación	Frecuencia (MHz)	Máxima Dimensión de Antena (m)	Longitud de Onda (m)	Distancia Límite Entre Campo Cercano y Lejano (m)
15	Radiodifusión 1	0.57	130.00	526.32	1578.95
16	Radiodifusión 2	1.00	70.00	300.00	900.00
17	Radiodifusión 3	0.56	105.00	535.71	1607.14
18	Radiodifusión 4	0.61	120.00	491.80	1475.41

4.3.3 Análisis para las fronteras de zona ocupacional y zona poblacional, categoría de accesibilidad 1 para estaciones de televisión

Para el análisis de estas fronteras es necesario tener la siguiente información (estos datos son proporcionados por el cliente):

- Nombre del sitio.
- Altura de la estación.
- Canal de televisión número.
- Frecuencia de la portadora de video (MHz).
- Frecuencia de la portadora de audio (MHz).
- Altura de centro radiante (m).
- Tamaño de la antena (m).
- PIRE de audio (W).
- PIRE de video (W).

Se tomara como ejemplo la estación TV 1

- Nombre del sitio: TV 1
- Altura de la estación (msnm). 3582 msnm
- Canal de televisión número. (7, 9, 11)
- Frecuencia de la portadora de video (MHz). (175.25 MHz, 187.25 MHz, 199.25 MHz)

- Frecuencia de la portadora de audio (MHz). (179.25 MHz, 191.75 MHz, 203.75 MHz)
- Altura de centro radiante (m). (90 m).
- Tamaño de la antena (m). (1.25 m X 0.5 m X 1.3 m)
- PIRE de video (W). (275231.15 W)
- PIRE de audio (W). (27523.11 W).

Teniendo estos datos se procede a hallar la distancia a partir de la cual se cumple, el límite ocupacional y el límite poblacional.

Partiendo de la densidad de potencia dada por la ecuación 17.

$$S = \frac{PIRE}{4\pi R^2}, \quad (17)$$

donde:

S es la densidad de potencia en W/m².

PIRE es la potencia radiada isotrópica de la antena en W.

R es la distancia entre el punto central de la fuente radiante y la supuesta persona expuesta.

Para el caso de antenas de televisión EPA recomienda una aproximación más realista para la reflexión, a nivel próximo del suelo asumiendo un aumento máximo de 1.6 veces la intensidad de campo que conduce a un aumento de densidad de potencia de 2.56 (1.6 x 1.6) la ecuación 17 puede ser modificada así:

$$S = \frac{2.56PIRE}{4\pi R^2} \quad (18)$$

Se utiliza un factor de 0.4 adimensional, para convertir el valor pico de la PIRE de video a RMS, lo cual es más real en las transmisiones de video, de acuerdo con lo recomendado por FCC. [2]

$$S = \frac{2.56F^2(0.4PIRE_{(VIDEO)} + PIRE_{(AUDIO)})}{4\pi R^2}, \quad (19)$$

donde:

F es el factor de campo relativo, para los casos donde se esté analizando la exposición al haz principal es aconsejable tomar F como 1 y en este caso no se aconseja tomar el factor de reflexión 2.56.

$PIRE_{(VIDEO)}$ y $PIRE_{(AUDIO)}$ expresados en W.

Despejando el valor R de la ecuación 14 se tiene, la distancia a la que se cumple la condición del valor de densidad de potencia de onda plana equivalente S.

$$R = \sqrt{\frac{(0.4PIRE_{(VIDEO)} + PIRE_{(AUDIO)})}{4\Pi S}} \quad (20)$$

S tomara el valor límite de frontera de zona ocupacional o poblacional correspondiente a los valores de mayor restricción recomendados por ICNIRP calculado en la frecuencia de interés.

Reemplazando los valores de la estación TV 1 en la ecuación 20 se tiene.

Distancia máxima ocupacional en metros, desde el sistema radiante hasta el punto donde se cumple la condición, con un valor S = 10.

$$R_{ocupacional} = \sqrt{\frac{(0.4)(275231.15)+27523.11}{40\Pi}}, \quad (21)$$

$$R_{ocupacional} = 33.09, \quad (22)$$

Distancia máxima poblacional en metros, desde el sistema radiante hasta el punto donde se cumple la condición, con un valor S = 2.

$$R_{poblacional} = \sqrt{\frac{(0.4)(275231.15)+27523.11}{8\Pi}}, \quad (23)$$

$$R_{poblacional} = 74, \quad (24)$$

Para el cálculo de las distancias que definen las zonas de exclusión se aplica el teorema de pitágoras, mediante la ecuación.

$$D(m) = \sqrt{R^2 - (A - 2)^2} \quad (25)$$

donde:

$D(m)$ es la distancia en metros que determina las zonas de exclusión, desde la base de la torre.

R es la distancia en metros desde el sistema radiante hasta el punto donde se cumple la condición de un valor S determinado.

A es la altura del centro radiante del sistema de antenas.

2, es la altura en metros de un ser humano.

Reemplazando los valores de $R_{ocupacional}$ y $R_{poblacional}$ de la estación TV 1 en la ecuación 25 se tiene la distancia máxima ocupacional en metros desde base de la torre hasta el punto donde se cumple la condición de un valor S determinado.

Para $R_{ocupacional}$ con una altura de centro radiante 90 m se tiene:

$$D_{ocupacional} = \sqrt{33.09^2 - (90 - 2)^2}, \quad (26)$$

$$D_{ocupacional} = \sqrt{-6649.05}; \quad (27)$$

Este valor da como resultado una raíz negativa debido a que la altura del centro radiante de la torre es mayor que la distancia máxima ocupacional, por lo tanto se asume como cero el radio ocupacional.

$$D_{ocupacional} = 0; \quad (28)$$

Asimismo para $R_{poblacional}$.

$$D_{poblacional} = \sqrt{74^2 - (90 - 2)^2}, \quad (29)$$

$$D_{poblacional} = \sqrt{-2268}; \quad (30)$$

Este valor da como resultado una raíz negativa debido a que la altura del centro radiante de la torre es mayor que la distancia máxima ocupacional, por lo tanto se asume al igual que el caso anterior, cero el radio poblacional.

$$D_{ocupacional} = 0; \quad (31)$$

Reemplazando los valores en las estaciones de servicio FM mencionadas en la tabla 3, se obtienen los resultados de las distancias donde se encuentra los límites de las zonas poblacionales y ocupacionales de la tabla 7.

Se puede observar de la Tabla 7 que en la estación TV 11 el radio poblacional para el canal A es de 24.43 m, de 47.52 m para canal B y canal C esto debido a que la potencia de transmisión de estos canales es mayor en consideración de las demás estaciones y la distancia poblacional es mayor a la altura del centro radiante de las antenas, a lo cual se hace necesario que la estación tenga avisos de delimitación poblacional a partir de 47.52 m. En las demás estaciones, los límites de radio ocupacional y poblacional son cero.

En el apartado 5.1 se analizaran los datos de CEM tomados en la práctica.

Tabla 7. Límites de las zonas ocupacional y poblacional para las estaciones de televisión visitadas, fuente autor.

N.	Estación	Canal	PIRE Video (W)	PIRE Audio (W)	Altura de Centro Radiante (m)	Max. S Ocupacional (W/m2)	Max. S Poblacional (W/m2)	R Ocupacional (m)	R Poblacional (m)	D Ocupacional (m)	D Poblacional (m)
1	TV 1	CANAL A	275231.15	27523.11	90.00	10.00	2.00	29.61	66.21	0.00	0.00
		CANAL B	275231.15	27523.11	90.00	10.00	2.00	29.61	66.21	0.00	0.00
		CANAL C	275231.15	27523.11	90.00	10.00	2.00	29.61	66.21	0.00	0.00
2	TV 2	CANAL A	2067.21	206.72	30.00	10.00	2.00	2.61	5.84	0.00	0.00
		CANAL B	2373.77	237.38	25.00	10.00	2.00	2.78	6.23	0.00	0.00
		CANAL C	2757.38	275.74	20.00	10.00	2.00	2.99	6.68	0.00	0.00
3	TV 3	CANAL A	572.13	57.21	37.00	10.00	2.00	1.45	3.25	0.00	0.00
		CANAL B	542.62	54.26	46.00	10.00	2.00	1.45	3.24	0.00	0.00
		CANAL C	542.62	54.26	46.00	10.00	2.00	1.45	3.24	0.00	0.00
4	TV 4	CANAL A	13985.25	1398.52	65.65	10.00	2.00	6.71	15.01	0.00	0.00
		CANAL B	14409.84	1440.98	65.65	10.00	2.00	6.81	15.23	0.00	0.00
		CANAL C	13985.25	1398.52	65.65	10.00	2.00	6.71	15.01	0.00	0.00
5	TV 5	CANAL A	273318.03	27331.80	100.00	10.00	2.00	29.51	65.98	0.00	0.00
		CANAL B	194836.07	19483.61	85.00	10.00	2.00	24.92	55.72	0.00	0.00
		CANAL C	126086.89	12608.69	70.00	10.00	2.00	20.05	44.83	0.00	0.00
6	TV 6	CANAL A	135095.08	13509.51	97.00	10.00	2.00	20.76	46.41	0.00	0.00
		CANAL B	18352.46	1835.25	55.65	10.00	2.00	7.67	17.16	0.00	0.00
		CANAL C	17565.57	1756.56	75.65	10.00	2.00	7.52	16.81	0.00	0.00
7	TV 7	CANAL A	92819.67	9281.97	62.75	10.00	2.00	17.20	38.47	0.00	0.00
		CANAL B	93032.79	9303.28	74.30	10.00	2.00	17.23	38.52	0.00	0.00
		CANAL C	86424.59	8642.46	85.80	10.00	2.00	16.61	37.13	0.00	0.00
8	TV 8	CANAL A	134163.93	13416.39	162.00	10.00	2.00	20.70	46.28	0.00	0.00
		CANAL B	16737.70	1673.77	125.65	10.00	2.00	7.37	16.47	0.00	0.00
		CANAL C	22839.34	2283.93	135.65	10.00	2.00	8.59	19.21	0.00	0.00
9	TV 9	CANAL A	808.20	80.82	44.20	10.00	2.00	1.71	3.82	0.00	0.00
		CANAL B	826.23	82.62	48.40	10.00	2.00	1.74	3.88	0.00	0.00
		CANAL C	826.23	82.62	48.40	10.00	2.00	1.74	3.88	0.00	0.00
10	TV 10	CANAL A	15909.84	1590.98	56.78	10.00	2.00	7.15	15.98	0.00	0.00
		CANAL B	54162.30	5416.23	50.00	10.00	2.00	13.15	29.39	0.00	0.00
		CANAL C	35211.48	3521.15	35.30	10.00	2.00	10.60	23.70	0.00	0.00
11	TV 11	CANAL A	104385.25	10438.52	34.65	10.00	2.00	18.24	40.78	0.00	24.43
		CANAL B	208770.49	20877.05	34.65	10.00	2.00	25.78	57.65	0.00	47.52
		CANAL C	208770.49	20877.05	34.65	10.00	2.00	25.78	57.65	0.00	47.52
12	TV 12	CANAL A	63050.82	6305.08	70.80	10.00	2.00	14.19	31.72	0.00	0.00
		CANAL B	32485.25	3248.52	70.80	10.00	2.00	10.20	22.80	0.00	0.00
		CANAL C	63050.82	6305.08	70.80	10.00	2.00	14.19	31.72	0.00	0.00
13	TV 13	CANAL A	111080.33	11108.03	58.00	10.00	2.00	18.82	42.07	0.00	0.00
		CANAL B	14442.62	1444.26	38.15	10.00	2.00	6.80	15.21	0.00	0.00
		CANAL C	15157.38	1515.74	48.65	10.00	2.00	6.97	15.59	0.00	0.00
14	TV 14	CANAL D	421.00	42.10	47.00	13.13	2.63	1.14	2.55	0.00	0.00

4.3.4 Cálculo de las fronteras de exposición para radiodifusión AM, categoría de accesibilidad 4

En el cálculo de campo cercano y campo lejano en AM, la distancia límite de campo lejano, es muy distante con respecto a los puntos en que se miden como se pudo observar en la tabla 6, por lo tanto las medidas que se efectúan en radiodifusión AM se encuentran en campo cercano y para realización de la medición, se utilizan dos sondas, una para campo eléctrico y otra para campo magnético.

Para hallar las fronteras de exposición de servicio radiodifusión AM, se analizarán los datos obtenidos de campo eléctrico y campo magnético y se compararán con la tabla límites de exposición recomendados por ICNIRP, según la frecuencia en que operan las estaciones de servicio de radiodifusión AM estudiadas.

Para obtener las fronteras de las zonas ocupacional y poblacional, se calcula a partir de la ecuación 18.

Despejando el valor de R, se tiene:

$$R = \sqrt{\frac{2.56PIRE}{4\pi S}}, \quad (32)$$

donde S tomara el valor límite de frontera de zona ocupacional o poblacional correspondiente a los valores de mayor restricción recomendados por ICNIRP calculado en la frecuencia de interés.

$$R_{ocupacional} = \sqrt{\frac{2.56PIRE}{4\pi S_{ocupacional}}}, \quad (33)$$

$$R_{poblacional} = \sqrt{\frac{2.56PIRE}{4\pi S_{poblacional}}}, \quad (34)$$

donde:

$R_{ocupacional}$ es la distancia en metros del radio de la frontera ocupacional.

$R_{poblacional}$ es la distancia en metros del radio de la frontera poblacional.

De lo anterior, se hace necesario establecer una delimitación no inferior al radio ocupacional, la tabla 8 muestra los valores límites calculados de la ecuación 33 y 34.

Tabla 8. Límites de las zonas ocupacional y poblacional para las estaciones de radiodifusión AM visitadas, fuente autor.

N.	Estación	Frecuencia (MHz)	PIRE (W)	Max. S Ocupacional (W/m ²)	Max. S Poblacional (W/m ²)	R Ocupacional (m)	R Poblacional (m)
15	Radiodifusión 1	0.57	100000.00	1712.28	111.42	3.45	13.52
16	Radiodifusión 2	1.00	10000.00	976.00	63.51	1.44	5.66
17	Radiodifusión 3	0.56	10000.00	1742.86	113.41	1.08	4.24
18	Radiodifusión 4	0.61	20000.00	1600.00	104.11	1.60	6.26

Para analizar las mediciones de radiodifusión se tomaron muestras de campo eléctrico y de campo magnético debido a que la zona ocupacional y poblacional se encuentra en campo cercano, estos datos se analizaran en el apartado 5.2.

4.4 DIAGRAMA DE FLUJO PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN EN EL MOMENTO QUE SE HACEN LAS MEDICIONES DE RNI

A continuación se mostrará un diagrama de flujo, el cual explicara los pasos que se deben seguir para realizar un exitoso proceso de recolección de información necesaria, para hacer un estudio RNI; el cual es un resumen o complemento de las notas técnicas y de aplicación del apartado 4.1.

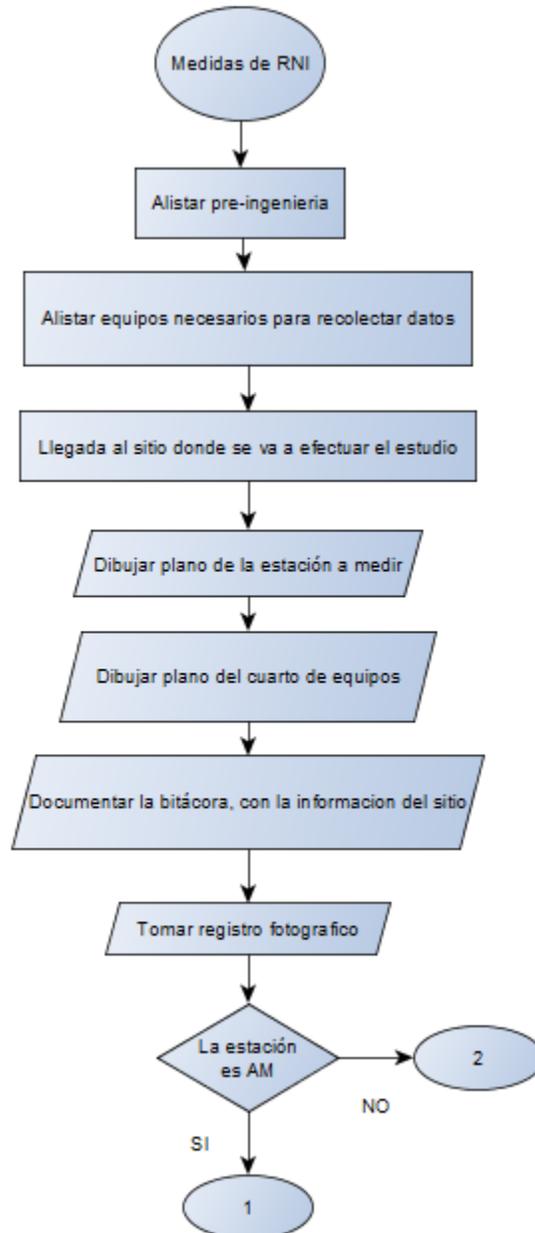


Figura 15. Diagrama de flujo parte 1, fuente autor.

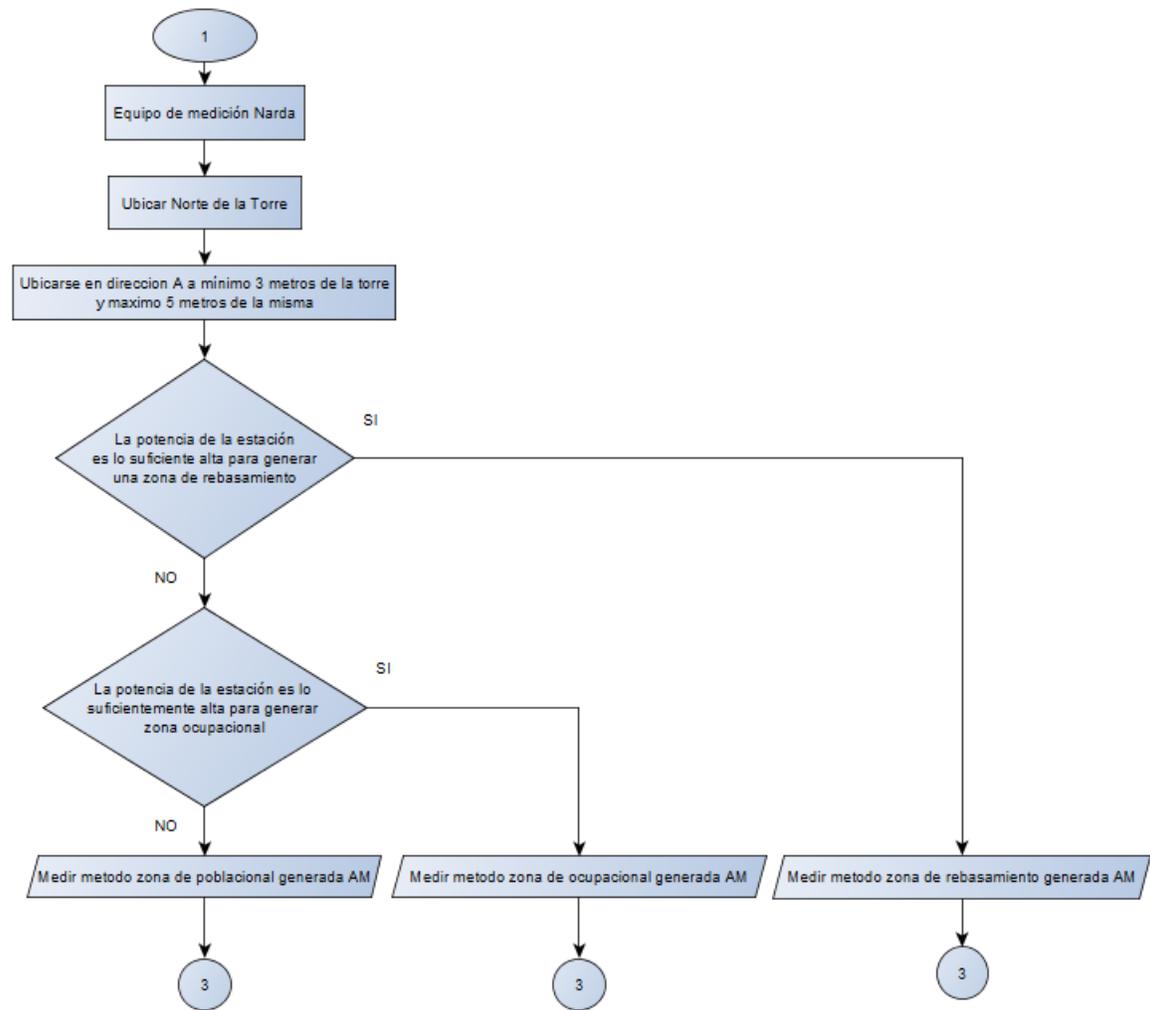


Figura 16. Diagrama de flujo parte 2, fuente autor.

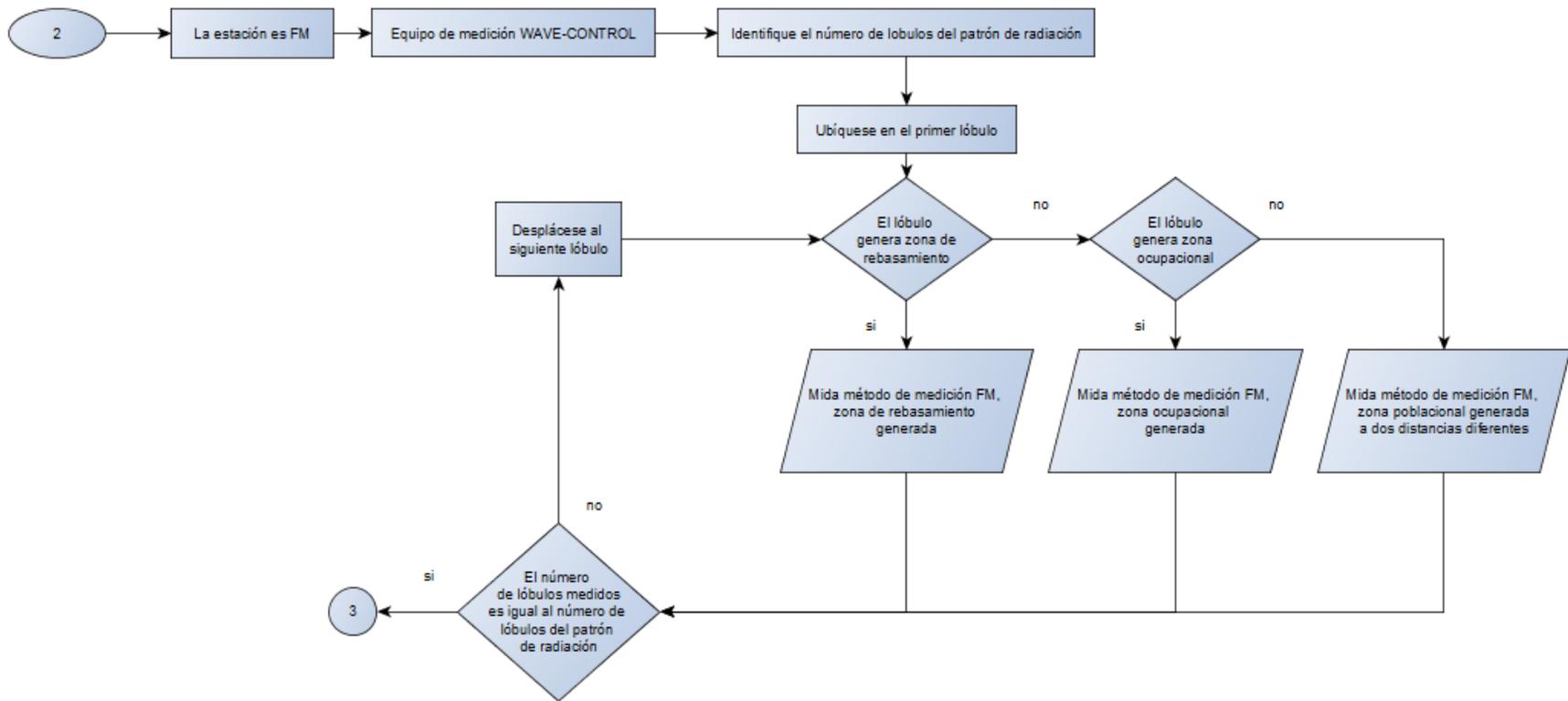


Figura 17. Diagrama de flujo, parte 3, fuente autor.

