

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**



**“EXPOSICIÓN A LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE
BAJAS FRECUENCIAS EN EL MALECÓN DE SALINAS,
SANTA ELENA, ECUADOR”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

AUTOR: CHRISTIAN EDUARDO QUIRUMBAY GONZÁLEZ

TUTOR: NÉSTOR MINHUEY MÉNDEZ, PhD.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2014

La Libertad, 5 de diciembre del 2014

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, “**Exposición a los campos electromagnéticos de bajas frecuencias en el Malecón de Salinas, Santa Elena, Ecuador**”, elaborado por el señor Quirumbay González Christian Eduardo, egresado de la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, apruebo en todas sus partes.

Atentamente

.....

Néstor Minhuey Méndez, PhD

TUTOR

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

RUTH ESPINOZA ALMEIDA
LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
REGISTRO SENESCYT N°:1030-02-15828
TELÉFONO CELULAR: 0991582744
CORREO ELECTRÓNICO: gadaru3397@hotmail.com

CERTIFICO

Que, he revisado la redacción, ortografía, gramática y empleo de la sinonimia del trabajo de titulación con el tema:

“EXPOSICIÓN A LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE BAJAS FRECUENCIAS EN EL MALECÓN DE SALINAS, SANTA ELENA, ECUADOR”

Elaborado por el señor **Christian Eduardo Quirumbay González** para optar por el título de **Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**, de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Quien ha realizado las correcciones correspondientes en el mencionado trabajo de graduación.

Por lo expuesto autorizo al peticionario, a hacer uso de este certificado, como considere conveniente a sus intereses.

Santa Elena, diciembre 3 de 2014



Lcda: Ruth Espinoza Almeida

DEDICATORIA

De manera especial y con mucho amor y respeto a mis padres Tomas y María por su apoyo incondicional, a mis hermanas Sandra, Diana, Jennifer, mi sobrina Nathaly, a mi novia Roxana, todos ellos por sus consejos y motivaciones para seguir adelante con mi futuro.

En general a toda mi familia y amigos que siempre confiaron en mí y me brindaron su apoyo, ya que cumplir con esta meta los llena de un inmenso orgullo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme fuerzas y seguir adelante en mis metas propuestas, el incondicional apoyo de mis padres, en especial a mi madre por sus esfuerzos y lograr que me convierta en un profesional, al PhD. Néstor Méndez por su ayuda y orientación en el proyecto, a los docentes que me brindaron sus conocimientos en el periodo académico.

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Freddy Villao Santos, MSc
Decano de la Facultad de
Sistemas Y Telecomunicaciones

Ing. Washington Torres Guin, MSc
Director de Escuela de
Electrónica Y Telecomunicaciones

Néstor Minhuey Méndez, PhD
Tutor

Ing. Daniel Gómez Alejandro
Profesor de Área

Ab. Joe Espinoza Ayala
Secretario General

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**“EXPOSICIÓN A LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE BAJAS
FRECUENCIAS EN EL MALECÓN DE SALINAS, SANTA ELENA,
ECUADOR”**

Autor: Christian Quirumbay González

Tutor: Néstor Minhuey Méndez, PhD

RESUMEN

El proyecto actual realizará un estudio y análisis de las radiaciones no ionizantes 60Hz (ELF), en el Malecón del cantón Salinas, con el propósito de verificar mediante comparativas de normas nacionales e internacionales que se encuentran dentro del máximo permitido por dichas entidades encargadas de controlar las radiaciones, para su posterior análisis y compartir recomendaciones que puedan servir como base para el futuro de este tipo de investigaciones.

El proyecto se efectúa en cuatro capítulos:

En el capítulo 1 establece la problemática, los objetivos planteados y justificación del problema, que es la falta de control de las radiaciones no ionizantes en Salinas, así como se plantea la hipótesis y se detallan los resultados esperados en la investigación.

En el capítulo 2 se determina el marco teórico que consiste en estudiar los conceptos más relevantes históricos, las normativas y leyes para el control de las radiaciones no ionizantes, así como las bases teóricas en lo que respecta a campos electromagnéticos, frecuencias ELF, espectro electromagnético y los diferentes tipos de metodología que se utilizará para proceder con la investigación.

El capítulo 3 consiste en el análisis de requerimientos para la realización de nuestra investigación, las características técnicas de la instrumentación a utilizar, las diferentes fases para las mediciones respectivas y la recolección de datos para el post análisis.

En el capítulo 4 se mostrará el respectivo análisis de resultados de los datos obtenidos cuantitativa y cualitativamente, los datos estadísticos de las mediciones y la comparativa de resultados, así como las conclusiones y recomendaciones establecidas para la investigación.

ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
TRIBUNAL DE GRADO	VI
RESUMEN	VII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	2
1. MARCO REFERENCIAL	2
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 HIPÓTESIS	5
1.6 RESULTADOS ESPERADOS	5
CAPÍTULO 2.....	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES.....	8
2.1.1 Históricos.....	8
2.1.2 Legales.....	10
2.1 BASES TEÓRICAS	21
2.2.1 Campo Eléctrico	21
2.2.2 Campo Magnético	22
2.2.3 Características entre el campo magnético y campo eléctrico.....	22
2.2.4 Campos electromagnéticos	23
2.2.5 Espectro Electromagnético.....	27

2.2.6	Tipos de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes.....	30
2.2.7	Clasificación de los Campos Electromagnéticos.....	35
2.2.8	Exposición a los campos electromagnéticos.....	40
2.2.9	Efectos biológicos de la radiación no ionizante.....	42
2.3	VARIABLES.....	44
2.3.1	Variable Independiente (causa).....	44
2.3.2	Variable dependiente (efecto).....	44
2.4	MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	44
2.4.1	Tipo de estudio.....	44
2.4.2	Métodos de la investigación.....	45
2.5	TÉRMINOS BÁSICOS.....	45
CAPÍTULO 3.....		47
3.	ANÁLISIS.....	47
3.1	DIAGRAMA DEL PROCESO.....	48
3.1.1	Definición del modelo de medición y puntos de referencia.....	48
3.1.2	Configuración del software de medición.....	48
3.1.3	Recolección de información.....	53
3.1.4	Análisis de resultados.....	61
3.2	IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS.....	61
3.2.1	Instrumento de medición SPECTRAN NF-5035.....	61
3.2.2	Software MCS SPECTRUM ANALYZER 1.9.3.....	62
3.2.3	Especificaciones de PC.....	63
CAPÍTULO 4.....		64
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	64
4.1	COMPARATIVA CON NORMAS NACIONALES.....	65
4.1.1	Análisis de puntos en el perímetro 1.....	65
4.1.2	Análisis de puntos en el perímetro 2.....	66
4.1.3	Análisis de puntos en el perímetro 3.....	69
4.1.4	Análisis de punto en el perímetro 4.....	70
4.2	COMPARATIVA CON NORMAS NACIONALES.....	72
4.3	COMPARATIVA CON NORMAS INTERNACIONALES.....	73
4.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MEDICIONES.....	76
CONCLUSIONES.....		88
RECOMENDACIONES.....		89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		90
ANEXOS.....		91

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I	LIMITACIONES BÁSICAS PARA EXPOSICIONES A CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS EN FRECUENCIAS HASTA 10GHZ	12
TABLA II	NIVEL REFERENCIAL PARA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS	13
TABLA III	NIVEL REFERENCIAL PARA EXPOSICIÓN POBLACIONAL A CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS	13
TABLA IV	TÉRMINOS MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN PARA FUENTES DE RADIOCOMUNICACIONES (3KHZ – 300GHZ)	14
TABLA V	NIVEL REFERENCIAL PARA RESTRINGIR LA EXPOSICIÓN DE 60 HZ ELF PARA LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN	14
TABLA VI	LIMITACIÓN BÁSICA PARA EXPOSICIONES A CAMPOS MAGNÉTICOS Y ELÉCTRICOS DE 60 HZ ELF.....	15
TABLA VII	INTENSIDADES DE CAMPO ELÉCTRICO ELF MONITOREADAS EN LOS ELECTRODOMÉSTICOS.....	15
TABLA VIII	MAGNITUDES DE CAMPO MAGNÉTICO DE ELECTRODOMÉSTICOS A DISTINTAS DISTANCIAS.....	16
TABLA IX	TÉRMINOS DE EXPOSICIÓN RECOMENDADOS POR LA ICNIRP.....	16
TABLA X	NIVEL DE EXPOSICIONES EN EL DOMICILIO Y EN EL CENTRO AMBIENTAL	17
TABLA XI	CARACTERÍSTICAS ENTRE CAMPO ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO.....	23
TABLA XII	CONVERSIONES ENTRE UNIDADES DE MEDICIÓN DE CAMPO MAGNÉTICO....	27
TABLA XIII	DIVISIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	29
TABLA XIV	NIVELES DE ÍNDICE UV.....	34
TABLA XV	REPRESENTACIÓN DE MEDICIONES 1 CON UBICACIÓN GENERAL Y CAMPO MAGNÉTICO.....	53
TABLA XVI	REPRESENTACIÓN DE DATOS DE MEDICIONES 1 EN ÁREA 1.....	54
TABLA XVII	REPRESENTACIÓN DE DATOS DE MEDICIONES 1 EN ÁREA 2	55
TABLA XVIII	REPRESENTACIÓN DE DATOS DE MEDICIONES 1 EN ÁREA 3.....	56
TABLA XIX	REPRESENTACIÓN DE MEDICIONES 2 CON UBICACIÓN GENERAL Y CAMPO MAGNÉTICO.....	57
TABLA XX	REPRESENTACIÓN DE DATOS DE MEDICIONES 2 EN ÁREA 1.....	58
TABLA XXI	REPRESENTACIÓN DE DATOS DE MEDICIONES 2 EN ÁREA 2.....	59
TABLA XXII	REPRESENTACIÓN DE DATOS DE MEDICIONES 2 EN ÁREA 3	60
TABLA XXIII	COMPARACIÓN DE PUNTOS PERÍMETRO 1 DE MEDICIONES 1.....	65
TABLA XXIV	COMPARACIÓN PUNTOS PERÍMETRO 1 DE MEDICIONES 2	66
TABLA XXV	COMPARACIÓN PUNTOS PERÍMETRO 2 DE MEDICIONES 1.....	67
TABLA XXVI	COMPARACIÓN PUNTOS PERÍMETRO 2 DE MEDICIONES 2	68
TABLA XXVII	COMPARACIÓN PUNTOS PERÍMETRO 3 DE MEDICIONES 1	69

TABLA XXVIII	COMPARACIÓN PUNTOS PERÍMETRO 3 DE MEDICIONES 2	70
TABLA XXIX	COMPARACIÓN PUNTOS PERÍMETRO 4 DE MEDICIONES 1.....	70
TABLA XXX	COMPARACIÓN PUNTOS PERÍMETRO 4 DE MEDICIONES 2.....	71
TABLA XXXI	COMPARACIÓN GENERAL DE MEDICIONES 1	72
TABLA XXXII	COMPARACIÓN GENERAL DE MEDICIONES 2.....	73
TABLA XXXIII	COMPARACIÓN NORMAS INTERNACIONALES DE MEDICIONES 1	74
TABLA XXXIV	COMPARACIÓN NORMAS INTERNACIONALES DE MEDICIONES 2.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. 2 REPRESENTACIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO.....	21
FIGURA 2. 3 REPRESENTACIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO.....	22
FIGURA 2. 3 ESTRUCTURA DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.....	26
FIGURA 2. 4 REPRESENTACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	27
FIGURA 2. 5 CLASIFICACIÓN DE LOS ESPECTROS.....	29
FIGURA 2. 6 APLICACIÓN DE LOS ESPECTROS.....	30
FIGURA 2. 7 REPRESENTACIÓN DE LOS TIPOS DE RADIACIONES	31
FIGURA 2. 8 CLASIFICACIÓN DE LAS RADIACIONES IONIZANTES.....	32
FIGURA 2. 9 RAYOS INFRARROJOS	33
FIGURA 2. 10 CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN TORRES ELÉCTRICAS.....	39
FIGURA 2. 11 EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.....	41
FIGURA 3. 1 CONEXIÓN SPECTRAN.....	48
FIGURA 3. 2 VERIFICACIÓN DE SEÑAL	49
FIGURA 3. 3 FRECUENCIA, ANCHO DE BANDA Y CAMPO MAGNÉTICO.....	49
FIGURA 3. 4 NIVEL, ESCALA Y CURVA	50
FIGURA 3. 5 PUNTOS MÁXIMOS	50
FIGURA 3. 6 CONFIGURACIONES ESTABLECIDAS.....	51
FIGURA 3. 7 GRABACIÓN DE MEDICIONES	51
FIGURA 3. 8 TÍTULO, LUGAR Y REMARQUE	52
FIGURA 3. 9 MEDICIÓN EN TIEMPO REAL	52
FIGURA 3. 10 GRÁFICO DE LOS PUNTOS REFERENCIAL 1 EN ÁREA 1	54
FIGURA 3. 11 GRÁFICO DE LOS PUNTOS REFERENCIAL 1 EN ÁREA 2	55
FIGURA 3. 12 GRÁFICO DE LOS PUNTOS REFERENCIAL 1 EN ÁREA 3	56
FIGURA 3. 13 GRÁFICO DE LOS PUNTOS REFERENCIAL 2 EN ÁREA 1	58
FIGURA 3. 14 GRÁFICO DE LOS PUNTOS REFERENCIAL 2 EN ÁREA 2	59
FIGURA 3. 15 GRÁFICO DE LOS PUNTOS REFERENCIAL 2 EN ÁREA 3	60
FIGURA 3. 16 SPECTRAN NF-5035.....	62
FIGURA 3. 17 SOFTWARE MCS SPECTRUM ANALYZER.....	63
FIGURA 4. 1 REPRESENTACIÓN DEL PERÍMETRO 1 EN MEDICIONES 1.....	76
FIGURA 4. 2 GRÁFICA DE PUNTO REFERENCIAL EN PERÍMETRO 1 DE MEDICIONES 1	76
FIGURA 4. 3 REPRESENTACIÓN DE PERÍMETRO 1 EN MEDICIONES 2.....	77
FIGURA 4. 4 GRÁFICA DE PUNTO REFERENCIAL EN PERÍMETRO 1 DE MEDICIONES 2	77
FIGURA 4. 5 REPRESENTACIÓN DE PERÍMETRO 2 EN MEDICIONES 1.....	78
FIGURA 4. 6 GRÁFICA DE PUNTO REFERENCIAL EN PERÍMETRO 2 DE MEDICIONES 1	78
FIGURA 4. 7 REPRESENTACIÓN DE PERÍMETRO 2 EN MEDICIONES 2.....	79
FIGURA 4. 8 REPRESENTACIÓN DE PERÍMETRO 3 EN MEDICIONES 1.....	80

FIGURA 4. 9 GRÁFICA DE PUNTO REFERENCIAL EN PERÍMETRO 3 DE MEDICIONES 1	80
FIGURA 4. 10 REPRESENTACIÓN DE PERÍMETRO 3 EN MEDICIONES 2	81
FIGURA 4. 11 GRÁFICA DE PUNTO REFERENCIAL EN PERÍMETRO 3 DE MEDICIONES 2	81
FIGURA 4. 12 REPRESENTACIÓN DE PERÍMETRO 4 EN MEDICIONES 1	82
FIGURA 4. 13 GRÁFICA DE PUNTO REFERENCIAL EN PERÍMETRO 4 DE MEDICIONES 1	82
FIGURA 4. 14 REPRESENTACIÓN DE PERÍMETRO 4 EN MEDICIONES 2	83
FIGURA 4. 15 REPRESENTACIÓN NORMA NACIONAL EN MEDICIONES 1	84
FIGURA 4. 16 REPRESENTACIÓN NORMA NACIONAL EN MEDICIONES 2	84
FIGURA 4. 17 REPRESENTACIÓN NORMAS INTERNACIONALES EN MEDICIONES 1	85
FIGURA 4. 18 REPRESENTACIÓN NORMAS INTERNACIONALES EN MEDICIONES 2	86
FIGURA 4. 19 REPRESENTACIÓN GENERAL POR PERÍMETROS DE CAMPOS MAGNÉTICOS	87

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 GRÁFICOS DE MEDICIONES 1 DE CAMPO MAGNÉTICO EN EL CANTÓN SALINAS.....	92
ANEXO 2 GRÁFICOS DE MEDICIONES 2 DE CAMPO MAGNÉTICO EN EL CANTÓN SALINAS.....	104
ANEXO 3 FOTOGRAFÍAS DE MEDICIONES EN EL CANTÓN SALINAS.....	114

INTRODUCCIÓN

El avance y desarrollo de la tecnología, el incremento del consumo de energía eléctrica y la constante vulneración de las distancias mínimas de seguridad en cuanto a las radiaciones no ionizantes están causando una exposición cada vez mayor en los seres humanos a los campos electromagnéticos.

Una de las principales fuentes de generación de las radiaciones no ionizantes (Campos Electromagnéticos) generados por el hombre es debido a la transmisión, transformación y distribución de la energía eléctrica, teniendo como consideración que los seres habitables están expuestos a los campos electromagnéticos tanto en su exterior así como en su interior ambiental.

En el medio en que habitamos hay campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos por diversos lugares, pero los mismos son invisibles para el ojo humano sosteniendo que estos son naturales o artificiales.

Las distintas investigaciones nacionales e internacionales realizadas sobre este tema, han permitido determinar que los niveles de campo electromagnético en las zonas urbanas, permiten exceder los límites de referencia recomendados por las normativas en dependencia a la proximidad a las líneas de transmisión de energía eléctrica.

CAPÍTULO 1

MARCO REFERENCIAL

1. MARCO REFERENCIAL

El proyecto está basado en un estudio y análisis de los campos electromagnéticos de baja frecuencia (60Hz) en el área del malecón de Salinas, con la finalidad de dar a conocer datos en tiempo real sobre los niveles de exposición a los que están inmersos los ciudadanos.

1.1 Identificación del problema

El presente proyecto se basa en la necesidad del control a la exposición electromagnética del hombre y la biosfera en lo que respecta a las radiaciones no ionizantes de baja frecuencia (50Hz-1000KHz).

En la actualidad, en la provincia de Santa Elena, se carece de un estudio sobre radiaciones no ionizantes existiendo falta de mapeo de los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos que sirvan de referencia local.

El proyecto nos permitirá tener conocimiento real de la situación electromagnética local y realizar una comparación con respecto a las normas internacionales, para sugerir medidas técnicas de ser el caso.

1.2 Situación actual del problema

Los estudios sobre la exposición a los campos electromagnéticos en la provincia de Santa Elena y, concretamente, en el Malecón de Salinas, nos permitirán iniciar la investigación sobre RNI que podrá servir como base para otras futuras investigaciones.

1.3 Justificación del tema

El presente proyecto es de importancia ya que es un tema actual sobre el control de la exposición a los campos electromagnéticos. Por esto, el proyecto muestra un estudio teórico y monitoreo experimental de los campos electromagnéticos.

Los resultados servirán para analizar y comparar con las normativas nacionales e internacionales que reglamentan la explotación de las líneas de transmisión de energía eléctrica.

Gracias a la tecnología existente podemos hacer uso de dispositivos que realicen estos tipos de mediciones que nos servirán para realizar el estudio respectivo y las comparaciones de datos a nivel nacional e internacional, ya que se utilizará software y hardware respectivamente.

El monitoreo electromagnético nos brindará un mayor grado de seguridad con respecto a estas radiaciones denominadas no ionizantes. Este podría ser un punto importante para comenzar a realizar este tipo de monitoreo en Salinas que es un sector turístico y de gran afluencia de personas, además de otros sectores como La Libertad, Santa Elena, entre otros, para así cumplir con las normas que nos protejan tanto física como ambientalmente.

1.4 Objetivos

Para determinar los objetivos, se plantea conocer los puntos donde más afluencia de cableado eléctrico existe, ya que es donde hay que controlar y verificar que se cumplan los niveles de exposición a campos electromagnéticos.

1.4.1 Objetivo General

Determinar los niveles de exposición electromagnética de bajas frecuencias (50 Hz- 1000 kHz) en la zona del Malecón de Salinas, Santa Elena, Ecuador.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar los puntos con mayor concentración de campo.
- Comparar el ambiente electromagnético entre los diversos puntos.
- Comparar los niveles encontrados con los niveles de exposición electromagnética de referencia mundial.
- Georreferenciar los sectores medidos.

1.5 Hipótesis

Los Niveles de Radiaciones No Ionizantes de baja frecuencia (Campos Electromagnéticos) emitidos a nivel local en el área del Malecón de Salinas están de acuerdo con las normativas recomendadas a nivel nacional e internacional.

1.6 Resultados esperados

- Aplicar los conocimientos adquiridos en electromagnetismo, y observar el tipo de radiaciones que existen en nuestro medio ambiental para prevenir cualquier anomalía futura.
- Mediante software MCS verificar en tiempo real y analizar los datos obtenidos mediante las visitas de campos en la ciudad de Salinas, y verificar el cumplimiento de las normas internacionales y locales.
- Demostrar datos concretos y precisos para futuras investigaciones y dar a conocer el riesgo al que se encuentran las personas por exponerse mucho tiempo a estas radiaciones.
- En base a normas internacionales y locales, comparar resultados y especificar las recomendaciones para este tipo de investigaciones.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

Las ondas electromagnéticas conocidos también como CEM y estas a su vez producen radiaciones no ionizantes llamadas RNI, son ondas creadas en nuestro medio por sistemas de telecomunicaciones y sistemas electrónicos por diferentes objetos que manejamos a diario ya sea en nuestros hogares, trabajos, centros de estudio, etc.

Por lo que esto nos ha permitido enfocarnos en realizar una investigación técnica en nuestra provincia acerca de las Radiaciones No Ionizantes dentro de la misma, ya que dichas ondas se encuentran en todo el ambiente local y físico de nuestra atmosfera, sobre todo cerca de las líneas de transmisión de energía eléctrica que están en una frecuencia de 60 Hz, y se encuentran inmersas dentro del espectro electromagnético en frecuencias extremadamente bajas llamadas ELF, y aunque no está demostrado a nivel mundial que estas ondas son perjudiciales para el ser humano siempre hay que estar pendientes, y con nuestra investigación podremos determinar cuáles son las ventajas y desventajas una vez realizado el análisis respectivo.

Dentro del proceso investigativo que realizaremos, nos basaremos en especial a las RNI con mayor estudio en los ELF que es donde se encuentran dichas ondas, por tal motivo estudiaremos y analizaremos todo lo que respecta a líneas de alta tensión, transformadores, sistemas de distribución, entre otros.

Los CEM y los RNI carecen de energía idónea para ionizar un cuerpo, por lo que no se las declara como peligrosas pero si tienen el suficiente potencial para relacionarse con el sistema biológico de los seres humanos, y esto a largo plazo pueden tener consecuencias negativas y podría ser tarde a la hora de querer tomar una decisión.

Es por estas circunstancias que estudiar y analizar los campos nos ayudará a tener un amplio conocimiento y nos permitirá obtener resultados de que tan negativos son en el desempeño de la vida ambiental en las que nos encontramos; por lo tanto las autoridades gubernamentales competentes en esta situación deben poner más énfasis y realizar constantemente

monitoreos de estas ondas, no solo de las radiaciones ionizantes consideradas de alto riesgo sino también en el área del espectro de baja frecuencia, teniendo en cuenta que dichas corrientes pueden causar cierto nivel de peligro.

Para conocimiento nuestro, en el Ecuador existe un régimen que se debe de cumplir y la entidad que debe hacer respetar dichas normas y reglamento es el Ministerio del Ambiente ya que esta administra y gestiona el espectro electromagnético en nuestro país, este organismo es aquel delegado de la supervisión de los sistemas de comunicación.

