



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**“ANÁLISIS DEL CAMPO MAGNÉTICO GENERADO  
POR LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN CERCANAS AL SECTOR  
DOMICILIARIO”**

**AUTORES:**

**EDWIN GIOVANNY AMENDAÑO SUCUZHAÑAY**

**ROMEL SANTIAGO INACHONTA MONTA**

**DIRECTOR:**

**ING. JUAN BUCHELI**



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

QUITO, JUNIO 2012

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de Tesis para Ingeniería fue desarrollado por el Señor Edwin Giovanni Amendaño Sucuzhañay con C.I. 171734061-4 y el Señor Romel Santiago Inachonta Monta con C.I. 172079273-6, bajo mi supervisión.

Quito, Junio del 2012

---

**Ing. Juan Bucheli**

**DIRECTOR DEL PROYECTO**



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## DECLARACIÓN

Nosotros, Edwin Giovanni Amendaño Sucuzhañay y Romel Santiago Inachonta Monta, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el documento.

Los conceptos desarrollados, guías metodológicas y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Quito, Junio del 2012

---

Edwin Giovanni Amendaño Sucuzhañay

---

Romel Santiago Inachonta Monta



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## DEDICATORIA

Esta tesis es parte de mi vida y comienzo de otras etapas, por esto y más se la dedico:

A mis padres Segundo y María Petrona, unos padres llenos de amor y que se ha sacrificado por sus hijos; por su amor, su sabiduría y confianza al enseñarme que no hay límites, que lo que me proponga lo puedo lograr, para Ustedes con mucho amor.

A mi hermana Jenny junto a su familia son ejemplo de dedicación y constancia, por todas sus palabras de aliento.

A mi esposa Esmeralda por ser mi mejor amiga y compañera; por siempre darme un amor y apoyo incondicional; por permanecer a mi lado en los momentos en los que los estudios ocuparon mi tiempo y esfuerzo. Por qué junto a ti, la alegría es mayor y la tristeza disminuye significativamente.

A mis hijos y sobrinito, Paúl, Ricardo y Erick fuentes de inspiración y alegría.

Finalmente a todas las personas que luchan día a día por ser honestas y a pesar de las dificultades que se presenten, se muestran como personas correctas llenas de valores y nos enseñan que el trabajo y una amistad sincera es el único medio por el cual se consiguen las metas.

Edwin Giovanny.

Este trabajo se lo dedico a mi familia puesto que me brindaron apoyo y fortaleza en el desarrollo y transcurso de este, por ayudarme a concluir satisfactoriamente nuestro proyecto.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Dedico a Dios puesto que me brinda sabiduría, amor y paciencia, me ayuda en los momentos más difíciles brindándome valores que me fortalece no solo como trabajo de grupo, si no como persona.

También dedico a nuestro director de proyecto Ing. Juan Bucheli, al Ing. Marco Paredes de la EEQ.SA y a mi compañero Edwin por su apoyo incondicional para la elaboración total de nuestro proyecto.

Romel Santiago Inachonta M.

## AGRADECIMIENTO

Quiero dar gracias a Dios porque ha sido Él quien me ha dado la vida, la salud y la fortaleza para luchar cada instante por mis objetivos, a mis padres por su gran apoyo, a mi esposa por su confianza y a toda la familia por ser pilares de mis estudios y logros en mi vida.

A todos mis profesores, quienes con su guía han sabido instruirme, al Ing. Juan Bucheli por su colaboración en la dirección del proyecto, finalmente un agradecimiento a todo el personal de la Empresa Eléctrica Quito S.A. por la confianza depositada en la realización de este proyecto de tesis, en especial al Ing. Marco Paredes por su incondicional colaboración e invaluable ayuda, a mi compañero y amigo, Romel, gracias por todo.

Edwin Giovanni.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Como agradecimiento al apoyo brindado durante estos años de estudio y como un reconocimiento de gratitud al haber finalizado esta carrera. También a quienes me han heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo: amor.

A quienes sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. A quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en persona de provecho. A quienes nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas más grandes del mundo agradezco todo este esfuerzo a mis padres Rogelio y Juana, gracias por su paciencia.

Romel Santiago Inachonta M.

## ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL .....	I
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XII
PRÓLOGO .....	XIV
CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. CAMPO ELÉCTRICO.....	1
1.2.1. CARGA ELÉCTRICA.....	1



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

1.2.2. LEY DE COULOMB.....	2
1.2.3. CAMPO ELÉCTRICO.....	3
1.2.4. FUERZA ELÉCTRICA.....	4
1.2.5. LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO.....	5
1.2.6. FLUJO DEL CAMPO ELÉCTRICO.....	5
1.2.7. LEY DE GAUSS.....	7
1.3. CAMPO MAGNÉTICO.....	7
1.3.1. MAGNETISMO.....	7
1.3.2. CAMPO MAGNÉTICO.....	8
1.3.2.1. LEY DE LORENTZ.....	8
1.3.2.2. LEY DE BIOT- SAVART.....	9
1.3.3. LÍNEAS DE CAMPO MAGNÉTICO.....	10
1.3.4. FLUJO MAGNÉTICO.....	11
1.4. CAMPO ELECTROMAGNÉTICO.....	12
1.4.1. CAMPO ELECTROMAGNÉTICO NATURAL.....	13
1.4.2. CAMPO ELECTROMAGNÉTICO GENERADO POR EL HOMBRE .....	14
1.4.3. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICA.....	15
1.4.4. RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.....	16
1.4.4.1. FRECUENCIA.....	16
1.4.4.2. LONGITUD DE ONDA ELECTROMAGNÉTICA.....	17
1.4.5. TIPOS DE RADIACIÓN.....	18
1.4.5.1. RADIACIÓN IONIZANTE.....	18
1.4.5.2. RADIACIÓN NO IONIZANTE.....	19
1.4.5.2.1. MAGNITUD Y UNIDAD DE MEDIDA.....	21



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

1.4.5.2.2. CAMPOS MAGNÉTICOS Y ELÉCTRICOS ESTÁTICOS Y RADIACIÓN DE EXTREMADAMENTE BAJA FRECUENCIA (< 30 KHZ).....	22
1.4.5.2.3. CAMPO DE MUY BAJA FRECUENCIA. ....	23
1.4.6. CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN .....	23
1.4.6.1. CABLEADO DOMÉSTICO Y DISPOSITIVOS .....	24
1.4.6.2. DISPOSITIVOS Y APLICACIONES ELÉCTRICAS .....	24
1.4.6.3. CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR LÍNEAS DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	26
CAPÍTULO II: NORMATIVAS .....	29
2.1. COMISIÓN INTERNACIONAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES NO-IONIZANTES. (ICNIRP) .....	29
2.1.1. IMPLEMENTACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES. ....	29
2.1.1.1. RESTRICCIONES BÁSICAS. ....	29
2.1.1.2. NIVELES DE REFERENCIA. ....	30
2.1.1.3. CANTIDADES Y UNIDADES. ....	31
2.1.2. BASES PARA LIMITAR A EXPOSICIÓN.....	33
2.1.3. EFECTOS DE LA RADIACIONES NO IONIZANTES EN LA SALUD .....	33
2.2. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SALUD (OMS) .....	34
2.3. INSTITUTO DE INGENIEROS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (IEEE) .....	35
2.4. MINISTERIO DE AMBIENTE ECUADOR. ....	35



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

2.4.1. NORMATIVAS DE EXPOSICIÓN POR MINISTERIO DE AMBIENTE.....	36
2.5. NORMATIVA DE EXPOSICIÓN DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO	37
2.5.1. RECOMENDACIONES PARA LIMITAR LA EXPOSICIÓN A LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS (ICNIRP). ....	37
2.5.1.1. RESTRICCIONES BÁSICAS .....	38
2.5.1.2. NIVELES DE REFERENCIA .....	38
2.5.2. ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS .....	40
2.6. NORMATIVA PARA LA MEDICIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO .....	40
2.6.1. PROCEDIMIENTOS PARA LA MEDICIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO .....	40
2.6.2. PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO EN LAS CERCANÍAS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN .....	41
2.6.3. PERFIL LATERAL .....	42
2.6.4. PERFIL LONGITUDINAL .....	43
2.7. NORMATIVA PARA LA MEDICIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO .....	44
2.7.1. PROCEDIMIENTOS PARA MEDICIÓN DE CAMPO MAGNÉTICO EN LAS CERCANÍAS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN .....	44
2.7.2. PERFIL LATERAL Y LONGITUDINAL .....	45
2.7.3. PROTOCOLO PARA LA PRESENTACIÓN DE MEDICIÓN DE CAMPOS. ....	45
2.8. POSIBLES EFECTOS DE CAMPO MAGNÉTICO DE EXTREMADAMENTE BAJA FRECUENCIA EN LA SALUD HUMANA. ....	46
2.8.1. ESTUDIOS SOBRE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS.....	47
2.8.2. EFECTOS BIOLÓGICOS .....	47
2.8.3. POSIBLES EFECTOS EN LA SALUD HUMANA. ....	48



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

2.8.3.1. EFECTOS A CORTO PLAZO .....	49
2.8.3.2. EFECTOS A LARGO PLAZO .....	49
2.8.4. CÁNCER. ....	51
2.8.4.1. ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO.....	52
2.8.4.2. ESTUDIOS EN ANIMALES DE LABORATORIO .....	52
2.8.4.3. ESTUDIOS IN VITRO .....	53
CAPÍTULO III: MEDICIONES Y COMPARACION DE DATOS .....	54
3.1. EQUIPO DE MEDICIÓN (TES-1390) ELECTRO MAGNETIC FIELD TESTER .....	54
3.1.1. EQUIPO DE UBICACIÓN RINO 110 GPS.....	54
3.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL RINO 110.....	55
3.1.3. EQUIPO DE MEDICIÓN TES-1390.....	56
3.1.4. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO .....	57
3.1.5. EXHIBICIÓN DEL EQUIPO .....	57
3.1.6. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN.....	58
3.2. ESQUEMA DE MEDICIÓN .....	61
3.3. MEDICIÓN CALLE RAFAEL BUSTAMANTE .....	62
3.3.1. MEDICIÓN .....	64
3.4. MEDICIÓN DE UNA LÍNEA MONOFÁSICA DE LA AV. PADRE LUIS VACCARÍ .	65
3.4.1. MEDICIÓN.....	67
3.5. MEDICIÓN CALLE ISAAC ALBÉNIZ .....	68
3.5.1. MEDICIÓN .....	70
3.6. COMPARACIÓN DE DATOS OBTENIDOS CON NORMATIVA DE EXPOSICIÓN DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO.....	71



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

3.6.1. COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE REFERENCIA DE INTENSIDAD DE CAMPO MAGNÉTICO DE LA CALLE RAFAEL BUSTAMANTE.....	72
3.6.2. COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE REFERENCIA DE INTENSIDAD DE CAMPO MAGNÉTICO DE LA Av. PADRE LUIS VACCARÍ.....	78
3.6.3. COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE REFERENCIA DE INTENSIDAD DE CAMPO MAGNÉTICO DE LA CALLE ISAAC ALBÉNIZ.....	83
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	90
4.1. ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGOS .....	90
4.1.1. MAPA DE RIESGO PARA LA CALLE RAFAEL BUSTAMANTE .....	90
4.1.2. MAPA DE RIESGO PARA LA CALLE ISAAC ALBÉNIZ .....	92
4.1.3. MAPA DE RIESGO PARA LA AV. PADRE LUIS VACCARÍ .....	94
4.2. ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA NORMATIVA PARA LAS CONSTRUCCIONES RESIDENCIALES ACTUALES Y POSTERIORES EN LA CIUDAD DE QUITO DONDE EXISTA REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE 6.3 KV Y 22 KV .....	96
4.3. NORMATIVA DE LAS DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD DE EDIFICACIONES CERCANAS A REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA .....	96
4.3.1. ZONIFICACIÓN DE LA ACERA .....	97
4.3.2. POSTES .....	98
4.3.3. IMPLANTACIÓN DE POSTES.....	99
4.3.4. CONDUCTORES .....	99



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

4.3.5. ALTURA MÍNIMA DE CONDUCTORES ..... 100

4.3.6. SEPARACIONES MÍNIMAS ENTRE CONDUCTORES Y  
EDIFICIOS ..... 101

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

**BIBLIOGRAFÍA.**

**GLOSARIO.**

**ANEXOS.**

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Límites de frecuencia ..... 20



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Tabla 2.	Campo magnético generado por equipos eléctricos .....	25
Tabla 3.	Ancho mínimo de franja de servidumbre .....	28
Tabla 4.	Cantidades eléctricas, magnéticas, electromagnéticas y dosimétricas y las unidades S.I. relativas a la propagación de CEM .....	31
Tabla 5.	Niveles de referencia para la exposición a campo eléctrico y magnético de 60 Hz.....	36
Tabla 6.	Niveles de referencia para la exposición a campos eléctricos y magnéticos provenientes de líneas de transmisión de alta tensión, en el límite de la franja de servidumbre.....	37
Tabla 7.	Niveles de referencia para exposición ocupacional a campos eléctricos y magnéticos (valores RMS no perturbados) .....	38
Tabla 8.	Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos (valores RMS no perturbados) .....	39
Tabla 9.	Niveles de referencia para exposición a campos eléctricos y magnéticos 60 Hz .....	39
Tabla 10.	Densidad de flujo magnético medido .....	62
Tabla 11.	Densidad de flujo magnético medido <i>B</i> resultante .....	62
Tabla 12.	Densidad de flujo magnético resultante en la mañana .....	65
Tabla 13.	Densidad de flujo magnético resultante en la tarde.....	67
Tabla 14.	Densidad de flujo magnético resultante en la noche .....	71
Tabla 15.	Intensidad de Campo Magnético .....	73
Tabla 16.	Intensidad de Campo Magnético .....	74
Tabla 17.	Intensidad de Campo Magnético .....	76
Tabla 18.	Intensidad de Campo Magnético .....	79
Tabla 19.	Intensidad de Campo Magnético .....	80
Tabla 20.	Intensidad de Campo Magnético .....	82