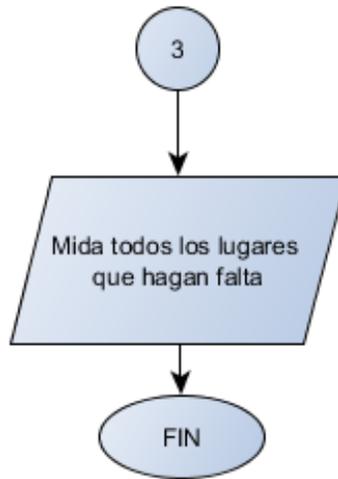


Figura 18. Diagrama de flujo parte 4, fuente autor.

5. RESULTADOS

A continuación se realiza un análisis estadístico de los datos obtenidos en las mediciones de CEM en banda ancha de FM y AM, este análisis mostrará la posibilidad de hacer un método para determinar el comportamiento de los campos; también la exposición de RNI a la que se encuentran las personas aledañas a las fuentes radiantes mencionadas anteriormente.

Debido a la geografía donde se encuentran ubicadas las estaciones estudiadas los datos de algunas estaciones pueden ser insuficientes para analizar el comportamiento de las fuentes radiantes.

Los valores de campo tomados en el cuarto de equipos o dentro de alguna edificación, son usados para verificar la exposición a la cual se encuentra las personas aledañas, estos no serán tomados en cuenta para otro tipo de análisis ya que cualquier equipo eléctrico cerca puede afectar los valores que emite la fuente radiante de interés. Asimismo, torres cercanas de comunicación que emitan campos electromagnéticos con valores por encima de las de estudiadas pueden afectar la medición.

5.1 ESTACIONES FM

Para el análisis de cada estación de televisión; se han obtenido 20 valores de intensidad de campo eléctrico por cada punto medido. Para cada estación se muestra una tabla donde se definen los valores registrados para cada uno de los siguientes parámetros:

- La distancia desde la base de la torre hasta el sitio medido.
- Valor máximo de campo eléctrico V/m
- Valor mínimo de campo eléctrico V/m.
- Valor promedio de campo eléctrico V/m.
- Desviación estándar.
- Desviación estándar relativa (%).
- Porcentaje del valor máximo con respecto al límite ocupacional (%).
- Porcentaje del valor máximo con respecto al límite poblacional (%).

También se mostrara una gráfica que muestra el comportamiento del campo eléctrico (V/m) vs la distancia a la torre de interés (m).

En todas las estaciones de televisión el límite máximo de referencia ocupacional es 61 V/m y el poblacional es 28 V/m, debido a que se analiza con el límite de frecuencia más restrictivo de las frecuencias que existen en la estación bajo estudio.

Estación TV 1

Los puntos medidos del 1 al 6 se hicieron en el cuarto de equipos, del 7 al 10 en la base de la torre y del 11 al 15 en las vecindades de la torre.

Tabla 9. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 1, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	15.00	1.09	1.00	1.03	0.02	2.31	1.79	3.89
2	15.00	1.59	1.34	1.46	0.08	5.44	2.61	5.68
3	15.00	1.88	1.67	1.77	0.05	2.64	3.08	6.71
4	15.00	1.61	1.42	1.49	0.06	4.05	2.64	5.75
5	15.00	2.13	1.92	2.03	0.06	2.98	3.49	7.61
6	15.00	1.90	1.74	1.83	0.04	2.17	3.11	6.79

Tabla 10. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en la base de la torre, estación TV 1, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
7	0.00	1.20	1.14	1.17	0.02	1.58	1.97	4.29
8	0.00	1.34	1.10	1.19	0.08	6.84	2.20	4.79
9	0.00	3.38	2.78	3.11	0.17	5.60	5.54	12.07
10	0.00	1.65	1.43	1.50	0.07	4.43	2.70	5.89

Tabla 11. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 1, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
11	10.00	2.61	2.39	2.50	0.07	2.73	4.28	9.32
12	20.00	1.61	1.26	1.35	0.12	8.72	2.64	5.75
13	20.00	1.50	1.38	1.44	0.03	2.30	2.46	5.36
14	30.00	2.87	2.60	2.81	0.07	2.39	4.70	10.25
15	200.00	1.21	1.02	0.97	0.58	59.73	1.98	4.32



Figura 19. Estación TV 1, puntos medidos con respecto a la base de la torre, fuente autor.

Los puntos medidos 7, 8, 9 y 10 de la tabla 10 corresponden a la base de la torre estos se pueden evidenciar respectivamente en la figura 19; los valores máximos de campo eléctrico corresponden a 0 metros, como se observa en la figura, a 30 metros de la torre hay más campo eléctrico que a 20 metros esto se dio porque a 20 metros de la torre se encuentra en una depresión y a 30 metros se hace la medición en un sitio más alto y por tanto la medición se hace a menor distancia de la fuente radiante, en esta estación los datos recolectados fueron limitados debido a la geografía de la estación.

Estación TV 2

Los puntos medidos del 1 al 7 en las vecindades de la torre y del 8 al 12 se hicieron en el cuarto de equipos

Tabla 12. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 2, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	4.00	2.36	1.94	2.06	0.10	4.74	3.87	8.43
2	4.00	1.47	1.29	1.41	0.06	4.07	2.41	5.25
3	10.00	3.31	2.75	3.03	0.19	6.43	5.43	11.82
4	20.00	2.65	2.15	2.47	0.12	4.90	4.34	9.46
5	39.00	2.31	1.50	2.04	0.21	10.56	3.79	8.25
6	50.00	4.78	4.41	4.63	0.10	2.17	7.84	17.07
7	100.00	0.99	0.74	0.82	0.06	7.13	1.62	3.54

Tabla 13. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 2, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
8	10.00	12.39	11.47	11.87	0.27	2.26	20.31	44.25
9	10.00	12.44	11.06	12.15	0.37	3.01	20.39	44.43
10	10.00	8.67	7.82	8.45	0.25	3.01	14.21	30.96
11	10.00	10.98	10.12	10.81	0.18	1.71	18.00	39.21
12	10.00	3.24	3.03	3.15	0.06	2.06	5.31	11.57

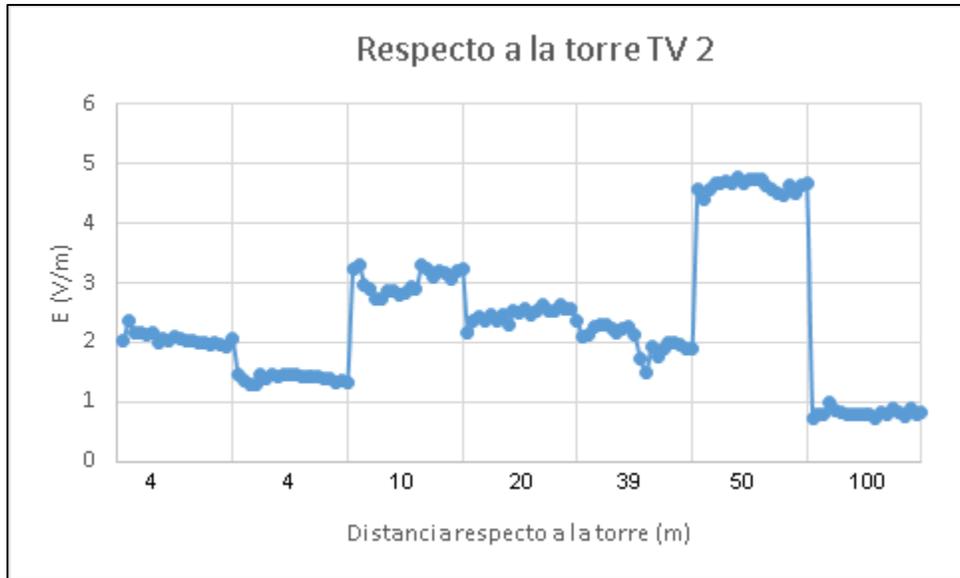


Figura 20. Estación TV 2, puntos medidos con respecto a la base de la torre, fuente autor.

En la figura 20, a 10, 20 y 39 metros respectivamente se observa como a medida que se aleja la medición de la fuente radiante el campo eléctrico disminuye, a 50 metros de la torre de interés (punto 6 de la tabla) los valores de campo aumentan debido a que la medición se hace cerca de otra fuente radiante a 100 metros de la torre se puede observar como disminuye considerablemente los valores de campo.

Estación TV 3

Los puntos medidos del 1 al 9 se hicieron en el cuarto de equipos, del 10 al 13 dentro de la casa del custodio de la estación y del 14 al 27 en las vecindades de la torre.

Tabla 14. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 3, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	5.00	2.82	2.33	2.74	0.10	3.76	4.62	10.07
2	5.00	1.73	1.59	1.65	0.04	2.31	2.84	6.18
3	5.00	1.75	1.61	1.67	0.04	2.47	2.87	6.25
4	5.00	2.53	2.08	2.31	0.13	5.82	4.15	9.04
5	5.00	2.74	2.20	2.59	0.12	4.52	4.49	9.79
6	5.00	2.56	2.23	2.46	0.09	3.84	4.20	9.14
7	5.00	2.53	2.28	2.47	0.05	2.05	4.15	9.04
8	5.00	4.74	4.04	4.53	0.16	3.50	7.77	16.93
9	5.00	2.94	2.47	2.76	0.09	3.28	4.82	10.50
10	20.00	2.37	2.15	2.29	0.06	2.55	3.89	8.46
11	20.00	2.11	1.75	1.99	0.07	3.34	3.46	7.54
12	20.00	3.41	2.88	2.98	0.12	4.04	5.59	12.18
13	20.00	2.19	2.06	2.13	0.04	1.83	3.59	7.82

Tabla 15. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 3, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
14	1.00	2.56	2.36	2.46	0.06	2.39	4.20	9.14
15	1.00	3.71	3.46	3.63	1.83	50.41	6.08	13.25
16	1.00	3.65	3.27	3.41	0.08	2.41	5.98	13.04
17	1.00	2.68	2.29	2.54	0.11	4.19	4.39	9.57
18	20.00	3.00	2.80	2.88	0.05	1.80	4.92	10.71
19	30.00	4.11	3.70	3.95	0.12	2.98	6.74	14.68
20	50.00	2.35	2.27	2.30	0.02	0.78	3.85	8.39
21	70.00	3.17	2.83	3.01	0.10	3.35	5.20	11.32
22	80.00	1.68	1.50	1.61	0.05	3.05	2.75	6.00
23	80.00	2.51	2.32	2.41	0.06	2.36	4.11	8.96
24	100.00	2.04	1.86	1.99	0.05	2.28	3.34	7.29
25	120.00	2.90	2.54	2.70	0.14	5.26	4.75	10.36
26	150.00	1.29	1.12	1.18	0.05	4.06	2.11	4.61
27	170.00	1.16	1.09	1.12	0.02	1.88	1.90	4.14



Figura 21. Estación TV 3, puntos medidos con respecto a la base de la torre, fuente autor.

En la estación TV 3 se encontraron diferentes fuentes radiantes lo cual hace que los valores de campo fluctuen en algunos sitios de medición considerablemente con respecto a la estación mencionada, la figura 21 muestra, los puntos que estan a 1 metro de la fuente (los puntos de medición 14, 15, 16 y 17 de la tabla 15 respectivamente), así los puntos 15 y 16 estan en dirección a la que se propaga la fuente radiante y el campo electrico es mayor en consideracion a los puntos 14 y 17 según la figura 21, tambien se observa que en el punto 19 el campo electrico es mayor a los demas puntos esto se da por que en este punto medido se encuentra la direccion de propagación 90 °, en los puntos 20 al 24 se observa como a medida que se aleja la medicion de la fuente radiante el campo electrico disminuye, en el punto 25, 26 y 27 no se puede hacer un buen analisis debido a que los datos son insuficientes, por la geografía de la estación.

Estación TV 4

Los puntos medidos del 1 al 8 se hicieron en el cuarto de equipos, del 9 al 13 dentro de la casa del custodio de la estación, 14 al 16 en la base de la torre y del 17 al 27 en las vecindades de la torre.

Tabla 16. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 4, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	5.00	5.66	5.25	5.56	0.09	1.61	9.28	20.21
2	5.00	5.74	4.86	5.33	0.30	5.63	9.41	20.50
3	5.00	6.77	6.34	6.55	0.09	1.45	11.10	24.18
4	5.00	3.50	3.10	3.35	0.10	3.07	5.74	12.50
5	5.00	4.26	3.69	4.00	0.13	3.21	6.98	15.21
6	5.00	3.08	2.79	3.01	0.07	2.23	5.05	11.00
7	5.00	3.64	3.19	3.52	0.10	2.92	5.97	13.00
8	5.00	6.30	5.90	5.98	0.09	1.50	10.33	22.50
9	5.00	4.27	3.84	4.04	0.11	2.85	7.00	15.25
10	5.00	4.12	3.79	3.93	0.09	2.35	6.75	14.71
11	5.00	1.81	1.75	1.78	0.01	0.80	2.97	6.46
12	5.00	6.37	5.75	6.05	0.14	2.23	10.44	22.75
13	5.00	5.50	5.22	5.30	0.06	1.22	9.02	19.64

Tabla 17. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en la base de la torre, estación TV 4, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
14	0.00	5.71	5.47	5.61	0.05	0.97	9.36	20.39
15	0.00	7.09	6.73	6.87	3.47	50.48	11.62	25.32
16	0.00	5.65	5.12	5.40	0.19	3.46	9.26	20.18

Tabla 18. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 4, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
17	15.00	6.54	6.18	6.40	0.10	1.62	10.72	23.36
18	15.00	8.35	7.42	8.01	0.27	3.35	13.69	29.82
19	25.00	8.48	7.67	8.02	0.26	3.19	13.90	30.29
20	30.00	5.31	4.79	5.10	0.14	2.75	8.70	18.96
21	50.00	7.86	6.65	7.00	0.29	4.19	12.89	28.07
22	50.00	7.17	6.63	6.93	0.16	2.38	11.75	25.61
23	60.00	6.58	6.15	6.34	0.13	1.99	10.79	23.50
24	70.00	6.34	5.77	6.07	0.15	2.49	10.39	22.64
25	70.00	4.44	3.92	4.30	0.11	2.65	7.28	15.86
26	150.00	8.17	7.38	7.95	0.20	2.46	13.39	29.18
27	180.00	8.00	6.16	6.81	0.36	5.35	13.11	28.57

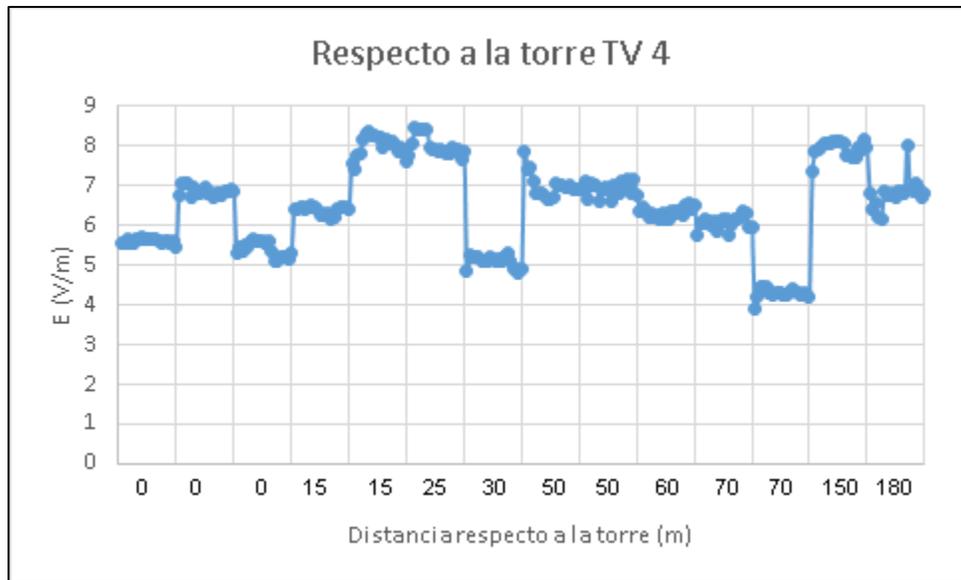


Figura 22. Estación TV 4, puntos medidos con respecto a la base de la torre, fuente autor.

En la estación TV 4 se encontraron diferentes fuentes radiantes cercanas, por lo cual se hace difícil una interpretación de estos datos, sin embargo se puede observar como el campo disminuye a medida que la medición se aleja desde 50 metros hasta 70 metros.

Estación TV 5

Los puntos medidos del 1 al 9 se hicieron en el cuarto de equipos y del 10 al 21 en las vecindades de la torre.

Tabla 19. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 5, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	10.00	0.85	0.44	0.53	0.08	15.67	1.39	3.04
2	10.00	1.32	1.06	1.24	0.08	6.03	2.16	4.71
3	10.00	1.29	1.03	1.19	0.07	6.26	2.11	4.61
4	10.00	1.92	1.36	1.68	0.16	9.70	3.15	6.86
5	10.00	0.38	0.31	0.36	0.02	4.77	0.62	1.36
6	10.00	1.41	1.19	1.34	0.05	3.88	2.31	5.04
7	10.00	1.36	0.81	0.98	0.14	14.77	2.23	4.86
8	10.00	1.12	1.04	1.08	0.02	2.02	1.84	4.00
9	15.00	5.08	1.51	4.51	1.02	22.74	8.33	18.14

Tabla 20. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 5, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
10	3.00	2.41	1.96	2.19	0.14	6.25	3.95	8.61
11	3.00	2.93	2.71	2.81	0.07	2.51	4.80	10.46
12	3.00	1.85	1.54	1.61	0.06	4.02	3.03	6.61
13	3.00	1.23	1.03	1.14	0.07	5.87	2.02	4.39
14	10.00	2.25	2.12	2.19	0.04	1.80	3.69	8.04
15	10.00	4.43	4.11	4.27	0.11	2.49	7.26	15.82
16	30.00	1.88	1.71	1.84	0.92	50.04	3.08	6.71
17	30.00	5.83	5.38	5.72	0.12	2.07	9.56	20.82
18	40.00	5.22	4.81	4.94	0.09	1.83	8.56	18.64
19	70.00	1.46	1.38	1.44	0.02	1.34	2.39	5.21
20	100.00	3.16	2.76	3.02	0.12	4.00	5.18	11.29
21	200.00	1.44	1.38	1.40	0.01	1.02	2.36	5.14

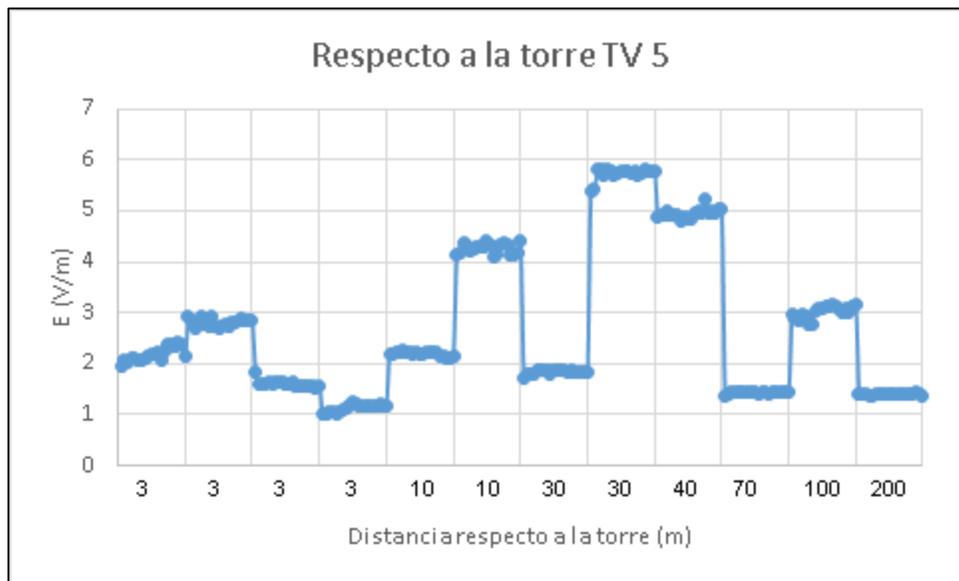


Figura 23. Estación TV 5, puntos medidos con respecto a la base de la torre, fuente autor.

En la estación TV 5 se encontraron diferentes fuentes radiantes cercanas, por lo cual se hace difícil una interpretación de estos datos. Los puntos 10 al 13 de la tabla 13 fueron tomados en la base de la torre, en la gráfica 23 se puede observar que en los puntos 10, 11, 12 y 13 el campo eléctrico es más alto en el punto 11, también en

los puntos 18, 19 y 20 el campo disminuye a medida que se aleja de la base de la torre.

Estación TV 6

Los puntos medidos del 1 al 8 se hicieron en el cuarto de equipos y del 9 al 12 en la casa del custodio de la estación, del 13 al 20 en la base de la torre y del 21 al 28 en las vecindades de la torre.

Tabla 21. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 6, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	15.00	5.25	3.91	4.32	0.30	7.03	8.61	18.75
2	15.00	2.31	1.66	1.94	0.16	8.16	3.79	8.25
3	15.00	3.49	2.46	2.95	0.25	8.41	5.72	12.46
4	15.00	1.47	1.12	1.27	0.07	5.41	2.41	5.25
5	15.00	1.15	0.82	1.00	0.08	7.72	1.89	4.11
6	15.00	9.74	6.33	7.99	1.08	13.54	15.97	34.79
7	15.00	7.74	6.19	6.59	0.36	5.43	12.69	27.64
8	15.00	4.15	3.79	3.95	0.10	2.41	6.80	14.82
9	15.00	1.02	0.69	0.95	0.09	9.38	1.67	3.64
10	15.00	1.01	0.79	0.85	0.05	5.72	1.66	3.61
11	15.00	0.65	0.49	0.56	0.03	6.02	1.07	2.32
12	15.00	1.00	0.87	0.94	0.03	2.95	1.64	3.57

Tabla 22. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en la base de la torre, estación TV 6, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
13	0.00	1.26	0.86	0.95	0.09	8.98	2.07	4.50
14	0.00	1.17	0.93	1.02	0.07	6.96	1.92	4.18
15	0.00	1.31	0.97	1.18	0.59	50.41	2.15	4.68
16	0.00	1.26	1.03	1.15	0.06	5.04	2.07	4.50
17	0.00	1.69	1.31	1.47	0.09	5.98	2.77	6.04
18	0.00	1.25	1.15	1.20	0.02	2.07	2.05	4.46
19	0.00	2.07	1.91	1.98	0.05	2.38	3.39	7.39
20	0.00	1.65	1.53	1.57	0.03	1.98	2.70	5.89

Tabla 23. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 6, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
21	10.00	2.30	2.03	2.13	0.09	4.00	3.77	8.21
22	15.00	1.75	1.61	1.70	0.03	1.95	2.87	6.25
23	20.00	2.22	1.96	2.04	0.06	3.00	3.64	7.93
24	30.00	4.04	3.55	3.72	0.13	3.38	6.62	14.43
25	50.00	2.29	1.63	1.81	0.17	9.16	3.75	8.18
26	60.00	2.38	1.99	2.25	0.12	5.19	3.90	8.50
27	60.00	1.23	1.07	1.16	0.05	4.51	2.02	4.39
28	60.00	1.23	1.43	1.64	0.12	7.16	2.02	4.39



Figura 24. Estación TV 6, puntos medidos con respecto a la base de la torre, fuente autor.

En la estación TV 6 se encontraron diferentes fuentes radiantes cercanas, por lo cual se hace difícil una interpretación de estos datos se puede observar como a 30 metros de la fuente radiante el campo aumenta considerablemente esto se puede dar por la cercanía a otras fuentes radiantes cercanas a esta distancia.

Estación TV 7

Los puntos medidos del 1 al 10 se hicieron en el cuarto de equipos y del 11 al 15 en la casa del custodio de la estación y del 16 al 25 en las vecindades de la torre.