2.1 Antecedentes

2.1.1 Históricos.

Las primeras investigaciones de monitoreo de campos electromagnéticos comenzaron en los años setenta entrando a los ochenta, donde dos científicos investigadores de Denver en los Estados Unidos, habían realizado un estudio en las personas sobre los cambios epidemiológicos que estas tenían, es ahí cuando les surgió la hipótesis de que estar expuestos a ondas de baja frecuencia, es decir cerca de las líneas de energía eléctrica de alta tensión sería el motivo principal de que estas radiaciones podrían causar leucemia en los habitantes.

Una vez obtenidos los resultados de su investigación y ya analizados por ambos, decidieron hacer público este informe en el año de 1979, en los cuales basaban sus resultados de acuerdo a como estaban ubicadas las viviendas y a que distancia se encontraban respectivamente del cableado de energía eléctrica, ya que esto implicaba evidencia de exposición a los campos electromagnéticos.

Los científicos llamados Wertheimer y Leper mencionaron que las personas que vivían cerca de las líneas de energía eléctrica, con mayor moderación en los niños, obtenían un mayor grado de probabilidad de tener cáncer, llegando a las autoridades esta investigación y haciendo que quedara plasmado para en el futuro realizar nuevas investigaciones y por ende verificar si estos científicos decían la verdad.

Lo primordial para estos investigadores era estudiar la exposición a campos electromagnéticos de frecuencias muy bajas que son generadas por las líneas de alta tensión, sin embargo las autoridades al tener dicha hipótesis en sus manos decidieron que en 1991 el Congreso de los Estados Unidos sugiriera a la Academia Nacional de Ciencias que retomara la investigación que habían realizado Wertheimer y Leper, para examinar, estudiar y analizar de forma científica que esta hipótesis propuesta, causaba efectos por exponerse a dichos campos y fuera un real peligro para la sociedad.

Tardaron 6 años en evaluar esta situación, ya en 1997 publicaron los resultados verdaderos que habían realizado, tomándose como iniciativa realizar monitoreos de las mediciones de campos electromagnéticos mensualmente en todas las viviendas donde los científicos anteriores habían hechos sus informes, en los que predecían que los campos se relacionaban directamente con padecer cáncer.

Si bien el temor de que esto fuera cierto se mantenía, pero el nuevo informe señaló que no tenían coincidencia alguna con el cambio epidemiológico que surgía al estar expuestos a los campos electromagnéticos de baja frecuencia por lo que rápidamente se descartó también los riesgos como tumores infantiles, cáncer, malformaciones durante el desarrollo fetal, neurológicas.

Sin embargo en julio de 1997, la revista The New England Journal of Medicine haría una publicación que sería determinante para este tema tan cuestionado por unos, en la cual desprestigia los resultados obtenidos por dicho Congreso al mencionar que sus resultados son de poca ayuda para la hipótesis ya planteada por Wertheimer y Leper, que relaciona los campos electromagnéticos con el riesgo de contraer leucemia infantil, por lo que la duda quedó sembrada desde ese entonces hasta el día de hoy, ya que no existe evidencia alguna que verifique o que descarte dicha hipótesis, por lo que en la actualidad todos los países realizan constantes monitoreo de los campos electromagnéticos. (Pedro García Barreno, 2001)

2.1.2 Legales.

En nuestro país tenemos entidades que son las encargadas de visualizar y controlar que se cumplan con ciertas normas en lo que respecta a Campos Electromagnéticos a continuación detallamos cuales son estas entidades gubernamentales.

2.1.2.1 Ministerio Del Ambiente

Es la entidad ecuatoriana que se encarga de administrar de manera técnica el espectro electromagnético, para que así todas las empresas que forman parte de las telecomunicaciones puedan operar en óptimas condiciones, también es la que dicta las normas que se deben cumplir en el marco legal donde se incluyen radiaciones no ionizantes de baja frecuencia 60 Hz: según la resolución del Ministerio del ambiente del 14 de Marzo del 2007 publicada en el registro oficial N° 155, detalla todo lo concerniente al estudio e investigación de radiaciones no ionizantes de bajas frecuencias de 60Hz, donde señala que la empresa que realizara el estudio es la CONELEC y de acuerdo con un formato preestablecido por la SUPERTEL, esta entidad mediante informe dictaminara resultados de mediciones de campo magnético y eléctrico, una vez analizado dichos resultados se determinara: métodos

para disminuir la exposición de CEM, límites a nivel poblacional de los RNI, disponibilidad de equipos para este tipo de monitoreo, medidas de protección, niveles de referencia para exposición de 60Hz, para el público en general, entre otros puntos tratados. (Ministerio del Ambiente, 2007)

2.1.2.2 ICNIRP (Comisión Internacional de Protección sobre Radiaciones No Ionizante).

La Asociación Internacional para la protección contra la Radiación (IRPA) en el año de 1974 conformó un grupo de personas para la investigación de las Radiaciones No Ionizantes, en la que se analizó todo lo referente con problemas suscitados a la exposición de CEM, dado a los resultados de dicho grupo en 1977 en un congreso realizado en París estos fueron llamados Comité Internacional para las Radiaciones No Ionizantes.

Una vez concluido esto se contó con la cooperación de la División de Salud de la Organización Mundial de la Salud (OMS), para dar a conocer mediante documentos plasmados y de acuerdo a criterios de salud en relación a dichos campos, estos análisis de salud han ejecutado una base de datos científicas, la principal función de esta comisión, es investigar los peligros que pueden causar las RNI, y la de crear recomendaciones internacionales sobre límites de exposición hacia los CEM con el propósito de proteger la salud de estos posibles efectos a causa de dichos campos. Estas recomendaciones creadas por la ICNIRP, fueron creadas de acuerdo a análisis científicos hechos, sin embargo en muchos países no se acatan estas normas dispuestas por estas organizaciones, en Ecuador si se las reconoce por lo que se dictan dos tipos:

Restricciones básicas: son los límites hasta donde una persona puede exponerse a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos que varían en el tiempo y que afectan a la salud.

Niveles de referencia: son aquellos que se detallan con el objetivo de determinar en base a pruebas a que las personas cumplan con los límites de exposición a CEM.

A continuación la tablas con los niveles de referencia de exposición a campos electromagnéticos.

Tabla I Limitaciones básicas para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos en frecuencias hasta 10GHz

Propiedades de la exposición	Categoría de frecuencias	Intensidad de Corriente en cabeza y tronco (mA m ⁻²) (rms)	SAR total en el cuerpo (Wkg ⁻¹)	SAR ubicado cabeza y tronco (Wkg ⁻¹)	SAR ubicado extremidades (Wkg ⁻¹)
Ocupacional	hasta 1 Hz	40	-	-	-
	1 - 4 Hz	40/f	-	-	-
	4 Hz - 1 KHz	10	-	-	-
	1 - 100 kHz	F/100	-	-	-
	100 KHz - 10 MHz	F/100	0.4	10	20
	10 MHz - 10 GHz		0.4	10	20
Público en general	hasta 1 Hz	8	-	-	-
	1 - 4 Hz	8/f	-	-	-
	4 Hz - 1 KHz	2	-	-	-
	1 - 100 kHz	F/500	-	-	-
	100 KHz - 10 MHz	F/500	0.08	2	4
	10 MHz - 10 GHz		0.08	2	4

Fuente: ICNIRP

Tabla II Nivel referencial para exposición ocupacional a campos eléctricos y magnéticos

Categoría de Frecuencias (MHz)	Flujo de campo eléctrico (Vm ⁻¹)	Magnitud de campo Magnético (Am ⁻¹)	Concentración de Flujo Magnético (μT)	Concentración de energía (Wm ⁻²)
hasta 1 MHz	-	1.63 * 10 ⁵	2*10 ⁵	-
1 - 8 Hz	20000	1.63 * 10 ⁵ / f ²	2 * 10 ⁵ / f ²	-
8 - 25 Hz	20000	2 * 10 ⁴ / f	2.5 * 10 ⁴ / f	-
0.025 - 0.82 KHz	500 / f	20 / f	25 / f	-
0.82 -65 KHz	610	24.4	30.7	-
0.065 - 1 MHz	610	1.6 / f	2 f	-
1 - 10 MHz	610 / f	1.6 / f	2 / f	-
10 - 400 MHz	61	0.16	0.2	10
400 - 2000 MHz	3 f ^{0.5}	0.008 f ^{0.5}	0.01 f ^{0.5}	f / 40
2 - 300GHz	137	0.36	0.45	50

Fuente: ICNIRP

Tabla III Nivel referencial para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos

Categoría de Frecuencias	Flujo de campo eléctrico (Vm ⁻¹)	Magnitud de campo Magnético (Am ⁻¹)	Concentración de Flujo Magnético (μT)	Concentración de potencia (Wm ⁻²)
hasta 1 MHz	-	3.2 * 10 ⁴	4*10 ⁵	-
1 - 8 Hz	10000	3.2 * 10 ⁴ / f ²	4 * 10 ⁴ / f ²	-
8 - 25 Hz	10000	4000 / f	5000 / f	-
0.025 - 0.8 KHz	250 / f	4 / f	5 / f	-
0.8 -3 KHz	250 / f	5	6.25	-
3 - 150 MHz	87	5	6.25	-
0.15 - 1 MHz	87	0.73 / f	0.92 / f	-
1 - 10 MHz	87 / f ^{0.5}	0.73 / f	0.92 / f	-
10 - 400 MHz	28	0.073	0.092	2
400 - 2000 MHz	1.375 f ^{0.5}	0.0037 f ^{0.5}	0.0046 f ^{0.5}	f / 200
2 - 300GHz	61	0.16	0.2	10

Fuente: ICNIRP

Tabla IV *Términos máximos de Exposición para fuentes de Radiocomunicaciones (3KHz – 300GHZ)*

Muestra de Exposición	Categoría de frecuencia	Magnitud de Campo Eléctrico (V/M)	Magnitud de campo Magnético H (A/M)	Concentración de flujo Magnético (μT)	Concentración de potencia de onda plana equivalentes S (W/M^2)
Ocupacional	3 - 65 kHz	610	24.4	30.7	-
	0.065 - 1 MHz	610	1.6 / f	2.0 / f	-
	1 - 10 MHz	610 / f	1.6 / f	2.0 / f	-
	10 - 400 MHz	61	0.16	0.2	10
	400 - 2000 MHz	3 f ^{1/2}	0.008 f ^{1/2}	0.01 f ^{1/2}	f / 40
	2 - 300 GHz	137	0.36	0.45	50
Publico general	3 - 150 kHz	87	5	6.25	-
	0.15 - 1 MHz	87	0.73 / f	0.92 / f	-
	1 - 10 MHz	87 / f ^{1/2}	0.73 / f	0.92 / f	-
	10 - 400 MHz	28	0.073	0.092	2
	400 - 2000 MHz	1.375 f ^{1/2}	0.0037 f ^{1/2}	0.0046 / f ^{1/2}	f / 200
	2 - 300 GHz	61	0.16	0.2	10

Fuente: ICNIRP

Tabla V *Nivel referencial para restringir la exposición de 60 Hz ELF para líneas de alta tensión*

Voltaje (kV)	Magnitud Campo Eléctrico (E) (VM^{-1})	Concentración de Flujo Magnético (B) (μT)	Extensión de la franja de Servidumbre (M)
230	4167	83	30
138	4167	83	20
69	4167	83	16

Fuente: ICNIRP

Tabla VI Limitación básica para exposiciones a campos magnéticos y eléctricos de 60 HZ ELF.

Modelo de Exposición	Magnitud Campo Eléctrico (E) (Vm^{-1})	Magnitud Campo Magnético (H) (Am^{-1})	Concentración de Flujo Magnético (B) (μT)
Población General	4167	67	83
Población Ocupacional	8333	333	417

Fuente: ICNIRP

Tabla VII Intensidades de campo eléctrico ELF monitoreadas en los electrodomésticos

Electrodomésticos	Magnitud Campo Eléctrico (V/m)
Radio Receptor	180
Plancha	120
Nevera	120
Mezcladora	100
Tostador	80
Secador de cabello	80
Televisión	60
Estafermo eléctrica	60
Aspirador	50
Microondas	8
Lámpara	5
Valor Limite sugerido	5000

Fuente: ICNIRP

Tabla VIII *Magnitudes de campo magnético de electrodomésticos a distintas distancias*

Instrumento Eléctrico	Distancia de 3 cm (μT)	Distancia de 30 cm (μT)	Distancia de 1 m (μT)
Secador de cabello	6 2000	0.01 7	0.01 0.03
Afeitadora	15 1500	0.08 9	0.01 0.03
Aspirador	200 800	2 20	0.13 2
Lámpara	40 400	0.5 2	0.02 0.25
Microondas	73 200	4 8	0.25 0.6
Equipo de radio	16 56	1	0.01
Tostador	1 50	0.15 0.5	0.01 0.04
Lavadero	0.8 50	0.15 3	0.01 0.15
Plancha	8 30	0.12 0.3	0.01 0.03
Escoria	3.5 20	0.6 3	0.07 0.3
PC	0.5 30	0.01	
Nevera	0.5 1.7	0.01 0,25	0.01
Televisión	2.5 50	0.04 2	0.01 0.15

Fuente: Oficina federal alemana de seguridad radiológica (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS), 1999

Tabla IX *Términos de exposición recomendados por la ICNIRP*

Sistema eléctrico 60 Hz		
Patrón	Campo Eléctrico (V/m)	Campo Magnético (μT)
Exposición poblacional	5000	100
Exposición ocupacionales	10000	500

Fuente: ICNIRP

Tabla X Nivel de exposiciones en el domicilio y en el centro ambiental

Exposición límite en la población		
Unidad	Campo Eléctrico (V/m)	Concentración de flujo magnético(μ T)
Terrenos naturales	200	70(campo magnético terrestre)
Sistema Eléctrico en casas apartados a las líneas eléctricas	10000	0,2
Sistema Eléctrico en casas próximos a las líneas eléctricas	10000	20
Pantalla de TV y PC	10	0.7
Exposición límite en la población (W/m ²)		
Emisiones de TV y radio	0.1	
Terminal base de telefonía móvil	0.1	
Radars	0.2	
Hornos microondas	0.5	

Fuente: ICNIRP

Todas las tablas antes mencionadas, nos indica los niveles de referencia a la que las personas podremos estar expuestas, caso contrario deberíamos estar preocupados por la situación si esta no la cumplimos como nos indican las organizaciones que llevan estos estándares y reglamentos, en nuestro caso la Ministerio del Ambiente. (ICNIRP, 1992)

2.1.2.3 Recomendación UIT-T K.52

Unión Internacional de Telecomunicaciones con la recomendación de la UIT-T K.52 ha sido preparada por la Comisión de Estudio 5 (1997-2000) del UIT-

T y fue aprobada por el procedimiento de la resolución N. ° 1 de la CMNT el 25 de Febrero de 2000.

Esta institución cumple con las funciones en lo que se refiere a instalaciones de dispositivos de telecomunicaciones con sus respectivos límites de seguridad cuando las personas se exponen a campos electromagnéticos (ELF), que son producidos por equipos de Telecomunicaciones en la gama de frecuencias de 9KHz a 300GHz.

El objetivo primordial de la UIT-T es representar destrezas y métodos para determinar la ejecución de las instalaciones de telecomunicación de los límites de seguridad nacional o internacional, se encuentran dos tipos de límites el básico y el de referencia que son los que vamos a analizar en nuestra investigación:

Límites básicos: son aquellos que socializan con la parte física de los seres humanos a los CEM, se las analiza cuando nos encontramos expuestos a los campos físicamente, estos límites se expresan en forma de tasa de absorción específica, y densidad de corriente, por lo complicado de medir estas magnitudes se las denomina niveles de referencia o derivados de campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia.

Límites Derivados: se los emplea cuando se argumenta que produce la tasa de absorción específica y la densidad de corriente inducida por debajo de los límites básicos, estos límites se aplican en una situación en la que el campo electromagnético no es influenciado por la presencia de un cuerpo. (Johnson, 1992).

2.1.2.4 Reglamentación y diversidad para la restricción de la exposición de acuerdo a los efectos causados en la salud.

De acuerdo a investigaciones científicas de conocimiento público en el que hasta el día no se ha emitido con certeza si los campos ELF producen algún

tipo de alteración en el ser humano, se ha puesto de manifiesto la limitación de los niveles de exposición para el público y la población laboral al nivel de μT .

Tanto la IRPA como la ICNIRP, indica de acuerdo a los análisis que producen efectos de intensidad en el cuerpo, y que pertenecen a las que regularmente se miden en lo siguiente (hasta 10 mA/m² aproximadamente).

Se aconseja estar siempre por debajo de los límites de exposición de origen profesional a los CEM de 60 Hz a 0.5 mT para los casos de exposición quienes trabajan hasta más de 8 horas, y a 5mT para los casos de medio tiempo. Igualmente se indica estar por debajo de los límites a los campos eléctricos de 10 y 30 KV/m, ya que existe un límite para las 24 horas del día para el público que son 5 kV/m y 0,1 mT.

Destacamos de estas directrices que están enfocados exclusivamente en informes sobre los campos que producen cáncer en la piel, así como investigaciones de otros efectos con relación a campos eléctricos y magnéticos como suelen llegar a ser trastornos neurológicos y de comportamiento, ya que hasta la actualidad no existe una confirmación si esto podría llegar a suceder pero si se los incluye para que sirvan de base científica a la restricción de la exposición. (Allen, SG, 2011)

2.1.2.5 Reglamentaciones actuales

Cada país a través de organizaciones gubernamentales tiene sus propias normas y reglamentos, sobre la exposición de campos electromagnéticos (ELF), ya que lo que se requiere es preservar la salud de los seres humanos.

Aunque tenemos este tipo de reglamento, muchas veces lo desconocemos y suele ser importantes en el transcurso de la vida diaria, mucho mas no

acatamos esas órdenes, en el Ecuador las directrices que se utilizan son las dispuestas por la Conatel y Supertel que son las mismas que se usan a nivel mundial formuladas por el ICNIRP.

Dicha organización es reconocida por la OMS, y es la encargada de evaluar, analizar resultados de forma científica en todo el mundo, ya que realizan parámetros en las que decretan límites de exposición a CEM protegidos.

Estas reglamentaciones se controlan constantemente, y de darse el caso se actualizan teniendo en consideración que en el Ecuador se toman las recomendaciones de la ICNIRP. *(El Autor)*

2.1.2.6 Diversidad de los Estándares

Con el pasar de los años existen muchos países que han logrado a base de criterios científicos comprobados, lograr armonización con respecto a estas radiaciones, ya que han acatado todas las ordenes predispuestas por las entidades de usar las recomendaciones en lo que se refiere a la exposición de campos electromagnéticos RNI, sin embargo existen países en donde los niveles de referencia a los campos varían, y esto hace que exista disparidad en lo que tiene que ver al momento de emitir un informe ya que como no cuentan con los mismos límites pueden estar superando las barreras y podría causarnos confusión alguna.

Es por eso que siempre se recomienda estar al tanto de estos límites en cada país con la entidad que lo administra, ya que los límites elaborados por el ICNIRP que son los que usamos en el Ecuador corresponden a la concepción de efecto térmico de exposición a las RNI y está a su vez el interés que finalmente aparece en la tabla fue estudiado anteriormente por un factor de garantía. (OMS, 2009).

2.1 Bases Teóricas

A continuación se presentan las bases teóricas que sustentan la investigación sobre el presente trabajo que se relaciona con varias teorías de acuerdo a los campos eléctricos y magnéticos con sus características principales, que le dan forma y se vinculan con el proyecto planteado.

2.2.1 Campo Eléctrico

Hablamos de campo eléctrico cuando se relacionan a diferencias de voltaje, donde mientras más voltaje tenemos más grande será el campo creado, el campo eléctrico es una proporción vectorial y por lo tanto tiene magnitud, dirección y sentido. Fue Faraday el que planteo teorías campo eléctrico e hizo muchas labores de trabajo para el desarrollo del electromagnetismo, para que sea después el discípulo Maxwell quien la desarrollo y la modernizo con su análisis profundo. Se lo reconoce y se lo interpreta como una equivalencia física, ya que transmite a todo el espacio la neutralidad de un cuerpo electrificado y si colocamos otra carga en la misma zona, será comprobada la existencia de una fuerza de origen eléctrico efectuándose sobre esta carga, obteniendo así fuerza de atracción o repulsión. (White, 1991)

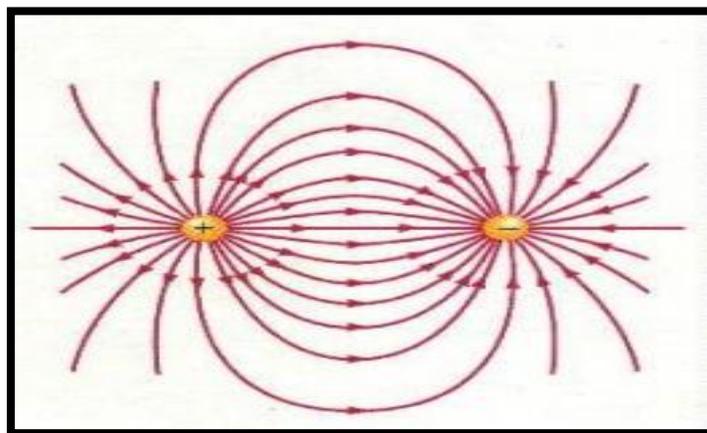


Figura 2. 1 *Representación del campo eléctrico*

2.2.2 Campo Magnético

El campo magnético se relaciona con las corrientes eléctricas, esto quiere decir que mientras más corriente halla, más fuerte será el campo, una vez que haya corriente la magnitud del campo variara con el consumo de poder, a diferencia del campo eléctrico que seguirá siendo el mismo. Cuando los campos magnéticos se producen, al momento que se ponen en actividad un instrumento y este empieza a contribuir con intensidad de corriente. La magnitud del campo magnético comienza a disminuir cuando su proporcional aumenta la distancia desde su origen.

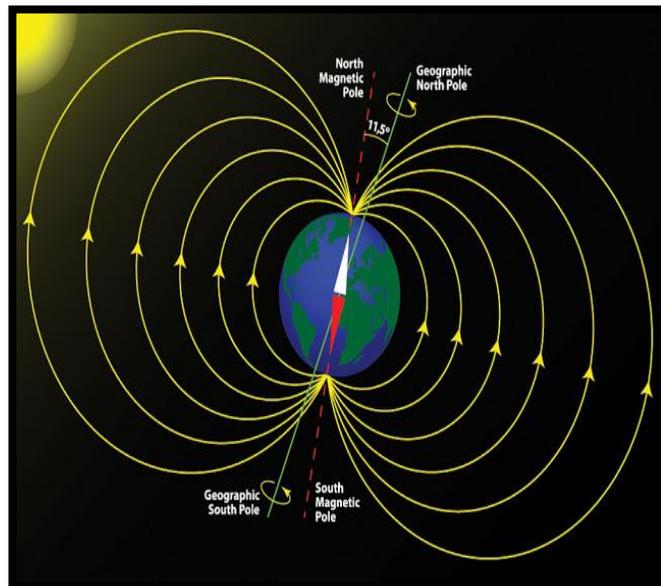


Figura 2. 2 Representación del campo magnético

2.2.3 Características entre el campo magnético y campo eléctrico.

Los campos magnéticos y los campos eléctricos tienen diversas características principales, algunas en común y otras diferentes pero que

llegan hacer importantes en nuestra investigación y que debemos conocer y las cuales las detallamos y a continuación:

Campos Eléctricos	Campos Magnéticos
Las fuentes de los campos eléctricos es la tensión eléctrica.	Las fuentes de los campos magnéticos es la intensidad eléctrica.
La magnitud se evalúa en voltios por metro.	La magnitud se evalúa en amperios por metro, la concentración de flujo se relaciona (en microteslas (μT) o militeslas (mT).
La magnitud del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente.	La magnitud del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente.
Se llega a encontrar un campo eléctrico incluso cuando el instrumento eléctrico no está en funcionamiento.	El campo magnético se produce cuando se coloca en funcionamiento un instrumento eléctrico y fluye la corriente.
En su totalidad los materiales de construcción resguardan en real medida de los campos eléctricos.	En su totalidad los materiales no atenúan los campos magnéticos.