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Tabla 21.	Intensidad de Campo Magnético .....	84
Tabla 22.	Intensidad de Campo Magnético .....	86
Tabla 23.	Intensidad de Campo Magnético .....	87
Tabla 24.	Alturas mínimas de conductores .....	100
Tabla 25.	Medición de Corriente en la calle Rafael Bustamante .....	147
Tabla 26.	Medición de $\beta$ a 0,50 m de la línea.....	149
Tabla 27.	Error porcentual.....	150
Tabla 28.	Medición de Corriente en la calle Isaac Albéniz.....	150
Tabla 29.	Medición de $\beta$ a 0,50 m de la línea.....	151
Tabla 30.	Error porcentual .....	151
Tabla 31.	Medición de Corriente en la Av. Padre Luis Vaccari.....	152
Tabla 32.	Medición de $\beta$ a 0,50 m de la línea.....	153
Tabla 33.	Error porcentual .....	154



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.1.	Fuerza de atracción y repulsión entre dos carga. ....	3
Figura 1.2.	Campo eléctrico producido por dos cargas, una positiva (a) y otra negativa (b). ....	3
Figura 1.3.	Cargas de igual signo se repelen. Carga de diferente signo se atraen ..	4
Figura 1.4.	Líneas de campo para varias distribuciones de carga. Una sola carga(a). Dos cargas de igual magnitud y signo opuesto (b). Dos cargas de igual signo (c).....	5
Figura 1.5.	Líneas de fuerza que atraviesan una superficie perpendicular .....	6
Figura 1.6.	Flujo de campo eléctrico para superficie infinitesimal .....	6
Figura 1.7.	Dos barras magnéticas se atraen por polos opuestos (a), (b). Cuando los polos son iguales se repelen. ....	7
Figura 1.8.	Carga en movimiento en un punto en el espacio. ....	9
Figura 1.9.	Regla de la mano derecha. ....	9
Figura 1.10.	Campo magnético debido a corriente. ....	10
Figura 1.11.	Líneas de campo magnético. ....	11
Figura 1.12.	Superficie y Campo magnético vectores del flujo magnético .....	12
Figura 1.13.	Onda Electromagnética .....	13
Figura 1.14.	Valores típicos de campos magnéticos naturales producidos por nuestro planeta. ....	14
Figura 1.15.	Espectro Electromagnético .....	15



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Figura 1.16.	Frecuencias. ....	17
Figura 1.17.	Longitud de onda. ....	17
Figura 1.18.	Representación de radiación ionizante con un fotón. ....	18
Figura 1.19.	Alerta de Radiación Ionizante. ....	19
Figura 1.20.	Alerta de Radiación No-Ionizante. ....	19
Figura 1.21.	Distancias y criterios de seguridad para líneas eléctricas. ....	28
Figura 2.1.	Medición perfil lateral. Configuración típica con alturas de objetos permanentes. ....	42
Figura 2.2.	Medición perfil lateral. Componente vertical de la Intensidad de Campo Eléctrico en un punto de un tramo de una línea de transmisión. ....	43
Figura 3.1.	Equipo de ubicación RINO 110. ....	54
Figura 3.2.	Pantallas de RINO 110. ....	56
Figura 3.3.	Equipo de medición TES-1390. ....	56
Figura 3.4.	Exhibición del equipo TES-1390. ....	58
Figura 3.5.	Medición de densidad de flujo magnético. a) Eje X; b) Eje Y; c) Eje Z; d) 0 m; e) 2 m; f) 4 m; g) 6 m. ....	61
Figura 3.6.	Ubicación de los puntos de medición. ....	64
Figura 3.7.	Ubicación de los puntos de medición. ....	67
Figura 3.8.	Ubicación de los puntos de medición. ....	70
Figura 3.9.	Curva de Intensidad de Campo Magnético. ....	73
Figura 3.10.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG. ....	73
Figura 3.11.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE. ....	74
Figura 3.12.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG. ....	75
Figura 3.13.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE. ....	75
Figura 3.14.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG. ....	77



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Figura 3.15.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE .....	77
Figura 3.16.	Curva de Intensidad de Campo Magnético .....	78
Figura 3.17.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG .....	79
Figura 3.18.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE .....	80
Figura 3.19.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG .....	81
Figura 3.20.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE .....	81
Figura 3.21.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG .....	82
Figura 3.22.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE .....	83
Figura 3.23.	Curva de Intensidad de Campo Magnético .....	84
Figura 3.24.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG .....	85
Figura 3.25.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE .....	85
Figura 3.26.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG .....	86
Figura 3.27.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE .....	87
Figura 3.28.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG .....	88
Figura 3.29.	Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE .....	88
Figura 4.1.	Niveles de riesgo en la calle Rafael Bustamante.....	91
Figura 4.2.	Niveles de riesgo en la calle Isaac Albéniz .....	93
Figura 4.3.	Niveles de riesgo en la Av. Padre Luis Vaccarí .....	95
Figura 4.4.	Acera Mínima.....	97
Figura 4.5.	Acera Estándar.....	98
Figura 4.6.	Acera Grande.....	98
Figura H1.	Distancias establecidas para medir línea 3 $\phi$ .....	147
Figura H2.	Distancias establecidas para medir línea 1 $\phi$ .....	152



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## ÍNDICE DE ANEXOS

A_01.	Anexo de registro de datos de la línea.	
A_02.	Anexo de registro del campo eléctrico y magnético.	
B_01.	Anexo de densidad de flujo magnético, calle Rafael Bustamante, medición de campo.	
C_01.	Anexo de densidad de flujo magnético, Av. Padre Luis Vaccarí, medición de campo.	
D_01.	Anexo de densidad de flujo magnético, calle Isaac Albéniz, medición de campo.	
E_01.	Anexo de líneas y redes de distribución primario monofásico GRDY / 13,2 KV tipo LVU1 / RVU1.	22,8
E_02.	Anexo de líneas y redes de distribución primario monofásico GRDY / 13,2 KV tipo RVU2.	22,8
E_03.	Anexo de redes de distribución primario 6,3 kV tipo RNA1.	
E_04.	Anexo de redes de distribución primario 6,3 kV tipo RNA2.	
E_05.	Anexo de redes de distribución primario 22,8 GRDY / 13,2 KV tipo RVA1.	
E_06.	Anexo de redes de distribución primario 22,8 GRDY / 13,2 KV tipo	



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

RVA2.

- E\_07. Anexo de redes de distribución primario 22,8 GRDY / 13,2 Kv tipo RVB1.
- E\_08. Anexo de líneas y redes de distribución primario derivaciones 22,8 GRDY / 13,2 KV tipo RVA1 - RVU4.
- F\_01. Anexo de altura y separación mínima de conductores y edificios.
- G\_01. Anexo del cálculo de la intensidad de campo eléctrico.
- H\_01. Anexo del cálculo de la densidad de flujo magnético cercano a la línea.
- I\_01. Anexo de fotografías de campo.
- J\_01. Anexo de documentos de respaldo.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## PRÓLOGO

El transporte y consumo de energía eléctrica han pasado a formar parte integrante de la vida cotidiana, se han planteado interrogantes sobre si la exposición a los campos magnéticos que crean estas líneas tienen o no consecuencias adversas para la salud humana. Para tratar de encontrar respuesta se han llevado a cabo numerosos estudios e investigaciones por las organizaciones internacionales.

Los campos magnéticos son un tema de gran interés, no sólo para la comunidad científica o para la industria, sino también para el público en general, puesto que desde hace unos años se viene manteniendo un debate importante acerca de si el aumento progresivo y descontrolado de los niveles de radiaciones no ionizantes de extremadamente baja frecuencia en el entorno supone o supondrá un riesgo para la salud humana.

El objetivo principal de este trabajo es analizar el impacto del campo magnético generado por las líneas de distribución cercanas al sector domiciliario, con lo cual se comparará si esta entre los niveles de referencia permisibles por las organizaciones



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

internacionales.

Los temas a tratar son:

En el Capítulo 1 mostramos brevemente las consideraciones teóricas básicas para la comprensión del campo magnético, la diferenciación entre la radiación ionizante y no ionizante, descripciones de los límites de frecuencia, magnitudes y unidades.

En el Capítulo 2 se indican los niveles de referencia para la exposición a las radiaciones no ionizantes de extremadamente baja frecuencia tanto a nivel nacional como internacional, describiremos brevemente los procedimientos para la realización de las mediciones del campo magnético y los posibles riesgos a la salud.

En el Capítulo 3 se muestra las características y forma de utilización del equipo de medición TES-1390, los cálculos de la intensidad de campo magnético en función de los datos medidos experimentalmente, la comparación de los valores calculados con los niveles de referencia, representación gráfica de los valores máximos alcanzados.

En el Capítulo 4 un breve análisis de las comparaciones realizadas en cada uno de los sectores evaluados con la indicación de la existencia o no de riesgo en la salud humana, la elaboración de mapas de riesgos mostrando el grado de incidencia del campo magnético, la verificación del cumplimiento por debajo de los límites de exposición de las radiaciones no ionizantes de extremadamente baja frecuencia y además la elaboración de una propuesta normativa si dichos niveles sobrepasan o no los límites establecidos.

En los anexos se mostrarán las hojas de registro según la norma UNE, las hojas de mediciones realizadas en los tres sectores, las configuraciones de los postes y líneas, los cálculos de campo eléctrico y densidad de flujo magnético, las fotografías de campo y certificados.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## GLOSARIO

f	.....	Frecuencia.
F	.....	Fuerza eléctrica, se expresa en newton.
q	.....	Carga eléctrica, en coulomb.
q <sub>int</sub>	.....	Carga eléctrica interna.
$\Phi_E$	.....	Flujo eléctrico.
$\Phi_B$	.....	Flujo magnético.
$\epsilon_0$	.....	Permitividad del espacio libre ( $8.8 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$ ).
T	.....	Tesla, unidad de densidad de flujo magnético.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

$\mu\text{T}$	.....	Micro tesla ( $10^{-6}$ ).
$\text{mT}$	.....	Mili tesla ( $10^{-3}$ ).
$E$	.....	Intensidad de campo eléctrico.
$H$	.....	Intensidad de campo magnético.
$B$	.....	Densidad de flujo magnético.
$G$	.....	Gauss, unidad de densidad de flujo magnético.
$\text{mG}$	.....	Mili Gauss.
$F_{\text{mag}}$	.....	Fuerza magnética.
$AC$	.....	Corriente alterna.
$I$	.....	Corriente en el elemento, se expresa en amperio.
$A$	.....	Amperio.
$d$	.....	Distancia de separación, en metros.
$CEM$	.....	Campos Electromagnéticos.
$\text{Nm}^2/\text{C}$	.....	Newton por metro cuadrado sobre coulomb, unidades de flujo eléctrico.
$\text{Wb}$	.....	Weber, unidad de flujo magnético.
$\text{V/m}$	.....	Voltio por metro, unidades de Intensidad de campo eléctrico.
$\text{KV/m}$	.....	Kilo voltio por metro.
$\text{A/m}$	.....	Amperio por metro, unidades de Intensidad de campo magnético.
$RI$	.....	Radiación Ionizante.
$RNI$	.....	Radiación no Ionizante.
$ELF$	.....	Extremadamente baja frecuencia.
$VLF$	.....	Muy baja frecuencia.
$\text{Hz}$	.....	Hertzio.
$\text{KHz}$	.....	Kilo hertzio ( $10^3$ ).
$\text{MHz}$	.....	Mega hertzio ( $10^6$ ).
$\text{GHz}$	.....	Giga hertzio ( $10^9$ ).
$\text{PHz}$	.....	Peta hertzio ( $10^{15}$ ).