Tabla 24. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 7, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	10.00	1.31	1.18	1.24	0.04	2.86	2.15	4.68
2	10.00	1.18	1.04	1.11	0.04	3.48	1.93	4.21
3	10.00	1.21	1.13	1.16	0.02	1.74	1.98	4.32
4	10.00	0.88	0.84	0.87	0.01	1.56	1.44	3.14
5	10.00	0.82	0.76	0.78	0.02	2.19	1.34	2.93
6	10.00	0.59	0.54	0.57	0.01	2.05	0.97	2.11
7	10.00	0.98	0.92	0.94	0.01	1.48	1.61	3.50
8	10.00	0.88	0.80	0.85	0.02	2.38	1.44	3.14
9	10.00	1.00	0.86	0.92	0.05	5.43	1.64	3.57
10	10.00	1.04	0.88	0.96	0.05	5.32	1.70	3.71
11	30.00	3.50	2.75	3.27	0.20	6.16	5.74	12.50
12	30.00	3.22	2.81	3.09	0.10	3.38	5.28	11.50
13	27.00	3.30	2.77	3.01	0.14	4.66	5.41	11.79
14	25.00	3.14	2.96	3.05	0.05	1.61	5.15	11.21
15	25.00	2.80	2.67	2.75	0.04	1.41	4.59	10.00

Tabla 25. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 7, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
16	2.00	0.83	0.67	0.73	0.05	7.07	1.36	2.96
17	2.00	1.22	1.04	1.11	0.05	4.92	2.00	4.36
18	2.00	1.11	1.00	1.04	0.02	2.29	1.82	3.96
19	2.00	0.88	0.73	0.80	0.04	5.38	1.44	3.14
20	10.00	1.05	0.84	0.95	0.06	6.63	1.72	3.75
21	10.00	1.67	1.46	1.60	0.06	3.52	2.74	5.96
22	20.00	2.95	2.55	2.73	0.12	4.37	4.84	10.54
23	40.00	3.62	3.24	3.51	0.09	2.63	5.93	12.93
24	60.00	4.49	4.07	4.21	0.12	2.88	7.36	16.04
25	70.00	2.70	2.56	2.64	0.04	1.56	4.43	9.64



Figura 25. Estación TV 7, puntos medidos con respecto a la base de la torre, fuente autor.

Se puede observar en la figura 25 como a medida que la medición se aleja de la fuente radiante de interés el campo aumenta, esto se da por que las muestras se van tomando cerca de otra fuente radiante, a 70 m se ve como el campo disminuye considerablemente esto se da porque se empieza a alejar de esa misma.

Estación TV 8

Los puntos medidos del 1 al 9 se hicieron en el cuarto de equipos y del 10 al 25 en las vecindades de la torre.

Tabla 26. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 8, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	15.00	0.66	0.55	0.62	0.03	5.35	1.08	2.36
2	15.00	2.12	1.86	1.96	0.09	4.65	3.48	7.57
3	15.00	2.83	2.03	2.49	0.22	9.00	4.64	10.11
4	15.00	0.79	0.52	0.63	0.09	14.48	1.30	2.82
5	15.00	0.73	0.66	0.70	0.02	2.75	1.20	2.61
6	15.00	1.68	1.36	1.60	0.09	5.47	2.75	6.00
7	15.00	2.64	2.44	2.54	0.06	2.24	4.33	9.43
8	15.00	4.27	3.43	3.97	0.22	5.64	7.00	15.25
9	15.00	0.60	0.48	0.55	0.03	5.32	0.98	2.14

Tabla 27. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 8, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
10	5.00	1.47	1.36	1.43	0.03	1.91	2.41	5.25
11	5.00	1.12	1.06	1.09	0.02	1.48	1.84	4.00
12	5.00	1.40	1.23	1.32	0.04	3.29	2.30	5.00
13	5.00	1.71	1.60	1.65	0.03	1.76	2.80	6.11
14	10.00	0.89	0.59	0.84	0.06	7.19	1.46	3.18
15	20.00	1.60	1.52	1.56	0.03	1.73	2.62	5.71
16	20.00	2.60	2.35	2.43	0.05	2.05	4.26	9.29
17	30.00	0.61	0.57	0.59	0.01	2.03	1.00	2.18
18	30.00	0.95	0.84	0.91	0.02	2.62	1.56	3.39
19	40.00	2.67	2.34	2.49	0.09	3.63	4.38	9.54
20	50.00	1.98	1.84	1.90	0.05	2.79	3.25	7.07
21	60.00	0.66	0.62	0.63	0.01	1.82	1.08	2.36
22	100.00	0.62	0.59	0.60	0.01	1.79	1.02	2.21
23	100.00	1.18	1.15	1.16	0.01	0.58	1.93	4.21
24	200.00	1.86	1.48	1.82	0.08	4.60	3.05	6.64
25	250.00	1.13	0.96	1.01	0.04	4.31	1.85	4.04

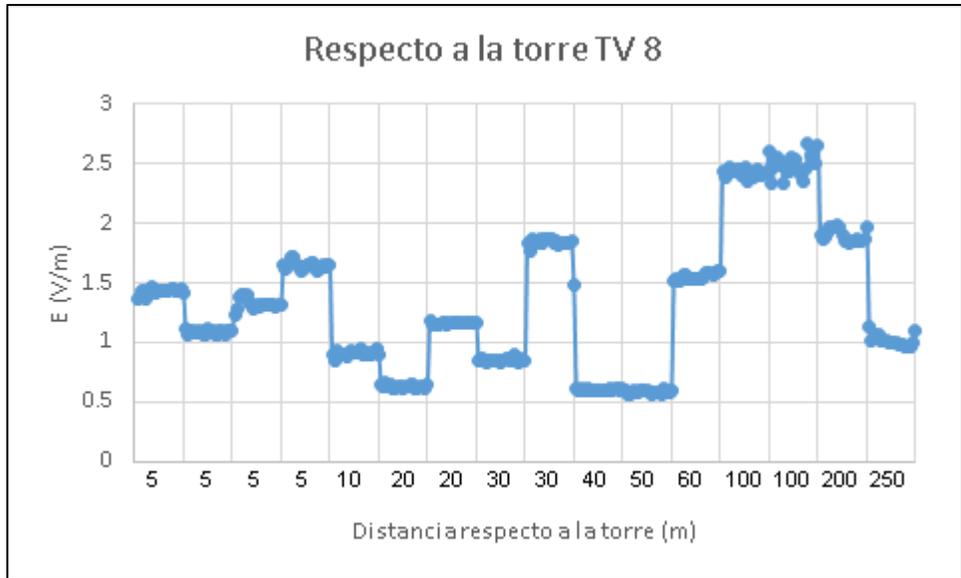


Figura 26. Estación TV 8, puntos medidos con respecto a la base de la torre, fuente autor.

En la estación TV 8 se encontraron diferentes fuentes radiantes cercanas, por lo cual se hace difícil una interpretación de estos datos.

Estación TV 9

Los puntos 1 y 2 se hicieron en el cuarto de equipos y del 3 al 17 en las vecindades de la torre.

Tabla 28. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 9, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	100.00	1.23	0.67	0.87	0.17	19.30	2.02	4.39
2	100.00	1.11	1.01	1.06	0.03	2.74	1.82	3.96

Tabla 29. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 9, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
3	3.00	1.23	1.18	1.20	0.01	1.16	2.02	4.39
4	3.00	2.13	2.07	2.10	0.01	0.64	3.49	7.61
5	3.00	1.36	1.10	1.17	0.08	6.93	2.23	4.86
6	3.00	2.07	1.10	1.97	0.21	10.50	3.39	7.39
7	5.00	1.49	1.37	1.42	0.03	2.11	2.44	5.32
8	6.00	0.71	0.57	0.63	0.04	6.10	1.16	2.54
9	10.00	1.54	1.34	1.46	0.05	3.53	2.52	5.50
10	15.00	2.12	1.60	1.94	0.11	5.52	3.48	7.57
11	20.00	1.07	0.92	1.00	0.04	4.12	1.75	3.82
12	52.00	6.09	5.79	5.95	0.07	1.18	9.98	21.75
13	60.00	1.05	0.98	1.01	0.02	1.65	1.72	3.75
14	90.00	0.98	0.88	0.93	0.03	3.20	1.61	3.50
15	110.00	1.35	1.24	1.30	0.03	2.23	2.21	4.82
16	120.00	0.90	0.80	0.84	0.03	3.63	1.48	3.21
17	175.00	0.90	0.77	0.84	0.03	3.87	1.48	3.21

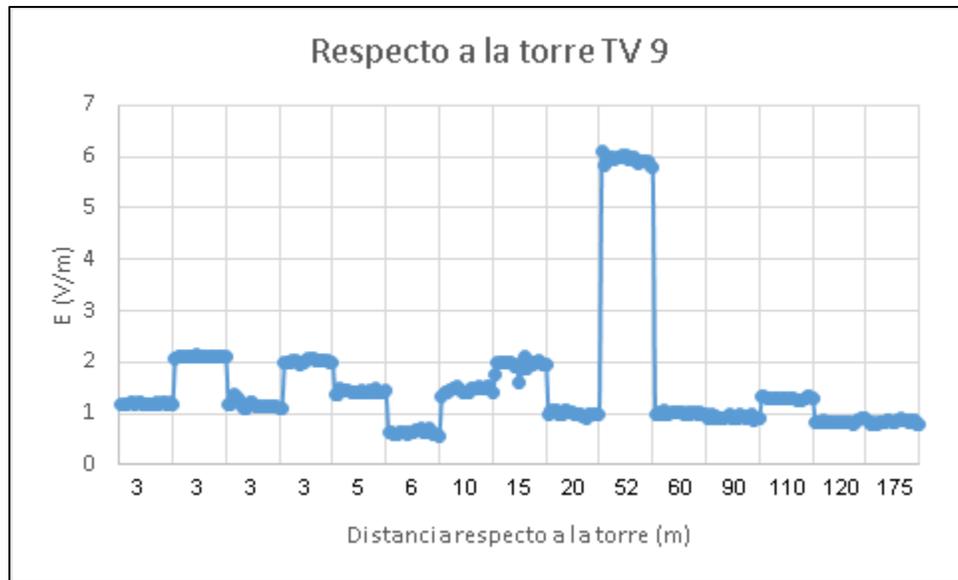


Figura 27. Estación TV 9, puntos medidos con respecto a la base de la torre, fuente autor.

En esta estación a 52 m se observa un aumento considerable de campo, esto se da por la cercanía a otra fuente radiante.

Estación TV 10

Los puntos medidos del 1 al 6 se hicieron en el cuarto de equipos en 7 y 8 en la casa del custodio de la estación, del 9 al 12 en la base de la torre y del 13 al 20 en las vecindades de la torre.

Tabla 30. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 10, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	15.00	2.76	2.26	2.56	0.15	5.91	4.52	9.86
2	15.00	2.74	2.12	2.54	0.20	7.93	4.49	9.79
3	15.00	2.47	2.20	2.34	0.08	3.24	4.05	8.82
4	15.00	2.62	1.99	2.43	0.21	8.52	4.30	9.36
5	15.00	2.37	2.08	2.18	0.08	3.55	3.89	8.46
6	15.00	2.62	2.27	2.39	0.10	4.30	4.30	9.36
7	25.00	3.41	3.05	3.25	0.11	3.32	5.59	12.18
8	25.00	3.86	2.73	3.26	0.31	9.63	6.33	13.79

Tabla 31. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en la base de la torre, estación TV 10, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
9	0.00	3.30	3.12	3.21	0.05	1.57	5.41	11.79
10	0.00	3.26	2.93	3.14	0.10	3.23	5.34	11.64
11	0.00	3.05	2.78	2.90	0.08	2.70	5.00	10.89
12	0.00	2.86	2.59	2.72	0.06	2.36	4.69	10.21

Tabla 32. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 10, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
13	10.00	4.66	3.85	4.22	0.22	5.24	7.64	16.64
14	10.00	5.47	4.95	5.28	0.15	2.79	8.97	19.54
15	20.00	4.71	4.30	4.49	0.13	2.92	7.72	16.82
16	50.00	2.75	2.52	2.64	0.07	2.72	4.51	9.82
17	70.00	3.18	2.57	2.85	0.19	6.65	5.21	11.36
18	100.00	6.15	5.21	5.52	0.28	5.01	10.08	21.96
19	150.00	3.71	3.18	3.47	0.19	5.37	6.08	13.25
20	200.00	9.46	8.34	8.62	0.26	2.96	15.51	33.79

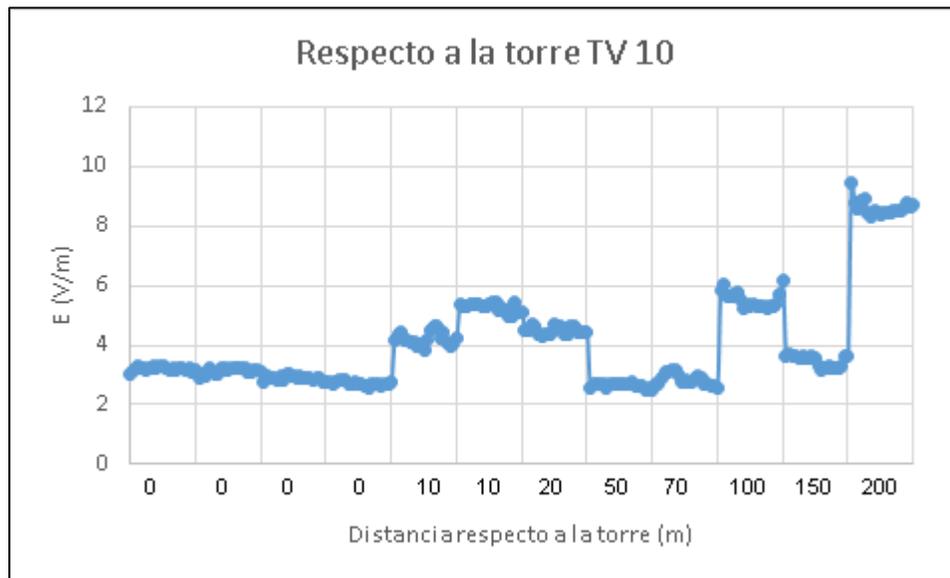


Figura 28. Estación TV 10, puntos medidos con respecto a la base de la torre, fuente autor.

En la estación TV 10 se encontraron diferentes fuentes radiantes cercanas, por lo tanto se puede observar, que a 100 m la medición se empieza a acercar a otra fuente radiante, que radia más campo en el área poblacional de la fuente radiante de interés.

Estación TV 11

Los puntos medidos del 1 al 16 se hicieron en el cuarto de equipos y del 21 al 29 en las vecindades de la torre.

Tabla 33. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 11, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	100.00	0.41	0.35	0.38	0.02	4.02	0.67	1.46
2	100.00	0.89	0.84	0.87	0.01	1.38	1.46	3.18
3	100.00	0.48	0.43	0.46	0.01	3.23	0.79	1.71
4	100.00	0.60	0.56	0.57	0.01	1.46	0.98	2.14
5	100.00	1.11	0.99	1.03	0.03	3.06	1.82	3.96
6	100.00	1.18	0.33	1.10	0.18	16.76	1.93	4.21
7	100.00	0.45	0.39	0.43	0.01	2.80	0.74	1.61
8	100.00	1.05	0.72	0.96	0.08	8.54	1.72	3.75
9	100.00	0.88	0.78	0.83	0.03	4.05	1.44	3.14
10	100.00	0.41	0.37	0.39	0.01	2.40	0.67	1.46
11	100.00	0.50	0.41	0.45	0.02	4.84	0.82	1.79
12	100.00	1.20	1.13	1.19	0.02	1.30	1.97	4.29
13	100.00	0.95	0.83	0.89	0.03	3.33	1.56	3.39
14	100.00	1.07	0.95	1.02	0.03	2.85	1.75	3.82
15	100.00	0.96	0.82	0.90	0.03	2.95	1.57	3.43
16	100.00	0.84	0.80	0.82	0.01	1.40	1.38	3.00

Tabla 34. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 11, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
21	1.00	12.71	10.88	12.04	0.46	3.78	20.84	45.39
22	1.00	13.49	12.13	13.16	0.32	2.47	22.11	48.18
23	2.00	9.51	8.61	9.05	0.28	3.09	15.59	33.96
24	2.00	7.12	6.69	6.90	0.11	1.62	11.67	25.43
20	10.00	1.38	1.20	1.27	0.05	3.80	2.26	4.93
25	15.00	6.52	5.24	6.19	0.28	4.46	10.69	23.29
19	20.00	2.78	2.67	2.73	0.03	1.10	4.56	9.93
26	20.00	6.00	5.26	5.86	0.19	3.28	9.84	21.43
18	50.00	2.57	2.38	2.48	0.06	2.29	4.21	9.18
17	80.00	2.33	1.95	2.24	0.13	5.92	3.82	8.32
27	130.00	2.21	1.66	1.85	0.14	7.56	3.62	7.89
28	150.00	13.49	1.89	1.97	0.06	3.05	22.11	48.18
29	220.00	1.17	0.73	0.80	0.10	12.79	1.92	4.18

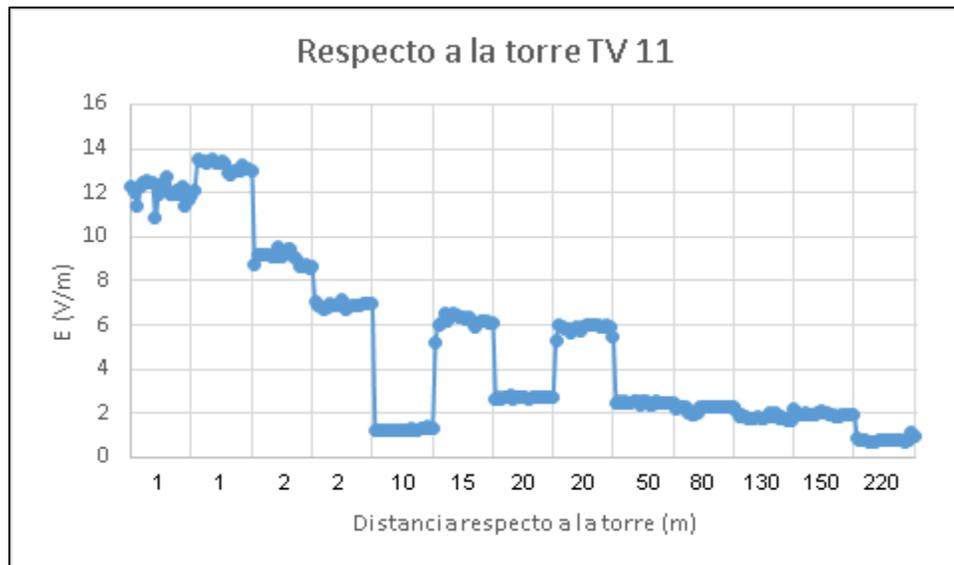


Figura 29. Estación TV 11, puntos medidos con respecto a la base de la torre, fuente autor.

Se puede observar en la figura 29 como a medida que la medición se aleja de la fuente radiante de interés, el campo en esta estación disminuye, a pesar de que en la estación TV 11 se encontraron diferentes fuentes radiantes cercanas, esto debido a que la potencia de trasmisión de esta fuente radiante es más alta que las fuentes radiantes cercanas.

Estación TV 12

Los puntos medidos del 1 al 10 se hicieron en el cuarto de equipos, en 11 y 12 en la casa del custodio de la estación, del 13 al 16 en la base de la torre y del 17 al 22 en las vecindades de la torre.

Tabla 35. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 12, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	15.00	0.38	0.34	0.26	0.04	14.82	0.62	1.36
2	15.00	0.52	0.47	0.45	0.02	3.68	0.85	1.86
3	15.00	0.91	0.70	0.66	0.05	8.30	1.49	3.25
4	15.00	0.44	0.41	0.39	0.01	3.82	0.72	1.57
5	15.00	0.50	0.45	0.43	0.02	4.96	0.82	1.79
6	15.00	0.62	0.54	0.51	0.02	4.31	1.02	2.21
7	15.00	0.64	0.59	0.54	0.02	3.58	1.05	2.29
8	15.00	0.49	0.46	0.44	0.01	2.40	0.80	1.75
9	15.00	0.77	0.74	0.66	0.02	3.55	1.26	2.75
10	15.00	0.48	0.42	0.36	0.04	11.84	0.79	1.71
11	22.00	0.83	0.72	0.66	0.04	5.35	1.36	2.96
12	22.00	0.35	0.32	0.27	0.02	6.65	0.57	1.25

Tabla 36. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en la base de la torre, estación TV 12, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
13	0.00	1.51	1.21	1.00	0.15	15.24	2.48	5.39
14	0.00	1.74	1.52	1.45	0.07	4.54	2.85	6.21
15	0.00	1.85	1.67	1.54	0.09	5.65	3.03	6.61
16	0.00	4.12	3.92	3.67	0.14	3.70	6.75	14.71

Tabla 37. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 12, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
17	15.00	6.71	6.38	4.06	0.56	13.80	11.00	23.96
18	15.00	1.49	1.40	1.25	0.05	4.28	2.44	5.32
19	20.00	6.67	6.39	6.33	0.07	1.13	10.93	23.82
20	100.00	3.66	3.48	3.30	0.11	3.23	6.00	13.07
21	150.00	0.89	0.86	0.81	0.02	2.90	1.46	3.18
22	330.00	2.70	2.55	2.41	0.09	3.77	4.43	9.64

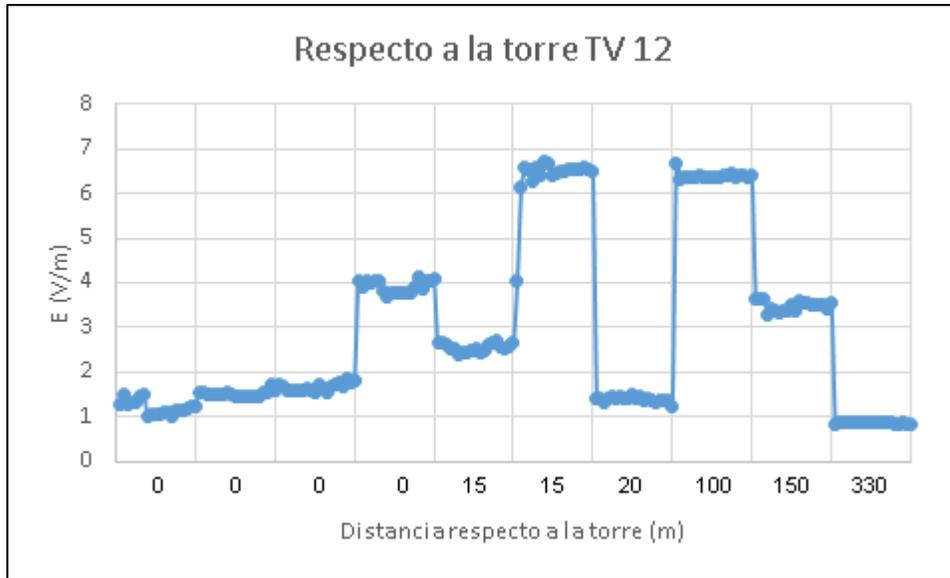


Figura 30. Estación TV 12, puntos medidos con respecto a la base de la torre, fuente autor.

En la estación TV 12 se encontraron diferentes fuentes radiantes lo cual hace que los valores de campo fluctuen en algunos sitios de medición considerablemente con respecto a la estación mencionada.

Estación TV 13

Los puntos medidos del 1 al 9 se hicieron en el cuarto de equipos y del 10 al 21 en las vecindades de la torre.