Tabla XI Características entre campo eléctrico y magnético. (OMS, 2009)

2.2.4 Campos electromagnéticos

Se conoce a los campos electromagnéticos como la unión de campos eléctricos y campos magnéticos, dichos campos se los puede observar de distintas maneras, estas pueden ser de forma natural o causas de factores antrópicos.

Cuando mencionamos CEM naturales nos referimos, situando un claro ejemplo el campo magnético estático de la tierra en el cual estamos expuestos a cada instante donde se encuentran también campos eléctricos ocasionados por las nubes o cuando tenemos dos objetos que conducen

carga y colisionan entre sí, en cambio los causados de manera antrópicas y a los cuales nos vemos más expuesto de lo normal son aquellas que el hombre las crea ya sea por radiofrecuencia (ELF, VLF) donde están las líneas de alta tensión, infrarrojos, ultravioletas entre otros. (Robert O. Becker, 1998).

2.2.4.1 Características de los campos electromagnéticos

- Los CEM que se originan de diversas formas pueden llegar a incrementarse o cancelarse mutuamente, esto se debe a las características de las ondas de los RNI. Si la radiación de dos fuentes está en fase, entonces los picos de cada ciclo ocurren al mismo tiempo, y los campos se aumentan. Por otro lado, si dos fuentes están exactamente fuera de fase, entonces una alcanza su máxima intensidad en una dirección, exactamente al mismo tiempo que la otra fuente lo está alcanzando en la dirección opuesta.
- Si el volumen de las ondas electromagnéticas es igual entonces las ondas se suprimirán entre sí, otro, y la medición del campo magnético será cero. Esta es la mayor causa del porque los cables calientes y neutrales en el cableado de los hogares deben estar equilibrados y muy cercanos.
- Podemos calcular matemáticamente la intensidad de CEM, dado que se incluyen por ejemplos artefactos que tengan bovinas ya que estas carecen de forma rápida en relación con el cubo de la distancia ($1/d^{**3}$, d =distancia) a diferencia de campos de mayor magnitud de conductores de intensidad eléctrica descenden en relación al cuadrado de la distancia ($1/d^{**2}$). (Lev Davidovich Landau, 2002)

2.2.4.2 Estructura de los Campos Electromagnéticos

Los CEM constan de una estructura compuesta por los siguientes elementos:

- La Longitud de onda aquella que interpreta la distancia entre las crestas en la onda hasta la siguiente cresta teniendo en consideración que tienen la misma polaridad, donde detalla la longitud que transita la onda durante un tiempo igual a un período.
- La frecuencia nos indica el número de oscilaciones de las ondas en un periodo determinado, cuya unidad de medida es el Hertzio, donde estas oscilaciones se mueven a la velocidad de la luz (300.000 Km/s), y se organizan en función del número de ciclos y oscilaciones que realizan en un segundo (es decir, al recorrer 300.000 Km).
- La amplitud es la intensidad límite del campo eléctrico o del campo magnético y llega interpretada por la distancia que se crea entre la parte más alta de la oscilación y la parte más baja.
- Si realizan **pocas oscilaciones** manifestamos que son de Baja Frecuencia (ejemplo, una onda que hace una sola oscilación en un segundo, decimos que tiene una frecuencia es igual a 1 Hz y recorre con una sola ondulación 300.000 Km), si realizan **muchas oscilaciones** manifestamos que son de Alta Frecuencia (ejemplo, si una onda hace 1.000.000.000 oscilaciones en un segundo, decimos que tiene 1.000.000.000 Hz = 1 GHz, y recorre 0,0003 Km o 30 cm en cada oscilación de onda).
- El número de oscilaciones de las ondas es significativo y fundamental ya que mediante esto nos permite dividirlos en lo que llamamos Espectro electromagnético. (Lev Davidovich Landau, 2002)

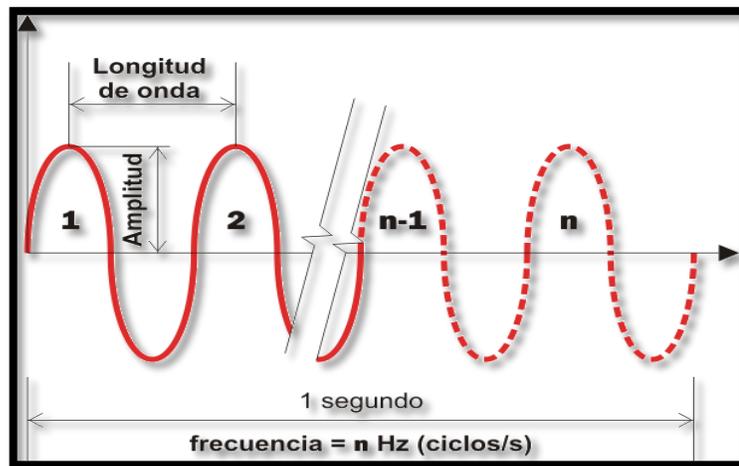


Figura 2. 3 Estructura de los campos electromagnéticos

2.2.4.3 Unidades de medida y medición de los campos electromagnéticos

La principal magnitud de medida de intensidad que usamos para los CEM es el Gauss, considerando así que la ley de Faraday de que había inducción de voltaje en una bobina conductora era cierta siendo demostrada.

Para poder comprobar esta teoría realizamos el experimento teniendo una bobina que se la puede conseguir de un transformador, logramos observar un rollo de alambre fino con forma espiral que son formados por cientos de vueltas.

El voltaje inducido se lo puede determinar utilizando la siguiente ecuación: **$V = 2(f \cdot n \cdot A \cdot B)$** , donde tenemos lo siguiente f: frecuencia, n: número de giros enrollados, A: superficie del rollo, B: magnitud de la densidad del flujo magnético perpendicular al plano del rollo.

A continuación observamos los distintos valores de ondas electromagnéticas como son los siguientes micro-Tesla (mT), nano-Tesla (nT) y miliamperios por metro: (Robert Resnick y David Halliday, 1992).

micro tesla (μT)	nano tesla (nT)	milligauss(mG)
1	1000	10
0,001	1	0,01
0,1	100	1

Tabla XII Conversiones entre unidades de medición de campo magnético

2.2.5 Espectro Electromagnético.

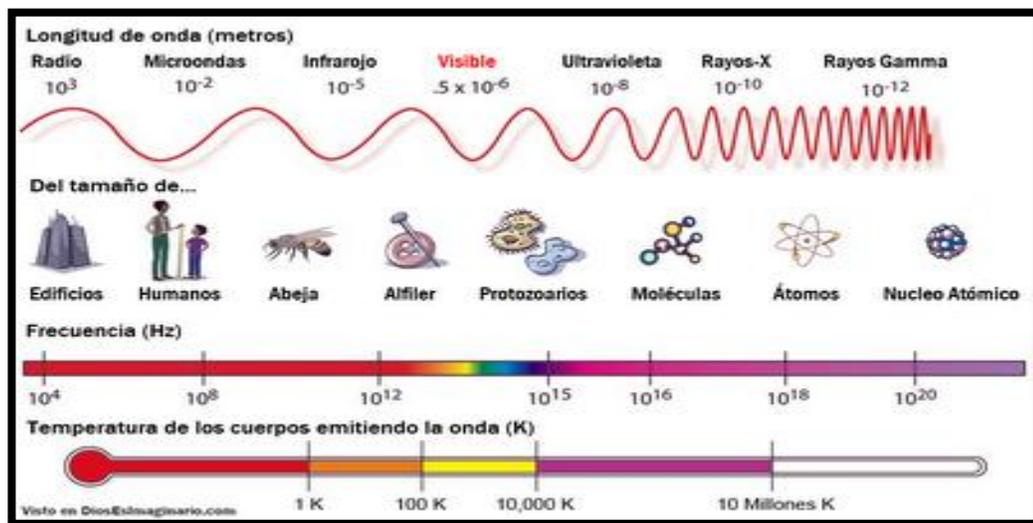


Figura 2. 4 Representación del Espectro Electromagnético

Espectro electromagnético es la representación por la que se distribuye la energía y las frecuencias de las ondas electromagnéticas, se denomina así a la radiación electromagnética que ellas producen ya sea las que emite o las que absorbe un componente.

Para poder examinar dichos espectros necesitamos del espectroscopio o de un oscilador de frecuencias, ya que dichos equipos nos facilitan el analizar el espectro tanto así como el de dar valores hacia sí mismo, como la extensión de la onda, la frecuencia y la magnitud de la radiación.

Tal como se pronunció primero, está compuesto por la extensión de la onda y este no es más que un periodo espacial entre sí, la extensión que se ubica de pulso a pulso, frecuencia es la dimensión que evalúa el valor de repetición por unidad en un lapso de tiempo de cualquier anomalía o suceso habitual.

Como observamos en la figura 2.2.4 el espectro electromagnético se divide de acuerdo a la longitud de onda desde la menor a mayor, como son desde los rayos gamma hasta las ondas de radiofrecuencias.

Las propiedades físicas de un componente a través del análisis y la investigación de su espectro electromagnético, ya sea por ser una luz difusa (radiación de la materia negra) o consumidos por él, denominamos esto como espectroscopia y se usa sobre todo en la astrofísica y la química, donde se estudian los espectros de absorción y emisión.

Para nuestra investigación nos enfocaremos en cómo se distribuye el espectro electromagnético según sus bandas que son las siguientes:

Banda	Longitud de onda (m)	Frecuencia (Hz)	Energía (J)
Rayos gamma	< 10 μm	> 30,0 EHz	> $20 \cdot 10^{-15}$ J
Rayos X	< 10 nm	> 30,0 PHz	> $20 \cdot 10^{-18}$ J
Ultravioleta extremo	< 200 nm	> 1,5 PHz	> $993 \cdot 10^{-21}$ J
Ultravioleta cercano	< 380 nm	> 789 THz	> $523 \cdot 10^{-21}$ J
Luz Visible	< 780 nm	> 384 THz	> $255 \cdot 10^{-21}$ J
Infrarrojo cercano	< 2,5 μm	> 120 THz	> $79 \cdot 10^{-21}$ J
Infrarrojo medio	< 50 μm	> 6,00 THz	> $4 \cdot 10^{-21}$ J
Infrarrojo lejano/submilimétrico	< 1 mm	> 300 GHz	> $200 \cdot 10^{-24}$ J
Microondas	< 30 cm	> 1 GHz	> $2 \cdot 10^{-24}$ J
Ultra Alta Frecuencia - Radio	< 1 m	> 300 MHz	> $19.8 \cdot 10^{-26}$ J
Muy Alta Frecuencia - Radio	< 10 m	> 30 MHz	> $19.8 \cdot 10^{-28}$ J
Onda Corta - Radio	< 180 m	> 1,7 MHz	> $11.22 \cdot 10^{-28}$ J
Onda Media - Radio	< 650 m	> 650 kHz	> $42.9 \cdot 10^{-29}$ J
Onda Larga - Radio	< 10 km	> 30 kHz	> $19.8 \cdot 10^{-30}$ J
Muy Baja Frecuencia - Radio	> 10 km	< 30 kHz	< $19.8 \cdot 10^{-30}$ J

Tabla XIII *División del Espectro Electromagnético*

En esta situación observamos un ejemplo de los tres tipos de espectro que se estudian habitualmente.

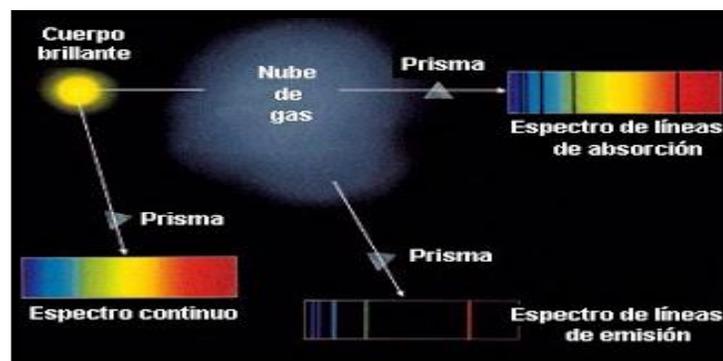


Figura 2. 5 *Clasificación de los espectros*

El llamado espectro de emisión nos brinda el estudio cuando se conforma un grupo de frecuencias de las radiaciones electromagnéticas difundidas por átomos de un componente que se encuentran es estado gaseoso cuando se emite la energía, es único y a la misma vez se emplea para saber si es pieza de un componente oculto.

El **espectro de absorción** se la conoce cuando se demuestra la fracción de la radiación electromagnética ya que el elemento la absorbe dentro de un rango de frecuencias, ya que una sustancia química posee líneas de absorción dado que está comprometido a las diferencias de energía de sus diferentes orbitales atómicos, se puede utilizar para precisar la estructura de compuestos orgánicos, sin duda es lo contrario al espectro de emisión.

Un ejemplo del estudio de los espectros la encontramos en la figura 2.2.6, cuando la luz blanca recae sobre una nube de gas, su posterior evaluación, descubre las sustancias de la que está conformada, ya que solo trasladara las extensiones de onda que no hayan sido absorbidas por la nube, cada componente tiene su particular signo espectral. (Sevilla, 2012)

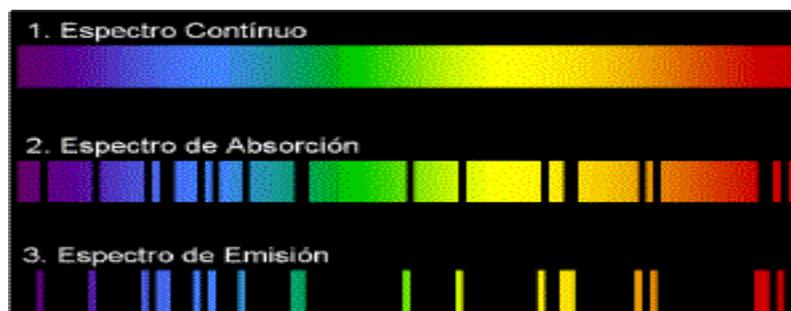


Figura 2. 6 Aplicación de los espectros

2.2.6 Tipos de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes.

En el espacio existen muchas causas ya sea natural o superficial que llegan a producir energía electromagnética en forma de ondas y es a lo que llamamos campos eléctricos y magnéticos oscilantes que se vinculan con

sistemas biológicos de todos los seres vivos. De acuerdo a su energía y frecuencia, las ondas electromagnéticas se las divide en dos grandes grupos con relación a los efectos en el sistema biológico: radiaciones ionizantes y radiaciones no ionizantes.

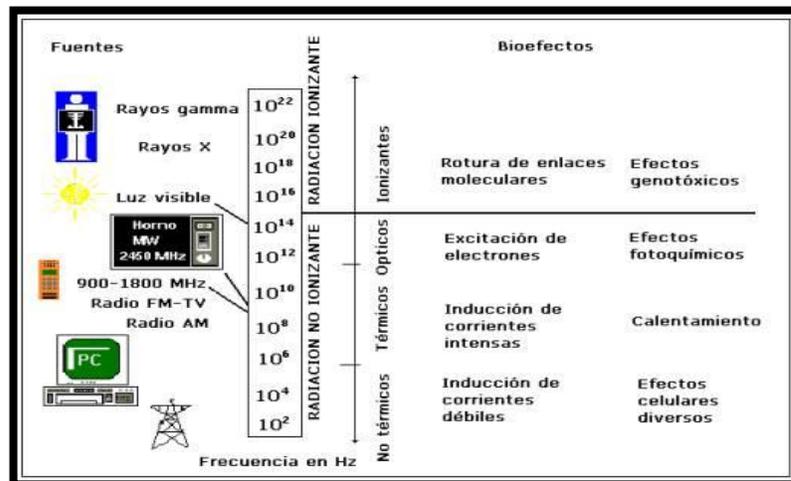


Figura 2.7 Representación de los tipos de radiaciones

2.2.6.1 Radiaciones ionizantes

Las radiaciones ionizantes se caracterizan por emitir mucha energía que pueden llegar a descomponer enlaces atómicos, así como pueden ser perjudiciales para el ser humano, dentro de estas se encuentran las de frecuencias extremadamente altas.

Destacamos en la figura 2.2.8 que este tipo de radiaciones se usan en la medicina como lo suelen llegar a ser los rayos X, empleados para elaborar radiografías, y en radioterapia. Las radiaciones ionizantes se las clasifica en tres tipos:

- **Partículas alfa α .** Son aquellas que están constituidos por dos protones y dos neutros conocidos como núcleos de helio, se caracterizan por tener superior masa, por lo que llegar a ser limitadas,

por eso se las denomina energéticas, teniendo como resultado que no puede atravesar la piel de nuestro cuerpo.

- **Partículas beta β .** Las conforman los electrones pero menor masa que las alfa, por lo que son más eficaz para introducir la materia, son menos energéticas, un componente beta es capaz de atravesar un papel, mas no la vestimenta del ser humano, ni un metal.
- **Rayos gamma γ .** Son ondas electromagnéticas, porque no están conformadas por volumen ni carga, y esto a su vez permite obtener manejo en el preámbulo de la materia. Los rayos gamma y los rayos X tienen similitudes propiedades, solo se las diferencia por su principio en cambio los rayos gamma se construyen en el centro del átomo, los rayos X se originan de las capas externas del átomo.
- Existe un cuarto que son los **Neutrones**, es necesario aclarar que éstos no son ionizantes por sí mismos, ya que cuando la interacción de la sustancia no desecha electrones, pero sin embargo cuando chocan entre sí con el centro del átomo este a su vez se acciona para transmitir un rayo gamma, por lo tanto se las cataloga como no ionizantes indirectamente.

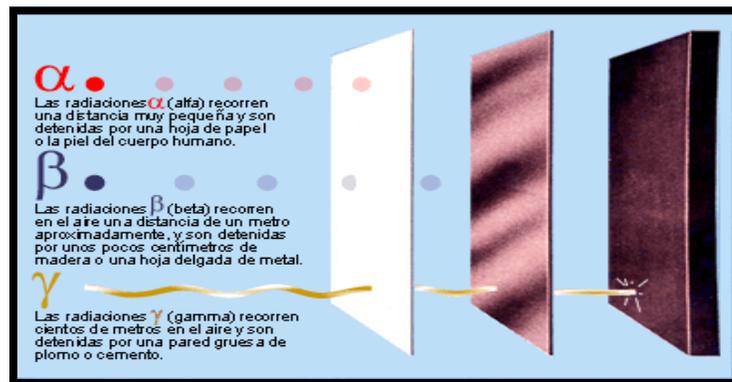


Figura 2. 8 Clasificación de las Radiaciones Ionizantes.

2.2.6.2 Radiaciones No Ionizantes

Las radiaciones no ionizantes también llamadas RNI, se caracterizan por ser de escasa energía para alterar una molécula en el sistema biológico, esto a pesar de que producen una fuerte intensidad de CEM, no están aptos para producir ionización en los seres vivos.

Estas radiaciones se distribuyen de acuerdo a su longitud de onda: radiaciones ultravioleta (UV), la luz visible, radiaciones infrarroja, frecuencia por radio (RF), vía microondas (MW), campos de frecuencias extremadamente bajas (ELF), campos eléctricos, magnéticos estáticos.

Estas radiaciones no ionizantes se pueden distribuir en dos tipos:

- **Radiaciones ópticas:** Están inmersos dentro de este conjunto.

Infrarroja. Se caracterizan por ser rayos no visibles para el ser humano pero que están afiliados a transmitir incandescencia y esto se debe a que sus temperaturas transmiten radiaciones en el rango de los infrarrojos, estos rayos proporcionan el calor que permite mantener la Tierra caliente, son un tipo de radiación electromagnética con longitudes de onda mayores que la visible, pero no superan a las microondas.



Figura 2. 9 Rayos Infrarrojos

Visible. Su propio nombre lo indica y por lo tanto se detecta a las vista humana ya que nos permite observar y suministra la energía necesaria a las plantas para obtener alimentos mediante la fotosíntesis.

Ultravioleta. Son los más conocidos por los seres humanos, no se visualizan pero tienen una gran repercusión en nuestra piel si nos exponemos mucho tiempo a ella y no la protegemos, logrando producir desde quemaduras hasta cáncer de piel, cataratas y demás infracciones en los ojos, son radiaciones electromagnéticas en donde su extensión de onda se aproxima a los 399 nm, el límite de la luz violeta, hasta los 15 nm, donde comienzan los rayos X. A continuación presentamos el índice UV que nos indica el registro de la altura de radiación son referentes en la piel humana. (Educativo, 2004)

Clasificación UV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 ó mayor
	Diminuto		Moderado		Elevado			Muy elevado			Extremado

Tabla XIV Niveles de Índice UV

- **Campos electromagnéticos.** En el espectro están representadas por las ondas de longitud mayor, donde se encuentran las radiaciones microondas que están inmersas en los electrodomésticos y área de telecomunicaciones y las de radiofrecuencia, como son las líneas de alta tensión o campos eléctricos estáticos.

2.2.7 Clasificación de los Campos Electromagnéticos

Dentro de los CEM podemos distribuirlos en dos grupos de acuerdo a su fuente de exposición:

Las fuentes que generan campos de frecuencias inferiores a 3 kHz (0

Hz < 3 kHz), entre los que se aparecen:

- Las de campos estáticos que tienen 0 kHz: como por ejemplo trenes de levitación magnética, métodos de resonancia magnética para evaluación médica y los métodos electrolíticos en servicio industrial-experimental.

Las fuentes de los campos de frecuencias extremadamente bajas (ELF).

Desde 30 Hz < 300 Hz: Equipos vinculados con la generación, transporte o uso de la energía eléctrica de 60 Hz, líneas de alta y media tensión y aparatos electrodomésticos (refrigeradoras, etc.).

- Desde 300 Hz a 3 kHz: empleados en antenas de radiodifusión.

Las llamadas como fuentes de campos de radiofrecuencias (3 kHz \leq f <

300 GHz), que, distribuidas por rangos de frecuencia, son estas:

- Desde 3 kHz a 30 kHz (VLF): Antenas de radio para navegación y radiodifusión modulada, sistemas antidelicuenciales.
- Desde 30 kHz a 300 kHz (LF): Monitores, antenas de radiodifusión, comunicaciones marinas.
- Desde 300 kHz a 3 MHz (HF): Radio de enlace para marinos, radio AM.
- Desde 3 MHz a 30 MHz: Instrumentos para diatermia quirúrgica, sistemas anti delincuenciales.