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Km	.....	Kilo metros ( $10^3$ ).
m	.....	Metros
mm	.....	Milí metros ( $10^{-3}$ ).
nm	.....	Nano metros ( $10^{-9}$ ).
$\lambda$	.....	Longitud de onda electromagnética, se expresa en metros.
S	.....	Densidad de potencia.
W/m <sup>2</sup>	.....	Vatio por metro cuadrado, unidad de densidad de potencia.
$\mu_0$	.....	Permeabilidad del medio, para el aire y cuerpo humano ( $400 \pi * 10^{-9}$ Tm/A).
ICNIRP	.....	Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones no Ionizantes.
OMS	.....	Organización Mundial de la Salud.
CUE	.....	Consejo de la Unión Europea.
IEEE	.....	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
UNE	.....	Una Norma Española.
UNESA	.....	Asociación Española de la Industria Eléctrica.
OIT	.....	Organización Internacional del Trabajo.
IARC	.....	Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer.
NIEHS	.....	Instituto Nacional de las Ciencias de Salud Ambiental.
ADN	.....	Ácido desoxirribonucleico.
RMS	.....	Rood Mid Square (Raíz media cuadrada).
POE	.....	Personal Ocupacionalmente Expuesto.
PG	.....	Público en general.
BR	.....	Densidad de flujo magnético resultante.
GPS	.....	Sistema de Posicionamiento Global.
EMFT	.....	Medidor de pruebas de Campo Electromagnético.
Hr	.....	Humedad relativa.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

ACSR	.....	Aluminio reforzado con alma de acero.
ACS	.....	Aleación de aluminio.
AWG	.....	American Wire Gauge.
MCM	.....	Mil de Circular Mil.
Al	.....	Aluminio.
Fe	.....	Hierro

**1.1 Quito, 28 de Julio del 2011**

**Ing.**



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

**Esteban Inga.**

**Director de Carrera**

**Ingeniería Eléctrica.**

**Quito.**

De mi consideración:

Nosotros, Amendaño Sucuzhañay Edwin Giovanni, Inachonta Monta Romel Santiago estudiantes de Ingeniería Eléctrica, solicitamos que nos autorice realizar el trámite correspondiente para la aprobación del proyecto de Tesis, previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico, que versará sobre el tema:

**“ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CAMPO MAGNÉTICO GENERADO POR LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN CERCANAS AL SECTOR DOMICILIARIO”.**

**Tiempo de duración:** 12 meses.

**Tema propuesto por:** Ing. Esteban Inga.

**Director Sugerido:** Ing. Benigno Santos.

**Atentamente,**

---

**Amendaño Edwin**

---

**Inachonta Romel**

---

**Ing. Benigno Santos**



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## 1.- TÍTULO DEL TEMA.

**“ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CAMPO MAGNÉTICO GENERADO POR LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN CERCANAS AL SECTOR DOMICILIARIO”.**

## 2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Las redes de distribución eléctricas de 6.3 KV y 22 KV en el Distrito Metropolitano de Quito emiten campo magnético, las cuales producen radiaciones no ionizantes de Extrema Baja Frecuencia (ELF) en un rango de 0 – 3KHz y de Muy Baja Frecuencia (VLF) en un rangode 3 KHz– 30KHz. Los campos magnéticos son un tema de gran interés, no sólo para la comunidad científica o para la industria, sino también para el público en general, puesto que desde hace unos años se viene manteniendo un debate importante acerca de si el aumento progresivo y descontrolado de los niveles de radiaciones electromagnéticas en el entorno supone o supondrá un riesgo para la salud humana.

Los efectos de la exposición externa a Campo Electromagnético en el cuerpo humano y células dependen principalmente de la frecuencia y de la magnitud o intensidad de los Campo Electromagnético. Los campos eléctricos de baja frecuencia influyen la distribución de las cargas eléctricas en la superficie de los tejidos conductores y causan el flujo de corrientes eléctricas en el cuerpo. Los campos magnéticos de baja frecuencia inducen corrientes que circulan dentro del cuerpo humano.

La intensidad de estas corrientes inducidas depende de la intensidad del campo magnético externo y del tamaño del circuito a través del cual la corriente fluye. Cuando son suficientemente grandes, estas corrientes pueden causar estimulación de los nervios, músculos, leucemia en los niños y el riesgo de padecer cáncer.

## 3.- JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Aspecto Técnico.- Con la ejecución del proyecto se desarrollan mediciones y muestreo del campo magnético en redes de distribución eléctrica en zonas residenciales, las mismas que ha hecho que surjan cuestionamientos y preocupación sobre los riesgos que pueden tener los habitantes ante la emisión de campos magnéticos.

Las líneas de distribución generan campos relativamente más débiles que las líneas de transmisión. Dependiendo el número de casas a las que suministran energía, para medir este campo se utilizará el equipo Electro Magnetic Field Tester (TES-1390) de propiedad de la Empresa Eléctrica Quito, en puntos estratégicos de los sectores a ser evaluados.

Para realizar este proyecto se toma en consideración las aplicaciones de los conocimientos científicos de distribución, conceptos de ingeniería, de electrotecnia, de S.E.P., procedimientos de medición de campos en redes de alta y media tensión.

Las principales agencias internacionales: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection e.V. (ICNIRP), Organización Mundial de Salud (OMS), Institute of Electrical and Electronic Engineers "Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos" (IEEE), que más han promulgado las normativas de exposición de campo magnético y eléctrico. Se utilizarán las Normas para la construcción de Sistemas de Distribución de la EEQ. S.A y los Protocolos de medida.

Aspecto Social.-En el desarrollo de la tesis se presentarán alertas y prevenciones para la salud y seguridad del público en general debido a los efectos negativos causado por la circulación de corrientes inducidas y por la absorción de energía. Se puede proponer alertas sobre distancias mínimas de construcción a los organismos que regulan la construcción en la ciudad de Quito. El beneficio de interés a la sociedad, instituciones municipales o EEQ. S.A.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## 4.- ALCANCES.

Para el cometido del proyecto se ejecutarán las siguientes tareas:

- Recopilación y documentación de información internacional relacionados con estudios sobre la medición de las Radiaciones no Ionizantes de extrema baja frecuencia (ELF) en un rango de 0 – 3 KHz y de muy baja frecuencia en un rango (VLF) de 3 KHz– 30KHz.
- Análisis de efectos que producen los campos magnéticos en la salud a frecuencias de extrema baja frecuencia (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF) emitidos por las redes de distribución eléctrica de 6.3 KV y 22 KV.
- Mediciones en 15 puntos de la ruta en frecuencias de extrema baja frecuencia (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF) emitidos por las redes de distribución eléctrica de 22 KV en la calle Rafael Bustamante entre la Av. Galo Plaza Lazo y Av. 6 de Diciembre. Medición en 20 puntos de la ruta en una línea monofásica de la Av. Padre Luis Vaccarí (sector Carapungo) y medición en 15 puntos de la ruta de la red de distribución de 6.3 KV en la calle Cap. Rafael Ramos.
- Comparación de las mediciones recopiladas con las medidas estandarizadas emitidas por la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación no Ionizante para frecuencia extremadamente baja (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF).
- Elaboración de un mapa de riesgos para los habitantes de la calle Rafael Bustamante, Av. Padre Luis Vaccarí (sector Carapungo), y de la calle Cap. Rafael Ramos por los campos magnéticos producidos por las líneas de distribución eléctrica de 6.3KV y 22KV.
- Elaboración de una propuesta normativa para las construcciones residenciales actuales y posteriores en los sectores domiciliarios donde exista redes de distribución eléctrica de 6.3 KV y 22 KV.

## 5.- OBJETIVOS.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## 5.1 Generales.

Analizar el impacto del campo magnético generado por las líneas de distribución cercanas al sector domiciliario.

### 5.2.1 Específicos.

- Recopilar y documentar información internacional relacionada con medición de las Radiaciones no Ionizantes afrecuencia extremadamente baja(ELF) y de muy baja frecuencia (VLF).
- Analizar efectos que produce los campos magnéticos en la salud a frecuencia extremadamente baja (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF) emitidos por las redes de distribución eléctrica de 6.3 KV y 22 KV.
- Medir las Radiaciones no Ionizantes en frecuencia extremadamente baja (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF) emitidos por las redes de distribución eléctrica en tres sectores domiciliarios.
- Comparar las mediciones recopiladas con las medidas estandarizadas emitidas por la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación no Ionizante.
- Elaborar mapa de riesgos para los habitantes de los sectores evaluados.
- Elaborar una propuesta normativa para las construcciones residenciales para redes de distribución eléctrica de 6.3 KV y 22 KV.

## 6.- HIPÓTESIS.

La cercanía de las líneas de distribución eléctrica de 6.3 KV y 22 KV, emiten radiaciones no ionizantes de frecuencia extremadamente baja (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF) los mismos que producen riesgos en la estimulación de los nervios, músculos, leucemia en los niños y cáncer.

## 7.- MARCO TEÓRICO.

### CAMPO MAGNÉTICO Y ELÉCTRICO.

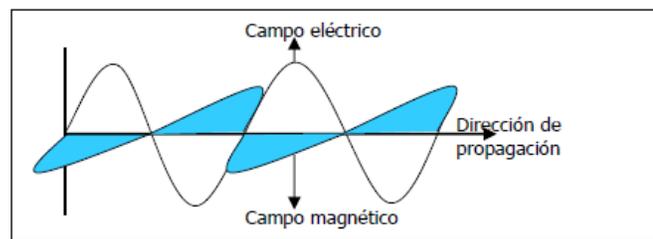


# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Se puede definir el campo magnético como la región del espacio donde se manifiestan acciones sobre las agujas magnéticas.

Una carga en movimiento crea en el espacio que lo rodea, un campo magnético que actúa sobre otra carga también móvil, y ejercerá sobre esta última una fuerza magnética.

El campo magnético y el campo eléctrico pueden estar interactuando permanentemente si uno de ellos varía en el tiempo. Un campo eléctrico variable produce un campo magnético, y a su vez un campo magnético variable produce un campo eléctrico. Los campos eléctricos y magnéticos son perpendiculares entre sí en todos los puntos.



**Figura 1: Onda Electromagnética.**

## **CAMPO DE FUERZAS MAGNÉTICAS.**

Las limaduras y alfileres de hierro, dejados sobre una mesa se mueven cuando se les acerca un imán. Si dicho imán se acerca a una brújula, la aguja se desvía estas y otras más demuestran que el espacio alrededor del imán adquiere propiedades especiales ya que el imán es capaz de ejercer fuerzas en su entorno, es decir, el imán crea un campo de fuerzas. Según esto, en el campo gravitatorio la fuerza se manifiesta sobre una masa, y en el campo eléctrico sobre una carga eléctrica. En el campo magnético no se dice sobre un polo magnético, sino sobre una aguja magnética o limaduras que siempre poseen dos polos. Esto es debido a que si se parte una aguja magnética o cualquier otro imán por su línea neutra, se comprueba que cada una de las partes se comporta como un nuevo imán.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Si se siguen subdividiendo los nuevos imanes, todos los fragmentados obtenidos actúan como un imán, con sus polos norte y sur bien diferenciados. Es decir en un imán no es posible separar dos polos magnéticos. Se puede definir el campo magnético como la región del espacio donde se manifiestan acciones sobre las agujas magnéticas.

## **FLUJO MAGNÉTICO.**

Un campo magnético puede representarse por medio de las líneas de inducción. Por convenio, el número de estas líneas por unidad de superficie normal a su dirección, mide el valor de la intensidad del campo magnético. El número total de líneas de inducción que atraviesan una superficie se denomina flujo.

## **CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.**

El movimiento de cargas eléctricas en un metal conductor (como una antena de una emisora de radio o TV), origina ondas de campos eléctrico y magnético (denominadas ondas electromagnéticas EM) que se propagan através del espacio vacío a la velocidad  $c$  de la luz ( $c = 300.000 \text{ km/s}$ ) tal y como se muestra en la figura 2 el espectro electromagnético. Estas ondas radiadas llevan asociada una energía electromagnética que puede ser captada por una antena receptora. Sin embargo, los campos eléctricos y magnéticos pueden existir independientemente uno del otro, y se les denomina campos estáticos; como los campos eléctricos que se originan entre las nubes y tierra durante una tormenta, antes de saltar el rayo.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

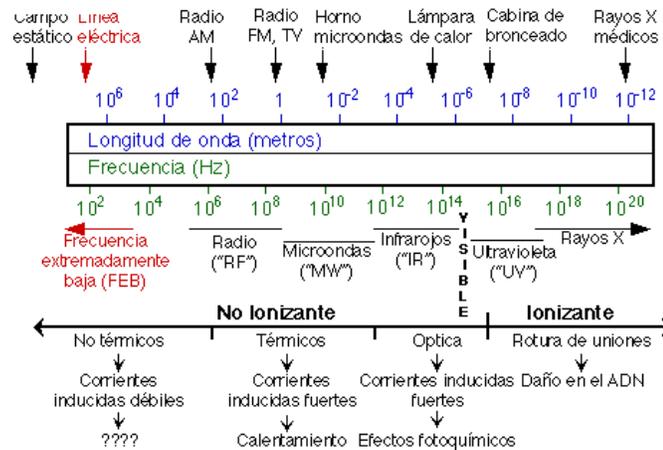


Figura 2: Espectro Electromagnético.

## Radiaciones.

Se denomina radiación a la emisión y propagación de energía. Las radiaciones son ondas electromagnéticas o corpusculares (partículas subatómicas), emitidas por determinadas materias y equipos en ciertas circunstancias.

Cuando se estudian los efectos biológicos de radiaciones electromagnéticas es importante distinguir dos rangos de radiaciones: **ionizantes y no-ionizantes**, cuyos mecanismos de interacción con los tejidos vivos son muy diferentes. La ionización es un proceso por el cual los electrones son desplazados de los átomos y moléculas.

## Radiación ionizante y no ionizante.

Es bien sabido que hay fuentes, tanto naturales como artificiales, que generan energía en forma de ondas electromagnéticas. Estas ondas consisten en campos eléctricos y magnéticos oscilantes que pueden interaccionar con los sistemas biológicos y en concreto con los seres humanos. Atendiendo a la energía que transportan y en función de los efectos biológicos que producen, se clasifican en dos grandes grupos:

**Radiaciones ionizantes:** que son las ondas electromagnéticas de frecuencia muy alta (mayor que  $10^{15}$  Hz) que tienen la suficiente energía para producir ionización,



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

rompiendo los enlaces atómicos que mantienen unidas las células. Estas radiaciones al interactuar con la materia producen ionización dando lugar a la aparición de uno o varios electrones y a un ion positivo, químicamente activos, por lo que pueden provocar reacciones y cambios químicos en el material con el que interactúan.