Tabla 38. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 13, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	15.00	0.92	0.77	0.85	0.05	5.69	1.51	3.29
2	15.00	1.05	0.91	0.98	0.03	3.28	1.72	3.75
3	15.00	0.98	0.87	0.95	0.02	2.53	1.61	3.50
4	15.00	1.05	0.92	0.99	0.03	2.69	1.72	3.75
5	15.00	0.85	0.79	0.81	0.02	2.00	1.39	3.04
6	15.00	0.84	0.72	0.78	0.03	4.06	1.38	3.00
7	15.00	1.13	1.03	1.05	0.02	2.04	1.85	4.04
8	15.00	0.76	0.68	0.71	0.02	2.63	1.25	2.71
9	15.00	1.37	1.26	1.33	0.03	2.48	2.25	4.89

Tabla 39. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 13, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
10	2.00	1.99	1.84	1.91	0.04	2.18	3.26	7.11
11	2.00	2.47	2.29	2.35	0.05	2.22	4.05	8.82
12	2.00	3.20	2.92	2.98	0.07	2.19	5.25	11.43
13	2.00	4.81	4.42	4.66	0.12	2.50	7.89	17.18
14	10.00	3.78	3.03	3.34	0.22	6.69	6.20	13.50
15	15.00	2.77	2.53	2.62	0.07	2.62	4.54	9.89
16	15.00	2.37	2.17	2.26	0.06	2.87	3.89	8.46
17	15.00	4.55	3.97	4.40	0.13	2.86	7.46	16.25
18	20.00	3.52	3.21	3.39	0.10	2.83	5.77	12.57
19	25.00	1.75	1.63	1.69	0.03	1.87	2.87	6.25
20	50.00	3.00	2.76	2.88	0.08	2.73	4.92	10.71
21	100.00	2.11	1.74	1.82	0.07	4.11	3.46	7.54

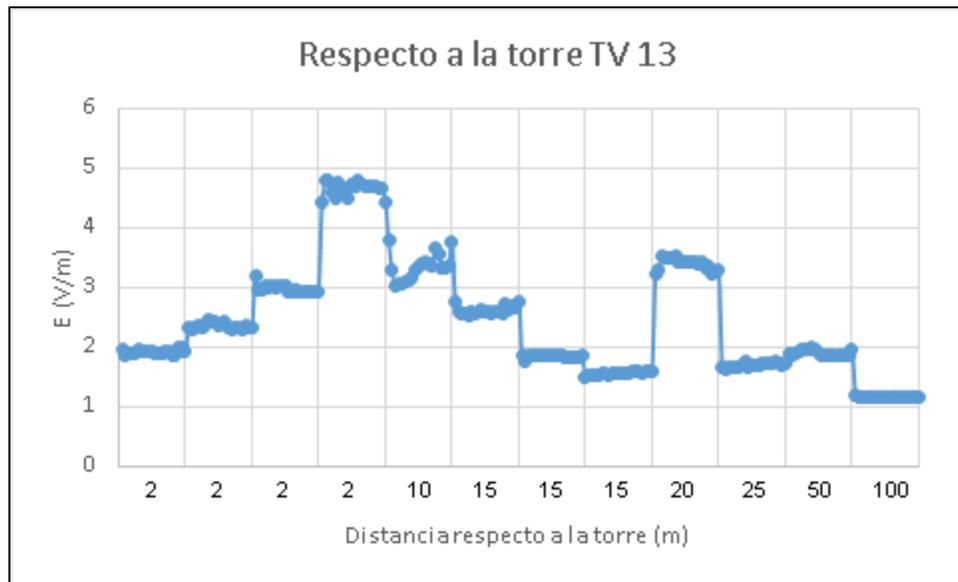


Figura 31. Estación TV 13, puntos medidos con respecto a la base de la torre, fuente autor.

En la estación TV 13 se encontraron diferentes fuentes radiantes lo cual hace que los valores de campo fluctuen en algunos sitios de medición considerablemente con respecto a la estación mencionada, sin embargo se puede observar como exepctuando a 20 m de la torre el campo disminuye a medida que se aleja la medicion de la fuente radiante de interes; el campo aumento a 20 m de la torre de interes debido a que la medicion se hizo en un sitio mas alto con respecto a los demas y esto hizo que la medicion se hiciera mas cerca de las fuentes radiantes.

Estación TV 14

Los puntos medidos 1 Y 2 se hicieron en el cuarto de equipos del 3 al 5 en la base de la torre y del 6 al 15 en las vecindades de la torre

Tabla 40. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en el cuarto de equipos, estación TV 14, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	4.00	0.14	0.12	0.13	0.01	5.44	0.24	0.52
2	4.00	0.06	0.04	0.05	0.01	10.52	0.09	0.20

Tabla 41. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en la base de la torre, estación TV 14, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
3	0.00	0.16	0.12	0.14	0.01	6.64	0.26	0.57
4	0.00	0.09	0.08	0.09	0.00	3.79	0.15	0.34
5	0.00	0.08	0.07	0.07	0.00	4.58	0.13	0.28

Tabla 42. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP en las vecindades de la torre, estación TV 14, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
6	5.00	0.08	0.06	0.07	0.00	5.39	0.12	0.27
7	7.00	0.06	0.06	0.06	0.00	2.43	0.10	0.22
8	8.00	0.05	0.04	0.05	0.00	4.91	0.09	0.19
9	9.00	0.05	0.02	0.03	0.01	24.64	0.08	0.18
10	10.00	0.09	0.07	0.08	0.00	4.88	0.14	0.31
11	10.00	0.05	0.04	0.05	0.01	10.58	0.09	0.19
12	10.00	0.19	0.13	0.16	0.01	8.35	0.30	0.66
13	15.00	0.10	0.08	0.09	0.01	6.22	0.17	0.37
14	30.00	0.03	0.03	0.03	0.00	3.31	0.05	0.10
15	50.00	0.05	0.04	0.04	0.00	2.98	0.08	0.17

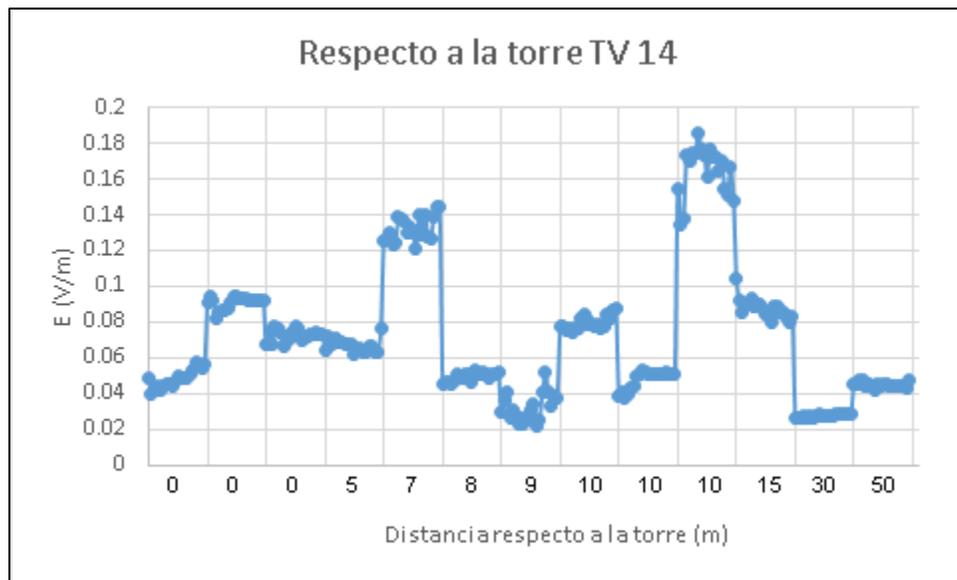


Figura 32. Estación TV 14, puntos medidos con respecto a la base de la torre, fuente autor.

En la estación TV 14 se encontraron diferentes fuentes radiantes lo cual hace que los valores de campo fluctuen en algunos sitios de medición considerablemente con respecto a la estación mencionada.

Análisis de datos por estaciones FM

Como se pudo observar en las estaciones de televisión mencionadas, a mayor distancia de la fuente radiante menor es la intensidad de campo eléctrico generada.

En tabla 23 se hace un análisis por cada estación de televisión medida, se puede observar que los valores máximos de campo eléctrico entre cada estación son muy dispersos entre sí (con una desviación estándar de 55%), al igual que los valores mínimos (desviación estándar 86%), por esta razón no se puede deducir un modelo de propagación simplificado, además los datos capturados en estas medidas son insuficientes debido a la geografía de las estaciones.

Para un análisis más completo y detallado es necesario hacer estas mediciones en estaciones donde la geografía permita tomar más muestras y tener en cuenta la distancia a la fuente radiante.

Tabla 43. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP por estaciones de televisión medidas, fuente autor.

Estación Medida	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
TV 1	3.38	1.00	1.72	0.62	35.82	5.54	12.07
TV 2	12.44	0.74	5.24	4.14	79.09	20.39	44.43
TV 3	4.74	1.09	2.51	0.77	30.66	7.77	16.93
TV 4	8.48	1.75	5.53	1.59	28.71	13.90	30.29
TV 5	5.83	0.31	2.17	1.49	68.68	9.56	20.82
TV 6	9.74	0.49	2.15	1.73	80.35	15.97	2.46
TV 7	4.49	0.54	1.75	1.09	62.29	7.36	16.04
TV 8	4.27	0.48	1.46	0.84	57.28	7.00	15.25
TV 9	6.09	0.57	1.51	1.10	72.85	9.98	21.75
TV 10	9.46	1.99	3.50	1.51	43.01	15.51	33.79
TV 11	13.49	0.33	2.72	3.45	127.11	22.11	48.18
TV 12	6.71	0.26	1.61	1.80	111.54	11.00	23.96
TV 13	4.81	0.68	1.85	1.15	62.32	7.89	17.18
TV 14	0.19	0.02	0.08	0.04	52.17	0.30	0.66

Como se puede observar en la tabla 23, el porcentaje del valor máximo respecto al límite ocupacional y poblacional (TV 11), no supera los límites recomendados por ICNIRP, por lo tanto las estaciones de servicio de televisión FM de la tabla 3 cumplen con las condiciones técnicas definidas por la Comisión Nacional de Televisión y el Acuerdo 003 de Junio de 2009, en cuanto al alcance de protocolo y/o el cumplimiento de los niveles de campos electromagnéticos, no exponiendo a la población a emisiones radioeléctricas que excedan los límites máximos definidos por el PUF.

5.2 ESTACIONES AM

En todas las estaciones de AM los límites ocupacionales de campo eléctrico se toman como referencia 610 V/m y los límites poblacionales de campo eléctrico se toma 87 V/m.

Estación Radiodifusión 1

Los puntos medidos del 1 al 14 se hicieron en las vecindades de la torre y del 15 al 18 en el cuarto de equipos.

Campo eléctrico

Tabla 44. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM por punto de medición, estación Radiodifusión 1, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje del Valor Máximo de Campo E respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje del Valor Máximo de Campo E respecto al límite Poblacional (%)
1	6.00	92.51	73.54	77.48	4.49	5.80	15.17	106.33
2	7.00	204.73	135.64	153.09	14.37	9.38	33.56	235.32
3	8.00	215.20	141.01	168.94	20.41	12.08	35.28	247.36
4	10.00	126.70	85.27	94.48	10.76	11.38	20.77	145.63
5	11.00	77.76	49.07	57.41	5.73	9.99	12.75	89.38
6	12.00	75.72	49.85	55.98	7.01	12.52	12.41	87.03
7	14.00	75.32	45.95	52.74	6.97	13.21	12.35	86.57
8	15.00	71.19	2.14	45.68	11.95	26.15	11.67	81.83
9	27.00	62.08	33.99	39.47	9.71	24.60	10.18	71.36
10	41.00	44.95	32.23	34.96	2.60	7.44	7.37	51.67
11	44.00	47.26	28.69	33.34	5.71	17.13	7.75	54.32
12	56.00	57.14	43.47	47.53	3.18	6.69	9.37	65.68
13	67.00	38.36	25.50	29.49	2.87	9.73	6.29	44.09
14	84.00	39.49	28.89	32.57	3.50	10.75	6.47	45.39

Tabla 45. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 1, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje del Valor Máximo de Campo E respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje del Valor Máximo de Campo E respecto al límite Poblacional (%)
15	150.00	0.80	0.65	0.71	0.04	5.17	0.13	0.92
16	150.00	1.46	0.82	0.98	0.13	13.79	0.24	1.68
17	150.00	2.14	1.39	1.52	0.16	10.77	0.35	2.46
18	150.00	2.18	1.08	1.36	0.24	18.00	0.36	2.51

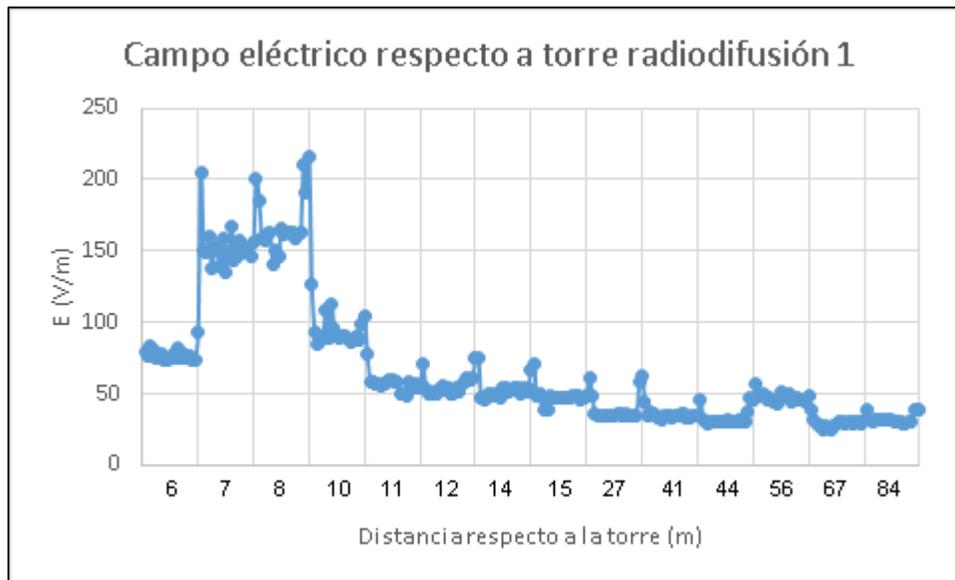


Figura 33. Estación radiodifusión 1, puntos medidos con respecto a la base de la torre campo eléctrico, fuente autor.

Campo magnético

Los límites de campo magnético ocupacional en esta estación son, ocupacional 2.81 A/m y poblacional 1.28 A/m.

Tabla 46. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM vecindades de la torre, estación Radiodifusión 1, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo H (V/m)	Valor Mínimo H (V/m)	Valor Promedio H (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje del Valor Máximo de Campo H respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje del Valor Máximo de Campo H respecto al límite Poblacional (%)
1	6.00	0.82	0.77	0.80	0.01	1.73	29.32	64.27
2	7.00	0.93	0.84	0.88	0.02	2.41	33.19	72.74
3	8.00	0.88	0.83	0.85	0.02	1.91	31.22	68.42
4	10.00	0.68	0.62	0.66	0.01	2.02	24.18	52.99
5	11.00	0.39	0.36	0.38	0.01	1.87	13.97	30.62
6	12.00	0.34	0.32	0.33	0.00	1.44	12.02	26.35
7	14.00	0.37	0.34	0.36	0.01	2.04	13.26	29.05
8	15.00	0.28	0.26	0.27	0.01	1.87	9.85	21.58
9	27.00	0.21	0.19	0.20	0.00	2.40	7.57	16.60
10	41.00	0.16	0.15	0.16	0.00	2.11	5.80	12.70
11	44.00	0.16	0.15	0.15	0.00	1.65	5.62	12.31
12	56.00	0.17	0.15	0.16	0.00	2.18	5.92	12.97
13	67.00	0.09	0.08	0.09	0.00	2.90	3.26	7.14
14	84.00	0.09	0.08	0.09	0.00	2.08	3.20	7.00

Tabla 47. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 1, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo H (V/m)	Valor Mínimo H (V/m)	Valor Promedio H (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje del Valor Máximo de Campo H respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje del Valor Máximo de Campo H respecto al límite Poblacional (%)
15	150.00	0.02	0.01	0.01	0.00	16.01	0.72	1.57
16	150.00	0.02	0.02	0.02	0.00	4.97	0.84	1.85
17	150.00	0.04	0.04	0.04	0.00	3.08	1.43	3.14
18	150.00	0.02	0.02	0.02	0.00	4.22	0.82	1.79

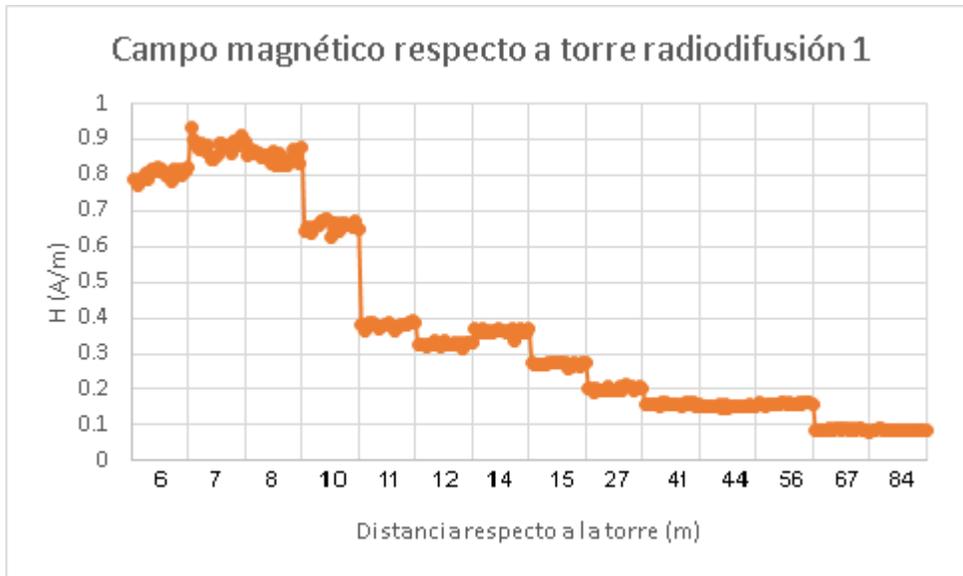


Figura 34. Estación radiodifusión 1, puntos medidos con respecto a la base de la torre campo magnético, fuente autor.

Estación Radiodifusión 2

Los puntos medidos del 1 al 10 se hicieron en el cuarto de equipos y del 11 al 25 en las vecindades de la torre.

Campo eléctrico

Tabla 48. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 2, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	100.00	6.87	5.12	5.69	0.47	8.31	1.13	7.90
2	100.00	10.24	8.72	8.91	0.32	3.61	1.68	11.77
3	100.00	5.58	5.08	5.29	0.18	3.46	0.91	6.41
4	100.00	7.89	6.84	7.69	0.24	3.15	1.29	9.07
5	100.00	14.88	14.11	14.50	0.25	1.75	2.44	17.10
6	100.00	8.36	6.94	7.27	0.33	4.61	1.37	9.61
7	100.00	1.48	0.74	1.03	0.26	25.66	0.24	1.70
8	100.00	1.05	0.94	0.98	0.03	3.01	0.17	1.21
9	100.00	2.01	1.47	1.63	0.14	8.45	0.33	2.31
10	100.00	2.94	2.16	2.28	0.18	7.96	0.48	3.38

Tabla 49. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM vecindades de la torre, estación Radiodifusión 2, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
11	4.00	48.54	33.62	35.84	3.08	8.58	7.96	55.79
12	4.00	61.81	52.54	58.61	2.37	4.04	10.13	71.05
13	4.00	51.45	38.25	41.28	2.84	6.89	8.43	59.14
14	4.00	44.74	34.40	36.57	2.12	5.79	7.33	51.43
15	4.00	40.57	28.40	31.07	2.65	8.51	6.65	46.63
16	4.00	59.86	45.30	47.19	3.10	6.56	9.81	68.80
17	15.00	19.88	13.20	15.32	2.16	14.13	3.26	22.85
18	20.00	25.93	18.51	20.17	2.01	9.97	4.25	29.80
19	30.00	21.33	12.83	15.48	2.05	13.25	3.50	24.52
20	40.00	12.47	8.09	9.07	1.04	11.43	2.04	14.33
21	50.00	18.22	13.26	14.23	1.10	7.74	2.99	20.94
22	60.00	19.33	15.15	15.86	1.07	6.74	3.17	22.22
23	70.00	11.94	8.25	8.78	0.84	9.56	1.96	13.72
24	100.00	12.47	8.46	9.12	0.91	9.94	2.04	14.33
25	120.00	5.19	3.68	4.21	0.33	7.81	0.85	5.97

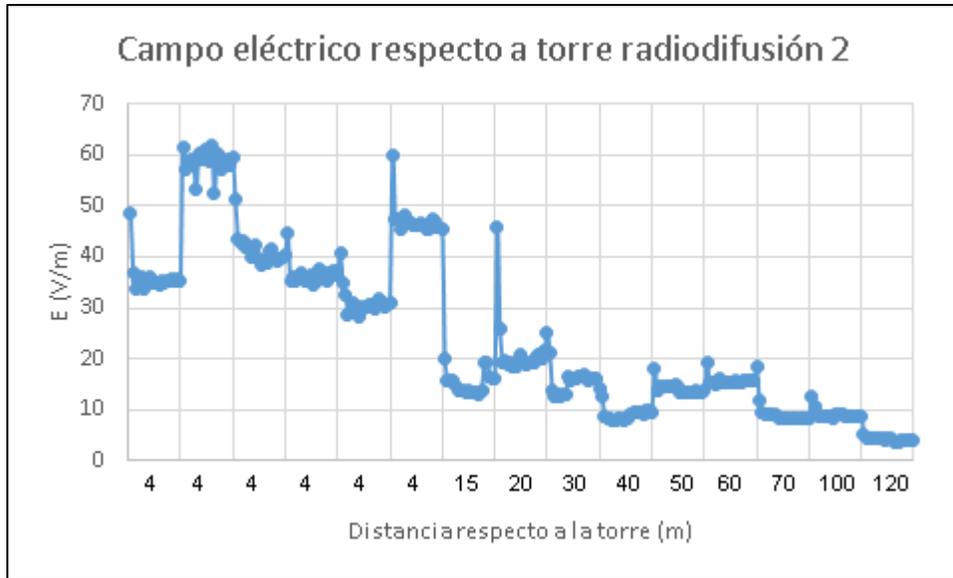


Figura 35. Estación radiodifusión 2 puntos medidos con respecto a la base de la torre campo eléctrico, fuente autor.

Campo magnético

Los límites de campo magnético ocupacional en esta estación son, ocupacional 1.60 A/m y poblacional 0.73 A/m.

Tabla 50. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 2, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo H (A/m)	Valor Mínimo H (A/m)	Valor Promedio H (A/m)	Desviación Estándar,	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	100.00	0.04	0.04	0.04	0.00	1.48	2.42	5.30
2	100.00	0.11	0.11	0.11	0.00	0.38	6.85	15.01
3	100.00	0.04	0.03	0.04	0.00	1.47	2.26	4.95
4	100.00	0.06	0.06	0.06	0.00	0.64	3.91	8.56
5	100.00	0.11	0.11	0.11	0.00	0.37	7.05	15.45
6	100.00	0.06	0.06	0.06	0.00	0.39	3.52	7.71
7	100.00	0.02	0.02	0.02	0.00	4.02	1.34	2.93
8	100.00	0.04	0.04	0.04	0.00	1.34	2.30	5.04
9	100.00	0.02	0.01	0.02	0.00	4.90	1.12	2.45
10	100.00	0.02	0.02	0.02	0.00	4.35	1.18	2.58

Tabla 51. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM vecindades de la torre, estación Radiodifusión 2, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo H (A/m)	Valor Mínimo H (A/m)	Valor Promedio H (A/m)	Desviación Estándar,	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
11	4.00	0.22	0.21	0.21	0.00	1.11	13.53	29.64
12	4.00	0.29	0.28	0.28	0.00	0.85	17.87	39.16
13	4.00	0.29	0.29	0.29	0.00	0.62	18.29	40.10
14	4.00	0.22	0.21	0.22	0.00	1.30	13.91	30.48
15	4.00	0.19	0.18	0.18	0.00	1.51	11.59	25.41
16	4.00	0.27	0.25	0.26	0.00	1.59	16.57	36.32
17	15.00	0.08	0.07	0.08	0.00	1.78	4.93	10.79
18	20.00	0.09	0.09	0.09	0.00	0.72	5.90	12.93
19	30.00	0.07	0.07	0.07	0.00	0.91	4.41	9.67
20	40.00	0.04	0.04	0.04	0.00	1.13	2.44	5.36
21	50.00	0.06	0.05	0.06	0.00	0.92	3.55	7.78
22	60.00	0.05	0.05	0.05	0.00	1.13	3.31	7.26
23	70.00	0.03	0.03	0.03	0.00	2.19	1.94	4.25
24	100.00	0.03	0.02	0.02	0.00	5.93	1.61	3.52
25	120.00	0.02	0.02	0.02	0.00	2.52	1.50	3.29

Estación Radiodifusión 3

Los puntos medidos del 1 al 15 se hicieron en las vecindades de la torre y del 16 al 19 en el cuarto de equipos.