- Desde 30 MHz a 300 MHz (VHF): Antenas de radio FM, antenas de televisión.
- Desde 300 MHz a 3 GHz (UHF): Telefonía móvil, antenas de telefonía móvil, hornos microondas.
- Desde 3 GHz a 30 GHz (SHF): Antenas de comunicaciones satelitales, radares, enlaces vía microondas.
- Desde 30 GHz a 300 GHz (EHF): Antenas de radio para navegación, radares, antenas de radiodifusión. (SUPERTEL, 2011)

2.2.7.1 Frecuencias extremadamente baja ELF

Cuando nos referimos a campos de ELF (extremadamente baja frecuencia), analizamos el intervalo de frecuencia de 0 a 300 Hz, prevalecen los CEM que se originan por la red de distribución de la energía eléctrica, estaciones de transformadores que es lo que relata nuestra investigación, dentro de los cuales están todos los artefactos que se conectan por este sistema de distribución, entre los posibles daños a la salud acerca de los cuales se tiene un conocimiento limitado sin que haya nada confirmado, estos posibles cambios en los niveles nocturnos de melatonina (una hormona de potente acción antioxidante encontrada en todos los organismos vivientes, en concentraciones que se modifican de acuerdo al ciclo diurno/nocturno) y cambios de los ritmos circadianos (ciclo diurno/nocturno) en mascotas por estar expuesto a radiaciones no ionizantes ELF, y a los posibles efectos de cáncer que estos pueden provocar. Cabe recalcar que hay efectos de campos magnéticos y eléctricos biológicamente activos pero son débiles, en las cuales podemos apreciar la alteración de desplazamiento de los iones de calcio en la partes de los tejido del cerebro, y esto a su vez provoca cambio en las neuronas por lo tanto va a insertar el parte del comportamiento.

Cabe destacar que estos efectos no han sido comprobados y no sirven de base para decretar restricciones a la exposición humana, aun cuando se están analizando nuevas investigaciones.

2.2.7.2 Radiofrecuencias RF (30 kHz-300 MHz) y microondas MO (300 MHz-300 GHz)

Los VLF (muy baja frecuencia) en el intervalo de 300 Hz a 30 kHz, son las frecuencias que más se las emplean en la vida cotidiana de las personas tanto en transmisión de radio como de televisión.

Su uso en la industria es amplio (hornos de inducción, procesos industriales de secado de pintura, fusión y reblandecimiento de plásticos, ensamblado de metales entre sí con cuerpos no metálicos, calentamiento de metales para conformado, secado de metales pintados, fundición de vidrio).

Los efectos producidos en los seres vivos que se exponen a campos electromagnéticos de RF-MO son diversos y se clasifican, según su origen, en efectos térmicos y efectos no térmicos.

La absorción de la energía electromagnética por los tejidos y su inmediata conversión en calor produce aumentos de temperatura internamente en el cuerpo. La desigualdad de exposición a ondas electromagnéticas tanto solares como infrarrojas en el cual la calidez se produce en la superficie, esto significa una exposición de radiofrecuencias y microondas, debe a que poseen alto poder de concentración para atravesar, ya que genera calor en los tejidos. (Allen, SG, 2011)

2.2.7.3 Campos electromagnéticos de frecuencias bajas en las líneas de transmisión eléctrica

Los campos que se generan en las líneas de transmisión son de 60 Hz ya que están inmersos a nivel mundial, además son ampliamente analizados y mejor detallados que cualquier otra índole de campos electromagnéticos.

Los estudios detallados sobre los campos eléctricos y magnéticos detallan lo siguiente: como primer conocimiento se encuentra las líneas de transmisión de energía eléctrica ya que se localizan por las líneas de conducción y a esto incluye el vacío en medio del conductor y la tierra. Como segundo punto estas radiaciones ya se las encuentra evaluadas y calculadas, como tercer punto se detalla que a mayor distancia los campos electromagnéticos disminuyen considerablemente y como último punto en una desigualdad a los gases, las ondas electromagnéticas no se ven perjudicados por diversos factores como la velocidad del aire o la dirección de la misma.

Las líneas de transmisión suelen tener 3 fases por circuito. Conductores múltiples se utilizan en cada fase para controlar el efecto coronal (que produce un ruido audible) en líneas altamente cargadas. Cada fase se separa secuencialmente una de los otros 20 grados dieléctricos, o a su vez un tercera parte del ciclo de las bajas frecuencias de 60 Hz.

Por lo general las ondas electromagnéticas que se encuentran cercanos a las líneas de transmisión se miden o calculan con una altura prudencial en lo que respecta al nivel del suelo. Su intensidad se decreta primordialmente por el voltaje y la altura de los conductores sobre el nivel de la tierra.

Las intensidades eléctricas que se concentran por las líneas de conducción crean un campo magnético. Como se detalló anteriormente el campo magnético (concentración de flujo magnético) es algo predecible, así como

encontrar el campo eléctrico, ya ambos se calculan un metro por encima del suelo. Como datos tenemos que el campo magnético en una línea de transmisión de energía eléctrica es proporcional a la intensidad de corriente de la línea, por lo tanto el campo magnético diferenciará las configuraciones en la línea, por lo que no es directamente proporcional al voltaje de la línea.

En la mayoría de los casos las líneas de conducción eléctrica se encuentran aisladas debajo del suelo, es por ello que el campo eléctrico detectado es mínimo. Los campos eléctricos de frecuencia baja influyen en el organismo, como en cualquier otro material formado por partículas cargadas.

Las ondas magnéticas de bajas frecuencias incitan intensidades de corriente que se mueven por el cuerpo humano, la magnitud de estas corrientes depende mucho de la magnitud del campo magnético que se encuentran fuera. Si es suficientemente intenso, las corrientes podrían estimular los nervios y músculos o afectar a otros procesos biológicos.



Figura 2. 10 *Campos electromagnéticos en torres eléctricas*

El principal efecto que puede surgir biológicamente de los campos magnéticos creado por las radio frecuencias y su calentamiento, aunque las categorías de los campos de frecuencias por radio a los que se encuentran inmersos los seres humanos son menores a los que realmente se catalogaría como un calentamiento significativo. Las leyes actuales hacen referencias a los que biológicamente están pueden causar en el hombre por las ondas de radio. Los científicos realizan estudios pero a largo plazo y lo que significaría es que estas ondas puedan causar algún tipo de daño en el ser humano, sin embargo hoy en día no existe un informe oficial y alabado que confirmen que estos efectos son perjudicial a largo plazo, mientras tanto los investigadores seguirán en su afán de detectar que dichas ondas si causan daño alguno.

2.2.8 Exposición a los campos electromagnéticos

La exposición a las ondas electromagnéticas no es algo extraño, pero significativamente la exposición al ambiente se ha incrementado de forma continua conforme la creciente demanda de electricidad, el constante avance de las tecnologías y los cambios en los hábitos sociales han generado más y más fuentes artificiales de campos electromagnéticos.

Todas las personas se encuentran expuestos a este tipo de ondas magnéticas y eléctricas de menor incidencia, ya sea en el lugar donde habitan, estudian o trabajan por lo que siempre estaremos cerca de líneas de transmisión de energía eléctrica, artefactos eléctricos y los instrumentos que se utilizan industrialmente, esto se suma a los ya conocidos producidos por las telecomunicaciones, radio y televisión.

En nuestro cuerpo se forman intensidades de corriente mínimas producidas por las reacciones químicas que normalmente funcionan a diario, aun así cuando no existe campo eléctrico externo. Un ejemplo preciso es el corazón

ya que este produce función eléctrica que normalmente se localizan en los hospitales por los electrocardiogramas.



Figura 2. 11 *Exposición a campos electromagnéticos*

2.2.8.1 Niveles de exposición en el hogar y en el medio ambiente

Las emisiones de intensidad de corriente eléctrica de extensa distancia se localizan por medio de las líneas de corriente eléctrica, donde estas tensiones de alta intensidad se reducen al llegar a los hogares ya que se encuentran distribuidos por transformadores antes de llegar a las mismas.

Las debidas ubicaciones de distribución de fluido de energía eléctrica y el cableado de los mismos aparatos domésticos eléctricos ocasionan la creación de campos eléctricos y magnéticos de frecuencias en el sistema de red en los domicilios. En las casas que no se encuentran cerca de las líneas de transmisión de fluido eléctrico la magnitud de este campo suele llegar hacer de $2 \mu\text{T}$, por lo que ocurre lo contrario con las casas que se encuentran debajo de las líneas de transmisión eléctrica son muchas más potentes.

Densidades de flujo magnético a nivel del suelo pueden ser de hasta varios mT. La corriente que produce el campo eléctrico cerca de las líneas de transmisión eléctrica puede ser de hasta aproximadamente 10 kV / m. Sin embargo, la intensidad de los campos eléctricos y magnéticos disminuye al aumentar la distancia de las líneas eléctricas. A 50 m a 100 m de la intensidad de los campos es normalmente equivalente a las zonas de distancia de las líneas eléctricas de alta tensión. Además, las paredes de las casas reducen sustancialmente la intensidad de campo eléctrico con respecto a que en lugares similares fuera de las casas.

Las personas pueden alcanzar y entrar en la parte inferior de dichas torres de radio frecuencia ya que los niveles de exposición cerca de la base son inferiores a los límites recomendados. (OMS, 2009)

2.2.9 Efectos biológicos de la radiación no ionizante

Las ondas electromagnéticas que producen efectos biológicos en los seres vivos dependen de la cantidad de energía absorbida por el organismo. Esta cantidad de energía, que dependerá de las características eléctricas y geométricas del sujeto en relación con la frecuencia incidente, se degradará en última instancia, en forma de calor en el interior del sujeto. Clasificando así los efectos biológicos de la radiación entre dos tipos: efectos térmicos y efectos no térmicos.

Efectos Térmicos. Los efectos térmicos producidos por las ondas electromagnéticas son los que mejor se conocen, siendo así, los menos discutidos. Los fotones de energía absorbidos no tienen suficiente poder energético para ionizar las moléculas, pero sí son capaces de transformarse en energía rotacional, que aumenta la energía cinética molecular produciendo calentamiento.

En el organismo este aumento de temperatura corporal se distribuye con anormalidad dependiendo de su alto o bajo comportamiento como conductor. Como resultado se decretan numerosos térmicos dentro del cuerpo humano. No se puede predecir el efecto que esta absorción de energía provoca en la salud, si es que no se toma en cuenta la acción de todas las articulaciones del cuerpo humano, los ciclos de irradiación a los que está sometido y la capacidad de disipación con el entorno. Cuando el calor acumulado exceda a la capacidad de disipación del sistema termorregulador del organismo, se producirá una hipertermia, que puede dar a lugar a lesiones locales como quemaduras, hemorragias, necrosis o muerte tisular.

Efectos no térmicos. Hoy en día se examinan los problemas en la salud pública, esto con relación a CEM, que no son criticables a los resultados térmicos de la radiación. Los análisis de las investigaciones científicas tratan de demostrar efectos mediante distintas herramientas, que se resumen en los siguientes grupos:

- Interacciones a nivel molecular, celular o tisular.
- Interferencias directas con procesos bioeléctricos, en órganos que muestren una actividad eléctrica especialmente modulada (alteraciones registradas en electroencefalogramas y en electromiogramas).
- Alteraciones en la transmisión genética.
- Alteraciones en el comportamiento.

La acción del microondas y radiofrecuencias sobre los seres humanos pueden afectar tanto a órganos como a sistemas orgánicos y producir alteraciones funcionales o estructurales, aunque es impredecible asegurar esto, cuando las personas respetan las normativas y se mantienen en el

límite indicado esto será perjudicial para la salud. (Guerrero Abreu J, 2006)

2.3 Variables

Serán mensuradas las intensidades de los campos electromagnéticos de bajas frecuencias (50Hz-100KHz) en las diferentes localizaciones georreferenciados.

2.3.1 Variable Independiente (causa)

Intensidad y reconocimiento de campo electromagnético mediante el software MSC_spectrum_analyzer.

2.3.2 Variable dependiente (efecto)

Control del campo electromagnético hacia la exposición poblacional y medio ambiente.

2.4 Métodos e instrumentos de investigación

2.4.1 Tipo de estudio

Por como se detalla la investigación el tipo de estudio que se va a desarrollar es de carácter experimental, descriptivo.

- Campo, serán mensurados, con el medidor de campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos, las intensidades y frecuencias en diferentes puntos del Malecón de Salinas en diferentes horarios y días. Las mediciones serán realizadas de acuerdo a las mediciones estándar normalizadas.
- Descriptivo, mediante un levantamiento bibliográfico se estudiará las diversas normativas referentes a la exposición ambiental a los campos electromagnéticos y se analizaran los resultados obtenidos.

2.4.2 Métodos de la investigación

Para el desarrollo de nuestro proyecto se usarán los siguientes métodos:

Científico - Observación: se aplicará en nuestra investigación puesto que los conceptos técnicos, teóricos, hipótesis y deducciones mostradas se pueden verificar como documentos válidos, recalando que se evaluará y analizará los niveles de exposición a los que se encuentra el ambiente.

Inductivo-Deductivo: nos permite observar e identificar mediante resultados y buscar medidas mediante conclusiones para poder cumplir con las normas establecidas por las entidades competentes.

Analítico: evaluar minuciosamente todos los puntos referentes y verificar los niveles de RNI para obtener conclusiones y resultados de acuerdo a nuestra experiencia obtenida.

2.5 Términos básicos

Hz: hertzios

RNI: Radiaciones No Ionizantes

MCS: Software profesional de análisis de espectral

CEM: Campos electromagnéticos

ELF: Frecuencias extremadamente bajas

SUPERTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad

ICNIRP: Comisión Internacional sobre No Ionizante Protección Radiológica

IRPA: Asociación Internacional para la protección contra la Radiación

OMS: Organización Mundial de la Salud

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

VLf: Frecuencia muy baja

LF: Baja Frecuencia
HF: Altas Frecuencia
VHF: Muy Alta Frecuencia
UHF: Ultra Alta Frecuencia
SHF: Súper Alta Frecuencia
EHF: Extremadamente Alta Frecuencia
RF: Radio Frecuencia
MO: Radiaciones microondas
UV: Radiaciones ultravioleta
FM: Frecuencia modulada
AM: Amplitud modulada

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS

3. ANÁLISIS

Para el respectivo análisis del capítulo 3 se especifica los elementos que se necesitan para realizar las mediciones de campos electromagnéticos, así como conocer los puntos más relevantes donde existe cierto nivel excesivo de radiación para posteriormente analizar y optimizar posibles recomendaciones.

3.1 Diagrama del proceso

3.1.1 Definición del modelo de medición y puntos de referencia.

En la primera fase se indica con la exploración de campo ambiental a la que estaremos inmersos en el cantón Salinas, escoger los puntos de referencias que servirán para nuestras mediciones y evaluar el método apropiado que nos facilite tener la mayor recolección de datos posibles.

3.1.2 Configuración del software de medición.

En esta segunda fase una vez elegidos puntos a medir, se procede a configura los instrumentos que realizaran las mediciones, para tener una óptima información, por lo que se debe realizar lo siguiente:

- Conectar a la PC el SPECTRAN NF-5035 (Aaronia).

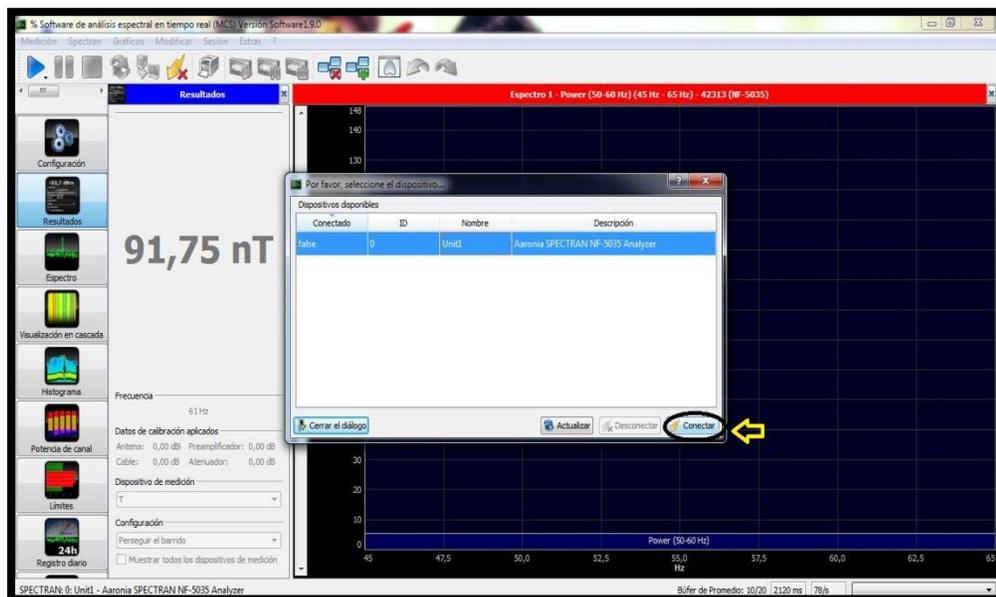


Figura 3. 1 Conexión Spectran

- Encender SPECTRAN y verificar señal tanto en PC como en la antena.



Figura 3. 2 Verificación de señal

- Configurar en el software la frecuencia a 60Hz, ancho de banda, y campo magnético.



Figura 3. 3 Frecuencia, ancho de banda y campo magnético

- Configurar en software el nivel, escala y curva.

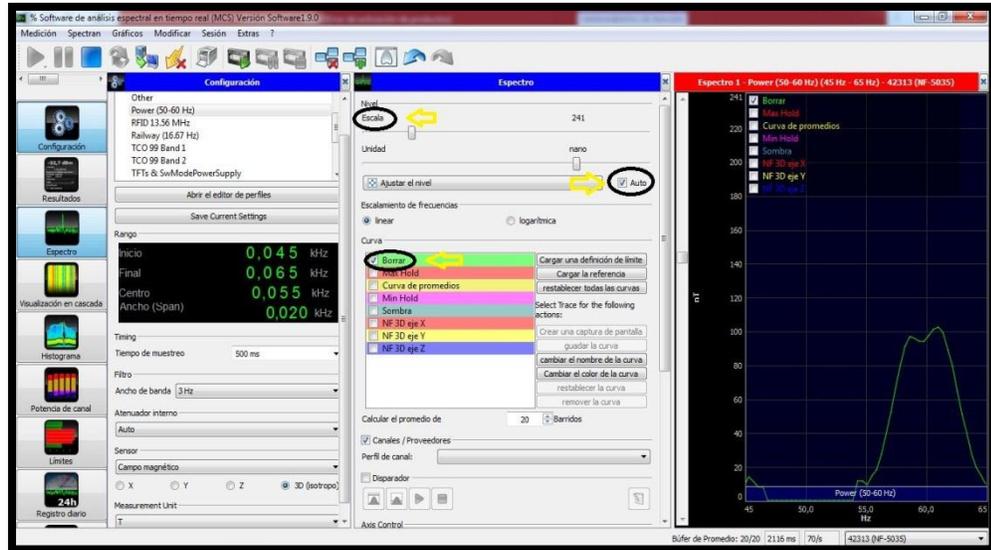


Figura 3. 4 Nivel, escala y curva

- Configurar puntos máximos que aparecerán en el simulador de espectro.

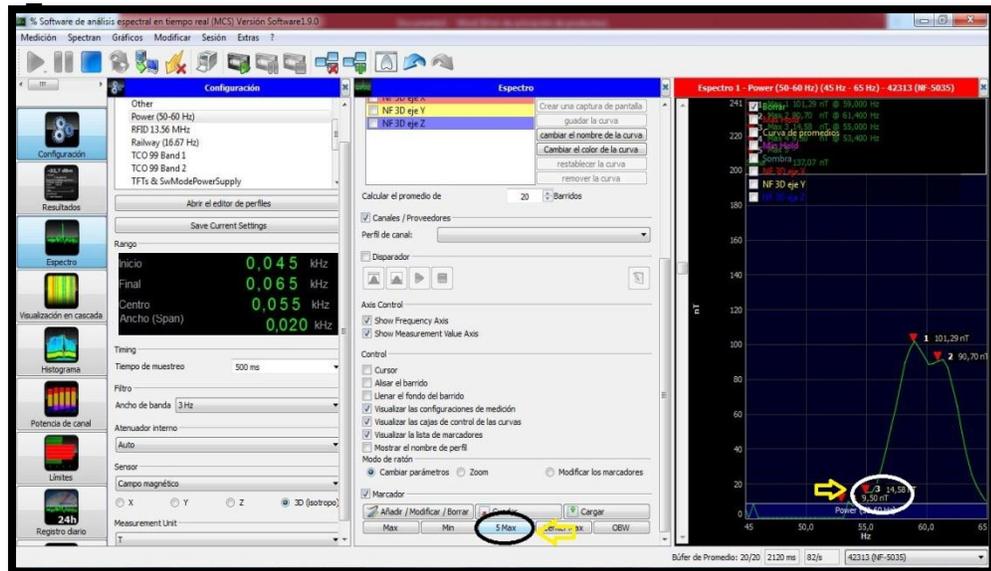


Figura 3. 5 Puntos máximos

- Mostrar resultados de las mediciones ya con sus configuraciones establecidas.

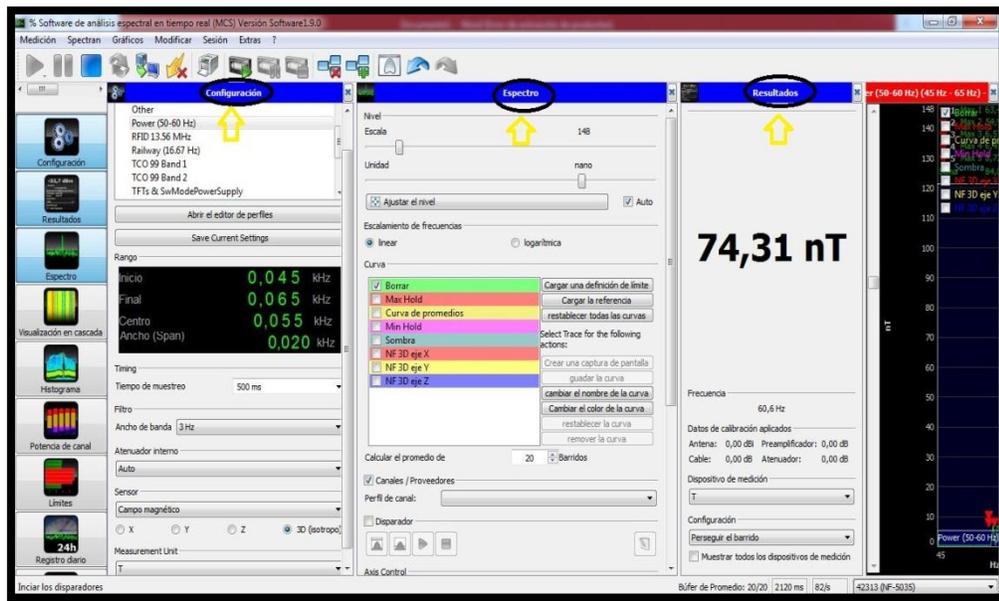


Figura 3. 6 Configuraciones establecidas

- Iniciar la grabación de barrido.