**Radiaciones No Ionizantes:** son ondas electromagnéticas de frecuencia menor y cuya energía no es suficiente para producir rotura de enlaces atómicos; no obstante, pueden producir otros efectos biológicos. A continuación se describen las tres grandes regiones del espectro en la que se dividen estas radiaciones, comenzando por las más energéticas:

a) *Radiaciones ópticas:* que tienen longitudes de onda comprendidas entre 10 nm y 1 mm y que están formadas por radiación ultravioleta ( $400 \text{ nm} < \lambda < 100 \text{ nm}$ ), luz visible ( $760 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$ ) y rayos infrarrojos ( $1 \text{ mm} < \lambda < 760 \text{ nm}$ ).

b) *Microondas:* cuyas frecuencias están comprendidas entre 300 MHz y 300 GHz.

c) *Radiofrecuencia y campos casi-estáticos:* La radiofrecuencia comprende las radiaciones cuya frecuencia está comprendida entre 3 kHz y 300 KHz y cuyos efectos se deben fundamentalmente a tres factores: resonancia, calentamiento y quemaduras o descargas eléctricas. Los campos casi-estáticos son los correspondientes a frecuencias muy bajas, inferiores a 3 KHz. En este caso, los efectos pueden estudiarse separando el campo eléctrico del magnético. La tabla 1 muestra los límites de frecuencia.

Tabla 1: Límites de frecuencia.

Clasificación	Aplicaciones	Rango de frecuencias
Campos Estáticos (CE)		0 Hz
Frecuencia Extremadamente Baja ( ELF)	Técnicas de audio Transporte de energía eléctrica	0 a 300 Hz



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Frecuencia Muy Baja (VLF)	Monitores de computadora	0,3 a 30 KHz
	Radio difusión	
	Radio navegación	
Frecuencia Baja (LF)	Calentamiento por inducción	30 a 300 KHz
Frecuencia Media (MF)	Radio AM	0,3 a 3 MHz
	Pantallas y monitores	
	Comunicaciones marinas y aeronáuticas	
Frecuencia Alta (HF)	Radio Onda Corta	3 a 30 MHz
Frecuencia Muy Alta (VHF)	Soldadura de plásticos	30 a 300 MHz
	Diatermia	
	Radio FM	
	Estaciones de televisión	

Los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia extremadamente baja (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF) abarcan el intervalo de frecuencia por encima de los campos estáticos ( $> 0$  Hz) hasta los 30 kHz.

La ELF se considera comprendida en el intervalo de frecuencia de 0 a 3000 Hz.

La VLF en el intervalo de 3000 Hz a 30 kHz. En el intervalo de frecuencia  $> 0$  a 30 kHz, las longitudes de onda varían entre  $\infty$  (infinito) y 10 km, por lo que los campos eléctricos y magnéticos actúan de forma esencialmente independiente entre sí y deben tratarse por separado. La intensidad de campo eléctrico ( $E$ ) se mide en voltios por metro (V/m), la intensidad de campo magnético ( $H$ ) en amperios por metro (A/m) y la densidad de flujo magnético ( $B$ ) en tesla (T).

Se ha suscitado un considerable debate sobre los posibles efectos adversos para la salud entre los trabajadores que utilizan equipos que funcionan en este intervalo de



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

frecuencias. La frecuencia más común es con mucho la de 50/60 Hz, utilizada para la generación, distribución y uso de energía eléctrica. Los medios de información, la distribución de información inexacta y el debate científico en curso han alimentado la preocupación por la posibilidad de que la exposición a campos magnéticos de 50/60 Hz pueda estar relacionada con un aumento de incidencia en la salud.

## **INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V. (ICNIRP).**

La Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), es un organismo vinculado a la Organización Mundial de la Salud (OMS), cuya función es la de investigar los peligros que se pueden asociar con las diferentes formas de radiaciones no ionizantes (RNI) y así proporcionar protección contra efectos adversos a la salud conocidos, mediante la publicación de recomendaciones internacionales para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos en el rango de 0 a 300 GHz.

## **8.- MARCO METODOLÓGICO.**

**Método Deductivo.-** Para la ejecución del proyecto se utilizarán teoremas, normas, estándares y leyes que serán aplicadas en el estudio como International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection e.V. (ICNIRP), Organización Mundial de Salud (OMS), Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), Normas para Sistemas de Distribución de la EEQ. S.A.

Habrán aplicación de los conocimientos científicos de distribución, conceptos de ingeniería, de electrotecnia, de S.E.P., procedimientos de medición de campos en redes de alta y media tensión, como a su vez en el manejo del equipo "TES-1390". Tomando en cuenta los parámetros involucrados así como distintos puntos de interés de los sectores que van a ser evaluados.

**Método Experimental.-** Se realizarán lecturas del campo magnético, generado por las líneas de distribución eléctrica de 6.3 KV y 22 KV, con el equipo Electro



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Magnetic Field Tester(TES-1390) de propiedad de la Empresa Eléctrica Quito. Tiene un ancho de banda de 30 a 300 Hz, el equipo suministra valores digitales y posee un rango de 200/2000 mili Gauss; 20/200 micro Tesla.

## 9.- ESQUEMA DE CONTENIDOS.

### CAPÍTULO I

#### TÍTULO: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

- 1.1 Introducción.
- 1.2 Campo Eléctrico.
  - 1.2.1 Ley de Coulomb.
  - 1.2.2 Campo eléctrico.
  - 1.2.3 Fuerza eléctrica.
  - 1.2.4 Líneas de campo eléctrico.
  - 1.2.5 Ley de Gauss
- 1.3 Campo Magnético.
  - 1.3.1 Magnetismo
  - 1.3.2 Campo Magnético.
  - 1.3.3 Líneas de campo magnético.
  - 1.3.4 Flujo magnético.
- 1.4 Campo Electromagnético.
  - 1.4.1 Campo electromagnético natural.
  - 1.4.2 Campo electromagnético generado por el hombre.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

1.4.3 Espectro electromagnético.

1.4.4 Radiación electromagnética.

1.4.5 Tipo de radiación.

1.4.5.1 Radiación ionizante.

1.4.5.2 Radiación no ionizante.

1.4.5.2.1 Frecuencia Extremadamente baja (ELF).

1.4.5.2.2 Muy baja frecuencia (VLF).

1.4.6 Campo electromagnético en líneas de distribución.

## CAPÍTULO II

### TÍTULO: NORMATIVAS

- 2.1 International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection e.V. (ICNIRP)
- 2.2 Organización Mundial de Salud (OMS).
- 2.3 Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).
- 2.4 Ministerio de Ambiente Ecuador.
- 2.5 Normativa de exposición de campo electromagnético.
- 2.6 Normativa para la medición de campo eléctrico.
- 2.7 Normativa para la medición de campo magnético.
- 2.8 Estudio de Campo Magnético de Extrema Baja Frecuencia (ELF) sobre la Salud Humana.

## CAPÍTULO III

### TÍTULO: MEDICIONES Y COMPARACIÓN DE DATOS



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

- 3.1 Equipo de Medición (TES-1390) Electro Magnetic Field Tester
  - 3.1.1 Característica del equipo.
  - 3.1.2 Exhibición del equipo.
  - 3.1.3 Procedimiento de medición.
- 3.2 Esquema de Medición.
- 3.3 Medición calle Rafael Bustamante
- 3.4 Medición de una línea monofásica de la Av. Padre Luis Vaccarí
- 3.5 Medición calle Cap. Rafael Ramos.
- 3.6 Comparación de datos obtenidos con normativa de exposición de campo electromagnético.

## **CAPÍTULO IV**

### **TÍTULO: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

- 4.1 Elaboración de mapas de riesgos
  - 4.1.1 Mapa de riesgos para la calle Rafael Bustamante.
  - 4.1.2 Mapa de riesgos para la calle Cap. Rafael Ramos.
  - 4.1.3 Mapa de riesgos para la Av. Padre Luis Vaccarí.
- 4.2 Elaboración de una propuesta normativa para las construcciones residenciales actuales y posteriores en la ciudad de Quito donde exista redes de distribución eléctrica de 6.3 KV y 22 KV.
  - 4.2.1 Elaboración para la calle Rafael Bustamante.
  - 4.2.2 Elaboración para la calle Cap. Rafael Ramos.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

4.2.3 Elaboración para la Av. Padre Luis Vaccari.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 10.- BIBLIOGRAFÍA.

- STEVENSON, William; GRAINGER, John; “Análisis de Sistemas de Potencia”, MacGraw-Hill, México, 2004.
- HAYT, William; “Teoría Electromagnética”, MacGraw-Hill, 5ta edición, México, 2004.
- NAVARRO .M., José. A; MONTAÑÉS.E, Antonio; SANTILLÁN.L, Ángel; “Instalaciones Eléctricas Alta Tensión: sistemas de maniobra, medida y protección”, Paraninfo, 3ra Edición, Madrid, 1999.
- MUJAL, Ramón; “Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas”, Edición UPC.
- Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo, Cap. 49.
- TORRESI, Alberto; “Mediciones en Alta Tensión”, Córdoba, Universitarias, 2004.
- GARCIA.T, José; “Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión”, Thompson-Paraninfo, 4ta Edición, Madrid, 2004.
- GARCIA.T, José; “Electrotecnia”, Paraninfo, 9va Edición, Madrid, 2006.
- BROKERING.C, Walter; PALMA.B, Rodrigo; VARGAS.D, Luis; “Los sistemas eléctricos de potencia”, Pearson Educación, Santiago de Chile, 2008.
- MULLER, Wolfgang; “Electrotecnia de Potencia”, Reverté, Barcelona, 1984.
- GIECK, Kurt; GIECK, Reiner; “Manual de Fórmulas Técnicas”, Alfaomega, 30ta Edición, México, 2003.
- RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kennrth; “Física 2”, Grupo Patria Cultural, 4ta Edición, México, 2002.
- ICNIRP. 1997. International Commission ON Non Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz).
- EDMINISTER, Joseph A; “Electromagnetismo”, MacGraw Hill, México 1997.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

- <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>
- [http://www.oas.org/CITEL/project/updates/P2!R-1301p1\\_e.pdf](http://www.oas.org/CITEL/project/updates/P2!R-1301p1_e.pdf)
- [http://www.ataonline.org.ar/bibliotecavirtual/documentos\\_utilies/cem\\_feb.pdf](http://www.ataonline.org.ar/bibliotecavirtual/documentos_utilies/cem_feb.pdf)
- <http://www.eeq.com.ec/upload/normas/partea.pdf>
- Norma de construcción para redes de distribución de la EEQ S.A.

## ANEXOS.

### 11.- PRESUPUESTO

Presupuesto	
Descripción	Valor (\$)
Equipo "TES-1390"	200
Equipo GPS alquiler	200
Material de papelería	300
Internet y llamadas	600
Movilización	400
Computadora	500
Impresiones borrador	200
Impresiones y empastado	700
<b>TOTAL</b>	<b>3100</b>





**13.- FIRMAS DE RESPONSABILIDAD.**

**Atentamente,**

\_\_\_\_\_

**Amendaño Edwin**

\_\_\_\_\_

**Inachonta Romel**

\_\_\_\_\_

**Ing. Benigno Santos**

**CONCLUSIONES.**

- La presencia de radiación no ionizante de muy baja frecuencia VLF está comprendida en el intervalo de 300 Hz a 30 KHz los elementos que emiten esta frecuencia son los monitores de computadora, radio navegación, los enlaces de radio a gran distancia, etc., por tanto, no emiten este tipo de frecuencia las líneas de transmisión y distribución donde ellos trabajan a una frecuencia de 60 Hz y son llamados campos de extremadamente baja frecuencia ELF.
- Las mediciones realizadas de densidad de flujo magnético en los tres sectores, se utilizó el estándar IEEE 644-1994 y UNE-215001:2004, como referencia estos parámetros para establecer un protocolo de medición de acuerdo a las necesidades de las personas que van a realizar estos tipos de estudios, por no existir un estándar unificado y desarrollado por un organismo internacional, que proporcione un procedimiento específico para la medición y valoración de los límites de exposición de campos ELF.
- Para obtener la densidad de flujo magnético con más precisión se debe considerar las condiciones del clima, la humedad, el tráfico vehicular, la calibración del equipo, etc.
- Los valores de mayor magnitud se encuentra cerca de la línea donde la densidad de flujo magnético es directamente proporcional a la corriente por lo tanto, la corriente que circula en la línea a lo largo del día dependerá de la demanda, donde el campo magnético generado lo hará en forma directa, además la densidad de flujo magnético disminuye su intensidad conforme se aleja de la línea y/o fuente, para comprobar se realizó mediciones con el personal de Energizados de la EEQ.S.A. donde los valores obtenidos de densidad de flujo magnético no superan los límites de referencia y no tienen ningún tipo de riesgo para la salud de acuerdo a los Organismos Internacionales.
- Las mediciones se realizaron durante la mañana, tarde y noche en un intervalo

de tiempo que se consideró desde las siete de la mañana hasta las nueve de la noche, los valores máximos registrados de densidad de flujo magnético y calculados se analizaron por separado donde sus valores se encuentran muy por debajo de los límites de referencia.