Campo eléctrico

Tabla 52. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM vecindades de la torre, estación Radiodifusión 3, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	2.00	53.08	33.44	36.67	5.75	15.68	8.70	61.01
2	2.00	55.25	36.80	39.68	3.76	9.47	9.06	63.51
3	2.00	54.23	39.72	41.47	3.05	7.35	8.89	62.33
4	2.00	44.83	30.56	32.16	3.07	9.56	7.35	51.53
5	10.00	19.55	14.59	15.24	1.05	6.89	3.20	22.47
6	10.00	15.71	10.02	15.11	1.21	8.01	2.58	18.06
7	50.00	12.86	9.79	10.40	0.61	5.89	2.11	14.78
8	50.00	15.85	11.70	12.17	0.89	7.35	2.60	18.22
9	100.00	14.02	10.35	11.01	0.87	7.94	2.30	16.11
10	100.00	13.73	9.70	11.81	1.30	11.03	2.25	15.78
11	100.00	9.82	7.22	7.76	0.56	7.28	1.61	11.29
12	200.00	15.05	10.83	11.90	1.05	8.81	2.47	17.30
13	200.00	11.94	8.46	9.00	0.93	10.36	1.96	13.72
14	200.00	3.31	2.15	2.47	0.26	10.37	0.54	3.80
15	200.00	12.26	7.61	8.20	1.27	15.55	2.01	14.09

Tabla 53. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 3, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
16	215.00	1.84	1.58	1.72	0.07	4.15	0.30	2.11
17	215.00	4.35	1.76	4.15	0.57	13.78	0.71	5.00
18	215.00	0.68	0.59	0.61	0.02	3.10	0.11	0.78
19	250.00	8.59	5.37	5.81	0.68	11.64	1.41	9.87

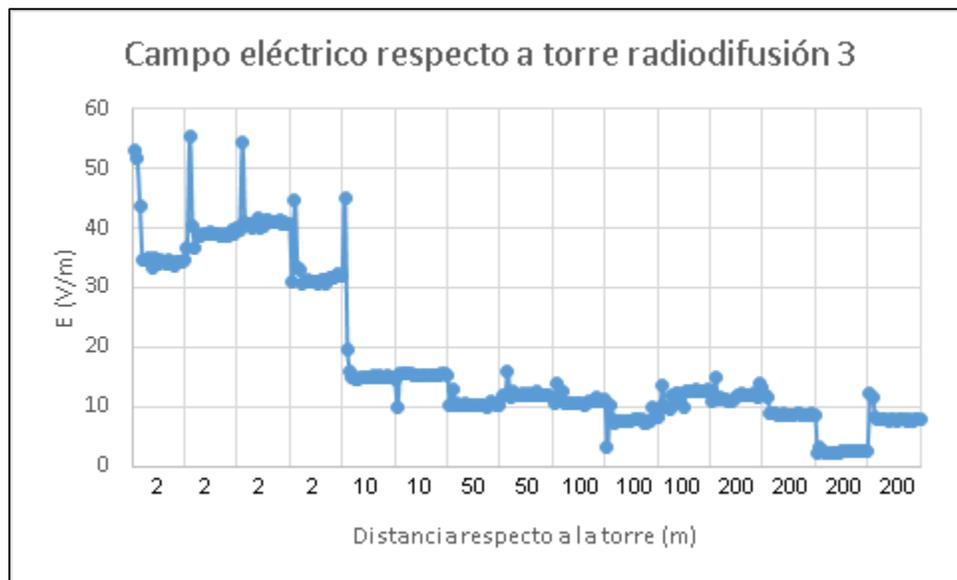


Figura 37. Estación radiodifusión 3, puntos medidos con respecto a la base de la torre campo eléctrico, fuente autor.

Campo magnético

Los límites de campo magnético ocupacional en esta estación son, ocupacional 2.86 A/m y poblacional 1.30 A/m.

Tabla 54. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM vecindades de la torre, estación Radiodifusión 3, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo H (A/m)	Valor Mínimo H (A/m)	Valor Promedio H (A/m)	Desviación Estándar,	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	2.00	0.26	0.25	0.25	0.00	1.74	9.22	20.21
2	2.00	0.26	0.24	0.25	0.00	1.73	8.97	19.66
3	2.00	0.29	0.26	0.28	0.01	2.47	10.22	22.41
4	2.00	0.28	0.26	0.27	0.01	2.25	9.72	21.31
5	10.00	0.09	0.09	0.09	0.00	1.25	3.13	6.87
6	10.00	0.08	0.07	0.07	0.00	1.36	2.64	5.78
7	50.00	0.04	0.04	0.04	0.00	1.62	1.41	3.08
8	50.00	0.11	0.11	0.11	0.00	1.66	3.97	8.71
9	100.00	0.05	0.04	0.04	0.00	1.26	2.90	6.36
10	100.00	0.02	0.02	0.02	0.00	4.70	0.72	1.58
11	100.00	0.04	0.04	0.04	0.00	3.05	2.56	5.60
12	200.00	0.02	0.02	0.02	0.00	4.98	0.69	1.51
13	200.00	0.03	0.03	0.03	0.00	2.87	1.01	2.22
14	200.00	0.02	0.02	0.02	0.00	3.40	0.72	1.58

Tabla 55. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 3, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo H (A/m)	Valor Mínimo H (A/m)	Valor Promedio H (A/m)	Desviación Estándar,	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
15	200.00	0.02	0.01	0.02	0.00	6.47	0.61	1.33
16	215.00	0.03	0.03	0.02	0.00	4.25	0.96	2.10
17	215.00	0.07	0.07	0.07	0.00	2.19	2.60	5.69
18	215.00	0.02	0.02	0.01	0.00	6.25	2.50	5.47
19	250.00	0.02	0.02	0.02	0.00	4.99	0.69	1.51

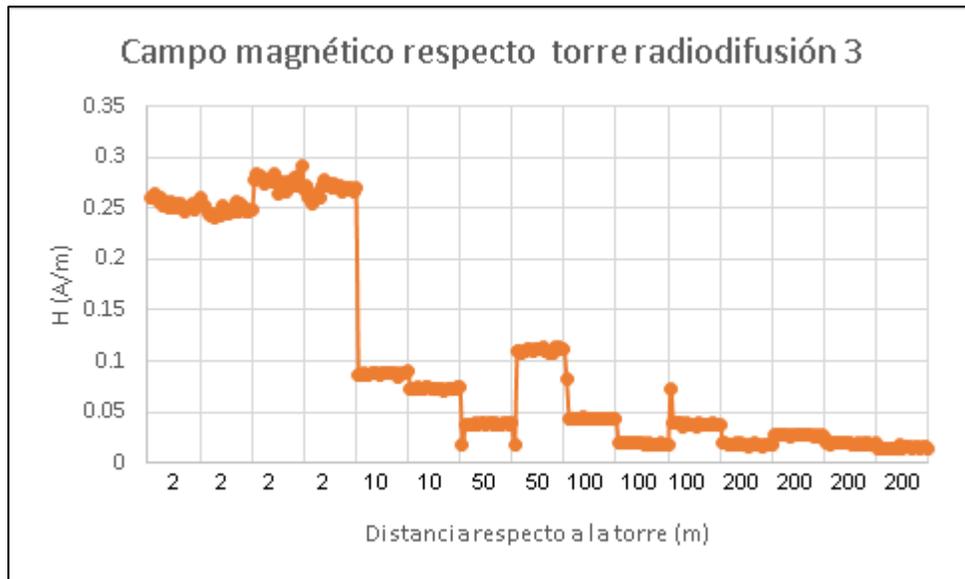


Figura 38. Estación radiodifusión 3, puntos medidos con respecto a la base de la torre campo magnético, fuente autor.

Estación Radiodifusión 4

Los puntos medidos del 1 al 4 se hicieron en el cuarto de equipos y del 5 al 29 en las vecindades de la torre.

Campo eléctrico

Tabla 56. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 4, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	140.00	0.96	0.58	0.69	0.11	15.51	0.16	1.10
2	140.00	1.85	1.59	1.69	0.07	3.88	0.30	2.13
3	140.00	1.73	1.34	1.38	0.09	6.21	0.28	1.99
4	140.00	0.83	0.54	0.65	0.08	12.44	0.14	0.95

Tabla 57. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico en AM vecindades de la torre, estación Radiodifusión 4, fuente autor

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
5	3.00	70.20	43.34	63.01	7.09	11.25	11.51	80.69
6	3.00	83.12	54.90	72.26	6.76	9.36	13.63	95.54
7	3.00	87.07	46.19	70.60	9.47	13.42	14.27	100.08
8	3.00	91.87	56.13	67.63	6.64	9.81	15.06	105.60
9	3.00	91.92	58.94	63.91	7.34	11.49	15.07	105.66
10	3.00	108.74	42.69	68.85	14.06	20.42	17.83	124.99
11	3.00	106.44	68.74	75.16	10.71	14.25	17.45	122.34
12	5.00	42.10	20.52	31.96	5.93	18.55	6.90	48.39
13	10.00	36.60	23.70	25.88	3.50	13.52	6.00	42.07
14	10.00	35.05	17.27	26.47	3.12	11.79	5.75	40.29
15	13.00	22.44	14.89	21.14	1.57	7.41	3.68	25.79
16	34.00	16.34	11.24	11.74	1.10	9.39	2.68	18.78
17	50.00	16.07	8.38	11.48	1.78	15.54	2.63	18.47
18	50.00	11.24	8.70	9.61	0.69	7.17	1.84	12.92
19	50.00	12.83	6.58	9.44	1.22	12.94	2.10	14.75
20	50.00	16.24	8.14	11.80	1.44	12.23	2.66	18.67
21	70.00	12.44	5.53	8.56	1.70	19.83	2.04	14.30
22	95.00	11.50	6.25	8.92	1.22	13.70	1.89	13.22
23	100.00	12.53	5.83	8.50	1.28	15.09	2.05	14.40
24	130.00	5.61	2.72	4.11	0.67	16.32	0.92	6.45
25	136.00	0.68	0.43	0.48	0.07	14.38	0.11	0.78
26	136.00	1.16	0.66	0.84	0.09	10.18	0.19	1.33
27	150.00	4.29	2.16	3.05	0.53	17.23	0.70	4.93
28	187.00	5.93	2.76	4.25	0.77	18.22	0.97	6.82
29	200.00	5.11	2.46	3.53	0.76	21.56	0.84	5.87

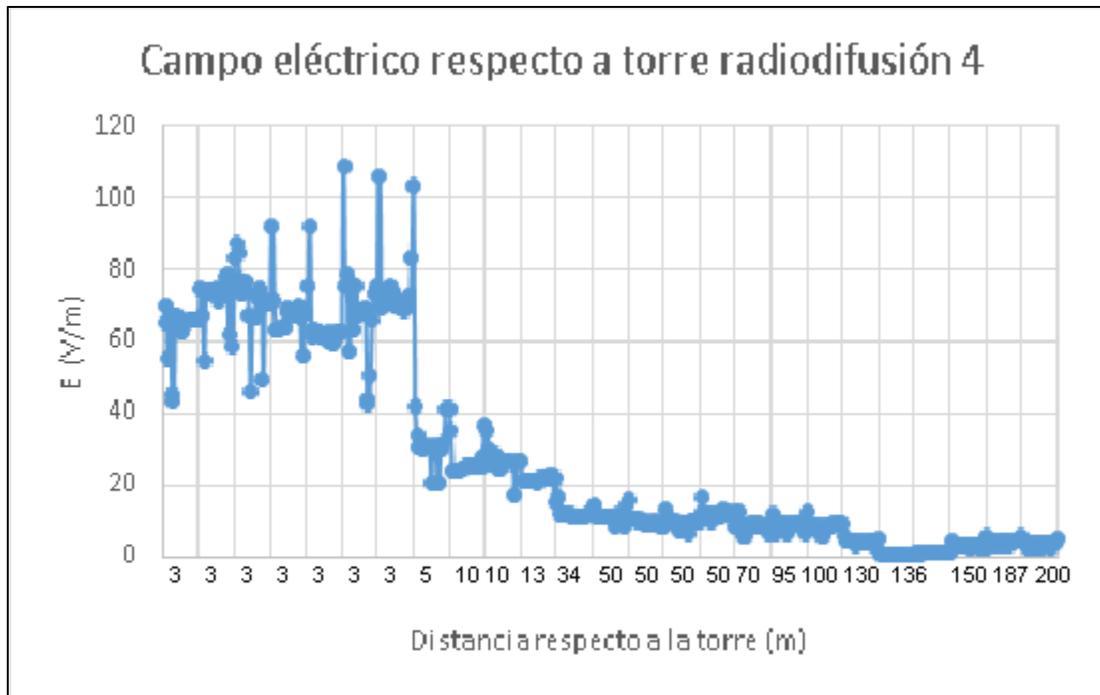


Figura 39. Estación radiodifusión 4, puntos medidos con respecto a la base de la torre campo eléctrico, fuente autor.

Campo magnético

Los límites de campo magnético ocupacional en esta estación son, ocupacional 2.62 A/m y poblacional 1.20 A/m.

Tabla 58. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM, cuarto de equipos, estación Radiodifusión 4, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo H (A/m)	Valor Mínimo H (A/m)	Valor Promedio H (A/m)	Desviación Estándar,	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
1	140.00	0.02	0.02	0.02	0.00	3.14	0.82	1.79
2	140.00	0.07	0.07	0.07	0.00	0.96	2.65	5.82
3	140.00	0.02	0.02	0.02	0.00	4.05	0.85	1.86
4	140.00	0.02	0.01	0.02	0.00	6.94	0.64	1.41

Tabla 59. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético en AM vecindades de la torre, estación Radiodifusión 4, fuente autor.

Punto medido N°	Distancia de la Torre (m)	Valor Máximo H (A/m)	Valor Mínimo H (A/m)	Valor Promedio H (A/m)	Desviación Estándar,	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
5	3.00	0.64	0.47	0.62	0.04	5.96	24.37	53.41
6	3.00	0.60	0.56	0.59	0.01	1.45	22.87	50.13
7	3.00	0.61	0.41	0.58	0.06	10.52	23.44	51.37
8	3.00	0.80	0.52	0.69	0.12	17.88	30.66	67.19
9	3.00	0.57	0.36	0.51	0.08	16.49	21.65	47.45
10	3.00	0.62	0.37	0.53	0.08	15.70	23.52	51.56
11	3.00	0.56	0.54	0.55	0.00	0.46	21.19	46.44
12	5.00	0.26	0.25	0.25	0.00	0.34	9.77	21.41
13	10.00	0.24	0.24	0.24	0.00	0.25	9.06	19.85
14	10.00	0.24	0.24	0.24	0.00	0.25	9.06	19.85
15	13.00	0.23	0.15	0.22	0.02	10.56	8.72	19.10
16	34.00	0.07	0.07	0.07	0.00	0.81	2.67	5.85
17	50.00	0.05	0.05	0.05	0.00	0.83	2.02	4.43
18	50.00	0.06	0.06	0.06	0.00	0.95	2.38	5.22
19	50.00	0.05	0.05	0.05	0.00	0.54	2.06	4.51
20	50.00	0.06	0.04	0.05	0.01	12.67	2.24	4.91
21	70.00	0.04	0.02	0.04	0.00	13.71	1.52	3.33
22	95.00	0.03	0.03	0.03	0.00	1.89	1.15	2.52
23	100.00	0.03	0.02	0.03	0.00	14.11	1.18	2.59
24	130.00	0.02	0.01	0.02	0.00	16.46	0.72	1.57
25	136.00	0.01	0.01	0.01	0.00	10.20	0.45	0.98
26	136.00	0.02	0.01	0.01	0.00	8.66	0.58	1.28
27	150.00	0.02	0.01	0.02	0.00	16.01	0.79	1.72
28	187.00	0.02	0.01	0.02	0.00	8.47	0.72	1.57
29	200.00	0.01	0.01	0.01	0.00	12.94	0.54	1.18

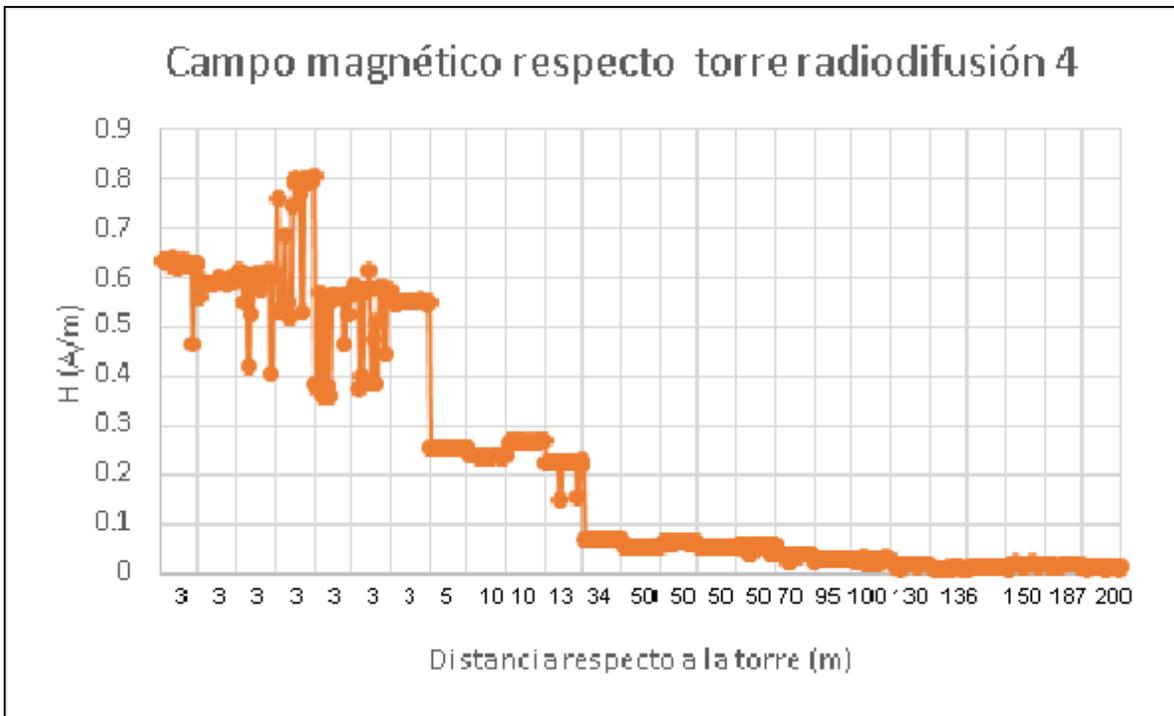


Figura 40. Estación radiodifusión 4, puntos medidos con respecto a la base de la torre campo magnético, fuente autor.

Estaciones AM campo eléctrico

Tabla 60. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo eléctrico, por estaciones de radiodifusión AM, fuente autor.

Estación Medida	Frecuencia de Operación (MHz)	Valor Máximo E (V/m)	Valor Mínimo E (V/m)	Valor Promedio E (V/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
Radiodifusión 1	0.57	215.20	0.65	51.66	46.90	90.79	35.28	247.36
Radiodifusión 2	1.00	61.81	0.74	16.78	15.67	93.42	10.13	71.05
Radiodifusión 3	0.56	55.25	0.59	14.67	12.86	87.68	9.06	63.51
Radiodifusión 4	0.61	108.74	0.43	23.71	27.11	114.34	17.83	124.99

Estaciones AM campo magnético

Tabla 61. Datos estadísticos y porcentajes con respecto a los límites ICNIRP de campo magnético, por estaciones de radiodifusión AM, fuente autor.

Estación Medida	Frecuencia de Operación (MHz)	Valor Máximo H (A/m)	Valor Mínimo H (A/m)	Valor Promedio H (A/m)	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Porcentaje respecto al límite Ocupacional (%)	Porcentaje respecto al límite Poblacional (%)
Radiodifusión 1	0.57	0.93	0.01	0.30	0.30	100.00	33.15	72.78
Radiodifusión 2	1.00	0.29	0.01	0.10	0.09	90.51	18.29	40.10
Radiodifusión 3	0.56	0.29	0.01	0.09	0.09	106.43	10.21	22.47
Radiodifusión 4	0.61	0.80	0.01	0.19	0.23	120.68	30.69	67.01

Como se puede observar en cada estación de AM en las zonas límites poblacionales calculadas en el apartado 4.3.4, el campo es muy alto en consideración con las zonas poblacionales; “el campo electromagnético disminuye a medida que la medición se aleja de la antena”. Para un análisis más completo y detallado es necesario hacer más mediciones en cada estación y tomar una población de estaciones más numerosa.

En la tabla 60, en la estación de Radiodifusión 1, el porcentaje de límite poblacional de campo eléctrico supera el 100 % del valor permitido en esta frecuencia, en la tabla 44 se observa como a 6, 7, 8 y 10 metros de distancia de la torre supera los valores poblacionales esto se da porque en esas distancias se encuentra dentro de la zona ocupacional como se pudo observar en la tabla 8 y la zona es segura ya que existe un cercamiento en el sitio; en la estación de radiodifusión 4 el porcentaje de límite poblacional de campo eléctrico también supera el 100 % permitido en esta frecuencia, en la tabla 57 se puede observar que los valores son superados a 3 metros de la base de la torre por tanto esta zona es ocupacional y el sitio se encuentra con un cercamiento cumpliendo las normas establecidas. De acuerdo a la tabla 60, 61 y lo anteriormente expuesto las estaciones de servicio de radiodifusión AM estudiadas, cumplen con los límites de exposición recomendados por ICNIRP y adoptados por el Acuerdo 003 de Junio de 2009 del MINTIC.

CONCLUSIONES

En Colombia los entes reguladores de RNI, son estrictos en el debido cumplimiento del decreto Numero 195 de 2005 y del acuerdo 003 de 2009, donde su principal función es regular la exposición de radiación no ionizante a las que se encuentran las personas, con TES America en este proyecto se ha realizado un análisis de los parámetros que determinan el grado de exposición a la que se encuentran las personas que conviven a los alrededores de estaciones de servicio de radiodifusión sonora,

Se ha determinado la metodología a seguir para una correcta toma de datos, la documentación necesaria para un buen análisis y el manejo de los instrumentos con los que cuenta la empresa.

En las estaciones de servicio de televisión el campo cercano de estas no alcanza a superar la altura de las torres, por esta razón no se hace necesario un análisis en campo eléctrico y campo magnético a su vez.

Para las estaciones de servicio radiodifusión AM se observó que la intensidad de radiación electromagnética, a las que se encuentran las personas aledañas es mayor que las de televisión, el análisis de campo cercano y lejano varía considerablemente con los de televisión debido al tamaño de la antena y por consiguiente la longitud de onda, todas las estaciones de servicio AM se midieron en campo cercano por tal razón se tomaron datos de campo eléctrico y campo magnético para su posterior análisis.

De acuerdo con el análisis de los datos obtenidos se comprobó, las estaciones mencionadas no sobrepasaron los límites de exposición recomendados en la tabla "límites máximos de exposición según la referencia de operación".

No se hizo necesario análisis de banda angosta, debido a que las estaciones a las cuales se les realizó el estudio no sobrepasaron el 100 % de los límites máximos de exposición expuestos por los entes reguladores.

Conforme con el análisis las estaciones de servicio de televisión cumplen con las condiciones técnicas definidas por la Comisión Nacional de Televisión en el Plan de Utilización de Frecuencias (PUF), Acuerdo 003 de junio de 2009, en cuanto al alcance de protocolo y/o el cumplimiento de los niveles de campos electromagnéticos, no exponiendo a la población a emisiones radioeléctricas que excedan los límites máximos definidos por el PUF.

Una vez comparados los resultados de las mediciones con los límites de exposición determinados en el Decreto 195 de 2005 expedido por el Ministerio de Comunicaciones, y verificado su cumplimiento se observa que todas las estaciones de servicio de radiodifusión AM en las que se han realizado las medidas, que cumplen integralmente con lo establecido por el Decreto 195 de 2005 del Ministerio de Comunicaciones de Colombia y la Resolución 1645 del 6 de septiembre de 2005 que lo reglamenta y por lo tanto tienen asociada la categoría de conformidad.

En las estaciones de televisión medidas, se observó que los valores máximos de campo eléctrico entre cada estación son muy dispersos entre sí, por esta razón no se puede deducir un modelo de propagación simplificado, además los datos capturados en estas medidas son insuficientes debido a la geografía de las estaciones.

Para un análisis más completo y detallado es necesario hacer estas mediciones en estaciones donde la geografía permita tomar más muestras y tener en cuenta la distancia a la fuente radiante.

En las estaciones de AM las zonas límites poblacionales calculadas, el campo es muy alto en consideración con las zonas poblacionales; así “el campo electromagnético disminuye a medida que la medición se aleja de la antena”. Para un análisis más completo y detallado es necesario hacer más mediciones en cada estación y tomar una población de estaciones más numerosa.