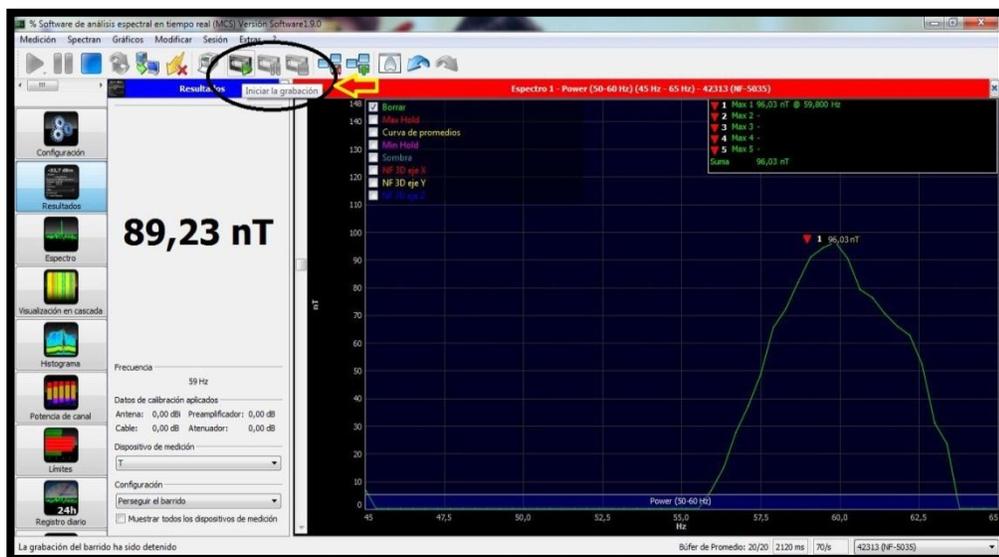


Figura 3. 7 Grabación de mediciones

- Guardar el archivo con su respectivo título, lugar y remarque.

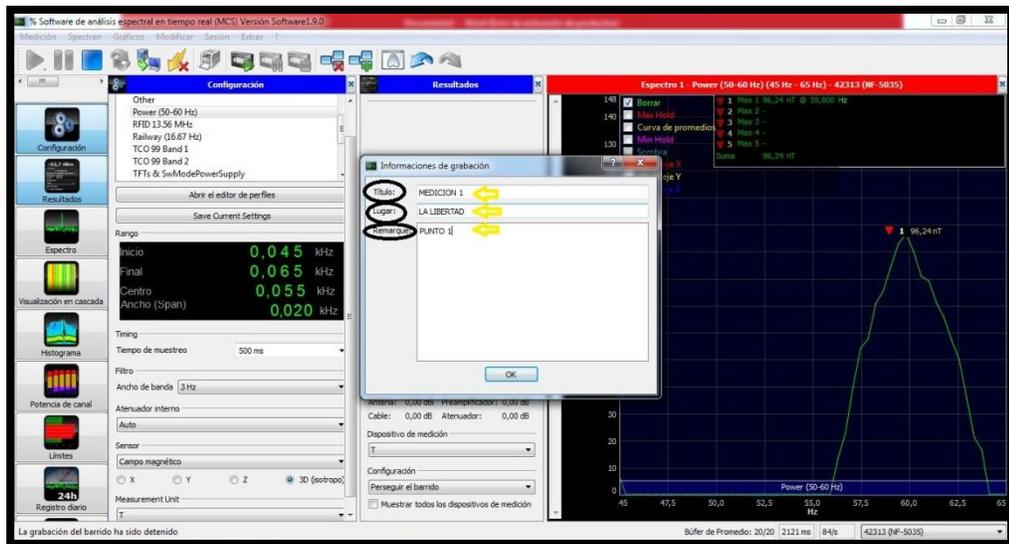


Figura 3. 8 Título, lugar y remarque

- Realizar las mediciones de barrido de acuerdo al tiempo que se desee tomar lectura, y podremos apreciar los datos que irán apareciendo en pantalla.

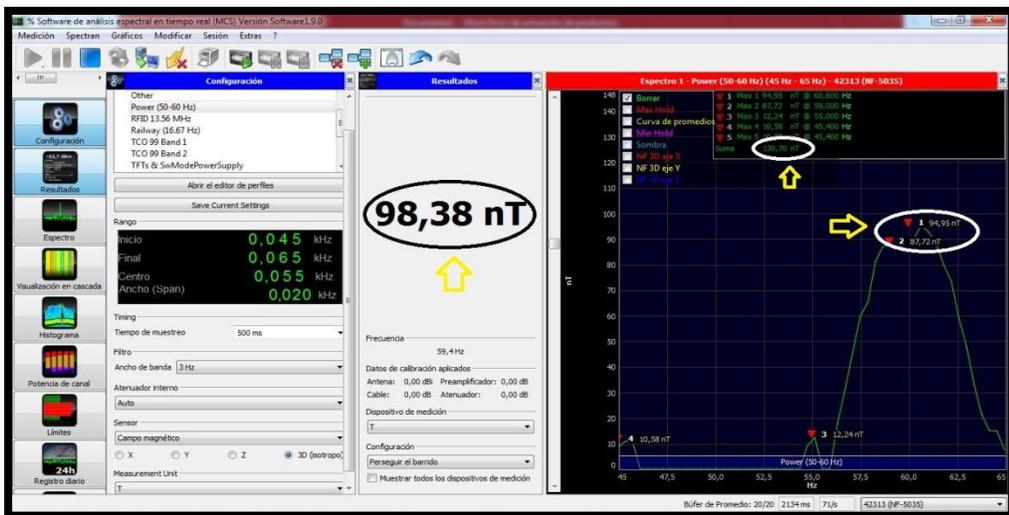


Figura 3. 9 Medición en tiempo real

3.1.3 Recolección de información

Se realizaron las primeras mediciones de campo en el Malecón de Salinas (10/Julio/2014), tomando como punto de referencia desde el Puerto de la Capitanía hasta el sector las palmeras Hotel COCOS, se tomó en la Av. General Enríquez Gallo y después la Av. Malecón, de punto a punto existen 25 metros de distancia aproximadamente, hora de inicio de las mediciones 13:15pm, teniendo los siguientes datos:

Datos Mediciones 1		
Referencia	Ubicación General	Campo Magnético (μT)
Punto 1	Av. General Enríquez Gallo	0.2
Punto 2	Av. General Enríquez Gallo	0.2
Punto 3	Av. General Enríquez Gallo	0.3
Punto 4	Av. General Enríquez Gallo	0.12
Punto 5	Av. General Enríquez Gallo	1
Punto 6	Av. General Enríquez Gallo	0.05
Punto 7	Av. General Enríquez Gallo	0.05
Punto 8	Av. General Enríquez Gallo	0.14
Punto 9	Av. General Enríquez Gallo	0.24
Punto 10	Av. General Enríquez Gallo	0.2
Punto 11	Av. General Enríquez Gallo	0.5
Punto 12	Av. General Enríquez Gallo	0.5
Punto 13	Av. General Enríquez Gallo	0.16
Punto 14	Av. General Enríquez Gallo	0.4
Punto 15	Av. General Enríquez Gallo	0.015
Punto 16	Av. General Enríquez Gallo	0.08
Punto 17	Av. Malecón	0.25
Punto 18	Av. Malecón	0.09
Punto 19	Av. Malecón	0.07
Punto 20	Av. Malecón	0.01
Punto 21	Av. Malecón	0.8

Tabla XV Representación de mediciones 1 con ubicación general y Campo Magnético

Datos Mediciones 1				
Lugar(punto referencial)	Latitud	Longitud	Distancia(punto a punto)	Referencia
Puerto Capitanía	2°12'20.70"S	80°58'6.19"O	25 m	Punto 1
Diagonal Capitanía	2°12'21.53"S	80°58'5.42"O	25 m	Punto 2
Hotel Alamar	2°12'22.42"S	80°58'5.27"O	25 m	Punto 3
Comercial Salinas	2°12'22.98"S	80°58'7.62"O	25 m	Punto 4
Banco Pichincha	2°12'21.24"S	80°58'9.15"O	25 m	Punto 5
Locales de Artesanías	2°12'22.33"S	80°58'11.80"O	25 m	Punto 6
Cuerpo de bomberos	2°12'22.86"S	80°58'19.42"O	25 m	Punto 7

Tabla XVI Representación de datos de mediciones 1 en área 1

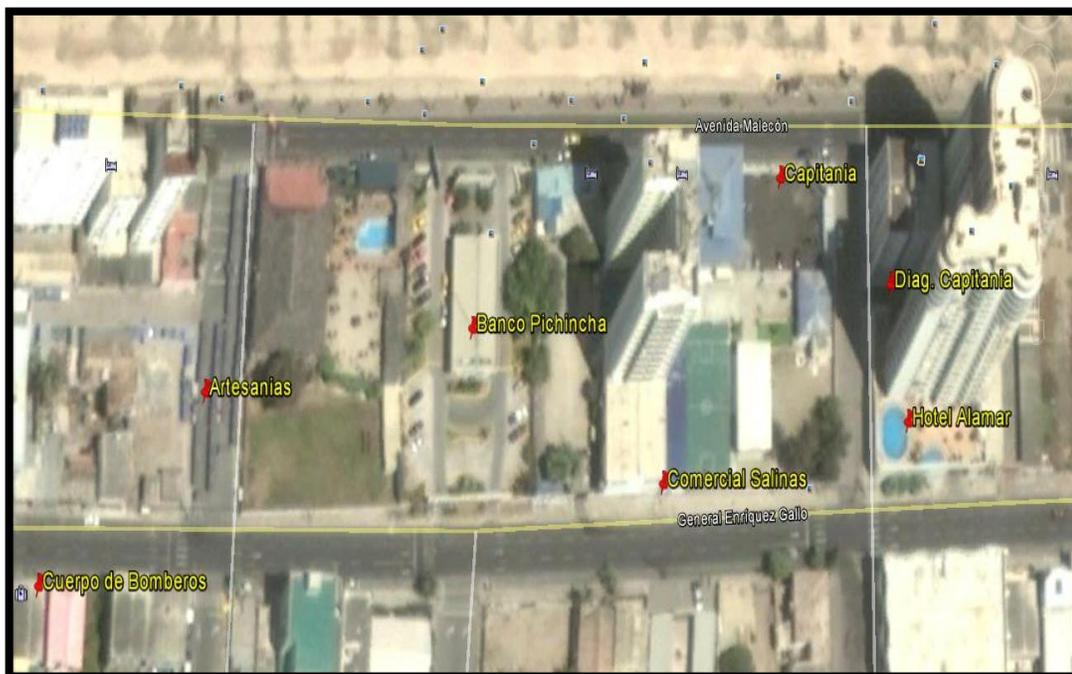


Figura 3. 10 Gráfico de los puntos referencial 1 en área 1

Datos Mediciones 1				
Lugar (punto referencial)	Latitud	Longitud	Distancia(punto a punto)	Referencia
Hotel Oro del Mar	2°12'22.79"S	80°58'15.70"O	25 m	Punto 8
Hotel Marvento II	2°12'23.16"S	80°58'18.09"O	25 m	Punto 9
Discoteca Rocka Bar	2°12'21.63"S	80°58'20.32"O	25 m	Punto 10
Edificio el Pacífico	2°12'22.21"S	80°58'21.62"O	25 m	Punto 11
Pizzería el hornero	2°12'20.92"S	80°58'24.27"O	25 m	Punto 12
Heladería Pingüineria	2°12'18.79"S	80°58'25.56"O	25 m	Punto 13
Diag. Comisariato Jr.	2°12'18.86"S	80°58'26.51"O	25 m	Punto 14

Tabla XVII Representación de datos de mediciones 1 en área 2



Figura 3. 11 Gráfico de los puntos referencial 1 en área 2

Datos Mediciones 1				
Lugar (punto referencial)	Latitud	Longitud	Distancia(punto a punto)	Referencia
Comisariato Jr.	2°12'18.80"S	80°58'28.29"O	25 m	Punto 15
Hotel Las Palmeras	2°12'17.73"S	80°58'30.36"O	25 m	Punto 16
Hotel Almar	2°12'16.83"S	80°58'31.56"O	25 m	Punto 17
Cocos Boutique	2°12'15.80"S	80°58'31.40"O	25 m	Punto 18
Hotel Cocos	2°12'13.65"S	80°58'30.59"O	25 m	Punto 19
Cyber	2°12'14.81"S	80°58'29.15"O	25 m	Punto 20
Edificio Saint Tomas	2°12'15.46"S	80°58'30.04"O	25 m	Punto 21

Tabla XVIII Representación de datos de mediciones 1 en área 3



Figura 3. 12 Gráfico de los puntos referencial 1 en área 3

Se realizó el segundo procesamiento de información con las mediciones de campo magnético en el Malecón de Salinas (23/Julio/2014), comenzando esta vez por el punto de referencia Hotel COCOS hasta el Puerto de la Capitanía, en la Av. General Enríquez Gallo, cabe recalcar que las mediciones fueron de forma dinámica (móvil), donde el Spectran permaneció fuera del auto, para poder tomar las mediciones respectivas y solo se tomó como referencia los puntos más altos que informaba el equipo, se comenzó a la 3:00 pm hasta las 5:30pm, teniendo los siguientes datos:

Datos Mediciones 2		
Referencia	Ubicación	Campo Magnético (μT)
Punto 1	Av. General Enríquez Gallo	0.5
Punto 2	Av. General Enríquez Gallo	0.05
Punto 3	Av. General Enríquez Gallo	0.14
Punto 4	Av. General Enríquez Gallo	0.09
Punto 5	Av. General Enríquez Gallo	0.2
Punto 6	Av. General Enríquez Gallo	0.1
Punto 7	Av. General Enríquez Gallo	0.2
Punto 8	Av. General Enríquez Gallo	0.1
Punto 9	Av. General Enríquez Gallo	11
Punto 10	Av. General Enríquez Gallo	0.1
Punto 11	Av. General Enríquez Gallo	0.1
Punto 12	Av. Malecón	0.02
Punto 13	Av. Malecón	0.5
Punto 14	Av. Malecón	2
Punto 15	Av. Malecón	0.22
Punto 16	Av. Malecón	0.07
Punto 17	Av. Malecón	0.04

Tabla XIX Representación de mediciones 2 con ubicación general y Campo Magnético

Datos Mediciones 2				
Lugar(punto referencial)	Latitud	Longitud	Distancia(punto a punto)	Referencia
Comercial Salinas	2°12'22.98"S	80°58'7.62"O	25 m	Punto 9
Diagonal Capitanía	2°12'22.64"S	80°58'5.50"O	25 m	Punto 10
Puerto Capitanía	2°12'20.70"S	80°58'6.19"O	25 m	Punto 11
Banco Pichincha	2°12'21.24"S	80°58'9.15"O	25m	Punto 12

Tabla XX Representación de datos de mediciones 2 en área 1

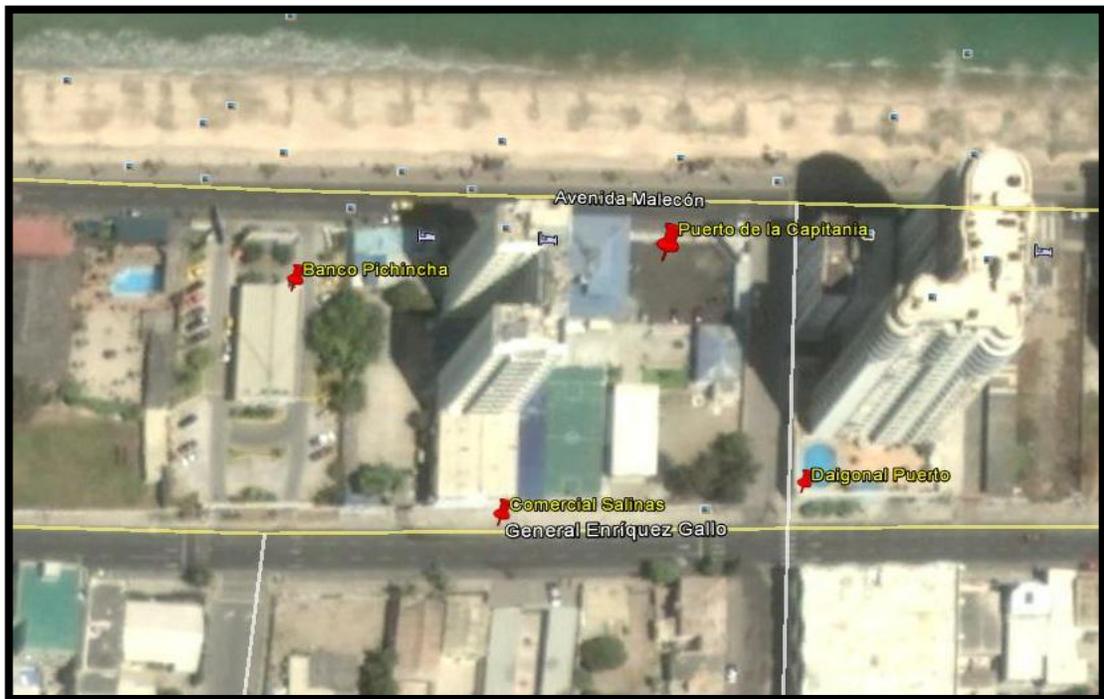


Figura 3. 13 Gráfico de los puntos referencial 2 en área 1

Datos Mediciones 2				
Lugar(punto referencial)	Latitud	Longitud	Distancia(punto a punto)	Referencia
Hotel Costa Bella	2°12'20.00"S	80°58'26.47"O	25 m	Punto 6
Edificio el Pacífico Cuerpo de bomberos	2°12'21.15"S	80°58'23.25"O	25 m	Punto 7
	2°12'22.86"S	80°58'19.42"O	25 m	Punto 8
Minimarket Chique	2°12'19.35"S	80°58'21.03"O	25 m	Punto 13
Heladería Pingüineria	2°12'17.76"S	80°58'24.59"O	25 m	Punto 14
Tienda Kalinka	2°12'17.08"S	80°58'26.01"O	25 m	Punto 15

Tabla XXI Representación de datos de mediciones 2 en área 2



Figura 3. 14 Gráfico de los puntos referencial 2 en área 2

Datos Mediciones 2				
Lugar(punto referencial)	Latitud	Longitud	Distancia(punto a punto)	Referencia
Cocos Boutique	2°12'15.80"S	80°58'31.40"O	25 m	Punto 1
Hotel Almar	2°12'16.83"S	80°58'31.56"O	25 m	Punto 2
Restaurant Quisqueya	2°12'18.26"S	80°58'29.45"O	25 m	Punto 3
Comisariato Jr.	2°12'18.80"S	80°58'28.29"O	25 m	Punto 4
Diag. Comisariato Jr.	2°12'18.86"S	80°58'26.51"O	25 m	Punto 5
Coral tour	2°12'16.50"S	80°58'26.91"O	25 m	Punto 16
Discoteca Jet Set	2°12'15.62"S	80°58'28.44"O	25 m	Punto 17

Tabla XXII Representación de datos de mediciones 2 en área 3



Figura 3. 15 Gráfico de los puntos referencial 2 en área 3

3.1.4 Análisis de resultados

Esta cuarta fase implica toda aquella información recolectada a través del instrumento de medición SPECTRAN NF-5035 (Aaronia), en cada punto de referencia que se obtuvo.

3.2 Identificación de requerimientos

Se detallan de manera explícita los requerimientos tomando en consideración toda aquella información a tratar, como son los procesos a seguir para la toma de datos para su posterior interpretación.

3.2.1 Instrumento de medición SPECTRAN NF-5035

El Analizador de espectro NF-5035 es uno de los más utilizados para este tipo de investigaciones ya que es muy útil por detectar ondas de bajas frecuencia. Esta adecuado para medir frecuencia máxima hasta 30MHz, solución asequible para medir campos eléctricos y magnéticos y está equipado con el Aaronia REAL 3D (isotrópico) del sensor magnético y un sensor de placa de campo para medir campos eléctricos. Al mismo tiempo muestra la fuerza y la frecuencia de la señal y nos permite detectar fuentes de interferencia, determinar la frecuencia y la intensidad de las fuentes de señal, medir límites y aumentar la funcionalidad mediante el uso de software de PC de gama alta, ofrece una interfaz USB con control remoto en tiempo real a su PC o MAC.

Características técnicas del SPECTRAN NF-5035

- Rango frecuencia: 1 Hz a 1 MHz
- Campo Electromagnético nivel: 1nT a 2mT
- Filtro de ancho de banda: 0.3 Hz(min) / 10MHz (máx)
- Precisión unidad base: 3%
- Rango de entrada analógica: 200 nV (min) – 200mV (máx)

- FFT (Resolución de puntos): 1024
- Medición potencia vectorial (I / Q) y RMS
- Peso: 430 gr
- Conexión del trípode: ¼ “
- Interfaz: USB 2.0/1.1



Figura 3. 16 *Spectran NF-5035*

3.2.2 Software MCS SPECTRUM ANALYZER 1.9.3

El software MCS SPECTRUM ANALYZER 1.9.3 es un software que nos facilita visualizar los diversos tipos de señales de radiaciones de campo eléctrico y magnético en tiempo real que puedan existir en el medio ambiente o lugares donde se puedan generar, es una aplicación que tiene como ventaja la compatibilidad en Windows (XP, Windows 7, Windows 8), así como en Linux y MAC OS.

Es compatible con todos los analizadores de espectro Aaronia Spectran en nuestro caso el NF-5035, soporta una resolución de pantalla HD, entre sus características principales tenemos:

- Histograma
- Potencia de canal
- Visualización en cascada
- Marco de tiempo

- Variedad de límites de exposición(ICNIRP)
- Marcadores de puntos máx, min, delta, AVG



Figura 3. 17 Software MCS Spectrum Analyzer

3.2.3 Especificaciones de PC

Para el correcto desarrollo de nuestra investigación se utilizó una Notebook HP Pavilion G4-1065la, a continuación sus especificaciones técnicas:

Software: Sistema Operativo: Windows 7 Home Basic 32 bits

Hardware:

Microprocesador: Intel Core i5 2G

Memoria: Sistema DDR3 de 4GB

Disco Duro: 640 GB

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el capítulo 4 se especificará un análisis acerca de los resultados obtenidos por las mediciones de campo y con los parámetros situados en el capítulo 3, se describirá el respectivo estudio, comparaciones de niveles nacionales e internacionales.

4.1 Comparativa con normas nacionales

Para el posterior análisis se tomarán datos de las tablas mencionadas en el capítulo anterior, en las cuales se dividirán en cuatro fases específicamente que están divididos por perímetros (1, 2, 3 ,4), y datos generales en cuanto a campo magnético promedio se menciona.

4.1.1 Análisis de puntos en el perímetro 1

A continuación se considera los puntos medidos en lo que respecta al perímetro 1 de campo magnético tanto las mediciones 1 y 2 respectivamente.

Tabla XXIII Comparación de puntos perímetro 1 de mediciones 1

Mediciones 1				
Ubicación	Coordenadas		Campo Magnético(μ T)	Observación
Punto 1	2°12'20.70"S	80°58'6.19"O	0.2	
Punto 2	2°12'21.53"S	80°58'5.42"O	0.2	
Punto 3	2°12'22.42"S	80°58'5.27"O	0.3	V. máximo
Punto 4	2°12'22.98"S	80°58'7.62"O	0.12	V. mínimo
Media				0.20
Desv. Estándar				0.07

Fuente: El Autor

Se obtienen los datos de las mediciones 1 en el perímetro 1, divididos por puntos con sus coordenadas respectivas, donde se observa que el campo magnético en los cuatro puntos no supera los niveles de exposición poblacional establecidos en Ecuador, en este perímetro el valor máximo

encontrado fue de 0.3 μT y el valor mínimo es 0.12 μT , estas mediciones se realizaron en puntos inhabitados (vereda), por lo tanto la media que obtenemos es de 0.20 y se asemeja a lo que observamos, así como la desviación estándar de 0.7 nos permite visualizar que no existe mucha diferencia en el perímetro estudiado.

Tabla XXIV Comparación puntos perímetro 1 de mediciones 2

Mediciones 2				
Ubicación	Coordenadas		Campo Magnético(μT)	Observación
Punto 10	2°12'22.64"S	80°58'5.50"O	0.1	
Punto11	2°12'20.70"S	80°58'6.19"O	0.1	
Media				0.1

Fuente: El Autor

En el perímetro 1 de las mediciones 2, solo obtuvimos dos datos por lo que el campo magnético situado en estos puntos fue igual 0.1 μT , estas se encuentran dentro del rango de normas establecidas en el Ecuador, las mediciones se realizaron a una altura de 1.5 m.