- Realizando la comparación entre los valores máximos y los límites establecidos por el estándar internacional de la ICNIRP, se concluye que para el público en general no supera el 12% y para el personal ocupacionalmente expuesta el 3% de los límites, estos porcentajes se registraron en las horas pico de la noche cuando se tiene la corriente máxima.
- Los niveles máximos establecidos por la ICNIRP y nacional como la Norma de Radiaciones no Ionizantes de Campos Electromagnéticos vigente en el Ecuador para precautelar la seguridad del público en general y el personal ocupacionalmente expuesta, están muy por encima de los valores obtenidos experimentalmente de densidad de flujo magnético medidos mediante la toma de datos con el equipo TES-1390.
- En la proximidad de los hogares y de determinados aparatos eléctricos como los contadores de energía, motor para las puertas, televisores, etc., oscilan valores instantáneos de campo magnético que puede llegar a ser de unas pocas decenas de micro teslas según a la distancia que se encuentre el equipo de medición, a su vez, el valor de campo magnético terrestre que posee el planeta también afecta, ya que por estar situado en el centro del hemisferio es muy bajo.
- En los tres sectores evaluados cumplen con las normas, estándares mínimos de construcción y separación mínima entre conductores y edificios, por tanto, no se requiere implementar nuevas normas y estándares.
- Los organismos como la OMS han expresado los efectos de la exposición a campos que cuya base científica es bien conocida, son los efectos a corto plazo, tienen efectos biológicos que están determinados para valores por encima de

100  $\mu\text{T}$ , sin embargo no ocurre lo mismo para los efectos a largo plazo, se desconoce de un mecanismo biofísico a diferencia del anterior, se determinó en el 2002 una leve asociación entre la leucemia infantil y los campos magnéticos ELF, indicando como posibles carcinógenos para las personas.

- De acuerdo al análisis del impacto del campo magnético generado por las líneas de distribución, los valores medidos experimentalmente de densidad de flujo magnético en los tres sectores y calculando estos en intensidad de campo magnético a su vez comparando con los límites de exposición para el público en general y personal ocupacionalmente expuesto de la ICNIRP, los valores están muy por debajo de los límites, es así que, no existe ningún riesgo de producirse estimulación de nervios, músculos y peor aún leucemia infantil y cáncer en las personas.

#### **RECOMENDACIONES.**

- Uno de los problemas de tener las líneas de distribución cerca de los domicilios es por el desconocimiento de los usuarios cuando construyen sus viviendas, una de las principales tareas que debería realizar la EEQ.S.A. y el municipio es de crear conferencias en las parroquias, barrios, comunas, etc. Explicándoles los efectos y riesgos que pueden producir las líneas eléctricas.
- Realizar controles e inspecciones de construcción de las viviendas cercanas a las líneas, con mayor frecuencia y en trabajo mutuo entre la EEQ.S.A. y el municipio, donde conformen comisiones para hacer cumplir los límites de construcción estandarizada y el área de servidumbre que tienen las líneas eléctricas, donde si no cumplen estos requerimientos sean sancionados.
- Los niveles de campo magnético que produce las líneas de distribución no genera un impacto a la salud de los usuarios pero se debería considerar un estudio o análisis dentro de la vivienda, para determinar si los campos que producen los equipos, electrodomésticos, etc., puedan existir un riesgo para la salud.
- El ministerio de energía y recursos renovables, ministerio de ambiente, municipalidades y empresas eléctricas, de igual manera han creado

reglamentaciones con la finalidad de precautelar la seguridad de su población, los mismos, tendría que actualizar constantemente los niveles de exposición de campo magnético y eléctrico, ya que las organismos internacionales realizan estudios e investigación continuas.

- Se recomienda que haya continuidad en las mediciones de campos magnéticos ya que los valores de los campos experimentan variaciones que dependen de la intensidad de corriente y como se tienen anualmente incrementos en la demanda de energía eléctrica, así mismo se puede tener un aumento en los campos magnéticos producidos.
- Para futuras construcciones de tendidos de líneas de distribución eléctrica, se debería considerar en realizar estudios, análisis de acuerdo a los organismos internacionales y simulaciones de los niveles de exposición de campo magnético, donde estos respeten las distancias de seguridad para evitar posibles efectos en la salud.

## **CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **1.1 INTRODUCCIÓN.**

Desde que la humanidad existe se han presentado en forma natural los campos electromagnéticos, manifestándose en campos eléctricos atmosféricos y campo magnético terrestre, con la evolución de la tecnología y el desarrollo de la electricidad los niveles de campo eléctrico y campo magnético se han generado de distinta forma alterando sus niveles naturales.

Una de las formas de transmisión de energía es la que se realiza a través de la radiación de ondas electromagnéticas, caracterizadas por la existencia de campos eléctricos y magnéticos perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación de la onda. Las ondas electromagnéticas se diferencian unas de otras

por la cantidad de energía que son capaces de transmitir, y de ello depende de su frecuencia.

La presencia de redes de transmisión, distribución eléctricos en sectores residenciales ha generado entre los usuarios la preocupación que exista emisiones de campo magnético, los mismos que pueden afectar a la salud de las personas, para este análisis son aquellas de baja frecuencia 50 y 60 Hz, los mismos que son utilizados en sectores industriales como domésticos.

## 1.2 CAMPO ELÉCTRICO.

Antes de comenzar con la Ley de Coulomb definamos lo que es carga eléctrica:

### 1.2.1 CARGA ELÉCTRICA.

Es una propiedad intrínseca de la materia, debido a que la materia está constituida esencialmente por átomos y todos los átomos están constituidos de electrones, protones y neutrones. Los electrones tienen carga negativa y los protones tienen carga positiva, mientras los neutrones carecen de carga.

Una partícula cargada tiene una carga igual en valor absoluto llamada carga elemental  $e$ , el protón posee una carga  $+e$  y el electrón una carga  $-e$ . El valor de la carga elemental es de  $1.60217653 \times 10^{-19}C$ .<sup>42</sup>

Dos cargas positivas se repelen entre sí, al igual que dos cargas negativas. Una carga positiva y una negativa se atraen.(Sears Zemansky, Young Freedman,2009).<sup>43</sup>

### 1.2.2 LEY DE COULOMB.

A partir de experimentos realizados por Coulomb en 1784 se llegó a la siguiente ley: “La magnitud de cada una de las fuerzas eléctricas con que interactúan dos cargas es directamente proporcional al producto de la magnitud de ambas cargas e

---

<sup>42</sup>SEARS, Zemansky, YOUNG, Freedman, *Física Universitaria, con física moderna vol. 2*, 12ma Edición, Pearson Educación, México, 2009, p718.

<sup>43</sup> SEARS, Zemansky, YOUNG, Freedman, Op. cit. p 710.

inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa” (Sears Zemansky, Young Freedman, 2009)<sup>44</sup>. Su ecuación es la siguiente:

$$F = K \frac{q_1 q_2}{d^2} [N]$$

Dónde:

$F$  → Fuerza eléctrica.

$q_1 q_2$  → Cargas eléctricas.

$d^2$  → Distancia de separación.

$K$  → Constante de proporcionalidad o también llamado constante eléctrico, indica la dependencia de la fuerza electrostática del medio:

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{Nm^2}{C^2} \right]$$

$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} [C^2/Nm^2]$ ; Permitividad del espacio libre.

Finalmente la Ley de Coulomb queda de la siguiente manera:

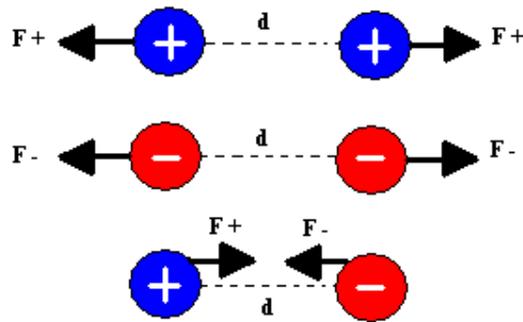
$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 d^2} [N]$$

La unidad de la fuerza eléctrica en el S.I. (Sistema Internacional de Unidades) es el Newton (N).

Existen dos tipos de fuerzas de interacción Figura 1.1:

- Fuerza de atracción cuando las cargas son de distinto signo.
- Fuerza de repulsión cuando las cargas son de igual signo.

<sup>44</sup> SEARS, Zemansky, YOUNG, Freedman, Op. cit.p 716.

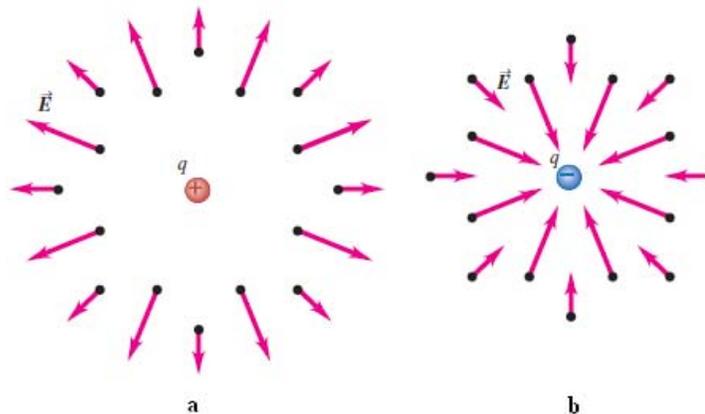


**Figura 1.1** Fuerza de atracción y repulsión entre dos carga.

**Fuente:** Los autores.

### 1.2.3 CAMPO ELÉCTRICO.

El campo eléctrico es una parte muy importante en la teoría del campo electromagnético. El campo eléctrico es una región en el espacio donde actúan fuerzas eléctricas, al colocar un cuerpo cargado eléctricamente en un punto cualquiera sobre otro cuerpo cargada se manifiesta la fuerza eléctrica, que pueden ser de atracción si las cargas son distintas o repulsión si las cargas son iguales.



**Figura 1.2** Campo eléctrico producido por dos cargas, una positiva (a) y otra negativa (b).

**Fuente:** Sears Zemansky, Young Freedman, 2009.

El campo eléctrico creado por una carga en un punto cualquiera en el espacio es llamado intensidad de campo y se la representa con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{F}{q} \left[ \frac{N}{C} \right]$$

Dónde:

$E$  → intensidad de campo eléctrico.

$F$  → fuerza eléctrica.

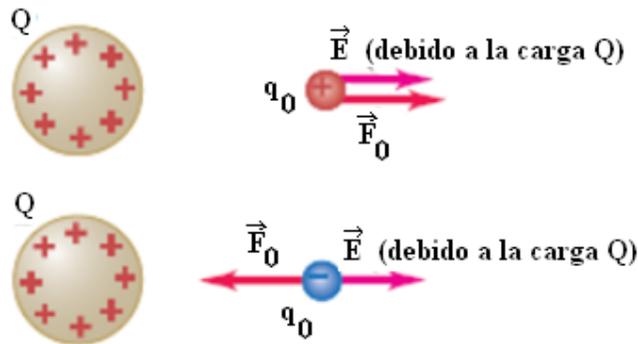
$q$  → carga.

La unidad en el S.I. (Sistema Internacional de Unidades) es el Newton por Coulomb  $\left[\frac{N}{C}\right]$ .

### 1.2.4 FUERZA ELÉCTRICA.

Entre dos o más cargas aparece una fuerza denominada fuerza eléctrica cuyo módulo depende del valor de las cargas y de la distancia que las separa, mientras su signo depende de cada carga. Las cargas del mismo signo se repelen entre sí, mientras las de distinto signo se atraen.

La fuerza eléctrica sobre un cuerpo cargado es ejercida por el campo eléctrico creado por otro cuerpo cargado.<sup>45</sup>



**Figura 1.3** Cargas de igual signo se repelen. Carga de diferente signo se atraen.

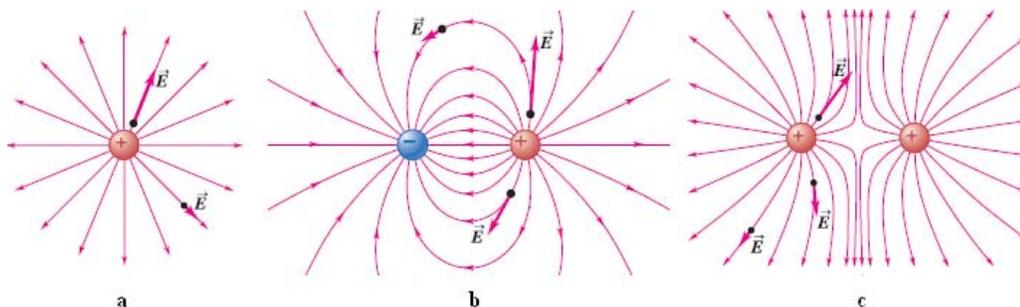
**Fuente:** Sears Zemansky, Young Freedman, 2009.

### 1.2.5 LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO.

Las líneas de campo son de gran ayuda para visualizar la dirección y sentido de un cuerpo con carga, donde es tangencial al campo en un punto cualquiera, estas líneas

<sup>45</sup>SEARS, Zemansky, YOUNG, Freedman, Op. cit.p722.

nunca se intersecan el número de líneas que entran y salen de una carga es proporcional a la carga.



**Figura 1.4** Líneas de campo para varias distribuciones de carga. Una sola carga (a). Dos cargas de igual magnitud y signo opuesto (b). Dos cargas de igual signo (c).

**Fuente:** Sears Zemansky, Young Freedman, 2009.

Antes de explicar la Ley de Gauss primero debemos entender el concepto de flujo del campo eléctrico.