RECOMENDACIONES

- En Colombia el decreto número 195 de 2005 están fundamentados con la recomendación UIT-T K.52, sin tener en cuenta la recomendación K.91 de la UIT, el acuerdo 003 de 2009 tiene en cuenta las recomendaciones de la serie K de la UIT, a la cual hace parte la recomendación K.52 del 2000, sin mencionar la recomendación K.91 “guía para la evaluación, evaluación y el monitoreo de la exposición humana a campos electromagnéticos de radiofrecuencia”, teniendo en cuenta esto, la K.91 tiene unas recomendaciones que no están contempladas en la K.52. Para futuros proyectos se podrán tener en cuenta los siguientes aspectos que están contemplados en la recomendación K.91.
- La distancia al inicio de la región de campo lejano es el factor más importante. El valor es generalmente asumido con $2D^2/\lambda$. Algunos puntos pueden estar situados a una distancia más corta que implica cálculos más complejos, para antenas con mayor tamaño $D > 2.5\lambda$ y elementos radiantes de configuración lineal (esto es cierto para los paneles típicos de la estación base y también para las caras de las antenas de radiodifusión) esta distancia se puede describir con la fórmula:

$$d = \frac{2D^2}{\lambda} \sin^2 \beta - \frac{\lambda}{32} + \frac{D}{2} |\cos \beta|$$

donde:

β es el ángulo entre el eje principal de la antena y la línea del centro de la antena.

Esta ecuación da una distancia sustancialmente más pequeña del comienzo de la región de campo lejano.

- Para el informe final, TES America presenta un informe muy completo y detallado, el cual es presentado ante entes reguladores en Colombia, la K.91 recomienda que al informe final se le agregue información sobre los factores que pueden influir en los resultados de la medición y/o cálculos tal como la temperatura ambiente y la humedad del sitio donde se encuentra ubicada la estación.

El máximo valor de SAR se da aproximadamente 70 MHz en el sujeto estándar y a unos 30 MHz cuando la persona se encuentra de pie y en contacto con la tierra de RF. En condiciones extremas de humedad y temperatura, valores de SAR de 1 a 4 W/kg a 70 MHz en todo el cuerpo suelen originar un aumento de temperatura interno de 2 °C aproximadamente en seres humano sanos, en una hora. [18]

- Para un análisis más completo y detallado es necesario hacer más mediciones en cada estación y tomar una población de estaciones más numerosa.

Bibliografía

- [1] ICNIRP, «International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection,» ICNIRP, 1998. [En línea]. Available: <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>.. [Último acceso: 2 Julio 2014].
- [2] FCC, «Federal Communications Commission,» FCC, Noviembre 1997. [En línea]. Available: http://transition.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/Documents/bulleti. [Último acceso: 30 Septiembre 2014].
- [3] U. Europea, «Comision de la Unión Europea,» 12 Julio 1999. [En línea]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1999H0519:19990712:ES:PDF>. [Último acceso: 30 Septiembre 2014].
- [4] RCS, «The Royal Society of Canada The Academies of Arts, Humanities and Sciences of Canada,» 2 Abril 2014. [En línea]. Available: https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CCoQFjAC&url=https%3A%2F%2Fsrc-src.ca%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fpdf%2FSC6_Report_Formatted_1.pdf&ei=edcuVazOOu2xsATInYD4DQ&usg=AFQjCNGBAvNi1mfXcbLW7DSNjDeZrminYw&bvm=. [Último acceso: 5 Octubre 2014].
- [5] RSC, «The Royal Society of Canda,» 2 Abril 2014. [En línea]. Available: https://rsc-src.ca/sites/default/files/pdf/SC6_Report_Formatted_1.pdf. [Último acceso: 7 Octubre 2014].
- [6] OMS, «Organización Mundial de la Salud,» 2001. [En línea]. Available: http://www.who.int/entity/peh-emf/publications/emf_handbook_spanish.pdf. [Último acceso: 10 Julio 2014].
- [7] OMS, «Organización Munial de la Salud,» 2006. [En línea]. Available: https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.who.int%2Fpeh-emf%2Fpublications%2FEMF_standards_framework_ES.pdf&ei=sdsuVcr_Le78sATKpYH4Ag&usg=AFQjCNH19G2snP1d5oprJOQzPlaSB2hSEg&bvm=bv.. [Último acceso: 20 Julio 2014].
- [8] IEEE, «IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz,» 1 Mayo 2006. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1626482&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F10830%2F34126%2F01626482>. [Último acceso: 20 Agosto 2014].
- [9] ANTV, «Autoridad Nacional de Televisión,» Republica de Colombia, 04 Junio 2009. [En línea]. Available:

- <http://www.antv.gov.co/nomatividad/acuerdo-003-de-2009>. [Último acceso: 6 Julio 2014].
- [10] MINTIC, «Decreto Número 195 de 2005,» 31 Enero 2005. [En línea]. Available:
https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCMQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.mintic.gov.co%2Fportal%2F604%2Farticles-3569_documento.pdf&ei=3t4uVfe6A8blsAWX7ICYBA&usg=AFQjCNGKdt6VddvcFqntT83-evHpKYVo8g&bvm=bv.9079051. [Último acceso: 2 Julio 2014].
- [11] ANE, «Radiaciones electromagnteicas, salud pública e instalación de infraestructura de telecomunicaciones,» [En línea]. Available:
<http://www.ane.gov.co/index.php/2011-11-21-02-38-11.html>. [Último acceso: 11 Octubre 2014].
- [12] P. d. I. R. Colombia, «Constitución Política de Colombia,» 1991. [En línea]. Available:
<http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Documents/Constitucion-Politica-Colombia.pdf>. [Último acceso: 10 Octubre 2014].
- [13] H. D. y. R. A. F. YOUNG, Física universitaria, con física moderna volumen2. Decimosegunda edición, México: PEARSON EDUCACION, 2009.
- [14] UIT, «K.52: Orientacion sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos,» febrero 2000. [En línea]. Available:
<http://www.itu.int/rec/T-REC-K.52/es>. [Último acceso: 20 Julio 2014].
- [15] W. Tomasi, Sistemas de Comunicaciones Cuarta Edición, Prentice Hall, 2003.
- [16] D. Rosas Tapia y D. j. Mejía mateus, «Medida de parámetros de incidencia de campos electromagnéticos sobre sistemas biológicos en el rango de frecuencia de 50 MHz a 1 GHz,» Universidad Pedagógica y Tecnologica de Colombia, Sogamoso, 2005.
- [17] WAVECONTROL. [En línea]. Available:
<http://www.wavecontrol-rfsafety.com/es/65943/Productos/Descripcion.htm>. [Último acceso: 16 Abril 2015].
- [18] OIT, «Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo CAP. 49,» [En línea]. Available:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/49.pdf>. [Último acceso: 5 Octubre 2014].
- [19] ANE, «CNABF Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias,» Agencia Nacional del Espectro, 2010. [En línea]. Available:
<http://www.ane.gov.co/cnabf/index.php/cenabf-grafico>. [Último acceso: 5 Julio 2014].
- [20] H. Canada, «Health Canada,» 1999. [En línea]. Available:
http://www.rfsafety.com/PDF%20Files/Health%20Canada%20Safety%20Code%206%20Standard_2009.pdf. [Último acceso: 2 Octubre 2014].

- [21] ANE, «Geoportal Web de la Agencia Nacional del Espectro,» ANE, [En línea]. Available: <http://servidorweb2.sitimapa.com/ane/>. [Último acceso: 10 Octubre 2014].
- [22] UIT, «K.62: Evaluación de la conformidad de las emisiones radiadas a nivel de sistema mediante modelos matemáticos,» Febrero 2004. [En línea]. Available: <http://www.itu.int/rec/T-REC-K.62-200402-I/es>. [Último acceso: 15 Septiembre 2014].
- [23] UIT, «K.91: Orientación para la valoración, la evaluación y el seguimiento de la exposición humana a los campos electromagnéticos de las radiofrecuencias,» Mayo 2012. [En línea]. [Último acceso: 30 Septiembre 2014].
- [24] D. M. Barros Sarmiento y C. F. Jimbo Pinos, Medición y simulación de RNI para las bandas MF, HF, VHF y UHF de broadcast en la ciudad de Cuenca, Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana, 2011.
- [25] ICONTEC, «Norma Técnica Colombiana, NTC 1486,» 4 Agosto 2008. [En línea]. Available: https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.unipamplona.edu.co%2Funipamplona%2FportallG%2Fhome_15%2Frecursos%2F01_general%2F09062014%2Fn_icontec.pdf&ei=COWuVbyLO8KcsAW6uoHACw&usg=AFQ. [Último acceso: Mayo 2014].
- [26] C. A. Balanis, Modern Antenna Handbook, WILEY, 2007.
- [27] WAVECONTROL, *Sistema de monitorización Portatil de Campo Electromagnético, Manual de usuario*, Barcelona, 2013.
- [28] SLAC, «ES&H Environment, Safety and Health Division,» 27 Marzo 2008. [En línea]. Available: http://www-group.slac.stanford.edu/esh/hazardous_substances/nir/. [Último acceso: 30 Septiembre 2014].
- [29] EPA, «An Engineering Assesment of the Potential Impact of Federal Radiation Protection Guidance on the AM, FM and TV Broadcast Services,» Abril 1985. [En línea]. Available: <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/2000ED2W.PDF?Dockey=2000ED2W.P>. [Último acceso: 30 Octubre 2014].
- [30] KATHREIN, «Manual de usuario K52335 Richtantenne,» [En línea]. Available: <http://www.kathrein.de/fileadmin/media/produkte/imports/bca/936A954b.pdf> .. [Último acceso: 10 Septiembre 2014].
- [31] M. Communications, «Band III 4 Dipoles Panel Especially Suitable For Square Masts Model: AT13-240,» [En línea]. Available: <http://www.mcibroadcast.com/files/AT13-240-MCI-Band%20III%20-4%20Dipoles%20Panel.pdf>.. [Último acceso: 10 Septiembre 2014].
- [32] M. Communications, «Band III 2 Dipoles Panel Especially Suitable For Square Masts Model: AT13-220,» [En línea]. Available:

- <http://www.mcibroadcast.com/files/AT13-220-MCIBandIII%20%20Dipoles%20Panel.pdf>.. [Último acceso: 10 Septiembre 2014].
- [33] J. ANtennas, «Horizontal Polarized Dual Dipole Band I Flat Panel Antenna JHD-LV2,» [En línea]. Available: http://www.jampro.com/uploads/product_pdf/tv/Panel/JHDLV2%20Literature.pdf.. [Último acceso: 10 Septiembre 2014].
- [34] JAMPROAntenas, «The JAMPRO JHD-LV2 Horizontal Dual Dipole Flat Panel Antenna,» [En línea]. Available: <http://www.kappaltda.com/descargas/Jampro%20JHD-LV2.pdf>. [Último acceso: 10 Septiembre 2014].
- [35] RYMSA, «RF Group:Broadcastproducts, Model: AT15-250,» [En línea]. Available: http://broadcastarsenal.ru/files/10/file_39.pdf. [Último acceso: 10 Septiembre 2014].
- [36] M. Comunicatons, «Band I 2 Dipoles Panel Especially Suitable For Square Masts Model: AT11-220,» [En línea]. Available: <http://www.mcibroadcast.com/files/AT11-220-MCI-Band%20I-%20%20Dipoles%20Panel.pdf>. [Último acceso: 10 Septiembre 2014].

ANEXOS

Anexo 1. Bitácoras.

		MEDIDAS DE RADIACIÓN NO IONIZANTE											
Sitio: (Nombre del lugar de medición, estación visitada y Nombre del cerro)													
Coordenadas Geográficas tomadas en la base de la torre WGS84		Latitud N			Longitud W			Altura (msnm)					
		g	m	s	g	m	s						
INFORMACIÓN GENERAL													
Fecha		Hora											
Cliente que contrato													
Cliente final:													
Responsable del estudio:													
Acompañante cliente:													
INFORMACIÓN DEL SITIO													
Departamento:													
Municipio:													
Dirección: (o nombre del predio y vereda)													
Emisora(s), Frecuencia(s), P.R.A Medido:													
Encargado del sitio / Teléfono:													
TORRE EXISTENTE													
TORRE 1						TORRE 2							
Tipo:				Tipo:									
Altura Torre:				Altura Torre:									
Altura instalación ant:				Altura instalación ant:									
Acimut cara A:				Acimut cara A:									
CATEGORIA													
Accesibilidad				Directividad									
MEDIDAS EN BANDA ANCHA													
Nombre del archivo													
Pto	Posición de memoria		Latitud N			Longitud W			Referencias		Punto de medición	Medida	Observaciones
	Inicial	Final	g	m	s	g	m	s	Dist (m)	Ac (°)			
Lugares dentro de los cuales sólo permanece el personal de la estación y normalmente no accede el público en general, que son características propias de una zona ocupacional.													
1	1	20									1 E		
2	21	40									1 H		
3	41	60									2 H		
4	61	80									2 E		
5	81	100									3 E		
6	101	120									3 H		
7	121	140									4 H		
8	141	160									4 E		
9	161	180									5 E		
10	181	200									5 H		
11	201	220									6 H		
12	221	240									6 E		
13	241	260									7 E		
14	261	280									7 H		
15	281	300									8 H		
16	301	320									8 E		
17	321	340									9 E		
18	341	360									9 H		
19	361	380									10 H		
20	381	400									10 E		
21	401	420									11 E		
22	421	440									11 H		
23	441	460									12 H		
24	461	480									12 E		
25	481	500									13 E		
26	501	520									13 H		
27											14 H		
28											14 E		
29											15 E		
30											15 H		
31											16 H		
32											16 E		
33											17 E		
34											17 H		
35											18 H		
36											18 E		
37											19 E		
38											19 H		
39											20 H		
40											20 E		
41											21 E		

Figura 41. Bitácora para medición de banda ancha parte 1, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

				MEDIDAS DE RADIACIÓN NO IONIZANTE									
				Sitio:									
Coordenadas Geográficas tomadas en la base de la torre WGS84				Latitud N			Longitud W			Altura (msnm)		Logo Cliente	
				g	m	s	g	m	s				
INFORMACIÓN GENERAL													
Fecha				Hora									
Cliente que contrato													
Cliente final:													
Responsable del estudio:													
Acompañante TES América:													
Acompañante cliente:													
INFORMACIÓN DEL SITIO													
Departamento:													
Municipio:													
Dirección:													
Acceso al sitio:													
Encargado del sitio / Teléfono:													
TORRE EXISTENTE													
TORRE 1						TORRE 2							
Tipo:						Tipo:							
Altura:						Altura:							
Acimut cara A:						Acimut cara A:							
MEDIDAS EN BANDA ANGOSTA													
Pto	Archivo	Latitud N			Longitud W			Referencias		Pol	Observaciones		
		g	m	s	g	m	s	Dist (m)	Ac (°)				
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
TORRES CERCANAS													
Acimut				Distancia		Tipo		Altura		Operador			
COMENTARIOS													

Figura 43. Bitácora de medición de banda angosta, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Anexo 2. Método medición AM.

Tabla 62. Método de medición AM, zona de rebasamiento generada, fuente autor.

N°	La potencia de la estación es lo suficiente alta para generar zona de rebasamiento.
1	Antes de la frontera ocupacional, orientación A.
2	Después de la frontera ocupacional, orientación A.
3	Antes de la frontera poblacional, orientación A.
4	Después de la frontera poblacional, orientación A.
5	Punto en la zona poblacional, orientación A.
6	Antes de la frontera ocupacional, orientación B.
7	Después de la frontera ocupacional, orientación B.
8	Antes de la frontera poblacional, orientación B.
9	Después de la frontera poblacional, orientación B.
10	Punto en la zona poblacional, orientación B.
11	Antes de la frontera ocupacional, orientación C.
12	Después de la frontera ocupacional, orientación C.
13	Antes de la frontera poblacional, orientación C.
14	Después de la frontera poblacional, orientación C.
15	Punto en la zona poblacional, orientación C.
16	Antes de la frontera ocupacional, orientación D.
17	Después de la frontera ocupacional, orientación D.
18	Antes de la frontera poblacional, orientación D.
19	Después de la frontera poblacional, orientación D.
20	Punto en la zona poblacional, orientación D.

Tabla 63. Método de medición AM, zona ocupacional generada, fuente autor.

N°	La potencia de la estación no es lo suficiente alta para generar zona de rebasamiento y es suficiente alta para generar zona ocupacional.
1	Antes de la frontera poblacional, orientación A.
2	Después de la frontera poblacional, orientación A.
3	Punto en la zona poblacional, orientación A.
4	Antes de la frontera poblacional, orientación B.
5	Después de la frontera poblacional, orientación B.
6	Punto en la zona poblacional, orientación B.
7	Antes de la frontera poblacional, orientación C.
8	Después de la frontera poblacional, orientación C.
9	Punto en la zona poblacional, orientación C.
10	Antes de la frontera poblacional, orientación D.
11	Después de la frontera poblacional, orientación D.
12	Punto en la zona poblacional, orientación D.

Tabla 64. Método de medición AM, zona de poblacional generada, fuente autor.

N°	La potencia de la estación no es lo suficiente alta para generar zona ocupacional.
1	Cerca de la base de la antena, orientación A.
2	Punto entre 50 m y 200 m, orientación A.
3	Cerca de la base de la antena, orientación B.
4	Punto entre 50 m y 200 m, orientación B.
5	Cerca de la base de la antena, orientación C.
6	Punto entre 50 m y 200 m, orientación C.
7	Cerca de la base de la antena, orientación D.
8	Punto entre 50 m y 200 m, orientación D.

Anexo 3. Método medición FM.

Tabla 65. Método de medición FM, zona de rebasamiento generada, fuente autor.

N°	La potencia de la estación es lo suficiente alta para generar zona de rebasamiento.
1	Antes de la frontera ocupacional.
2	Después de la frontera ocupacional.
3	Antes de la frontera poblacional.
4	Después de la frontera poblacional.
5	Punto en la zona poblacional.

Tabla 66. Método de medición FM, zona ocupacional generada, fuente autor.

N°	La potencia de la estación no es lo suficiente alta para generar zona de rebasamiento y es suficiente alta para generar zona ocupacional.
1	Antes de la frontera poblacional.
2	Después de la frontera poblacional.
3	Punto en la zona poblacional.

Tabla 67. Método de medición FM, zona poblacional generada, fuente autor.

N°	La potencia de la estación no es lo suficiente alta para generar zona ocupacional.
1	Base de la torre
2	Punto entre 50 m y 200 m

Anexo 4. Distancias de campo cercano y campo lejano para televisión FM.

Tabla 68. Cálculos de las distancias para campo cercano y lejano en estaciones de televisión, fuente autor.

N.	Estación	Frecuencia (MHz)	Altura de Centro Radiante (m)	Marca de Elemento Unitario de Antena	Máxima Dimensión de Antena (m)	Longitud de Onda (m)	Distancia Límite Campo Cercano y Lejano (m)
1	TV 1	198.00	90.00	RYMSA (AT13-240)	1.25	1.52	4.55
		186.00	90.00	RYMSA (AT13-220)	1.25	1.61	4.84
		174.00	90.00	RYMSA (AT13-240)	1.25	1.72	5.17
2	TV 2	204.00	30.00	KATHREIN (K 52335)	2.80	1.47	10.66
		82.00	25.00	JAMPRO (JHD-LV2)	2.80	3.17	9.52
		60.00	20.00	JAMPRO (JHD-LV2)	2.80	3.17	9.52
3	TV 3	174.00	37.00	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.72	9.76
		186.00	46.00	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.61	10.43
		198.00	46.00	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.52	11.10
4	TV 4	180.00	65.65	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.67	10.09
		192.00	65.65	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.56	10.76
		204.00	65.65	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.47	11.44
5	TV 5	530.00	100.00	RYMSA (AT15-250)	1.00	0.57	3.53
		60.00	85.00	RYMSA (AT11-220)	3.63	5.00	15.00
		180.00	70.00	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.67	10.09
6	TV 6	512.00	97.00	RYMSA (AT15-250)	1.00	0.59	3.41
		192.00	55.65	RYMSA (AT13-240)	1.00	1.56	4.69
		205.00	75.65	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.46	11.49
7	TV 7	54.00	62.75	RYMSA (AT11-220)	3.63	5.56	16.67
		66.00	74.30	RYMSA (AT11-220)	3.63	4.55	13.64
		76.00	85.80	RYMSA (AT11-220)	3.63	3.95	11.84
8	TV 8	566.00	162.00	RYMSA (AT15-250)	1.00	0.53	3.77
		186.00	125.65	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.61	10.43
		198.00	135.65	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.52	11.10
9	TV 9	180.00	44.20	RYMSA (AT13-220)	3.63	1.67	15.81
		204.00	48.40	KATHEREIN (K 523357)	2.80	1.47	10.66
		192.00	48.40	KATHREIN (K 523357)	2.80	1.56	10.04

Continuación tabla 68.

10	TV 10	180.00	56.78	JAMPRO (JHD-HV2)	2.80	1.67	9.41
		82.00	50.00	RYMSA (AT 11-220)	3.63	3.66	10.98
		60.00	35.30	RYMSA (AT 11-220)	3.63	5.00	15.00
11	TV 11	198.00	34.65	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.52	11.10
		186.00	34.65	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.61	10.43
		174.00	34.65	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.72	9.76
12	TV 12	76.00	70.80	RYMSA (AT11-220)	3.63	3.95	11.84
		54.00	70.80	RYMSA (AT11-220)	3.63	5.56	16.67
		66.00	70.80	RYMSA (AT13-240)	2.90	4.55	13.64
13	TV 13	524.00	58.00	RYMSA (AT15-250)	1.00	0.57	3.49
		192.00	38.15	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.56	10.76
		204.00	48.65	RYMSA (AT13-240)	2.90	1.47	11.44
14	TV 14	524.00	47.00	ABE (LB13/SA)	1.11	0.57	4.30

Anexo 5 Certificaciones de calibración

Narda EMR 300

Equipo de medición de radiación electromagnética NARDA EMR 300



Figura 44. Certificado de calibración equipo Narda EMR 300, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA
Sondas de campo eléctrico



Figura 45. Certificado de calibración sonda de campo eléctrico 100 kHz – 3 GHz, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA

Sondas de campo magnético

Page 1 of 1

L3 communications
Narda Microwave East

Certificate of Calibration

L-3 Communications, Narda Microwave-East, hereby certifies that the referenced instrument has been calibrated by qualified personnel to Narda's approved test procedures.

Furthermore, the instrument meets, or exceeds, all published specifications and the calibration has been performed with test instrumentation that, where applicable, is traceable to the National Institute of Standards and Technology.

Narda's calibration measurements are traceable to the National Institute of Standards and Technology to the extent allowed by the bureau's calibration facilities.

Customer: SEI FLORIDA INC.
MIAMI, FL 33186

Certificate #: 130804 6

Model #: 2244/90.27

Serial #: AN-0017

Description: TYPE 10C PROBE: H-FLD, 27M-1GH

PO #: ADVANCE PAY

Date Calibrated: 05/22/2013

R.O. #: 130804

Hugh Saunders
Hugh Saunders
Test

Ken Piek
Ken Piek
Quality Assurance

This certificate does not constitute, except as noted, a warranty or approval from L-3 Communications, Narda Microwave-East
L-3 COMMUNICATIONS, NARDA MICROWAVE-EAST, 438 MIDLAND ROAD, HALPPAUBUS, NEW YORK 11788, TEL: 831-231-1700, FAX: 831-231-1711

Figura 46. Certificado de calibración sonda de campo magnético 27 MHz – 1 GHz, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Page 1 of 1

L3 communications
Narda Microwave East

Certificate of Calibration

L-3 Communications, Narda Microwave-East, hereby certifies that the referenced instrument has been calibrated by qualified personnel to Narda's approved test procedures.

Furthermore, the instrument meets, or exceeds, all published specifications and the calibration has been performed with test instrumentation that, where applicable, is traceable to the National Institute of Standards and Technology.

Narda's calibration measurements are traceable to the National Institute of Standards and Technology to the extent allowed by the bureau's calibration facilities.