4.1.2 Análisis de puntos en el perímetro 2

Se muestran los puntos en lo que respecta al perímetro 2 del campo magnético tanto las mediciones 1 y 2 respectivamente.

Tabla XXV Comparación puntos perímetro 2 de mediciones 1

Mediciones 1				
Ubicación	Coordenadas		Campo Magnético(μ T)	Observación
Punto 5	2°12'21.24"S	80°58'9.15"O	1	V. máximo
Punto 6	2°12'22.33"S	80°58'11.80"O	0.05	V. mínimo
Punto 7	2°12'22.86"S	80°58'19.42"O	0.05	
Punto 8	2°12'22.79"S	80°58'15.70"O	0.14	
Punto 9	2°12'23.16"S	80°58'18.09"O	0.24	
Punto 10	2°12'21.63"S	80°58'20.32"O	0.2	
Punto 11	2°12'22.21"S	80°58'21.62"O	0.5	
Punto 12	2°12'20.92"S	80°58'24.27"O	0.5	
Punto 13	2°12'18.79"S	80°58'25.56"O	0.16	
Punto 14	2°12'18.86"S	80°58'26.51"O	0.4	
Media				0.22
Desv. Estándar				0.18

Fuente: El Autor

En el perímetro 2 de las mediciones 1, se detallan los puntos y sus coordenadas respectivas, encontrando datos de campo magnético dentro del nivel permitido en el Ecuador, donde el punto 5 es el valor máximo encontrado en este perímetro de 1 μ T, así como el valor mínimo de 0.05 μ T en el punto 6, sin embargo la media de 0.22 se mantiene similar al perímetro 1, mientras que la desviación estándar de 0.18 es mayor en relación al perímetro 1 de acuerdo a los datos obtenidos.

Tabla XXVI Comparación puntos perímetro 2 de mediciones 2

Mediciones 2				
Ubicación	Coordenadas		Campo Magnético(μ T)	Observación
Punto 4	2°12'18.80"S	80°58'28.29"O	0.09	V. mínimo
Punto 5	2°12'18.86"S	80°58'26.51"O	0.2	
Punto 6	2°12'20.00"S	80°58'26.47"O	0.1	
Punto 7	2°12'21.15"S	80°58'23.25"O	0.2	
Punto 8	2°12'22.86"S	80°58'19.42"O	0.1	
Punto 9	2°12'22.98"S	80°58'7.62"O	11	V. máximo
Media				0.15
Desv. Estándar				0.06

Fuente: El Autor

Como apreciamos en las mediciones tenemos las coordenadas para los puntos respectivos al momento de medir físicamente, tenemos que el valor máximo fue en el punto 9 con 11 μ T, lo que nos permite observar que en ese punto existe una mayor concentración de campo magnético a diferencia de las anteriores, aun siendo un valor considerable se encuentra bajo los niveles permitidos de exposición, el valor mínimo fue de 0.09 μ T, la media en este perímetro es de 0.15 y la desviación estándar es de 0.06 por lo que tuvo una disminución con respecto de las mediciones 1 y nos detalla que no existe gran variación de campo magnético en los puntos medidos cerca del cableado eléctrico.

4.1.3 Análisis de puntos en el perímetro 3

A continuación se considera los puntos medidos en lo que respecta al perímetro 3 de campo magnético tanto las mediciones 1 y 2 respectivamente.

Tabla XXVII Comparación puntos perímetro 3 de mediciones 1

Mediciones 1				
Ubicación	Coordenadas		Campo Magnético(μ T)	Observación
Punto 14	2°12'18.86"S	80°58'26.51"O	0.4	V. máximo
Punto 15	2°12'18.80"S	80°58'28.29"O	0.015	V. mínimo
Punto 16	2°12'17.73"S	80°58'30.36"O	0.08	
Punto 17	2°12'16.83"S	80°58'31.56"O	0.25	
Punto 18	2°12'15.80"S	80°58'31.40"O	0.09	
Media				0.09
Desv. Estándar				0.10

Fuente: El Autor

Las mediciones 1 en el perímetro 3 nos detallan con datos obtenidos que no hubo ninguna alteración en los valores a diferencia de los anteriores perímetros, por lo que estos valores se encuentran dentro de los niveles de exposición que rigen en el Ecuador, observamos que el valor máximo obtenido fue de 0.4 μ T en el punto 14, y el valor mínimo encontrado estuvo en el punto 15 con 0.015 μ T, la media en las mediciones 2 disminuyó en referencia al anterior con un valor de 0.09, así como las desviación estándar esta vez fue de 0.10; lo que implica que en estas mediciones los campos magnéticos no reflejaron un aumento de radiación.

Tabla XXVIII Comparación puntos perímetro 3 de mediciones 2

Mediciones 2				
Ubicación	Coordenadas		Campo Magnético(μ T)	Observación
Punto 1	2°12'15.80"S	80°58'31.40"O	0.5	V. máximo
Punto 2	2°12'16.83"S	80°58'31.56"O	0.05	V. mínimo
Punto 3	2°12'18.26"S	80°58'29.45"O	0.14	
Media				0.14

Fuente: El Autor

Las mediciones 2 en el perímetro 3, como se aprecia en la tabla son valores que se encuentran dentro de los niveles de exposición, con un valor máximo de 0.5 μ T, y un valor mínimo de 0.05 μ T, la media en este perímetro es 0.14.

4.1.4 Análisis de punto en el perímetro 4

A continuación se considera los puntos medidos en lo que respecta al perímetro 4 de campo magnético tanto las mediciones 1 y 2 respectivamente.

Tabla XXIX Comparación puntos perímetro 4 de mediciones 1

Mediciones 1				
Ubicación	Coordenadas		Campo Magnético(μ T)	Observación
Punto 19	2°12'13.65"S	80°58'30.59"O	0.07	
Punto 20	2°12'14.81"S	80°58'29.15"O	0.01	V. mínimo
Punto 21	2°12'15.46"S	80°58'30.04"O	0.8	V. máximo
Media				0.07

Fuente: El Autor

En el perímetro 4 de las mediciones 1, apreciamos que el valor máximo es de 0.8 μT en el punto 21, por lo que es un punto referencial óptimo para analizarlo después de un tiempo considerable para observar si ha tenido variación, no así el valor mínimo de 0.01 μT , al tener una media de 0.07 nos permite analizar que hay un leve superioridad de campo magnético mayor en este perímetro.

Tabla XXX Comparación puntos perímetro 4 de mediciones 2

Mediciones 2				
Ubicación	Coordenadas		Campo Magnético(μT)	Observación
Punto 12	2°12'21.24"S	80°58'9.15"O	0.02	V. mínimo
Punto 13	2°12'19.35"S	80°58'21.03"O	0.5	
Punto 14	2°12'17.76"S	80°58'24.59"O	2	V. máximo
Punto 15	2°12'17.08"S	80°58'26.01"O	0.22	
Punto 16	2°12'16.50"S	80°58'26.91"O	0.07	
Punto 17	2°12'15.62"S	80°58'28.44"O	0.04	
Media				0.15
Desv. Estándar				0.20

Fuente: El Autor

En el punto 14 se sitúa el valor máximo de 2 μT , y en el punto 12 el valor mínimo de 0.02 μT , la media de 0.15 nos indica que están dentro de un valor promedio de campo magnético, mientras que la desviación estándar de 0.20 indica que no hay variación de campo magnético en exceso en este perímetro.

4.2 Comparativa con Normas Nacionales

Se detallan de manera general optando por el total de cada perímetro en las mediciones así como la comparación con la entidad que maneja los niveles de exposición a RNI.

Tabla XXXI Comparación general de mediciones 1

Datos Generales Mediciones 1				
Ubicación	Campo Magnético(μ T)	Ministerio del Ambiente (Poblacional, μ T)	Altura(m)	Observación
Perímetro 1	0.21	83	1.5	
Perímetro 2	0.32	83	1.5	V. máximo
Perímetro 3	0.17	83	1.5	V. mínimo
Perímetro 4	0.29	83	1.5	
Media Total				0.15

Fuente: El Autor

En la tabla podemos encontrar que las mediciones generales se realizaron a una altura de 1.5 m como lo plantea las entidades encargadas para medir RNI, observamos que el perímetro 1 y 4 el valor total de campo magnético es casi similar, mientras que en el perímetro 2 se encontraron los campos magnéticos con valores máximos y en el perímetro 3 los valores mínimos, sin embargo todos los perímetros medidos están dentro del nivel de exposición permitido por el Ministerio del Ambiente ya que las normas para radiaciones no ionizantes poblacional en el Ecuador es de 83 μ T, entre los perímetros se observa que no existe tanta variación de campo magnético ya a nivel general la media total es de 0.15.

Tabla XXXII Comparación general de mediciones 2

Datos Generales Mediciones 2				
Ubicación	Campo Magnético(μT)	Ministerio del Ambiente (Poblacional, μT)	Altura(m)	Observación
Perímetro 1	0.10	83	1.5	V. mínimo
Perímetro 2	1.95	83	1.5	V. máximo
Perímetro 3	0.23	83	1.5	
Perímetro 4	0.48	83	1.5	
Media Total				0.14
D. Estándar Total				0.07

Fuente: El Autor

En la tabla podemos apreciar que las mediciones generales se realizaron a una altura de 1.5 m como lo plantea las entidades encargadas para medir RNI, observamos como en las mediciones 2 si existe variación en sus valores donde el perímetro 1 es el valor mínimo con un campo magnético total de 0.10 μT , el perímetro 2 es el valor máximo con 1.95 μT esto se debe a los puntos antes mencionados donde existe mayor concentración de campo magnético, el perímetro 3 y 4 están en un rango normal, en tanto los cuatro perímetros se encuentran dentro de lo establecido por lo que no superan los 83 μT , al no ser tanta la diferencia entre perímetros la media nos dio 0.14

4.3 Comparativa con Normas Internacionales

El análisis de los datos obtenidos con respecto a las normas internacionales son uno de los puntos sobresalientes en nuestra investigación, ya que a continuación podremos observar mediante la comparación de la ICNIRP, con otros países donde son más rigurosas las normas de control de las

radiaciones no ionizantes, las cuales se van a detallar y posteriormente se hará una evaluación total, de las mediciones 1 y 2 respectivamente con las normas internacionales, para dar posibles recomendaciones de lo que se debería realizar en futuras investigaciones de exposición de campos electromagnéticos.

Tabla XXXIII Comparación normas internacionales de mediciones 1

Datos Generales Mediciones 1				
Ubicación	Campo Magnético(μ T)	ICNIRP(μ T)	RUSIA (μ T)	SUIZA(μ T)
Perímetro 1	0.21	83	10	1
Perímetro 2	0.32	83	10	1
Perímetro 3	0.17	83	10	1
Perímetro 4	0.29	83	10	1

Fuente: El Autor

Tenemos los cuatro perímetros con el campo magnético total respectivamente tomados en las mediciones 1, todos los valores de cada perímetro se cumplen en el Ecuador y en la ICNIRP ya que no sobrepasan los 83 μ T que es el nivel máximo de exposición a radiaciones no ionizantes, sin embargo apreciamos las normas de otros países donde son más exigentes y observamos como en Suiza el nivel permitido máximo es 1 μ T y en Rusia es 10 μ T, para zonas inhabitadas, es decir en el ambiente en nuestro caso en las veredas donde realizamos las mediciones, esto implica que Salinas está cumpliendo con las normas tanto locales como internacionales así como la comparación con otros países que tienen controles más estricto; si bien Ecuador cumple con la normativa legal pero con la atención puesta en los puntos donde hubo mayor concentración de campo magnético, ya que siempre será fundamental controlar periódicamente el nivel al cual están expuestos los habitantes y los turistas en Salinas.

Tabla XXXIV Comparación normas internacionales de mediciones 2

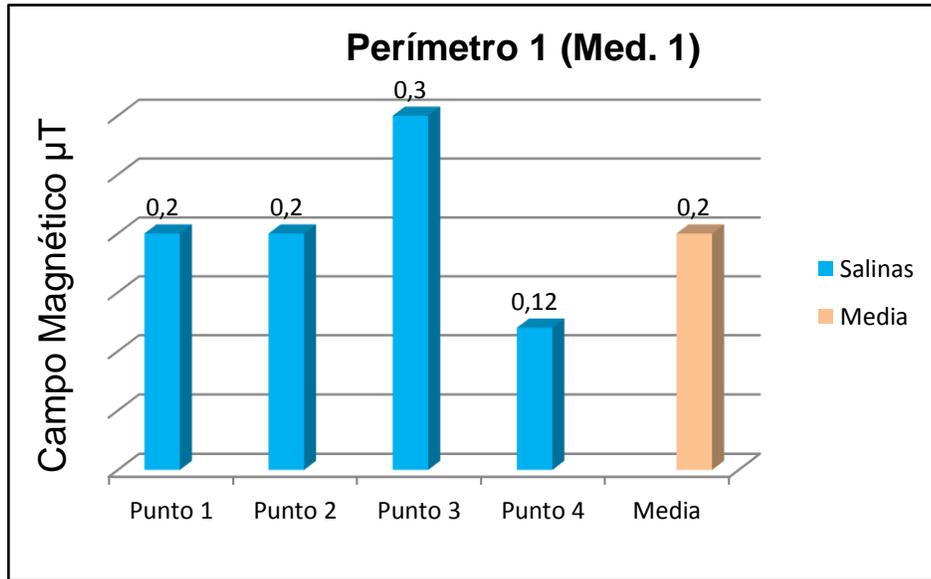
Datos Generales Mediciones 2				
Ubicación	Campo Magnético(μ T)	ICNIRP (μ T)	RUSIA (μ T)	SUIZA(μ T)
Perímetro 1	0.10	83	10	1
Perímetro 2	0.14	83	10	1
Perímetro 3	0.23	83	10	1
Perímetro 4	0.48	83	10	1

Fuente: El Autor

En las mediciones 2 observamos los cuatro perímetros con el respectivo campo magnético, todos los valores de cada perímetro se cumplen en el Ecuador y la ICNIRP ya que no sobrepasan los 83 μ T que es el nivel máximo de exposición a radiaciones no ionizantes, pero se aprecian normas de otros países donde se observa que son más exigentes con los niveles de exposición a las RNI, es así que se detalla como en Rusia la norma es de 10 μ T y con respecto a nuestros datos ningún perímetro sobrepasa el valor máximo permitido, mientras que se ha establecido que en Suiza es de 1 μ T en donde nuestros datos solo se acercan a dicho nivel de exposición mas no sobrepasa el límite permisible, teniendo como consideración que en nuestro caso realizamos nuestras mediciones en las veredas del Malecón de Salinas y segunda avenida, esto implica que Salinas está cumpliendo con las normas tanto locales como internacionales. Por lo que se determina que se debe analizar con mayor frecuencia no solo en Salinas sino en toda la Provincia de Santa Elena estas radiaciones y como se observa en el perímetro 4 aumenta el campo magnético debido a circunstancias ya sea por cableado de alta tensión o cables subterráneos, y esto en futuras investigaciones servirá de base para realizarlas.

4.4 Análisis estadístico de mediciones

Figura 4. 1 Representación del perímetro 1 en mediciones 1



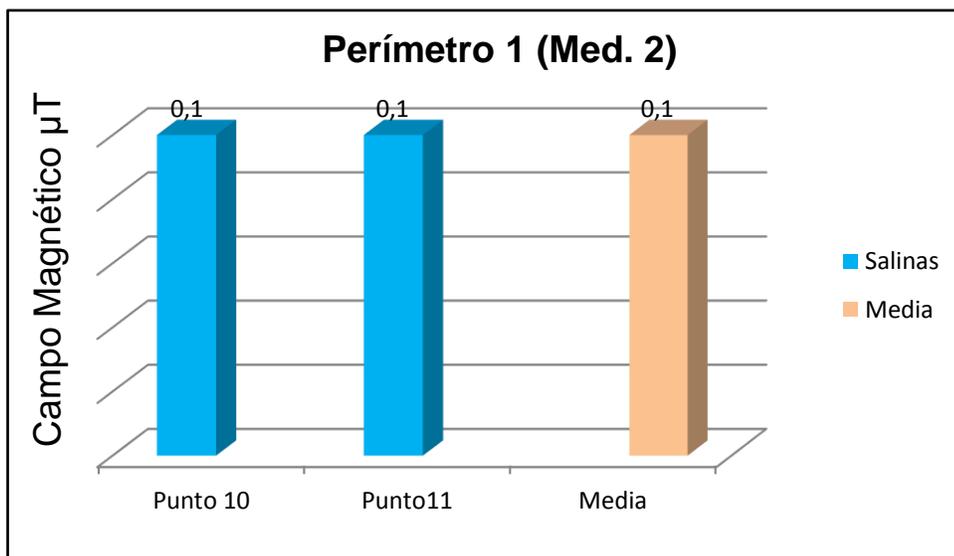
Fuente: El Autor

Figura 4. 2 Gráfica de punto referencial en perímetro 1 de mediciones 1



La representación en la figura 4.1 demuestra cómo están divididos los campos magnéticos por puntos medidos, en el cual sobresale el punto 3, sin embargo la media es de 0.2, en la figura 4.2 muestra el punto 3 donde sobresale los 0.3 μT que se encontró en todo el perímetro.

Figura 4. 3 Representación de perímetro 1 en mediciones 2



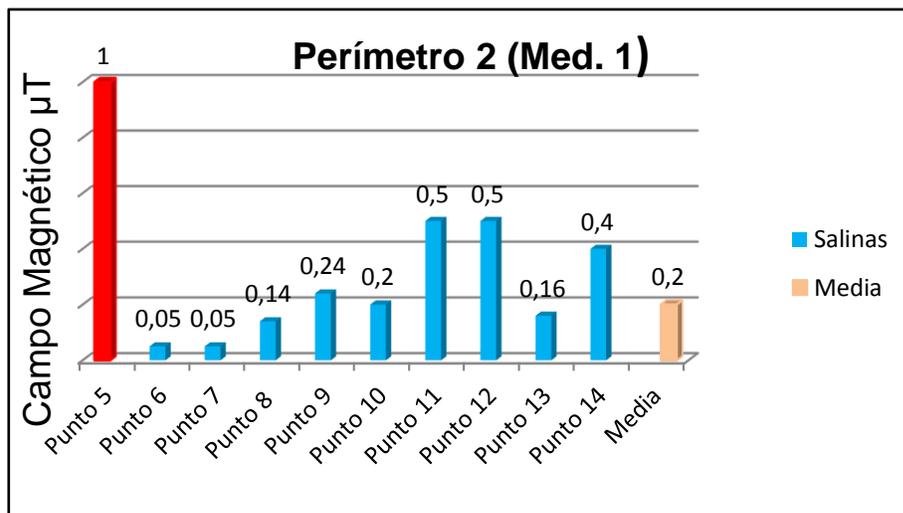
Fuente: El Autor

Figura 4. 4 Gráfica de punto referencial en perímetro 1 de mediciones 2



La representación en la figura 4.3 demuestra que en los puntos medidos hay una igualdad de campo magnético, donde la media es 0.1, en la figura 4.4 muestra el punto 11 que se detalla los 0.1 μT encontrados en todo el perímetro de estas segundas mediciones.

Figura 4. 5 Representación de perímetro 2 en mediciones 1



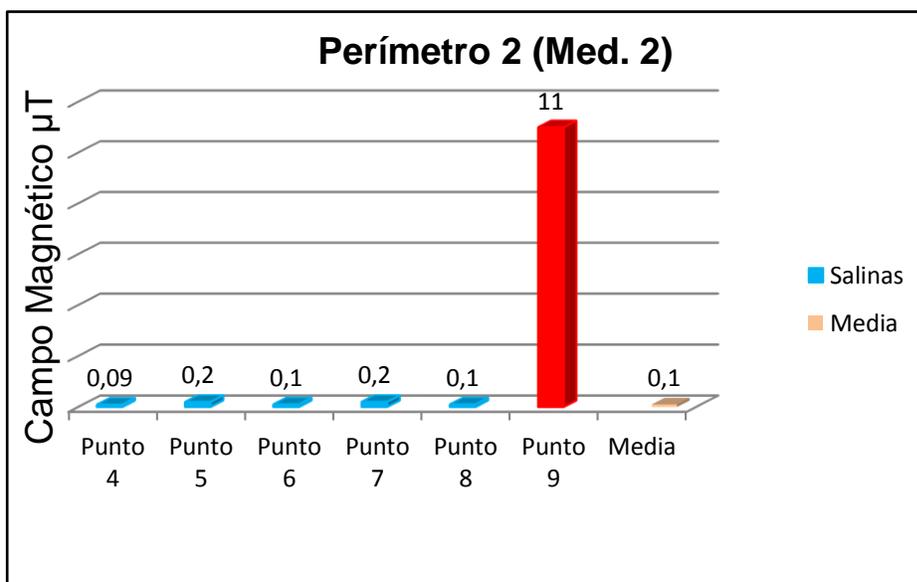
Fuente: El Autor

Figura 4. 6 Gráfica de punto referencial en perímetro 2 de mediciones 1



La representación en la figura 4.5 demuestra que en los puntos medidos hay diversos niveles de campo magnético, la media establecida es 0.2, en la figura 4.6 muestra el punto 5 que se encuentra frente al comercial Salinas donde se detalla los 1 μT que se encontró en todo el perímetro siendo este el punto más alto durante las mediciones realizadas.

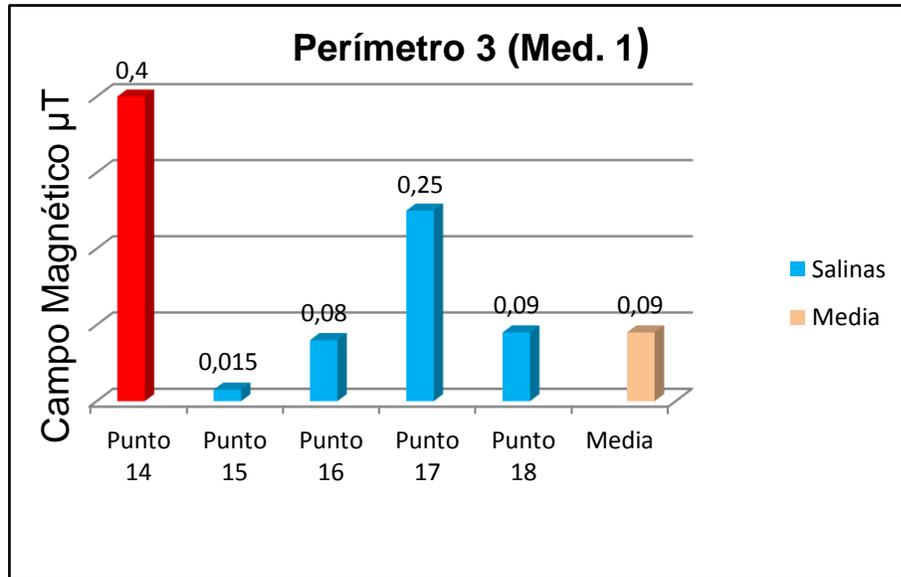
Figura 4.7 Representación de perímetro 2 en mediciones 2



Fuente: El Autor

La representación en la figura 4.7 implica el perímetro 2 en las mediciones 2, donde tenemos establecidos los puntos medidos con el respectivo campo magnético encontrado, se observa que la media en este perímetro es 0.1, el punto 9 encontrado es de 11 μT por lo que para obtener la media este punto quedo aislado para no dar una media irreal al recetar los datos, por lo tanto el punto referencial de ese punto está situado frente al comercial Salinas, por lo tanto los demás puntos nos dan una media más precisa de lo que realmente queremos alcanzar al momento de analizarlos.