### 1.2.6 FLUJO DEL CAMPO ELÉCTRICO.

Solo son representaciones porque no tienen existencia física real, la utilización de esto es ayudar para concebir las situaciones y ejecutar los cálculos.

Las líneas de campo deben trazarse de tal manera que indiquen la dirección de la fuerza eléctrica sobre una carga de prueba, por tanto el número de líneas que pasa a través de una superficie perpendicular a las líneas sean numéricamente igual a la intensidad de campo eléctrico, las unidades del flujo en el S.I. (Sistema Internacional de Unidades) es Newton por metro cuadrado sobre Coulomb ( $\text{Nm}^2/\text{C}$ ) se lo puede representar cómo:

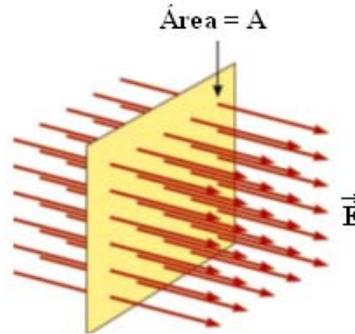
$$\Phi_E = EA_{\perp} \left[ \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}} \right]$$

Dónde:

$\Phi_E$  → Flujo eléctrico.

E → Campo eléctrico.

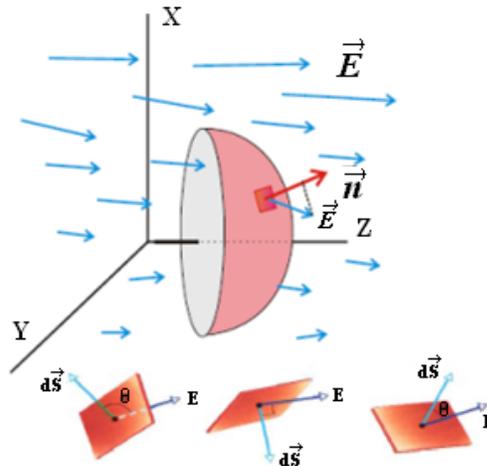
A →Superficie.



**Figura 1.5.** Líneas de fuerza que atraviesan una superficie perpendicular.

**Fuente:** Vásquez García Optaciano, 2010.

Por lo tanto, el flujo de campo eléctrico es el número de líneas de campo que atraviesan cierta superficie, el número total de líneas que pasan a través de tal superficie es proporcional a la carga neta que está en el interior de ella.



**Figura 1.6** Flujo de campo eléctrico para superficie infinitesimal.

**Fuente:** Serway, 1996.

Si el campo no es uniforme a la superficie se lo divide en elementos diferenciales donde el campo se pueda considerar uniforme, por tanto:

$$d\Phi_E = E dS$$

$$\Phi_E = \int E * dS \left[ \frac{Nm^2}{C} \right]$$

### 1.2.7 LEY DE GAUSS.

El flujo de campo eléctrico a través de una superficie cerrada llamada superficie gaussiana es igual a la carga neta que se encuentra dentro de ella dividido entre  $\epsilon_0$ .

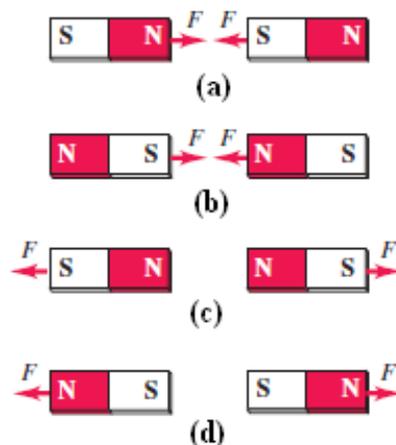
$$\Phi = \oint E * dS = \frac{q_{int}}{\epsilon_0}$$

Donde el flujo a través de una superficie cerrada es proporcional a la carga eléctrica  $q_{int}$  encerrada en su interior, el flujo es positivo si la carga es positiva y negativa si la carga es negativa.

### 1.3 CAMPO MAGNÉTICO.

#### 1.3.1 MAGNETISMO

El magnetismo es un fenómeno que se lo conoce desde la antigüedad, por el descubrimiento de materiales que muestran fuerza de atracción o repulsión a esto de lo conoce como imanes permanentes creados por la naturaleza, estos imanes poseen dos zonas opuestas que son el polo norte y polo sur, en consecuencia la fuerza de atracción se produce entre polos opuestos y repulsión en polos homólogos.



**Figura 1.7** Dos barras magnéticas se atraen por polos opuestos (a), (b).

Cuando los polos son iguales se repelen (c), (d).

**Fuente:** Sears Zemansky, Young Freedman, 2009.

Con el avance de la tecnología muchos de los equipos y dispositivos poseen materiales magnéticos como generadores eléctricos, transformadores, motores eléctricos, TV, etc.

### 1.3.2 CAMPO MAGNÉTICO.

El campo magnético al igual que el campo eléctrico es un campo vectorial por lo tanto tiene módulo, dirección y sentido. Este vector está asociado con cada punto en el espacio. Al colocar una carga en un punto, con una velocidad distinta de cero donde sufre un desvío debido a una fuerza magnética y esta fuerza es siempre perpendicular a la velocidad o por una circulación de corriente eléctrica en los conductores producen campo magnético.

La densidad de flujo magnético se la represente con el símbolo  $\vec{B}$  la unidad en el S.I. (Sistema Internacional de Unidades) equivale a Newton por segundo sobre Coulomb por metro ( $\frac{N*s}{C*m}$ ), como Coulomb por segundo da una Ampere  $\frac{N}{Am}$  a esta unidad se la conoce como Tesla (T), otra unidad muy conocida es el Gauss ( $1G \rightarrow 10^{-4}T$ ).

Las ecuaciones del campo magnético de acuerdo a las siguientes leyes<sup>46</sup>:

#### 1.3.2.1 LEY DE LORENTZ.

Esta fuerza depende del valor de la carga eléctrica en movimiento, la intensidad de campo magnético y la velocidad a la que se desplaza la carga. Para su dirección y sentido se aplica la regla de la mano derecha.

$$F_{mag} = q * \vec{v} \times \vec{B},$$

Cuando hay un eléctrico:  $F_{mag} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$

Dónde:

---

<sup>46</sup>SERWAY Raymond, *Electricidad y Magnetismo*, Tercera Edición, p 175.

$F_{mag}$  → Fuerza magnética.

$q$  → Carga.

$\vec{E}$  → Campo eléctrico.

$\vec{v}$  → Velocidad de la carga.

$\vec{B}$  → Densidad de flujo magnético.

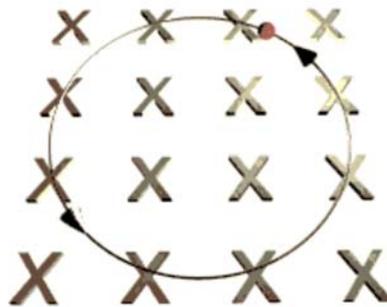


Figura 1.8 Carga en movimiento en un punto en el espacio.

Fuente: <http://ing.unne.edu.ar/pub/fisica3>

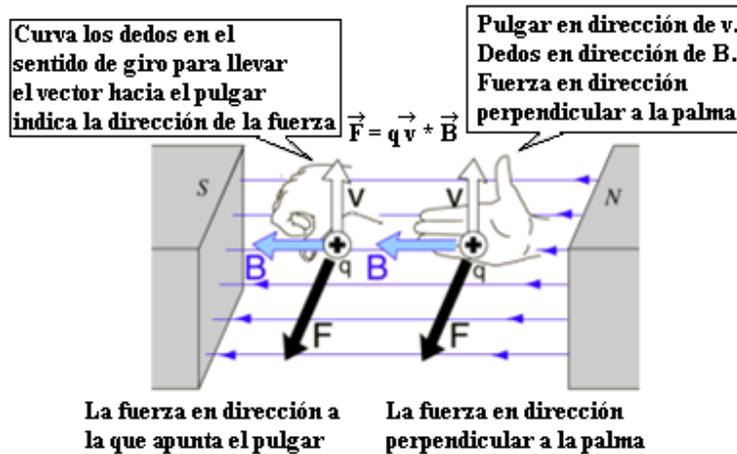


Figura 1.9 Regla de la mano derecha.

Fuente: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu>

### 1.3.2.2 LEY DE BIOT-SAVART.

El campo magnético es inducido por una carga eléctrica en movimiento y es

proporcional al valor de la carga eléctrica y su velocidad e inversamente proporcional a la distancia que la separa.

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{r^2} d\vec{l} \times \hat{r}.$$

Dónde:

$d\vec{B}$  → Vector de campo magnético.

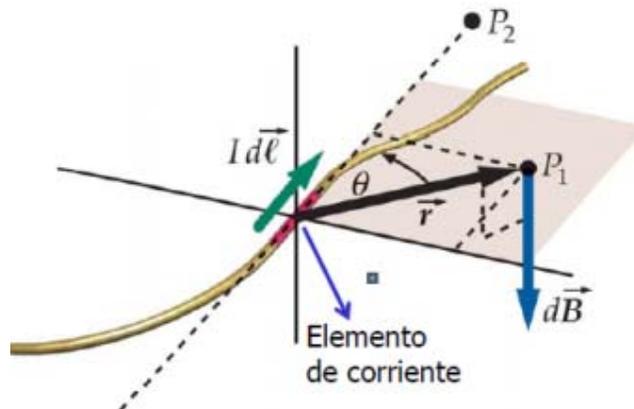
$\frac{\mu_0}{4\pi}$  → Donde  $\mu_0$  es una constante.  $\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \text{ Tm/A}$

$I$  → Corriente en el elemento.

$r^2$  → Distancia del conductor al punto.

$d\vec{l}$  → Elemento corto de un conductor por el que circula corriente.

$\hat{r}$  → Vector unitario.



**Figura 1.10** Campo magnético debido a corriente.

**Fuente:** <http://ing.unne.edu.ar/teo4.pdf>

Es decir, Biot-Savart encontró una relación entre el la densidad de flujo magnético y la corriente, es así que planteando y resolviendo matemáticamente<sup>47</sup> la ecuación anterior tenemos:

<sup>47</sup>SEARS, Zemansky, YOUNG, Freedman, Op. cit.p963.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$

### 1.3.3 LÍNEAS DE CAMPO MAGNÉTICO.

Con las líneas de campo magnético podemos representar cualquier campo magnético, al igual que el campo eléctrico se trazan líneas de modo que en un punto cualquiera sea tangente al vector  $\vec{B}$  en tal punto. Si dos líneas están muy cercanas la magnitud del campo es grande o viceversa, las líneas convergen donde la fuerza magnética es mayor y se separan donde es más débil, las líneas nunca se cortan, la dirección del campo magnético en cada punto es único. Las líneas salen del polo norte y se dirigen al polo sur.

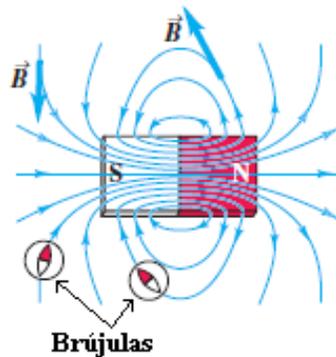


Figura 1.11 Líneas de campo magnético.

Fuente: Sears Zemansky, Young Freedman, 2009.

### 1.3.4 FLUJO MAGNÉTICO.

Al igual que el campo eléctrico el flujo magnético representa el número de líneas que atraviesan una superficie en dirección de un vector que la represente. Se lo puede representar en forma escalar:

$$\Phi_B = B * S * \cos\alpha$$

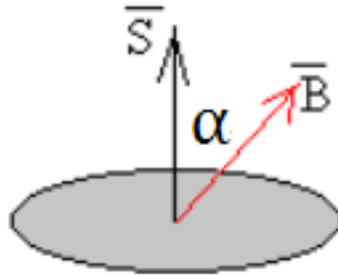
Dónde:

$\Phi_B$  → Flujo magnético.

B → Densidad de flujo magnético.

$S$  → Superficie

$\alpha$  → Ángulo entre la dirección de  $\vec{B}$  y una recta perpendicular a la superficie.



**Figura 1.12** Superficie y Campo magnético vectores del flujo magnético.

**Fuente:** <http://web.educastur.princast.es>

Si el campo no es constante o la superficie no es plana se representa con la siguiente expresión:

$$\Phi_B = \int B_{\perp} dA = \int B \cos \alpha dA = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

La unidad del flujo magnético en el S.I (Sistema Internacional de Unidades) es igual que el campo magnético Tesla por la unidad de área, a esta unidad se la denomina weber ( $Wb$ ):

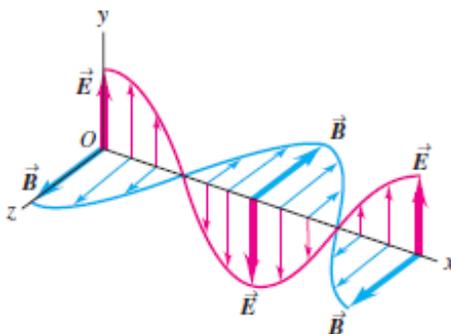
$$1Wb = 1 Tm^2$$

#### 1.4 CAMPO ELECTROMAGNÉTICO.

Los campos electromagnéticos (CEM) ocurren en la naturaleza y por lo tanto siempre han estado presentes en la tierra. Sin embargo, durante el siglo XX, la exposición ambiental a fuentes de los campos electromagnéticos hechas por el hombre, se ha incrementado sin parar, debido a la demanda de la electricidad.