Customer: SEI FLORIDA INC.
MIAMI, FL 33186

Certificate #: 130804 7

Model #: 2244/90.29

Serial #: AD-0010

Description: TYPE 12C PROBE: H-FLD, 300K-30

PO #: ADVANCE PAY

Date Calibrated: 05/22/2013

R.O. #: 130804

Hugh Saunders
Hugh Saunders
Test

Ken Piek
Ken Piek
Quality Assurance

This certificate does not constitute, except as noted, a warranty or approval from L-3 Communications, Narda Microwave-East
L-3 COMMUNICATIONS, NARDA MICROWAVE-EAST, 438 MIDLAND ROAD, HALPPAUBUS, NEW YORK 11788, TEL: 831-231-1700, FAX: 831-231-1711

Figura 47. Certificado de calibración sonda de campo magnético 300 kHz – 30 MHz, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA

Certificado de calibración SMP de WaveControl

N 14517
09/2012

NOTARIA DE B. ARRA
BARCELONA

016 000000

BH5970142

wavecontrol

ENAC
CALIBRACIÓN
IP - IRELSCON

Certificado de Calibración

Centro: LabCal - Wavecontrol
Laboratorio de calibraciones radioeléctricas
C/ Pallars 65-71
08018 Barcelona

Número: 13/00888

Objeto: Medidor portátil de campo electromagnético
+ Sonda isotrópica de campo eléctrico

Marca: Wavecontrol

Modelo: Medidor: SMP
Sonda: WPF8

Identificación: Medidor: 13SM0301
Sonda: 13WP040375

Solicitante: Wavecontrol
C/ Pallars 65-71
08018 Barcelona

Fecha de calibración: 22/05/2013

Signatarios: **Fecha de emisión:** 29/05/2013

Àlex Clusi
Laboratory Manager
LabCal - Wavecontrol

Laurent Derousseau
Technical Director
LabCal - Wavecontrol

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.
Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de Wavecontrol.

1/3

Figura 48. Certificado de calibración SMP de WaveControl, medidor portátil de CEM y sonda isotrópica de campo eléctrico 100kHz – 8 GHz, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Anexo 6. Tutorial, equipo de medición SMP de WAVECONTROL.

Tabla de Contenido

	Pag.
1. INTRODUCCIÓN	132
2. SONDAS DE MEDICIÓN	132
3. CONEXIÓN ENTRE EL EQUIPO Y LA SONDA DE CAMPO ELÉCTRICO..	133
4. CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO.....	134
4.1. ENCENDIDO DEL EQUIPO.....	134
4.2. RECONOCIMIENTO DE LA PANTALLA PRINCIPAL	135
4.3. CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE MEDICIÓN.....	136
4.3.1. Configuración del intervalo de memorización.....	136
4.3.2. Verificación y borrado de la memoria.....	137
4.4. DESCARGA DE DATOS.....	140

Lista de figuras

Figura 49. Sonda de campo eléctrico WPF3.....	132
Figura 50. Sonda de campo eléctrico WPF8.....	132
Figura 51. Sonda de campo eléctrico WPT.....	132
Figura 52. Conector tipo hembra.....	133
Figura 53. Conector tipo macho.....	133
Figura 54. Conexión final entre el equipo y la sonda.....	134
Figura 55. Vista superior del equipo SMP de WAVECONTROL.....	134
Figura 56. Pantalla principal.....	136
Figura 57. Menú.....	136
Figura 58. GPS buscando satélites.....	138
Figura 59. GPS coordenadas geográficas.....	138
Figura 60. Botón “Log/RD”.....	139
Figura 61. Insertar nombre de medición.....	139
Figura 62. Equipo almacenando datos.....	140
Figura 63. EQUIPO DE SMP conectado a un computador portátil.....	141
Figura 64. Seleccionar programa para descargar la información.....	141
Figura 65. Ventana principal de SMP reader.....	142
Figura 66. Ventana de SMP reader conectado y con los que se desean descargar seleccionados.....	142
Figura 67. Ventana donde se van a guardar los datos seleccionados.....	143

1. INTRODUCCIÓN

El equipo WAVECONTROL es una herramienta con la que cuenta TES AMERICA ANDINA LTDA para medir intensidad de campo eléctrico en banda ancha, la sonda con la que se cuenta esta en un rango de 100 kHz a 8 GHz, este equipo puede ser ajustado para mostrar valores instantáneos y medidas máximas sobre un promedio de valores, cuenta con GPS integrado y memoria no volátil que almacena hasta 62000 muestras de información.

2. SONDAS DE MEDICIÓN

El equipo SPMP de WAVECONTROL cuenta con tres tipos de sondas de alta frecuencia.

- Sonda de campo eléctrico WPF3, la cual tiene una frecuencia de operación de 100KHz a 3GHz (ver figura 49).



Figura 49. Sonda de campo eléctrico WPF3, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

- Sonda de campo eléctrico WPF8, la cual tiene una frecuencia de operación de 100KHz a 8 GHz (ver figura 50).



Figura 50. Sonda de campo eléctrico WPF8, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

- Sonda de campo eléctrico WPT esta sonda tiene un diseño especial para las frecuencias de telefonía móvil, las bandas de 900MHz, 1800MHz, 2100MHz (ver figura 51).



Figura 51. Sonda de campo eléctrico WPT, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Actualmente TES AMERICA ANDINA LTDA solo cuenta con la sonda WPF3.

3. CONEXIÓN ENTRE EL EQUIPO Y LA SONDA DE CAMPO ELÉCTRICO.

El SMP es un equipo de visualización y almacenamiento de datos de campo electromagnético medidos por una sonda de campo. Por lo cual es necesario estar conectado a una sonda de campo electromagnético para poder realizar mediciones. Si al encender el equipo no hay ninguna sonda conectada, este no proporcionará valores de campo eléctrico y por lo tanto no será posible el almacenamiento de medidas en memoria. Sin embargo las funcionalidades de configuración, visualización de datos memorizados y posicionamiento GPS si serán accesibles. Para tener un uso adecuado del equipo SMP WAVECONTROL, es importante introducir la sonda adecuadamente para esto es importante conocer los tipos de conectores con los que cuenta el equipo, conector tipo hembra y tipo macho (ver figura 52 y 53 respectivamente).



Figura 52. Conector tipo hembra, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.



Figura 53. Conector tipo macho, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Se puede observar en la figura 9 y la figura 10 que hay una marca roja, es necesario que ambas coincidan para mantener la polaridad del conector, la conexión de la

sonda es de tipo push-pull lo cual hace que para su conexión sea necesario únicamente insertar el conector macho de la sonda en el conector hembra del SMP hasta que haga tope (ver figura 54).



Figura 54. Conexión final entre el equipo y la sonda, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

En la figura 11 se muestra como las dos marcas rojas deben coincidir para así haber concluido la conexión entre la sonda y el SMP.

4. CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO

El equipo SMP de WAVECONTROL tiene dos funcionalidades básicas.

- Medición de campo electromagnético instantáneo y promediado.
- Almacenamiento de los datos en memoria de campo electromagnético.

4.1. ENCENDIDO DEL EQUIPO

Para encender el equipo se oprime el botón On/Off situado en la parte superior (ver figura 7), al encender el equipo se visualizará la versión de firmware, y se accederá a la pantalla principal (la configuración del equipo es la misma que tendrá la última vez que se halla prendido).



Figura 55. Vista superior del equipo SMP de WAVECONTROL, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

4.2. RECONOCIMIENTO DE LA PANTALLA PRINCIPAL

La pantalla principal muestra información continua e instantánea sobre el campo electromagnético que está siendo medido, así como algunos parámetros de información.

- Sonda: Número de serie de la sonda de campo electromagnética que esté conectado al equipo, como TES AMERICA ANDINA LTDA, solo cuenta con la sonda WPF8, aparecerá SONDA 13WP040375. (Ver figura 56).
- Alarma: Indica si la alarma esta activada o no. (Ver figura 56, alarma desactivada).
- Log: indica si se están memorizando datos o no. (Ver figura 56, no está guardando datos en la memoria).
- Campo total: Nivel de campo total instantáneo.
- Unidad de campo: Unidad de medida del valor de campo representado en pantalla. Esta unidad de campo representa el campo total, campo de cada eje, a los valores máximo, mínimo y de media.
- Campo en cada eje: Es el campo medido en cada eje para sondas isotrópicas tri-eje, se actualiza cada segundo.
- Valor máximo y mínimo: Valor máximo y mínimo de campos medidos. Estos valores solo se actualizan (cada segundo) cuando se realiza una memorización de datos.
- Valor de la media (Avg): Valor de la media de campo. Este valor solo se actualiza cuando el log está activado y se actualiza dependiendo del tipo de media e intervalo de media seleccionados.
- Tipo de media: Tipo e intervalo de media seleccionados.
- GPS: Coordenadas geográficas donde se encuentra el equipo. (solo aparece sí el equipo está activado).
- Fecha y hora.
- Bat: Nivel de la batería.



Figura 56. Pantalla principal, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

4.3. CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE MEDICIÓN

Para cualquier medición es importante tener configurada la fecha y la hora del equipo ya que en el momento de generar los informes, estos datos deben coincidir con todos los datos que estos exigen. Si la fecha y hora están configuradas este paso se puede omitir (ver figura 9).



Figura 57. Menú, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

4.3.1. Configuración del intervalo de memorización.

Presionar el botón "MENU", desplazarse hasta opción intervalo log, presionar "ENTER" y con los botones de cursor subir o bajar para aumentar o disminuir, respectivamente, el intervalo de registros. Finalmente "ENTER" ACEPTAR Y BACK

para salir BACK nuevamente para regresar a la pantalla principal. Se recomienda usar intervalo de 1 segundo.

4.3.2. Verificación y borrado de la memoria.

Para verificar el estado de la memoria presionar el botón “Memory” que desplegará una lista de mediciones, con las teclas de cursor puede seleccionar cualquiera de los archivos de la lista y al presionar “Enter” se pueden visualizar los valores de campo eléctrico almacenados, presionar “Back” para volver a la lista. Para eliminar cualquiera de las mediciones de la lista de archivos se presiona la tecla “Log/RD” luego pedirá confirmar el borrado del archivo el cual se acepta presionando el cursor hacia arriba, viene la segunda confirmación la cual se acepta presionando “Enter”. Presionar “Back” para volver a la pantalla principal.

Para borrar TODA la memoria se debe presionar “Menu”, bajar a la opción “Borrar memoria” y presionar “Enter”. Con el cursor hacia arriba se activa el borrado y luego viene la confirmación a la cual se debe presionar “Enter”.

Es importante reiniciar los ID luego de borrar la memoria, entonces bajar a la opción “Reiniciar ID” y presionar “Enter”. Con el cursor hacia arriba se activa el borrado y luego viene la confirmación a la cual se debe presionar “Enter”. Presionar “Back” para volver a la pantalla principal.

No reiniciar los ID cuando no se va a borrar toda la memoria ya que esta opción inicia los ID desde 0 sin importar si se repiten con valores ya existentes, aunque no los sobre escribe dentro de la memoria interna puede llegar presentar inconvenientes al momento de la descarga.

4.3.3. Activar GPS.

Para activar el GPS presionar “Menu”, y con las teclas de cursor dirigirse a la opción “GPS”, presionar “Enter” y con las teclas de cursor hacia arriba o hacia abajo, se activa y desactiva el GPS. Al activar el GPS en la parte inferior de la pantalla principal aparece “GPS: Buscando satélites..#” En donde # es el número de satélites encontrados (ver figura 58).



Figura 58. GPS buscando satélites, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Cuando ya está funcionando correctamente el GPS se puede ver las coordenadas y altura medidas (ver figura 11).



Figura 59. GPS coordenadas geográficas, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

4.3.4. Almacenamiento de los datos.

En la pantalla principal, presionar el botón "Log/RD" (ver figura 60).



Figura 60. Botón “Log/RD”, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Nos lleva a una pantalla a la que automáticamente asignó un ID y da la opción de darle un nombre al archivo, para cambiar de letras cursor hacia arriba o hacia abajo y para moverse de la casilla botón hacia la izquierda o hacia la derecha (ver figura 61), aunque no hay ningún problema si no se le da un nombre. Presionar “Enter” y se mostrará la pantalla de confirmación y se presiona “Enter”. Debido a que este equipo no cuenta con un contador de muestras la manera más práctica de contar las muestras tomadas es aprovechando el reloj que está en la parte inferior de la pantalla, junto con el indicador de batería, como lo se ha configurado para tomar una muestra cada segundo entonces basta con contar 40 segundos para que se almacenen 40 o 41 datos en la memoria. Un buen truco es aprovechar que la medición se inicie en un número que facilite llevar la cuenta, por ejemplo 00, en el segundero del reloj, para lograr esto se debe iniciar la medición cuando el segundero vaya en 57, en el segundero, pues el inicio de la medición demora aproximadamente 3 segundos.



Figura 61. Insertar nombre de medición, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

En la parte superior derecha de la pantalla hay un indicador “Log” y junto a él un círculo, cuando el círculo está relleno de azul el equipo está almacenando datos (ver figura 62) y cuando está relleno de blanco está desactivado el almacenamiento de datos.



Figura 62. Equipo almacenando datos, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

4.4. DESCARGA DE DATOS

Finalmente y después de la medición de cada sitio es necesario descargar la información almacenada en el equipo de medición.

4.4.1. Configuración de Hardware.

El Equipo de medición de campo eléctrico WAVECONTROL SMP solo requiere de un cable mini-USB a USB para conectarse con el computador.

El esquema final debe quedar tal y como se muestra en la Figura 63, es necesario que la sonda esté conectada al momento de la descarga de los datos.



Figura 63. EQUIPO DE SMP conectado a un computador portátil, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

4.4.2. Descargar los datos.

Conectar el SMP y el computador mediante el cable mini-USB-USB, y ejecutar el programa SMP reader, ubicado en Todos los programas>>WAVECONTROL (ver figura 64).

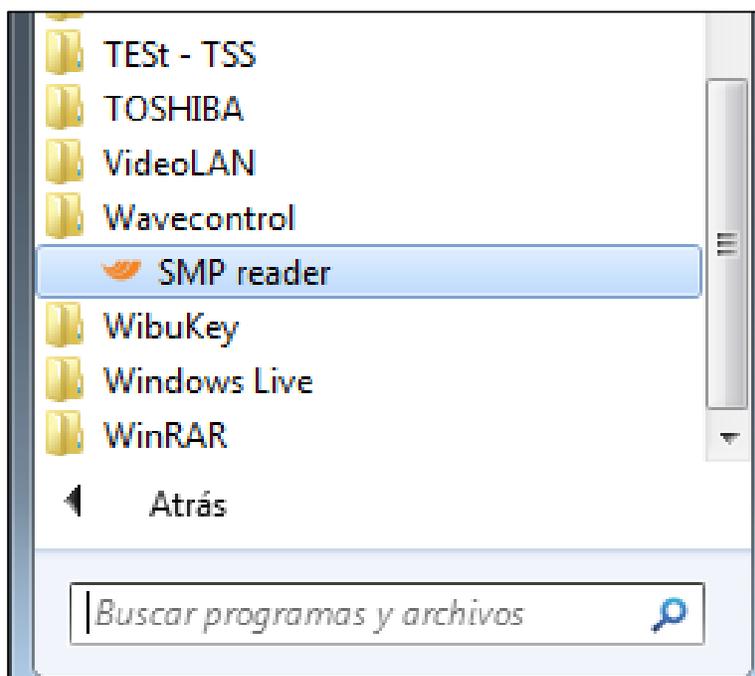


Figura 64. Seleccionar programa para descargar la información, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Al ejecutar el programa se obtiene la siguiente ventana (ver figura 17).

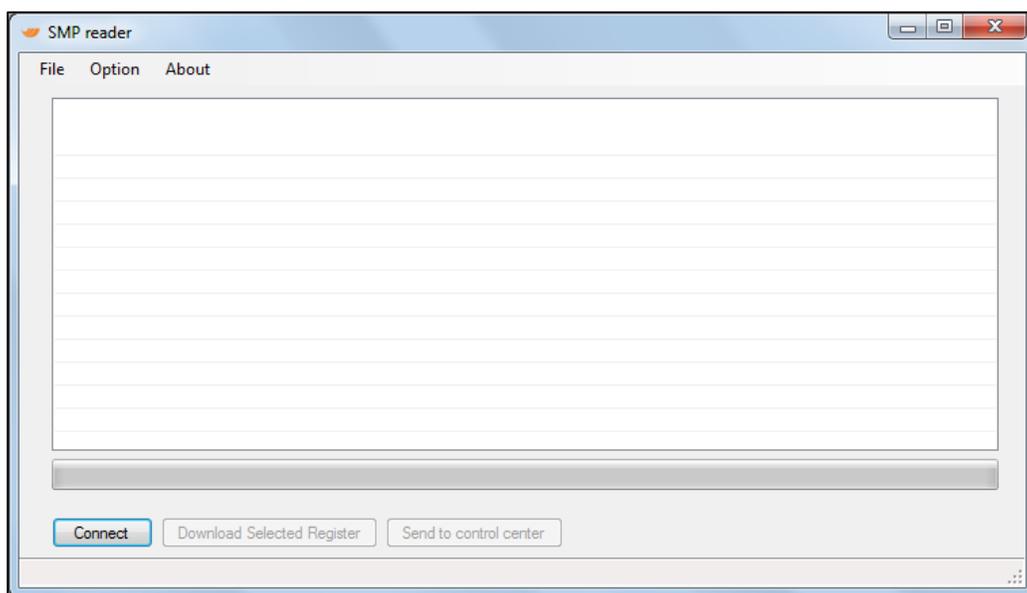


Figura 65. Ventana principal de SMP reader, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Click en Connect y se obtiene la ventana mostrada en la figura 66.

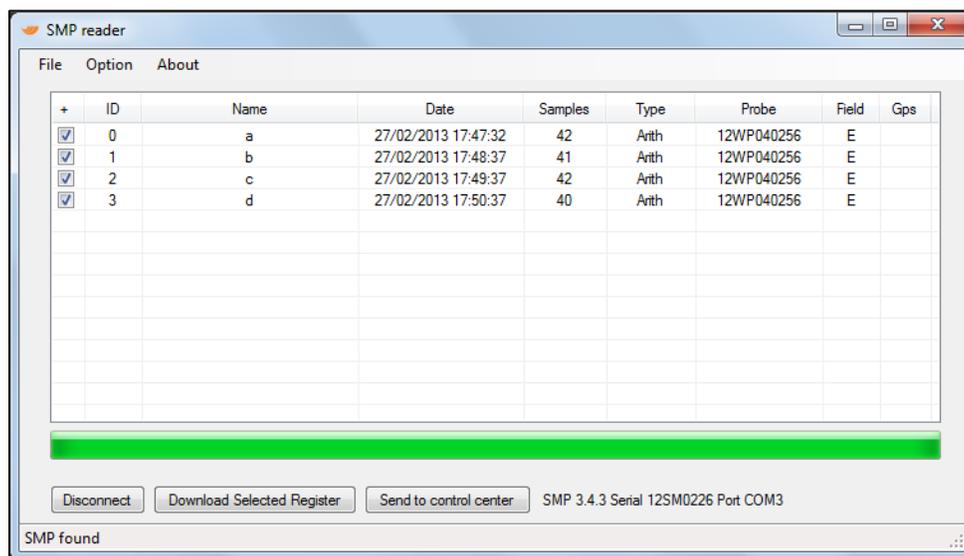


Figura 66. Ventana de SMP reader conectado y con los que se desean descargar seleccionados, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Click en “Download Selected Register” se escoge la carpeta destinada a donde se quieren guardar los archivos seleccionados (ver figura 66 y 67).

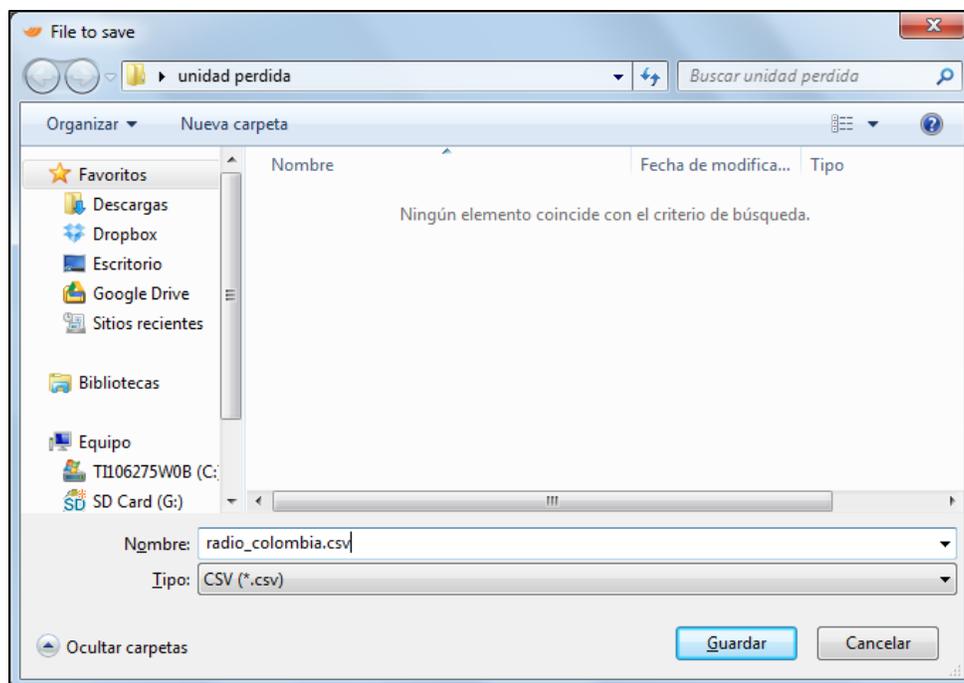


Figura 67. Ventana donde se van a guardar los datos seleccionados, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Anexo 7. Tutorial, equipo de medición EMR 300

Tabla de contenido

	Pag.
1. INTRODUCCIÓN.....	146
2. SONDAS DE MEDICIÓN.....	146
3. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN.....	146
3.1 AJUSTE DE LA SONDA DE CAMPO ELÉCTRICO/CAMPO MAGNÉTICO AL EQUIPO EMR300.....	146
3.2 SELECCIONAR UNIDAD DE MEDIDA.....	147
3.3 SELECCIONAR MODOS DE RESPUESTA DE LA MEDIDA	148
3.3.1 Modo Instantáneo y Máximo-Instantáneo:	149
3.3.2 Modo Average y Máximo Average:	149
3.4 AJUSTAR VALORES LÍMITES	149
3.5 AJUSTAR FUNCIÓN DE ALARMA	150
3.6 AJUSTAR TIEMPO PROMEDIO.....	151
3.7 AJUSTAR INTERVALO DE TIEMPO “dt”.....	151
3.8 ALMACENAMIENTO DE DATOS	152
3.8.1 Almacenamiento de valores individuales:	152
3.8.2 Almacenamiento de medidas secuenciales	152
3.8.3 Borrado de valores medidos	153
3.9 DESCARGA DE VALORES MEDIDOS.....	154
3.10 DESCARGA DE DATOS EN EL PC	154

Lista de figuras

	Pag.
Figura 68. Conexión Sonda.....	147
Figura 69. Botón de encendido selección densidad de potencia, selección campo eléctrico y selección campo magnético.	148
Figura 70. Selección modo average y máximo average.....	149
Figura 71. Insertar valor límite.....	150
Figura 72. Activar alarma.	150
Figura 73. Habilitar tiempo promedio	151
Figura 74. Ajustar intervalo de tiempo.....	151
Figura 75. Almacenamiento individual de datos.	152
Figura 76. Borrado individual.....	152
Figura 77. Almacenamiento de datos en secuencia.....	153
Figura 78. Parar almacenamiento de datos.....	153
Figura 79. Borrar el último valor almacenado.....	153
Figura 80. Borrar toda la memoria.....	154
Figura 81. Conexión entre la PC y el equipo NARDA EMR 300.....	155
Figura 82. Entorno grafico de software, conexión PC-NARDA EMR 300.....	155
Figura 83. Leer memoria del equipo NARDA EMR 300	156
Figura 84. Cargando datos del equipo NARDA EMR 300	156
Figura 85. Guardar datos de la base de datos del equipo NARDA EMR 300	157
Figura 86. Carpeta de destino de la base de datos.....	157
Figura 87. Base de datos de la medición.	158

Lista de tablas

	Pag.
Tabla 69. Sondas existentes del equipo Narda EMR 300	146
Tabla 70. Tipo de medición a seleccionar.	148

1. INTRODUCCIÓN

Este instructivo pretende exponer de forma detallada los lineamientos y consideraciones necesarias para operar correctamente el equipo de medición EMR 300.

Este documento esta detallado para facilitar la comprensión del equipo de medición EMR 300, de tal manera que el lector este en capacidad de realizar la configuración, establecer parámetros, seleccionar la variable a medir y efectuar la medición, siguiendo las especificaciones descritas en el presente instructivo.

Las mediciones efectuadas con el equipo de medición EMR 300 se realizan en banda ancha, es decir sin discriminar frecuencia ni origen y se complementan con mediciones selectivas cuando se requiera.