Figura 4. 8 Representación de perímetro 3 en mediciones 1



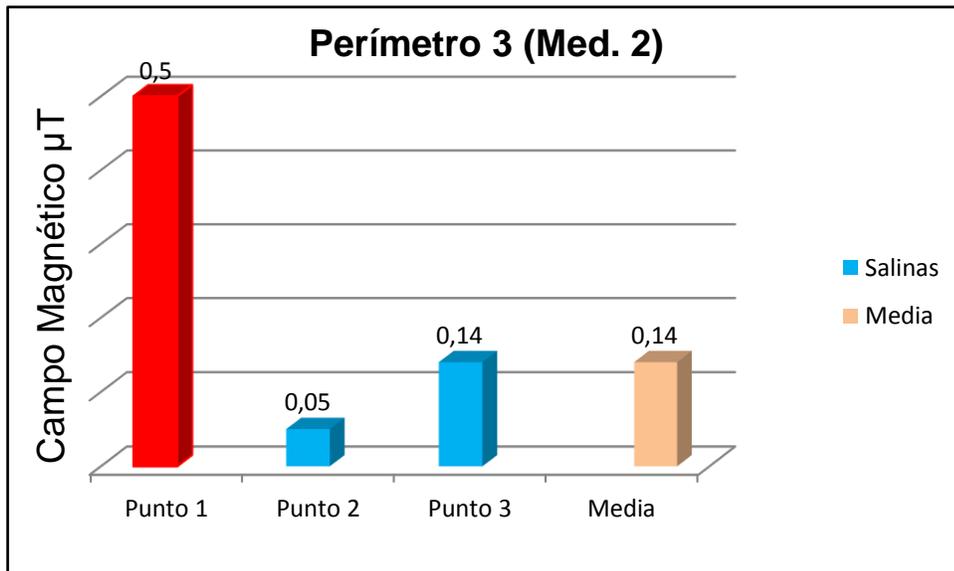
Fuente: El Autor

Figura 4. 9 Gráfica de punto referencial en perímetro 3 de mediciones 1



Los datos de la figura 4.8 detallan que en el perímetro 3 la media es 0.09, en la figura 4.9 se indica el punto 14 donde se estableció el 0.4 μT en todo el perímetro, siendo este un punto aislado para obtener la media más precisa en cuanto a los datos reales que tenemos.

Figura 4. 10 Representación de perímetro 3 en mediciones 2



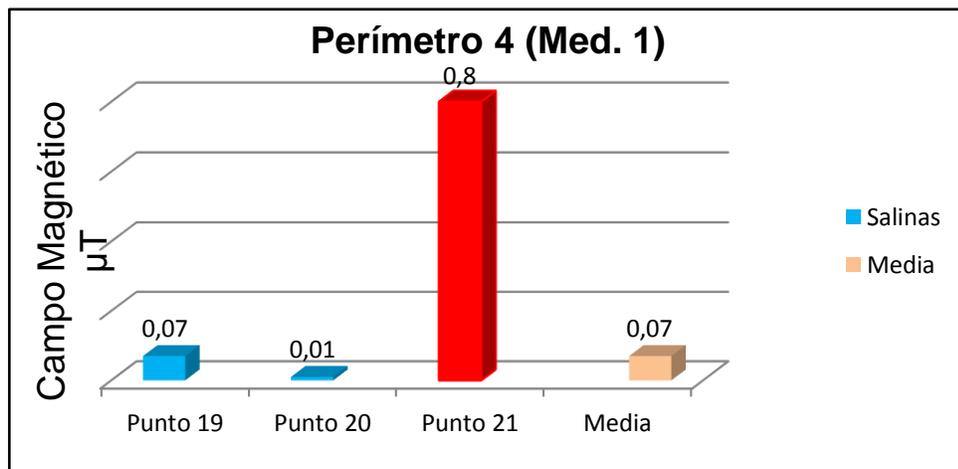
Fuente: El Autor

Figura 4. 11 Gráfica de punto referencial en perímetro 3 de mediciones 2



Los datos de la figura 4.10 detallan que en el perímetro 3 de las mediciones 2, y en base a los datos obtenidos se establece la media es 0.14, en la figura 4.11 se indica el punto 1 donde se estableció el 0.5 μT en todo el perímetro siendo este el punto máximo encontrado.

Figura 4. 12 Representación de perímetro 4 en mediciones 1



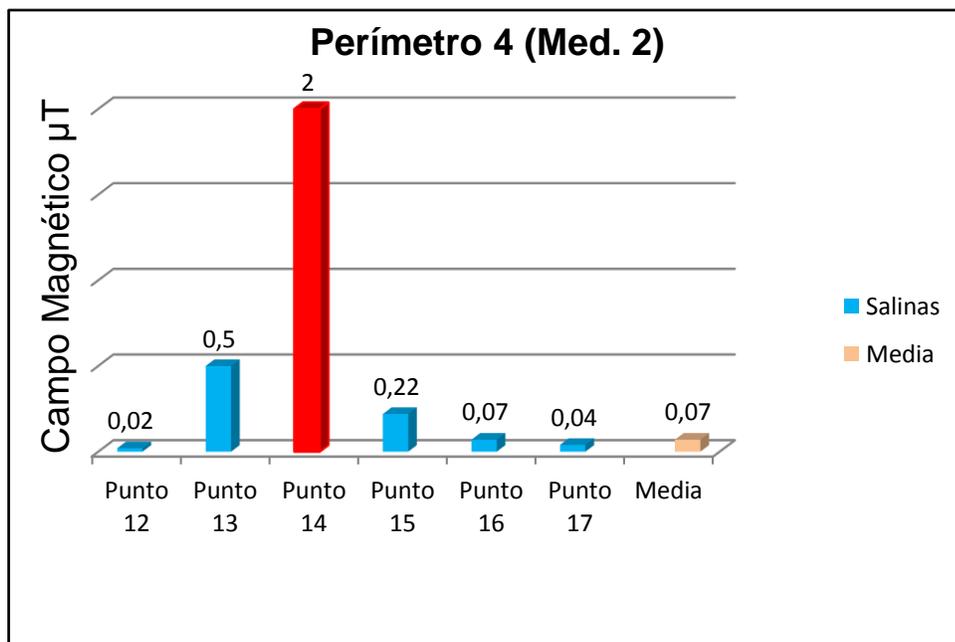
Fuente: El Autor

Figura 4. 13 Gráfica de punto referencial en perímetro 4 de mediciones 1



Los datos de la figura 4.12 detallan que en el perímetro 4 de las mediciones 1, la media es 0.07, en la figura 4.13 indica el punto 21 donde se estableció un campo magnético de 0.8 μT en todo el perímetro siendo el más alto en todo este perímetro.

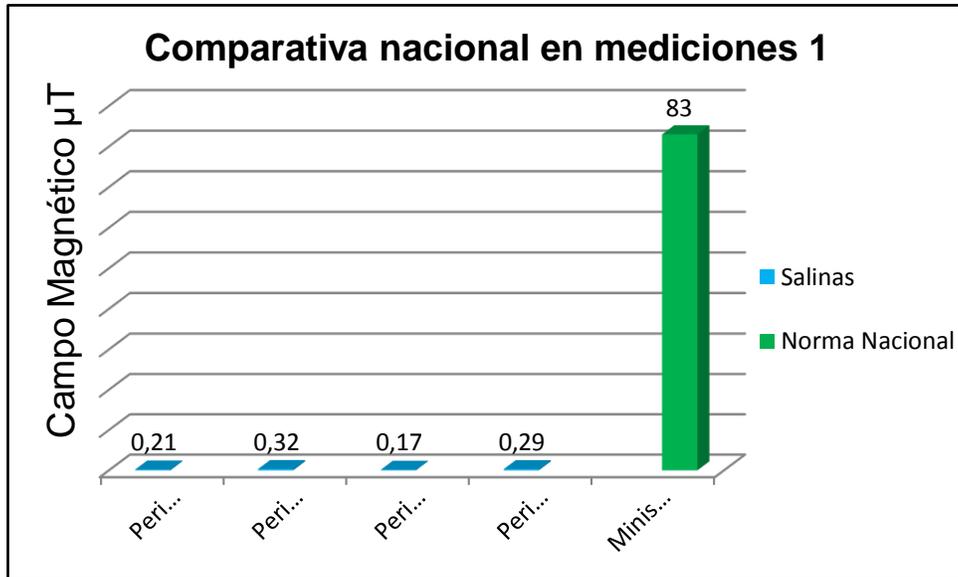
Figura 4. 14 Representación de perímetro 4 en mediciones 2



Fuente: El Autor

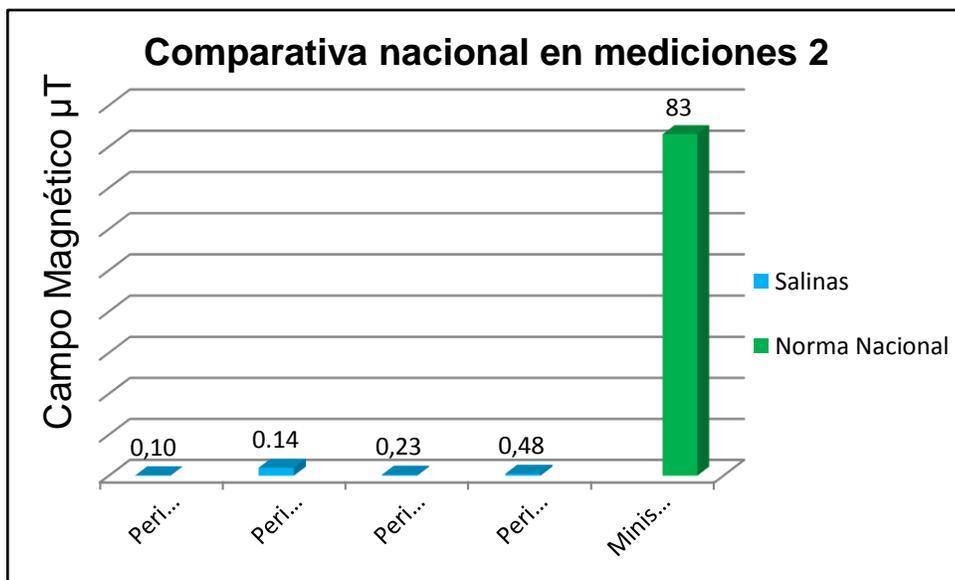
En la figura 4.14 observamos todos los puntos medidos, teniendo como resultado que la media obtenida es 0.07 siendo igual a las realizadas en las mediciones 1, es estos datos el punto 14 no se consideró para encontrar la media ya que al ser de mayor magnitud que los otros puntos obtendremos una media alta y no se detallará una cantidad real de acuerdo a los datos, la figura 4.13 es el mismo punto donde se encontró los 2 μT por lo que tanto en mediciones 2 como en la 1, se consideran como el punto más alto en este perímetro.

Figura 4. 15 Representación Norma Nacional en mediciones 1



Fuente: El Autor

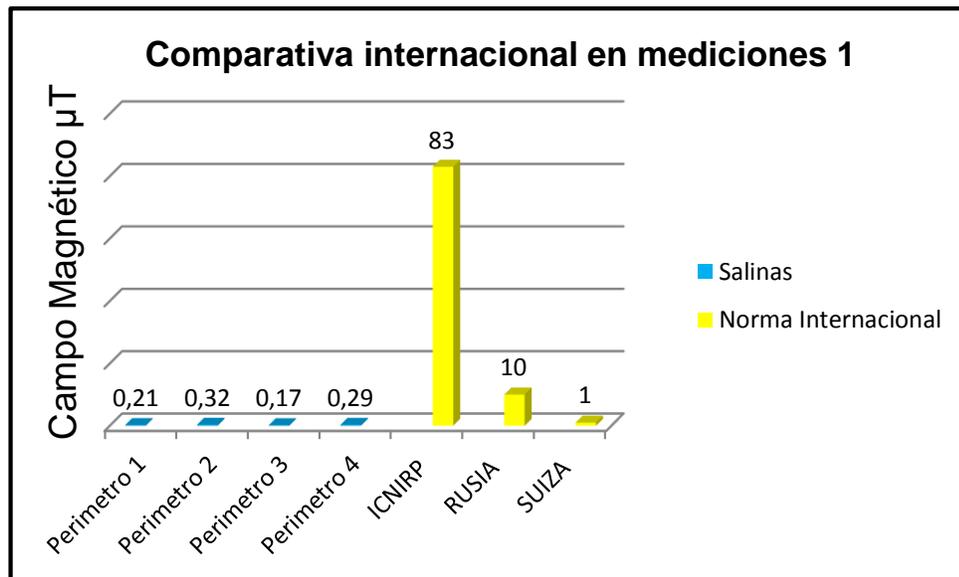
Figura 4. 16 Representación Norma Nacional en mediciones 2



Fuente: El Autor

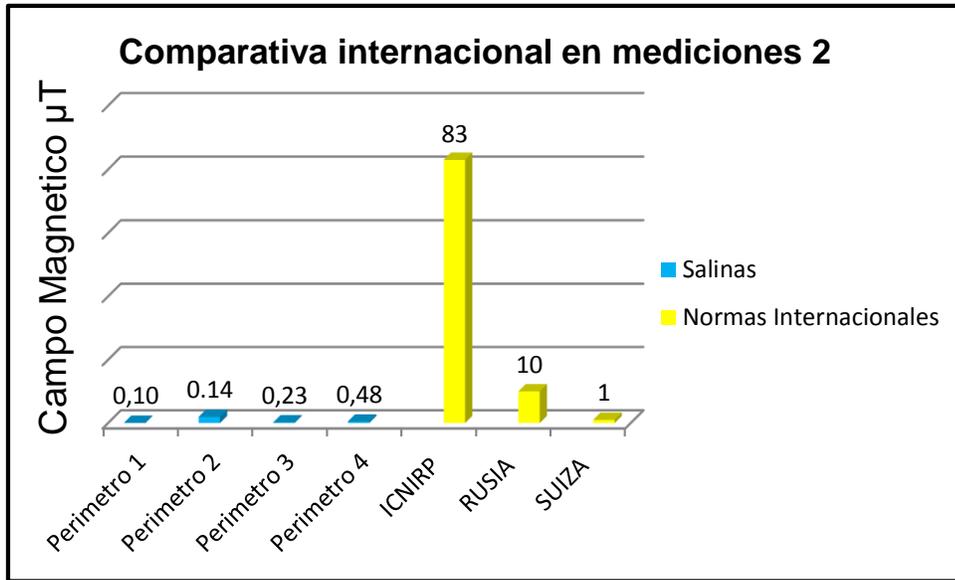
En la figura 4.15 podemos observar un bosquejo de todos los perímetros con su campo magnético total respectivo al realizar la comparativa con el Ministerio del ambiente se determina que todos los perímetros están dentro del nivel máximo permitido de 83 μT . De todos los perímetros detallados con anterioridad sobresale el perímetro 2 en las mediciones 1, esta es el área con mayor concentración de campo magnético con un valor promedio de 0.32 μT , sin embargo este perímetro está dentro del valor máximo permitido a nivel poblacional, en la figura 4.16 tenemos los datos de las mediciones 2 y de acuerdo a lo mencionado anteriormente el perímetro 4 es el de mayor concentración de campo magnético con un valor promedio de 0.48 μT , es un valor mayor al de las mediciones 1 pero cumple con las normas nacionales establecidas en lugares poblacionales más no habitables.

Figura 4. 17 Representación Normas Internacionales en mediciones 1



Fuente: El Autor

Figura 4. 18 Representación Normas Internacionales en mediciones 2



Fuente: El Autor

En la figura 4.17 observamos un bosquejo de todos los perímetros con el total de campos magnéticos y se realiza la comparativa con normas internacionales determinando que el perímetro 2 de las mediciones 1 se encuentra con la mayor concentración de campo magnético de 0.32 µT pero cumple con la normativa establecida por la ICNIRP que es de 83 µT, y en la figura 4.18 observamos los datos de las mediciones 2 en donde el perímetro 4 tiene la mayor concentración de campo magnético de 0.48 µT, sin embargo cumple con las normativas establecidas por la ICNIRP que es de 83 µT, pero existen países donde sus normas son más rigurosas como Rusia y Suiza, donde el máximo permisible es de 10 y 1 µT respectivamente.

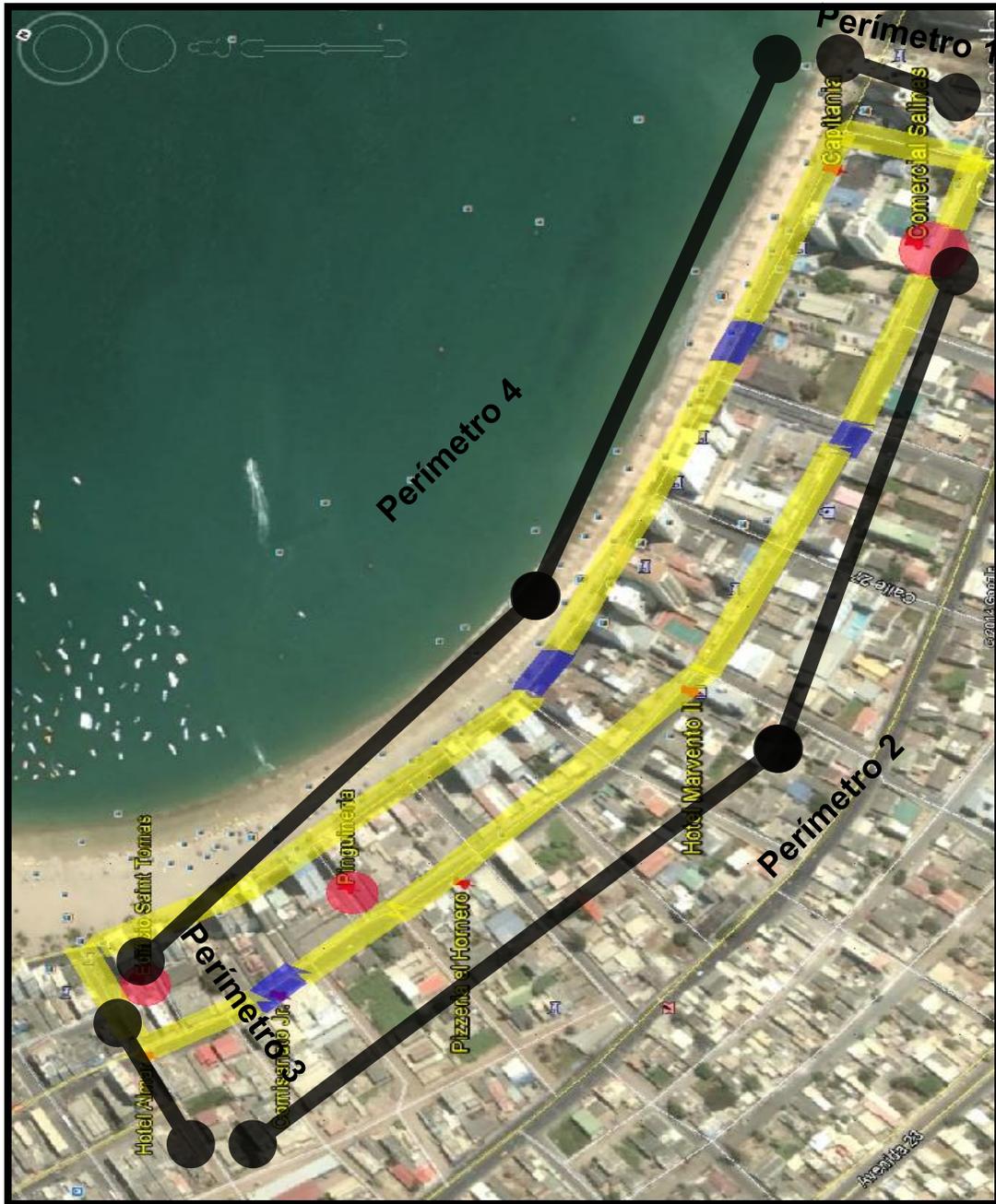
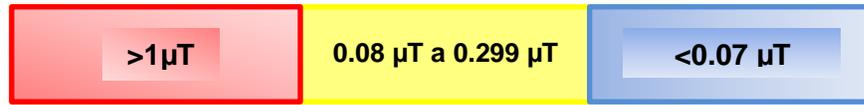


Figura 4. 19 Representación general por perímetros de campos magnéticos

CONCLUSIONES:

- Los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en Salinas demuestran que los rangos de los niveles de exposición electromagnética encontrados están dentro de las normativas y de las regulaciones permitidas por el Ministerio del Ambiente.
- Estimando las cifras obtenidas en el análisis cualitativo y estadístico se determina que Salinas si cumple con las normas internacionales establecidas por la ICNIRP, e incluso con los países donde sus normativas son más estrictas.
- Las mediciones realizadas en tiempo real permiten obtener datos más específicos, ya que son más factibles en el momento de encontrar el mayor índice de concentración de radiaciones de baja frecuencia en las diferentes zonas de medición.
- La monitorización y el análisis constante de los campos electromagnéticos permitirán obtener una base teórica y técnica para realizar futuras investigaciones en la provincia de Santa Elena.
- Los equipos de medición de las RNI de última generación nos permiten una investigación técnica detallada de los niveles de exposición de RNI.

RECOMENDACIONES:

- Controlar las emisiones de radiaciones no ionizantes en la región turística de Salinas mediante monitorizaciones periódicas de los niveles de exposición de intensidad de campo electromagnético que sirvan como referencia local en la provincia de Santa Elena.
- Adquirir por parte de la UPSE los equipos e instrumentos de medición de radiaciones no ionizantes de bajas frecuencias dada su importancia para la enseñanza de los estudiantes y realizar investigaciones para proyectos futuros.
- Estimular los estudios y proyectos en radiaciones no ionizantes de baja frecuencia de manera que sirvan como base para contribuir a optimizar las correspondientes normas y regulaciones nacionales.
- En Salinas existen muchos cableados subterráneos y se recomienda controlar este tipo de situaciones por las entidades encargadas a nivel local, ya que en estos puntos es donde se concentra más el nivel de radiación electromagnética.
- Analizar las radiaciones no ionizantes no solo a 60Hz, sino a frecuencias mayores ya que existen sectores en Salinas donde hay considerables campos electromagnéticos que se los puede analizar periódicamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, SG. (2011). *Non-ionizing radiation, part 2: radiofrequency*. Lyon: Iarc Monographs.
- Educativo, R. (2004). *Foro Nuclear*. Retrieved 2014, from Radiaciones ionizantes y no ionizantes:
http://www.rinconeducativo.org/radiacio/2radiaciones_ionizantes_y_no_ionizantes.html
- Garcia, A. F. El Campo Magnetico. *Campo Magnetico*. Universidad del País Vasco, España.
- Guerrero Abreu J, P. A. (2006). *Las Radiaciones no ionizantes y su efecto en la salud*. Retrieved 2014, from http://bvs.sld.cu/revistas/mil/vol35_3_06/mil08306.htm
- ICNIRP. (1992). *ICNIRP*. Retrieved 2014, from ICNIRP: <http://www.icnirp.de>
- Johnson, M. (1992). *UIT-T*. Retrieved 2014, from Sector de Normalizacion de Telecomunicaciones: <http://www.itu.int>
- Lev Davidovich Landau, E. M. (2002). *Teoria Clasica de los Campos V.2*. Barcelona: Reverte, S.A.
- Ministerio del Ambiente. (2007, Marzo 14). *Ministerio Del Ambiente*. Retrieved from Registro Oficial Normas Tecnicas Ambientales: www.ambiente.gob.ec/
- OMS. (2009, Julio 22). *OMS*. Retrieved 2014, from Organizacion Mundial De La Salud: <http://www.who.int>
- Pedro Garcia Barreno. (2001). *Radiaciones Cotidianas*. España: El Cultural.
- Robert O. Becker. (1998). *Electromagnetismo*. New York: The Body Electric.
- Robert Resnick y David Halliday. (1992). *Fisica Volumen 2*. Brasil: CECSA.
- Sevilla, F. J. (2012, Junio 28). *Astrofisica y Fisica*. Retrieved 2014, from El Espectro Electromagnetico : <http://www.astrofisicayfisica.com/2012/06/que-es-el-espectro-electromagnetico.html>
- SUPERTEL. (2011, Noviembre 14). *Supertel*. Retrieved 2014, from Radiones No Ionizantes: www.supertel.gob.ec/pdf/.../cobertura_calidad_servicios_nov2011.pdf
- White, H. (1991). *Fisica Moderna*. Mexico: Limusa.