La presencia de líneas de distribución en zonas residenciales ha hecho que surjan cuestionamientos y preocupaciones sobre los riesgos que pueden tener la gente ante la emisión de campos electromagnéticos, siendo más exactos de baja frecuencia 50 y 60 Hz.

Todos estamos expuestos a una mezcla compleja de campos eléctricos y magnéticos a muchas frecuencias diferentes, en el hogar y en el trabajo.



**Figura 1.13** Onda Electromagnética.

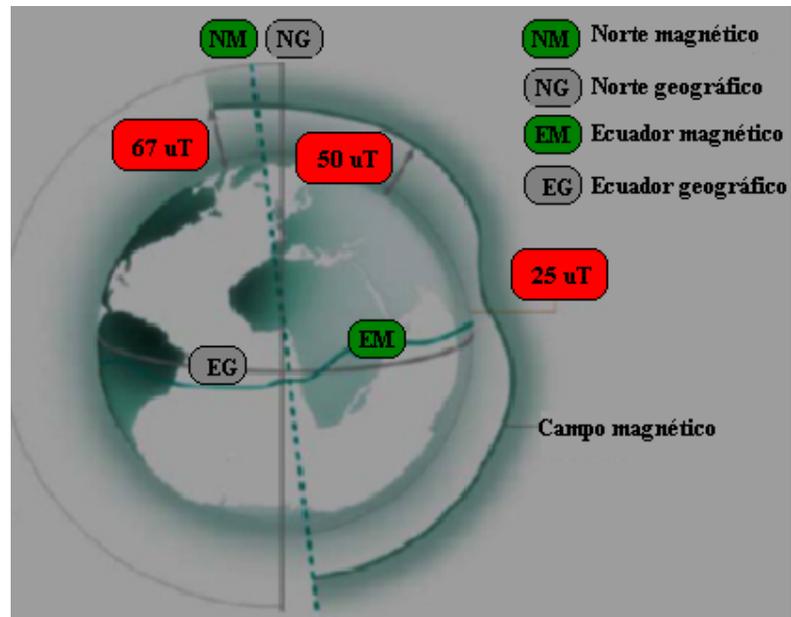
**Fuente:** Sears Zemansky, Young Freedman, 2009.

Los campos electromagnéticos son un tema de gran interés, no sólo para la comunidad científica o para la industria, sino también para el público en general, puesto que desde hace unos años se viene manteniendo un debate importante acerca de si el aumento progresivo y descontrolado de los niveles de radiaciones electromagnéticas en nuestro entorno supone o supondrá un riesgo para la salud humana.

#### 1.4.1 CAMPO ELECTROMAGNÉTICO NATURAL.

El medio en que vivimos, los campos electromagnéticos generados por fuentes naturales invisibles para el ojo humano. Entre los cuales se producen campos eléctricos por la acumulación de cargas eléctricas en determinadas zonas de la atmósfera por efecto de las tormentas. El campo magnético terrestre provoca la orientación de las agujas de los compases en dirección Norte-Sur y los pájaros, los peces lo utilizan para orientarse.

El campo electromagnético de la tierra está comprendida entre las frecuencias de 0 y 30 Hz y durante un clima calmado el campo eléctrico en la tierra oscila entre 100 y 150 V/m. El campo eléctrico y magnético estático natural de la Tierra (25  $\mu\text{T}$  en el Ecuador geográfico y 67  $\mu\text{T}$  en los polos), los rayos X y gamma provenientes del espacio y los rayos infrarrojos y ultravioletas que emite el Sol, sin olvidar de que la propia luz visible es una radiación electromagnética.



**Figura 1.14** Valores típicos de campos magnéticos naturales producidos por nuestro planeta.

Fuente: Wikipedia.

#### 1.4.2 CAMPO ELECTROMAGNÉTICO GENERADO POR EL HOMBRE.

El desarrollo de la humanidad se ha traducido en un avance de la tecnología y con ello un aumento de los campos electromagnéticos debido a la demanda de electricidad.

Además de las fuentes naturales, en el espectro electromagnético hay también fuentes generadas por el hombre. Para diagnosticar la rotura de un hueso por un accidente deportivo, se utilizan los rayos X. Además, diversos tipos de ondas de radio de frecuencia más alta se utilizan para transmitir información, ya sea por medio de antenas de televisión, estaciones de radio o estaciones base de telefonía móvil.

Finalmente, la electricidad con sus instalaciones de transmisión y de distribución son principales fuentes de campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja.

En el interior de las viviendas, tomando en cuenta la presencia de los electrodomésticos comúnmente utilizados, los campos eléctricos y magnéticos no

suelen sobrepasar los 500 V/m y los 150  $\mu\text{T}$ <sup>48</sup> respectivamente. Mientras que en un ambiente laboral, los técnicos que mantienen las líneas de transmisión y distribución pueden estar expuestos a campos mucho más intensos en el orden de 25 KV/m y 2 mT.

### **1.4.3 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICA**

El espectro electromagnético es el conjunto de todas las formas de energía radiante, que cubre una enorme gama de frecuencias que se expresan en ciclos por segundo (Hertz, Hz). La energía eléctrica de 60 Hz, está dentro del espectro de frecuencias extremadamente bajas, que son las de menos de 3000 Hz. Mientras más alta es la frecuencia, más corta es la distancia entre una onda y la siguiente mayor cantidad de energía posee el campo.

---

<sup>48</sup>Valores establecidos por la OMS en su publicación sobre “Los campos electromagnéticos y la salud pública: las frecuencias extremadamente bajas (ELF)”.

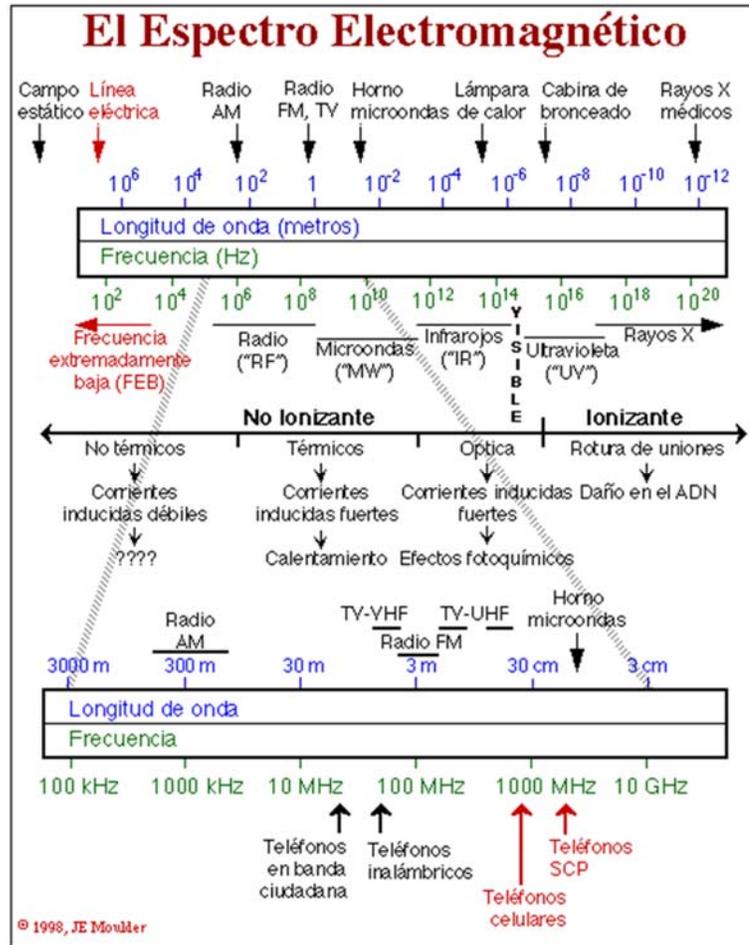


Figura 1.15 Espectro Electromagnético.

Fuente: Moulder John, 1998<sup>49</sup>.

Una onda electromagnética está formada por paquetes muy pequeños de energía llamados fotones. La energía de cada fotón es directamente proporcional a la frecuencia de la onda, cuando más alta es la frecuencia, mayor es la cantidad de energía contenida en cada fotón. La energía de un fotón viene dada por:

$$Q = h * f$$

Dónde:

Q → Energía del fotón (J).

<sup>49</sup>MOULDER, John, *Campos electromagnéticos y salud humana* Medical College of Wisconsin, 1998.

$h \rightarrow$  Constante de Plank =  $6.63 \cdot 10^{-34}$  (J\*seg).

$f \rightarrow$  Frecuencia de la radiación (Hz)

La energía del fotón es un factor de riesgo importante, ya que de él dependerá su capacidad de alterar la materia, o sea, el tipo de efecto que puede ocasionar, cuando interaccione con ella.

#### **1.4.4 RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA**

Siempre han existido radiaciones electromagnéticas actuando sobre la corteza terrestre, si bien al proceder de fenómenos naturales sus efectos sobre los seres humanos no son excesivamente apreciables debida a las radiaciones electromagnéticas producidas al generar, transmitir u operar con altas corrientes eléctricas en este tipo de instalaciones.

Las radiaciones electromagnéticas son una forma particular de propagación de energía que tiene su origen en cambios del nivel energético a nivel atómico o molecular.

Las radiaciones electromagnéticas se caracterizan por su frecuencia de vibración o por su longitud de onda.

##### **1.4.4.1 FRECUENCIA.**

Es simplemente el número de oscilaciones de la onda por unidad de tiempo o ciclos por segundo, medido en múltiplos de un hertzio.

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ ciclo por segundo}$$

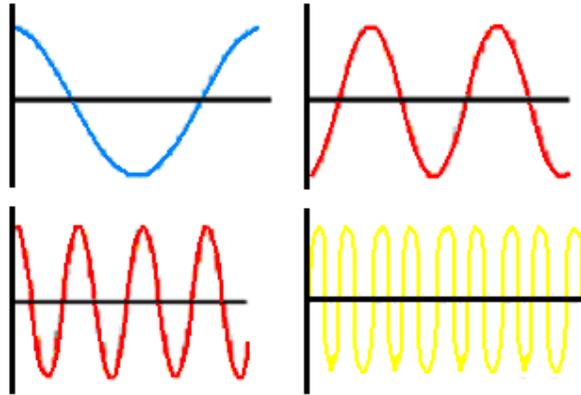


Figura 1.16 Tipos de frecuencias.

Fuente: Los autores.

#### 1.4.4.2 LONGITUD DE ONDA ELECTROMAGNÉTICA.

Se refiere a la distancia entre dos crestas o dos valles consecutivos de la onda (máximos o mínimos).

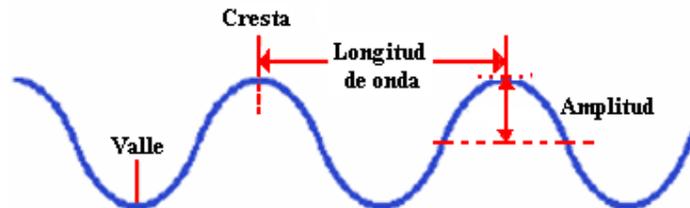


Figura 1.17 Longitud de onda.

Fuente: Los autores.

Por consiguiente, la longitud de onda y la frecuencia están inseparablemente ligadas: cuanto mayor es la frecuencia, más corta es la longitud de onda. Se relaciona con la frecuencia y la velocidad por la expresión:

$$v = f \times \lambda$$

Dónde:

$\lambda$  → longitud de onda electromagnética, se expresa en metros (m).

$v$  → en el espacio libre, la velocidad de una onda electromagnética es igual a la velocidad de la luz.

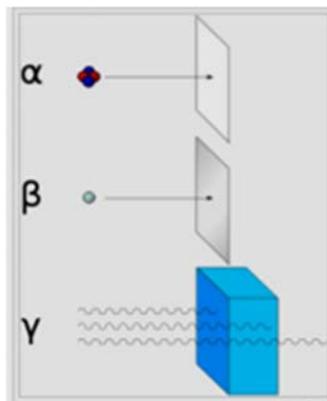
F→ frecuencia.

### 1.4.5 TIPOS DE RADIACIÓN

La forma más conocida de energía electromagnética es la luz del sol. Las ondas electromagnéticas de baja frecuencia se denominan “campos electromagnéticos”, y las de muy alta frecuencia, “radiaciones electromagnéticas”. Según sea su frecuencia y energía las radiaciones más energéticas, las de mayor frecuencia, pueden ocasionar la fragmentación de los átomos (ionización) en este caso se habla de radiaciones ionizantes (RI) y las radiaciones no ionizantes (RNI), es decir, las que no tienen suficiente energía para ionizar la materia, a continuación se mencionará a cada una de ellas.

#### 1.4.5.1 RADIACIÓN IONIZANTE

Las Radiaciones Ionizantes son aquellas radiaciones, de frecuencia muy alta (mayor que  $10^{15}$  Hz), que tiene la energía suficiente para producir ionización, rompiendo los enlaces atómicos que mantienen unidas las células. Estas radiaciones al interactuar con la materia producen ionización dando lugar a la aparición de uno o varios electrones y a un ion positivo, químicamente activos, por lo que pueden provocar reacciones y cambios químicos en el material con el que interactúan.



**Figura 1.18** Representación de radiación ionizante con un fotón.

**Fuente:** Wikipedia.<sup>50</sup>

<sup>50</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Radiación\\_ionizante](http://es.wikipedia.org/wiki/Radiación_ionizante).