2. SONDAS DE MEDICIÓN

El rango de frecuencias en los que opera el equipo de medición EMR 300 depende del tipo de sonda con la que se mide, teniendo en cuenta que el EMR la reconoce automáticamente. A continuación se describe cada una de ellas (ver tabla 69):

Tabla 69. Sondas existentes del equipo Narda EMR 300, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA

Equipo	Sonda Tipo	Frecuencia de Operación
Narda EMR-300	Sonda de campo eléctrico tipo 18	100 kHz a 3 GHz
Narda EMR-300	Sonda de campo magnético tipo 10	27 MHz a 1 GHz
Narda EMR-300	Sonda de campo magnético tipo 12	300 kHz a 27 MHz

3. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

A continuación se describen los pasos básicos, al ejecutar una de las actividades típicas realizadas en campo por el área de radiación. Para ver con mayor detalle la variabilidad de funciones que se obtienen del EMR 300.

3.1 AJUSTE DE LA SONDA DE CAMPO ELÉCTRICO/CAMPO MAGNÉTICO AL EQUIPO EMR300

Para efectuar la conexión de la sonda de campo eléctrico al EMR 300, se deben hacer coincidir las marcas rojas situadas tanto en la sonda como en el EMR 300, enfrentándolas y ejerciendo presión.

Para retirar la sonda, esta se debe mantener alineada con el equipo y presionada hacia este, se gira el conector para abrirlo y se procede a remover la sonda (ver figura 68).



Figura 68. Conexión Sonda, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

3.2 SELECCIONAR UNIDAD DE MEDIDA

El EMR 300 detecta automáticamente el tipo de sonda y asigna las unidades por defecto cuando este se enciende.

Cuando se realizan medidas en campo lejano es posible registrar las intensidades de campo eléctrico y campo magnético, utilizando únicamente la sonda de campo eléctrico. Para esto es necesario presionar el botón “V/m/A/m” del equipo para pasar de una variable a otra. Esta conversión de unidades es inválida para medidas de campo cercano, ya que no existe relación entre las intensidades de los campos eléctricos y magnéticos. Para este caso, se deben seguir siempre las unidades por defecto.

Si más de una frecuencia está presente en los puntos de medición de los campos, se debe usar la frecuencia de interés y con más influencia para decidir los parámetros de la medida. Adicional a campo eléctrico y campo magnético, el EMR 300 permite visualizar la densidad de potencia expresada en mW/cm^2 (Ver figura 69).



Figura 69. Botón de encendido selección densidad de potencia, selección campo eléctrico y selección campo magnético, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

3.3 SELECCIONAR MODOS DE RESPUESTA DE LA MEDIDA

Para pasar de un modo de medición a otro, se utiliza el botón MAX/AVRG, visualizando en el display para cada modo la siguiente información.

La tabla 2 muestra información como aparece en el display el tipo de medición que se va a realizar. (Ver Tabla 70)

Tabla 70. Tipo de medición a seleccionar, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

DISPLAY EMR 300	MODO
NO DISPLAY	Modo Instantáneo
AVRG	Modo Average
MAX	Modo Máximo Instantáneo
AVRG+MAX	Modo Máximo Average

3.3.1 Modo Instantáneo y Máximo-Instantáneo:

Este modo es el más utilizado en las mediciones de campos electromagnéticos, se usan para medidas cortas y para orientación de las medidas. Por ejemplo: para mediciones en campos desconocidos o como una guía cuando se conoce el área de exposición a la radiación.

3.3.2 Modo Average y Máximo Average:

El modo promedio y máximo promedio se usan para medidas extensas de exposición a campos electromagnéticos. Se deben usar cuando los valores instantáneos estén sujetos a variaciones considerables (ver figura 70).



Figura 70. Selección modo average y máximo average, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

3.4 AJUSTAR VALORES LÍMITES

El equipo e medición EMR 300 permite ingresar un valor de campo eléctrico, según el requerimiento. Para ingresar un valor límite se realizan los siguientes pasos:

- Presionar la tecla LIMIT/CAL, en el display se muestra un mensaje “LIMIT” para indicar que es posible ingresar el valor (ver figura 71).



Figura 71. Insertar valor límite, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

- Se cambia este valor presionando y manteniendo abajo la tecla shift y usando las flechas de posición del EMR 300 para aumentar o disminuir hasta obtener el valor deseado.
- Para salir del ajuste del límite, se presiona alguna tecla excepto SHIFT y LIMIT/CAL, o se espera un tiempo de 10 segundos para salir automáticamente.

3.5 AJUSTAR FUNCIÓN DE ALARMA

Es posible que en algunas mediciones se requiera conocer el punto de medición en donde se presenten altos niveles de campos electromagnéticos, por lo que se necesita que el equipo de medición emita una señal sonora cuando los valores medidos alcancen el 20% de los valores establecidos con la función LIMIT/CAL. Esto es posible presionando la tecla shift y luego la tecla ALARM. (Ver Figura 72).



Figura 72. Activar alarma, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

En el display debe aparecer el símbolo de alarma, para indicar que esta función se encuentra habilitada.

La función de alarma se activa en dos estados:

- Cuando el calor mencionado alcanza el 10% de los valores límites, se activa la alarma sonora intermitentemente.
- Cuando el calor medido excede el valor límite, se enciende un led y se obtiene un tono continuo.

Para desactivar el led indicador de alarma se debe presionar la tecla SHIFY y para desactivar el modo audible en los modos instantáneo y promedio se debe presionar "SHIFT+RESET".

3.6 AJUSTAR TIEMPO PROMEDIO

Cuando se selecciona el modo de respuesta de la medida en “Modo Average” o “Max-Average” se debe asignar un tiempo promedio, por lo general de 6 minutos, realizando los siguientes pasos:

- Presionar el botón LIMIT/CAL varias veces hasta que en el display se muestre el mensaje “A t l” que indica que el tiempo promedio se habilita (ver figura 73).

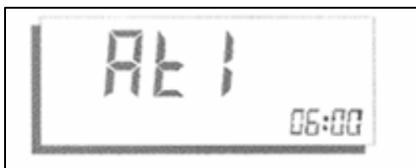


Figura 73. Habilitar tiempo promedio, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

- El valor de tiempo promedio se modifica presionando y manteniendo abajo la tecla shift y usando las flechas de posición del EMR 300 para aumentar o se disminuir hasta obtener el valor deseado.

3.7 AJUSTAR INTERVALO DE TIEMPO “dt”

Este es asignado en intervalos de tiempo fijos y es usado durante el almacenamiento de los valores medidos, está comprendido entre 0.4 segundos y 90 segundos (0.4s, 0.8s, 2s, 4s, 8s, 16s, 30s, 60s, 90s), es decir es el tiempo entre medida y medida que registra el EMR 300 cuando se realiza el almacenamiento de medidas secuenciales.

Para configurar el intervalo de tiempo dt, se debe:

- Presionar el botón “MEM” durante 2 segundos para acceder a la función de vista.
- Presionar brevemente “MEM”, cada vez que se presiona se selecciona una de las funciones, entre ellas el intervalo de tiempo “dt”.
- El valor del intervalo de tiempo “dt” se modifica presionando y manteniendo abajo la tecla shift y usando las flechas de posición del EMR 300 para aumentar o se disminuir hasta obtener el valor deseado.

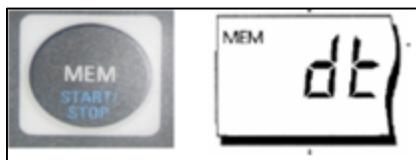


Figura 74. Ajustar intervalo de tiempo., fuente TES AMERICA ANDINA LTDA

- El valor del intervalo de tiempo “dt” se modifica presionando y manteniendo abajo la tecla shift y usando las flechas de posición del EMR 300 para aumentar o se disminuir hasta obtener el valor deseado.

3.8 ALMACENAMIENTO DE DATOS

Los valores medidos con el EMR 300 se pueden almacenar de dos maneras:

3.8.1 Almacenamiento de valores individuales:

Para el almacenamiento de valores individuales se presiona la tecla “MEM”, y aparece en la parte inferior derecha de la pantalla, la posición de la memoria. Cada vez que se presiona, se almacena un valor medido e incrementa la posición de la memoria (ver figura 75).

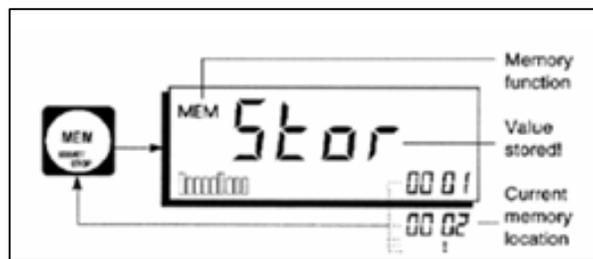


Figura 75. Almacenamiento individual de datos, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Si se quiere borrar de la memoria los valores medidos MAX, AVRG o MAX AVRG se presionan las teclas SHIFT+RESET a la vez (ver figura 76).



Figura 76. Borrado individual, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

3.8.2 Almacenamiento de medidas secuenciales

Al realizar las mediciones de campos electromagnéticos con un modo de medición seleccionado, es necesario registrar un número de medidas previamente establecidos, para las intensidades de campo eléctrico, campo magnético o densidad de potencia por cada uno de los puntos de medición seleccionados para cada sitio, razón por la cual es necesario configurar el EMR 300 para que al iniciar la medición, automáticamente se incrementen las posiciones de memoria y se almacenen los valores medidos con un intervalo de tiempo “dt” y detenerlo en la posición de memoria deseado.

Para realizar el almacenamiento secuencial de los valores registrados se siguen los siguientes pasos:

- Presionar “SHIFT + START/STOP (MEM)” (ver figura 77).



Figura 77. Almacenamiento de datos en secuencia, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

- Los valores medidos son almacenados con un intervalo de tiempo espaciado “dt” (el intervalo de tiempo está comprendido entre 0,4 segundos y 90 segundos) y el número de posiciones de memoria que se van ocupando aparecen en el display.
- Para detener la grabación de la secuencia de datos, al momento de cambiar la sonda para dar inicio a la medición de otra variable, o debido a la culminación de la toma de datos se presiona “SHIFT + START/STOP (MEM)” (ver figura 78).



Figura 78. Parar almacenamiento de datos, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

3.8.3 Borrado de valores medidos

- Para borrar un solo valor de la memoria se presiona SHIFT + CLEAR (ver figura 79).



Figura 79. Borrar el último valor almacenado, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Nota: Se borra la última posición de memoria (Ultimo Valor Almacenado)

- Para borrar toda la secuencia de datos almacenados en el EMR 300, se presiona SHIFT + CLEAR durante 2 segundos, aparecerá en el display parte inferior derecha el aviso “ALL”, para indicar que toda la memoria fue borrada (ver figura 80).



Figura 80. Borrar toda la memoria, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

Nota: El equipo indica que la memoria está llena mediante un letrero “FULL” en el display.

3.9 DESCARGA DE VALORES MEDIDOS

El equipo EMR 300 tiene la posibilidad de imprimir los datos medidos (incluyendo la hora, la fecha, la unidades, el tipo de modo, el factor de calibración y la sonda) bien sea enviándolos por su interfaz RS 232 a un computador que cuente con el software EMR TS requerido o enviándolos directamente a la impresora.

3.10 DESCARGA DE DATOS EN EL PC

Para la descarga de datos del EMR 300 se usa el programa EMR-TS o el programa “terminal”, realizando los siguientes pasos:

- Para la descarga de datos es necesario que el EMR 300 se encuentre con alguna de las sondas instalada.
- Activar equipo EMR 300 y realizar la conexión al portátil utilizando el cable de fibra óptica, el convertor de fibra óptica a RS-232 y el cable convertor de RS-232 a USB (ver figura 81).



Figura 81. Conexión entre la PC y el equipo NARDA EMR 300, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

- Abrir programa EMR TS
- Al abrir el EMR 300, el software reconoce el equipo a través de la siguiente ventana (ver figura 82).

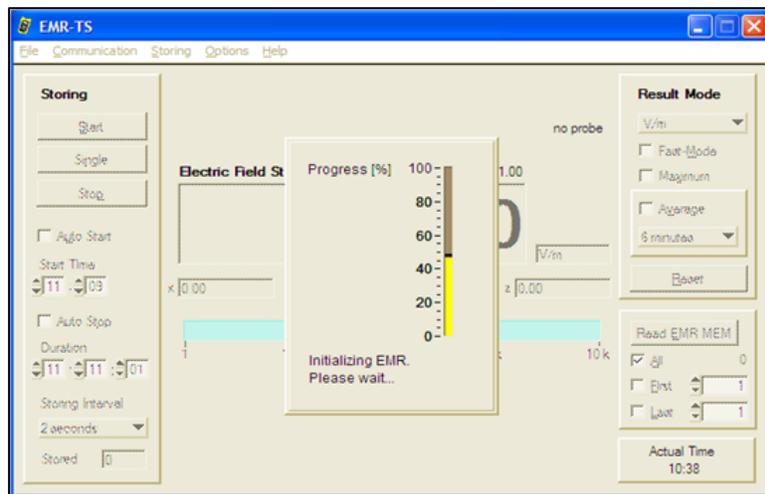


Figura 82. Entorno grafico de software, conexión PC-NARDA EMR 300, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

- Una vez reconocido se visualiza la información básica y el tipo de variable que actualmente se está registrando, se da click sobre “Read EMR MEM” para que el software de inicio a la lectura de la memoria (ver figura 83).

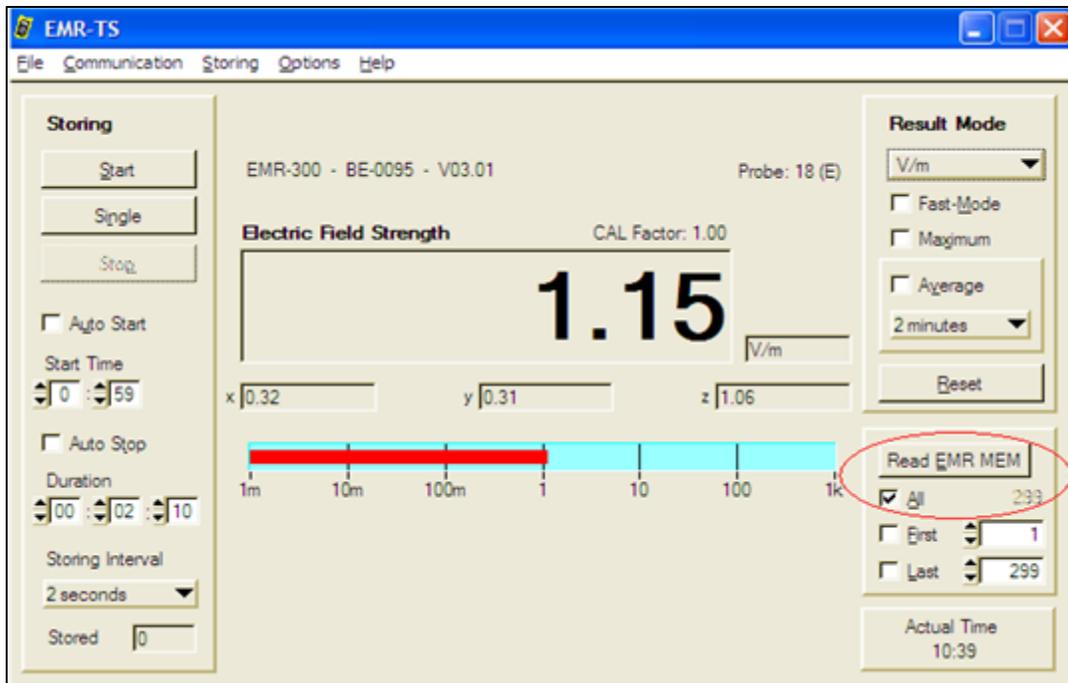


Figura 83. Leer memoria del equipo NARDA EMR 300, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA

- Se da inicio a la lectura de la memoria, hasta que el campo “Lines” (Posiciones de memoria) de la siguiente ventana haya completado el total de datos almacenados y la barra “Progress” alcance el 100% (ver figura 84).

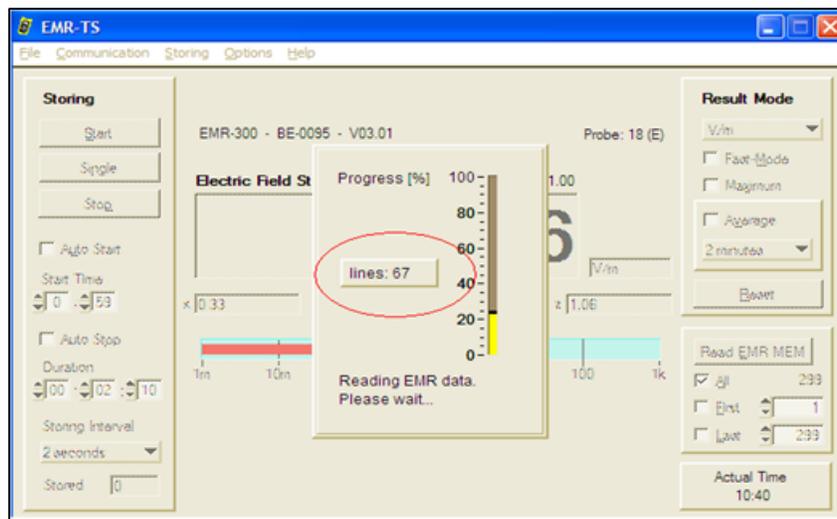


Figura 84. Cargando datos del equipo NARDA EMR 300, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA

- Una vez se ha leído la memoria, se presentan todos los datos de las variables medidas, estos se deben verificar para comprobar que la cantidad de posiciones de memoria leída correspondan con los datos de campo y se pulsa sobre “Save” para guardar los datos en el PC (ver figura 85).

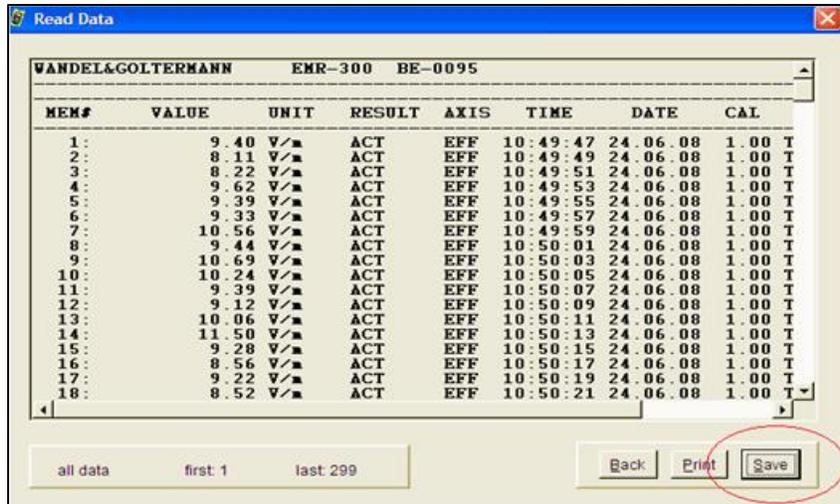


Figura 85. Guardar datos de la base de datos del equipo NARDA EMR 300, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA

- Se nombra el archivo, el cual tiene extensión .csv y se selecciona la carpeta de destino donde se desea guardar (ver figura 86).

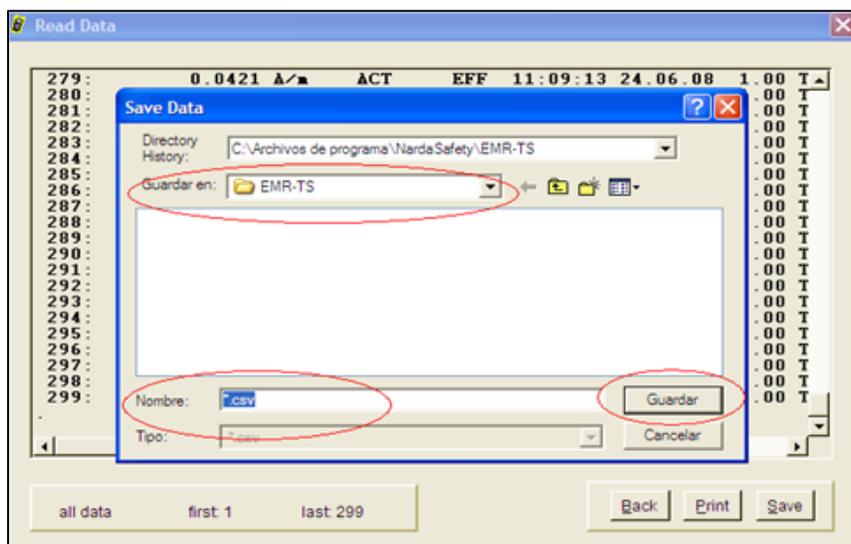


Figura 86. Carpeta de destino de la base de datos, fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.

- Por último se abre el archivo guardado (Contiene información de la hora, fecha, unidades, el tipo de modo, el factor de calibración y la sonda) verificando las posiciones de memoria y las unidades de medida, este archivo junto con las fotos del sitio y el formato de trabajo de campo son entregados al ingeniero de soporte para proceder con el procesamiento de los datos (ver figura 87).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	WANDEL&GOLTERMANN		EMR-300	BE-0095							
2											
3	MEM#	VALUE	UNIT	RESULT	AWS	TIME	DATE	CAL	PROBE		
4	1	8.4 V/m		ACT	EFF	10 49 47	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
5	2	8.11 V/m		ACT	EFF	10 49 49	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
6	3	8.22 V/m		ACT	EFF	10 49 51	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
7	4	9.62 V/m		ACT	EFF	10 49 53	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
8	5	9.39 V/m		ACT	EFF	10 49 55	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
9	6	9.33 V/m		ACT	EFF	10 49 57	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
10	7	10.56 V/m		ACT	EFF	10 49 59	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
11	8	9.44 V/m		ACT	EFF	10 50 01	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
12	9	10.69 V/m		ACT	EFF	10 50 03	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
13	10	10.24 V/m		ACT	EFF	10 50 05	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
14	11	9.39 V/m		ACT	EFF	10 50 07	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
15	12	9.12 V/m		ACT	EFF	10 50 09	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
16	13	10.06 V/m		ACT	EFF	10 50 11	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
17	14	11.5 V/m		ACT	EFF	10 50 13	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
18	15	9.28 V/m		ACT	EFF	10 50 15	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
19	16	8.56 V/m		ACT	EFF	10 50 17	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
20	17	9.22 V/m		ACT	EFF	10 50 19	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
21	18	8.52 V/m		ACT	EFF	10 50 21	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
22	19	9.18 V/m		ACT	EFF	10 50 23	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
23	20	8.87 V/m		ACT	EFF	10 50 25	24/06/2008		1 TYPE		10 AD-0006
24	21	0.0555 A/m		ACT	EFF	10 50 40	24/06/2008		1 TYPE		10 AR-0006
25	22	0.0593 A/m		ACT	EFF	10 50 42	24/06/2008		1 TYPE		10 AR-0006
26	23	0.0483 A/m		ACT	EFF	10 50 44	24/06/2008		1 TYPE		10 AR-0006
27	24	0.0505 A/m		ACT	EFF	10 50 46	24/06/2008		1 TYPE		10 AR-0006
28	25	0.0533 A/m		ACT	EFF	10 50 48	24/06/2008		1 TYPE		10 AR-0006
29	26	0.0556 A/m		ACT	EFF	10 50 50	24/06/2008		1 TYPE		10 AR-0006
30	27	0.0541 A/m		ACT	EFF	10 50 52	24/06/2008		1 TYPE		10 AR-0006
31	28	0.0541 A/m		ACT	EFF	10 50 54	24/06/2008		1 TYPE		10 AR-0006
32	29	0.0527 A/m		ACT	EFF	10 50 56	24/06/2008		1 TYPE		10 AR-0006
33	30	0.0512 A/m		ACT	EFF	10 50 58	24/06/2008		1 TYPE		10 AR-0006
34	31	0.0544 A/m		ACT	EFF	10 51 00	24/06/2008		1 TYPE		10 AR-0006
35	32	0.0524 A/m		ACT	EFF	10 51 02	24/06/2008		1 TYPE		10 AR-0006
36	33	0.0521 A/m		ACT	EFF	10 51 04	24/06/2008		1 TYPE		10 AR-0006

Figura 87. Base de datos de la medición., fuente TES AMERICA ANDINA LTDA.