ANEXOS

ANEXO 1 Gráficos de Mediciones 1 de campo magnético en el cantón Salinas

Punto 1: Puerto de la Capitanía se estableció en 0.2 μ T



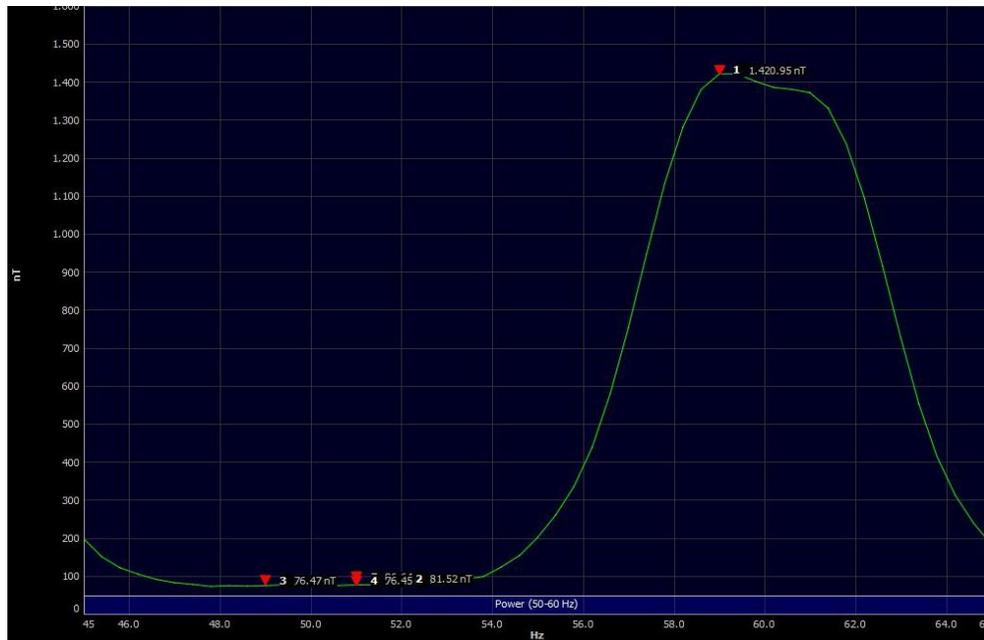
Punto 2: Calle intermedia de la Capitanía se estableció en 0.2 μ T



Punto 3: Hotel Alamar se situó en 0.3 μT



Punto 4: Comercial Salinas se estableció en 1 μT



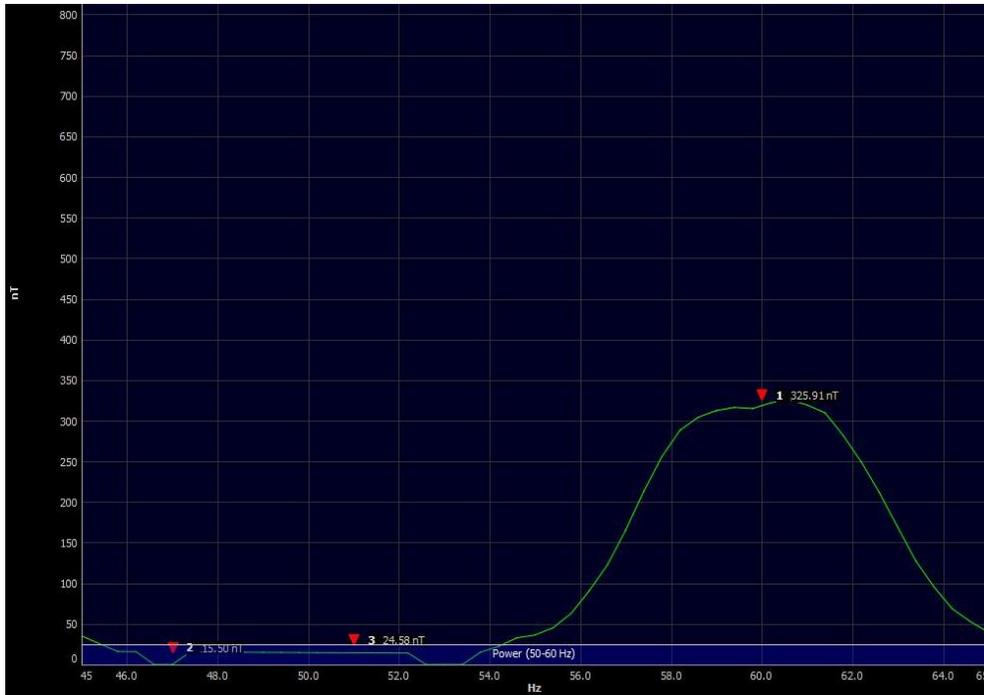
Punto 5: Banco Pichincha se situó en 0.12 μT



Punto 6: Artesanías se estableció en 0.05 μT



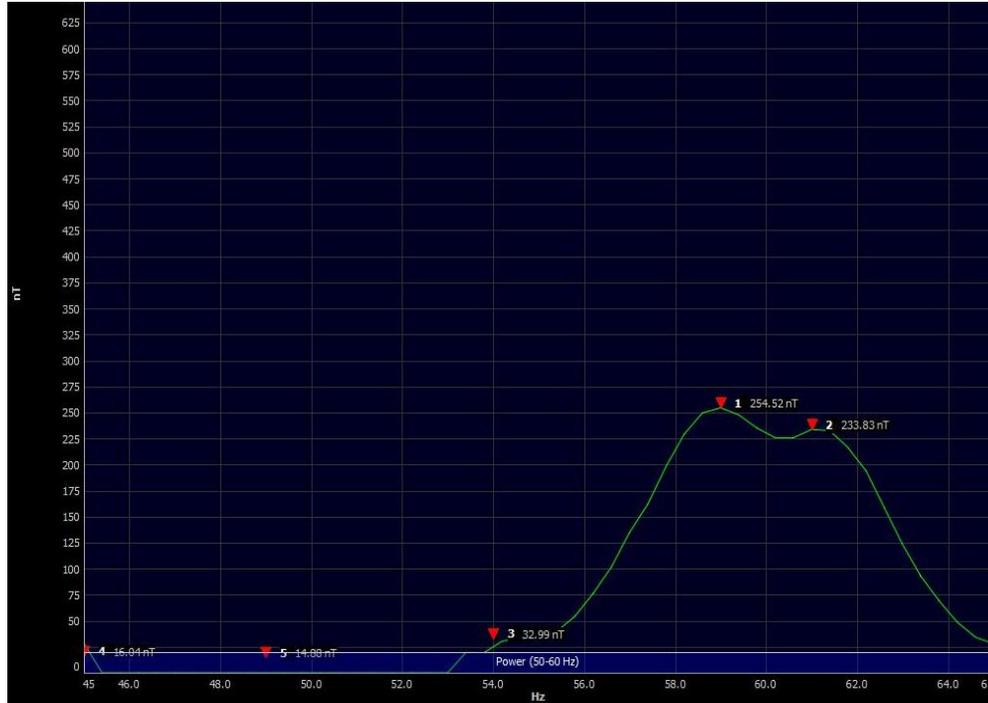
Punto 7: Cuerpo de bomberos se situó en 0.05 μT



Punto 8: Hotel Marvento se situó en 0.14 μT y varia hasta 0.3 μT



Punto 9: Condominio el Pacífico se situó en 0.24 μT



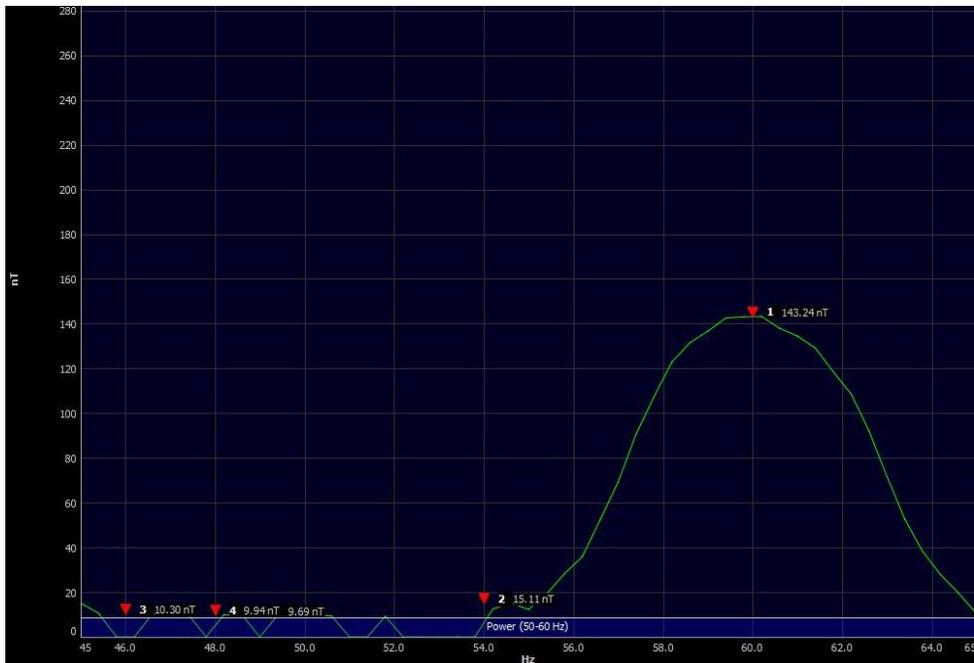
Punto 10: Discoteca Rocka Bar se situó en 0.2 μT



Punto 11: Hotel Oro del Mar se reportó 0.5 μT



Punto 12: Pizzería El Hornero se situó en 0.5 μT



Punto 13: Heladería Pingüinería se situó en 0.16 μT



Punto 14: Diagonal comisariato Jr. se situó 0.4 μT



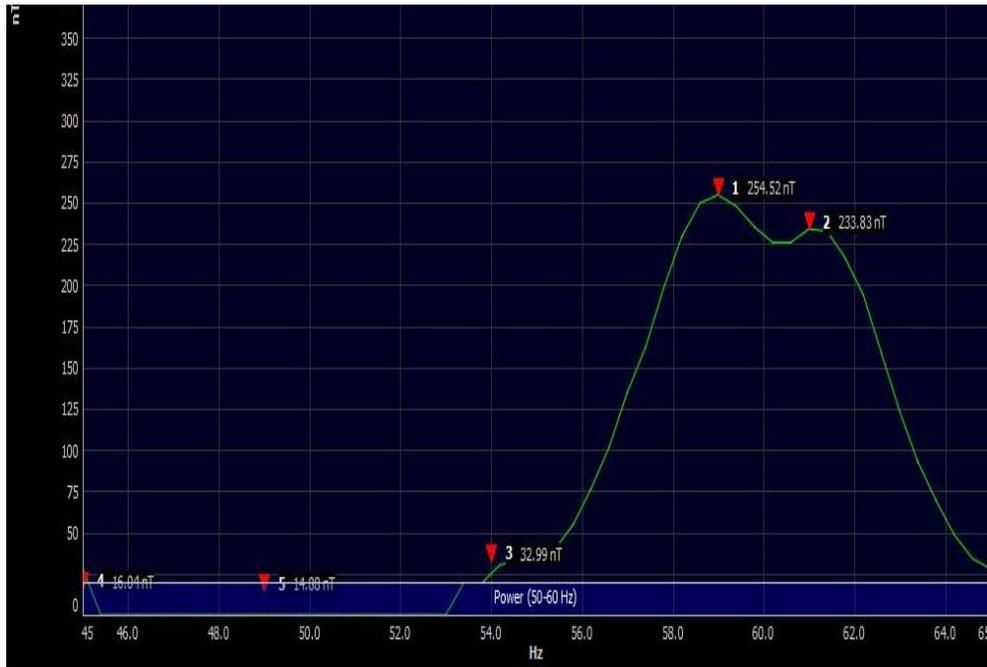
Punto 15: Comisariato Jr. se situó en 0.015 μT



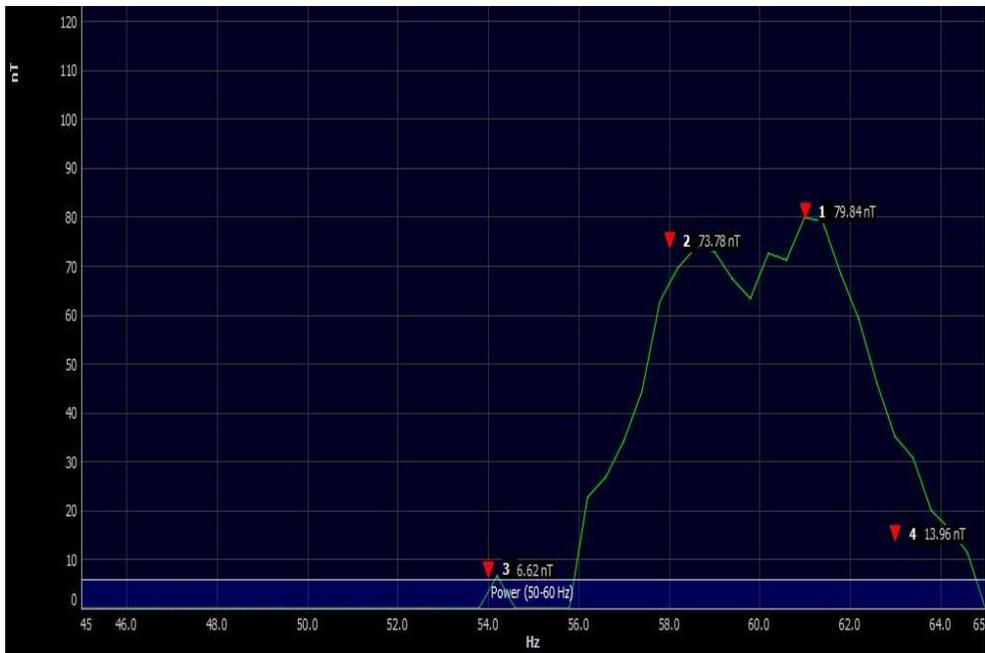
Punto 16: Hotel Palmeras se situó en 0.08 μT



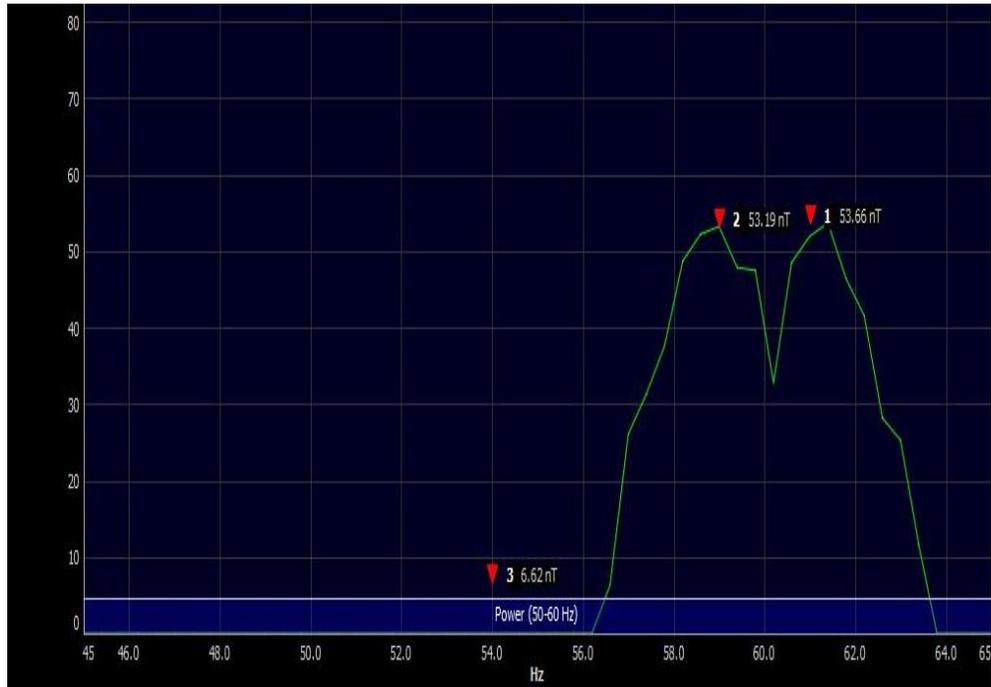
Punto 17: Hotel Alamar está en 0.25 μ T



Punto 18: Cocos Boutique se situó en 0.09 μ T



Punto 19: Hotel Cocos frente al malecón se situó en $0.07 \mu\text{T}$



Punto 20: Cyber se ubicó en $0.01 \mu\text{T}$



Punto 21: Calle intermedia del edificio Saint Tomas aumentó hasta 0.8 μT



ANEXO 2 Gráficos de mediciones 2 de campo magnético en el cantón Salinas

Punto 1: Cocos boutique está en 0.5 μ T



Punto 2: Hotel Almar está en 0.05 μ T



Punto 3: Restaurant Quisqueya está en 0.14 μ T



Punto 4: Comisariato Jr. está en 0.092 μ T



Punto 5: Diag. Comisariato Jr. está en 0.2 μ T



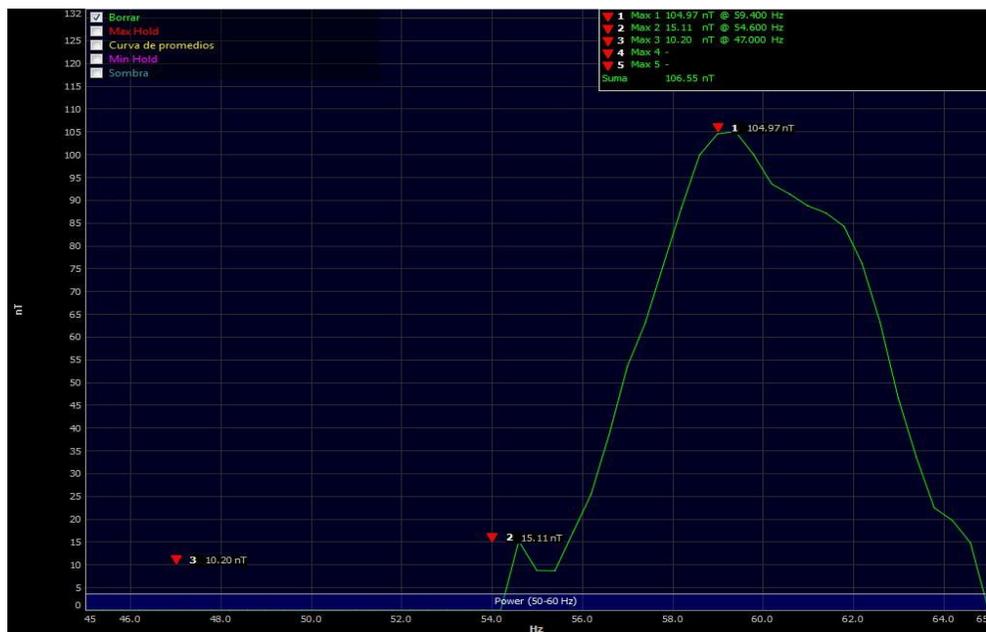
Punto 6: Hotel Costa Bella está en 0.1 μ T



Punto 7: Edificio el Pacifico está en 0.2 μT



Punto 8: Cuerpo de bomberos está en 0.1 μT



Punto 9: Comercial Salinas está en 11 μT



Punto 10: Diag. Capitanía está en 0.1 μT



Punto 11: Puerto de la Capitanía se situó en 0.1 μT



Punto 12: Banco Pichincha se situó en 0.02 μT



Punto 13: Minimarket Chique se situó en 0.5 μ T



Punto 14: Heladería Pingüineria se situó en 2 μ T



Punto 15: Tienda Kalinka se situó en 0.225 μ T



Punto 16: Coral tour se situó en 0.07 μ T

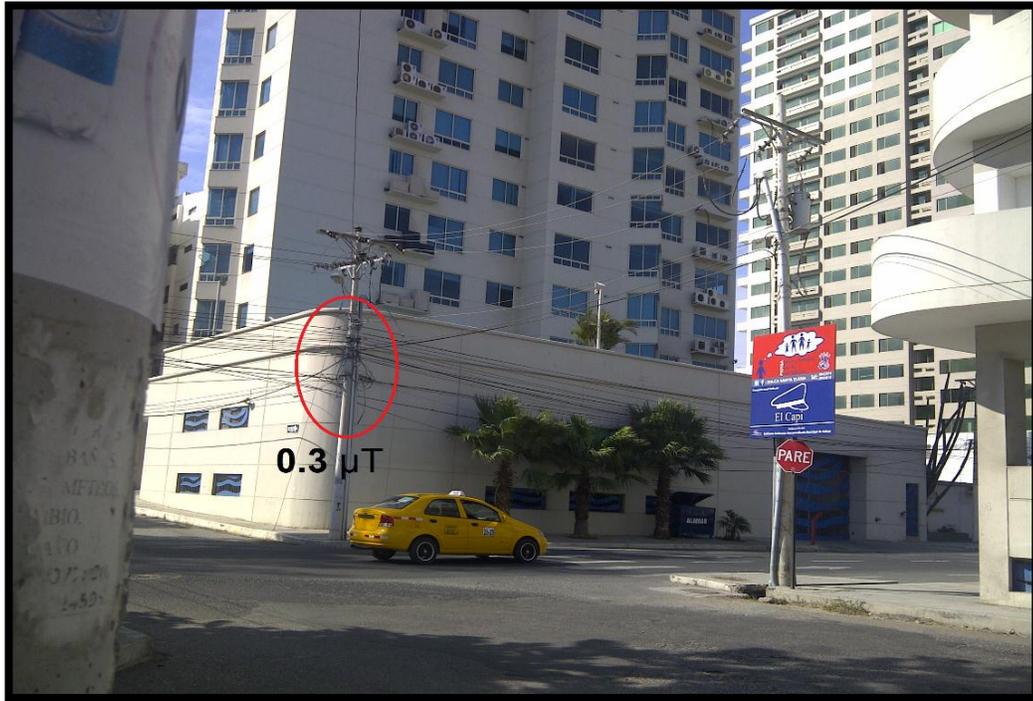


Punto 17: Discoteca Jet se situó en 0.04 μT



ANEXO 3 Fotografías de mediciones en el cantón Salinas

Hotel Almar



Discoteca Rocka bar



Edificio Saint Tomas



Diagonal Comisariato Jr.



Hotel Alamar



Comercial Salinas



Hotel Marvento



Condominio el Pacífico