Las procedentes de fuentes de radiaciones ionizantes que se encuentran en la corteza terráquea de forma natural, pueden clasificarse como compuesta por partículas alfa, beta, rayos gamma o rayos X.

Son aquellas capaces de producir en las células un daño grave e irreversible, debido a su poder de disociar ciertos elementos celulares, permaneciendo los efectos perjudiciales en el organismo, mucho tiempo después de la exposición.



**Figura 1.19** Alerta de Radiación Ionizante.

**Fuente:** Castro Juan, 2001.<sup>51</sup>

#### 1.4.5.2 RADIACIÓN NO IONIZANTE

Se entiende por radiación no ionizante aquella onda o partícula, de frecuencia menor, cuya energía no es suficiente para producir rotura de enlaces atómicos; no obstante, pueden producir otros efectos biológicos. Los campos electromagnéticos son fenómenos naturales como las galaxias, el sol, las estrellas emiten radiación de baja densidad, y en la atmósfera existen cargas eléctricas que generan campos magnéticos a los que estamos sometidos permanentemente y que se hacen mucho más intensos, p.ej., durante las tormentas eléctricas.



**Figura 1.20** Alerta de Radiación No-Ionizante.

**Fuente:** Castro Juan, 2001.<sup>52</sup>

---

<sup>51</sup>CASTRO, Juan Antonio, *Las Radiaciones No-Ionizantes y sus efectos en los Seres Humanos*, Dpto. Electricidad y Electrónica. Módulo 1, 2001, p 2.

<sup>52</sup> Ídem, p 2.

Este rango tan amplio de frecuencias se divide en bandas, cada una de las cuales recibe un nombre. El espectro de radiaciones no ionizantes comprende desde la Radiaciones ELF (radiaciones de extremadamente baja frecuencia) hasta las radiaciones ultravioleta de 180 nano metros de longitud de onda 1,66 PHz.

En orden decreciente de frecuencias, o sea de mayor a menor energía del fotón, a continuación se describen las tres grandes regiones del espectro en la que se dividen estas radiaciones, comenzando por las más energéticas:

- a) *Radiaciones ópticas:* que tienen longitudes de onda comprendidas entre 10 nm y 1 mm y que están formadas por radiación ultravioleta ( $10 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$ ), luz visible ( $400 \text{ nm} < \lambda < 760 \text{ nm}$ ) y rayos infrarrojos ( $760 \text{ nm} < \lambda < 1 \text{ mm}$ ).
- b) *Microondas:* cuyas frecuencias están comprendidas entre 300 MHz y 300 GHz.
- c) *Radio Frecuencia y campos casi-estáticos:* La radiofrecuencia comprende las radiaciones cuya frecuencia está comprendida entre 3 KHz y 300 KHz y cuyos efectos se deben fundamentalmente a tres factores: resonancia, calentamiento y quemaduras o descargas eléctricas. Los campos casi-estáticos son los correspondientes a frecuencias muy bajas, inferiores a 3 KHz. En este caso, los efectos pueden estudiarse separando el campo eléctrico del magnético. La siguiente tabla muestra los límites de frecuencia<sup>53</sup>.

**Tabla 1:** Límites de frecuencia.

Clasificación	Aplicaciones	Rango de frecuencias
Campos Estáticos (CE)		0 Hz
Frecuencia Extremadamente	Técnicas de audio	0 a 300 Hz

<sup>53</sup>Conceptos Teóricos, “Ondas de muy Baja Frecuencia y de Radio Frecuencia”, Unidad #3, Radiaciones No-Ionizantes 2009, p 9.

Baja ( ELF)	Transporte de energía eléctrica	
Frecuencia Muy Baja (VLF)	Monitores de computadora Radio difusión Radio navegación	0,3 a 30 KHz
Frecuencia Baja (LF)	Calentamiento por inducción	30 a 300 KHz
Frecuencia Media (MF)	Radio AM Pantallas y monitores Comunicaciones marinas y aeronáuticas	0,3 a 3 MHz
Frecuencia Alta (HF)	Radio Onda Corta	3 a 30 MHz
Frecuencia Muy Alta (VHF)	Soldadura de plásticos Diatermia Radio FM Estaciones de televisión	30 a 300 MHz

Los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia extremadamente baja (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF) abarcan el intervalo de frecuencia por encima de los campos estáticos ( $> 0$  Hz) hasta los 30 kHz. La ELF se considera comprendida en el intervalo de frecuencia de 0 a 300 Hz y la VLF en el intervalo de 300 Hz a 30 kHz. En el intervalo de frecuencia  $> 0$  a 30 kHz, las longitudes de onda varían entre  $\infty$  (infinito) y 10 km, por lo que los campos eléctricos y magnéticos actúan de forma esencialmente independiente entre sí y deben tratarse por separado.

#### 1.4.5.2.1 MAGNITUD Y UNIDAD DE MEDIDA.

Las radiaciones electromagnéticas están determinadas por la intensidad de la radiación, que normalmente se indica mediante la densidad de potencia de la

radiación o irradiación, que es el flujo de energía por unidad de tiempo y de superficie que transporta la radiación.

El flujo radiante que incide sobre la unidad de superficie, en el caso de las radiaciones no ópticas recibe el nombre de densidad de potencia (S) de la radiación, la unidad es el W / m<sup>2</sup>, es la magnitud más utilizada para evaluar la exposición a radiaciones.

Es importante tener presente que las radiaciones no ionizantes existe un umbral de intensidad por debajo del cual no aparecen los efectos perjudiciales en las personas expuestas a esa intensidad de radiación, en otras palabra, es posible definir valores limites de exposición en el sentido habitual del término.

En un punto alejado de la fuente de radiación los campos eléctrico y magnético que constituyen la radiación son perpendiculares a la dirección de propagación y se cumplen relaciones sencillas entre las intensidades de cada uno de ellos y la densidad de potencia de la radiación.

$$S = \frac{E^2}{120 * \pi} = H^2 * 120 * \pi^{54}$$

Dónde:

S → Densidad de Potencia  $\left(\frac{W}{m^2}\right)$

E → Intensidad de Campo Eléctrico  $\left(\frac{V}{m}\right)$

H → Intensidad de Campo Magnético  $\left(\frac{A}{m}\right)$

120\*π → es la impedancia espacial del aire.

Esta relación indica que en el campo lejano es suficiente conocer la intensidad de uno de los campos para caracterizar completamente una radiación.

---

<sup>54</sup> COMISIÓN INTERNACIONAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES NO-IONIZANTES. Recomendaciones para Limitar la Exposición a Campos Eléctricos, Magnéticos y Electromagnéticos (Hasta 300 GHz) 1998, p 3.

Esta relación es general para cualquier radiación electromagnética, pero en la práctica sólo se hace uso de ella en el caso de las radiaciones no ópticas.

#### 1.4.5.2.2 CAMPOS MAGNÉTICOS Y ELÉCTRICOS ESTÁTICOS Y RADIACIÓN DE EXTREMADAMENTE BAJA FRECUENCIA (< 30 KHZ).

Teniendo en cuenta la relación existente entre frecuencias y longitud de onda, la radiación de extremadamente baja frecuencia (ELF) tiene una longitud de onda muy elevada (superior a 10 Km para frecuencias inferiores a 30 KHz), en estas condiciones la exposición laboral siempre ocurrirá en la zona de radiación próxima a la fuente y los efectos de la exposición deben considerarse independientemente para los campos magnético y eléctrico.

En este rango de frecuencias no es habitual medir o expresar los límites en unidades de Intensidad de Campo Magnético sino de la densidad de flujo magnético que se representa por B y se mide en T (Tesla). La densidad de flujo magnético equivale al producto de la Intensidad del Campo por la permeabilidad magnética del medio.

$$B = \mu_0 * H^{55}$$

Dónde:

B → Densidad de flujo magnético (T)

$\mu_0$  → Permeabilidad del medio  $\left(400 * \pi * 10^{-9} \frac{Tm}{A}\right)$  para el aire o el cuerpo humano.

H → Intensidad de Campo Magnético  $\left(\frac{A}{m}\right)$

En el rango de los campos de extremadamente baja frecuencia (ELF) se considera comprendida en el intervalo de frecuencia de 0 a 300 Hz, los campos eléctricos y magnéticos de origen natural tienen intensidades muy bajas, del orden de 0,0001 V/m y 0,00001  $\mu$ T, respectivamente.

---

<sup>55</sup>Ídem, p 3.

La exposición de las personas a los campos de extremadamente baja frecuencia (ELF) proviene en su mayoría de la generación, transmisión y utilización de la energía eléctrica en las líneas eléctricas.

#### **1.4.5.2.3 CAMPO DE MUY BAJA FRECUENCIA.**

En el rango de campo muy baja frecuencia (VLF, de Very Low Frequency), que se encuentra comprendido entre los 300 Hz y 30 KHz, las ondas electromagnéticas pueden llegar a travesar unas pocas decenas de metros de agua salada. Los campos de VLF más débiles que emiten los monitores de visualización y los televisores, radio navegación y los enlaces de radio a gran distancia.

#### **1.4.6 CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN**

Como sabemos toda carga eléctrica genera un campo eléctrico y toda carga eléctrica en movimiento un campo magnético, por lo que las líneas de distribución son una fuente de constante emisión electromagnética, estos campos oscilan entre 50 Hz o 60 Hz y están en la parte final baja del espectro electromagnético y se refiere a los campos de extremadamente baja frecuencia (ELF).

Así, las líneas eléctricas generan campo eléctrico cuando los cables conductores son sometidos a una determinada tensión, y un campo magnético cuando fluye por ellos una corriente eléctrica.

##### **1.4.6.1 CABLEADO DOMÉSTICO Y DISPOSITIVOS**

El campo eléctrico producido por cualquier fuente exterior a una casa sufre una atenuación considerable por la estructura de ésta. La mayoría de los materiales de construcción son lo suficientemente conductores para apantallar campos.

Sin embargo, dentro de los hogares, hay fuentes de campo eléctrico que también lo son de campo magnético, como la televisión, la lavadora, el frigorífico, etc. El cableado (los cables que conforman la instalación eléctrica) en un hogar también

produce campos eléctricos y magnéticos que lógicamente son de mayor magnitud en la cercanía de éstos, pero que también pueden alcanzar valores considerables en el volumen que abarca la casa.

El campo eléctrico producido por este cableado depende en parte de su instalación; por ejemplo, el cableado instalado utilizando conductos metálicos produce campos eléctricos de muy baja intensidad, o los campos producidos por cables instalados en el interior de las paredes sufren una atenuación significativa, en función de los materiales de ésta.

Cualquier dispositivo alimentado con energía eléctrica produce campos eléctricos a la frecuencia de alimentación de 50-60 Hz cuando están conectados y cuando no están funcionando, al contrario que los campos magnéticos, que se producen únicamente cuando existe un flujo de corriente. Con los campos eléctricos, excepto en hogares que se encuentran muy cerca de fuentes generadoras de campos eléctricos intensos, no existe un campo eléctrico significativo en el entorno externo al hogar. Por tanto, el campo eléctrico de las fuentes interna puede no ser despreciable, aunque sí es más pequeño conforme se aumenta la distancia a la fuente, en comparación con el campo magnético.

Ya que los campos eléctricos se perturban fácilmente por los objetos conductores, los campos dentro del volumen de una habitación raramente son uniformes o de poca variabilidad.

#### **1.4.6.2 DISPOSITIVOS Y APLICACIONES ELÉCTRICAS**

La fuente común de campo magnético dentro de un hogar no es el cableado fijo de la casa, sino los dispositivos eléctricos que hay en ella. Los campos magnéticos de estos equipos se producen por las corrientes eléctricas consumidas por los mismos. Muchos de éstos contienen motores, transformadores, etc. y su funcionamiento depende del campo magnético creado, además, de forma deliberada. El campo magnético emitido por estas fuentes dependerá del diseño, por ejemplo si es de bajo coste, será mayor. De esta forma, podemos decir que los campos magnéticos más

intensos se producen por equipos pequeños y baratos; como ejemplos, podemos nombrar las máquinas de afeitar eléctricas, aspiradoras, etc.

**Tabla 2:** Campo magnético generado por equipos eléctricos<sup>56</sup>.

Campo magnético generado por distintas aplicaciones eléctricas, de 50 y 60 Hz					
Fuente Localización		Densidades de flujo magnético ( $\mu\text{T}$ )			
		60 Hz a 30 cm		50 Hz a 50 cm	
		Media	Rango	Campo Calculado	Desviación Estándar
Cuarto de baño	Secadores de pelo	1	Bg*-7	0.12	0.1
	Máquinas de afeitar eléctricas	2	Bg-10	0.84	
	Duchas eléctricas			0.44	0.75
	Módulos de afeitar			1.24	0.27
Cocina	Batidoras	1	0.5-2	0.97	1.05
	Abridores de lata	15	4.0-30	1.33	1.33
	Máquinas de café	Bg	Bg-0.1	0.06	0.07
	Lavavajillas	1	0.6-3	0.8	0.46
	Robot de cocina	0.6	0.5-2	0.23	0.23
	Hornos microondas	0.4	0.1-20	1.66	0.63
	Hornos eléctricos	0.4	0.1-0.5	0.39	0.23
	Frigorífico	0.2	Bg-0.2	0.05	0.03
	Congelador			0.04	0.02

<sup>56</sup> <http://www.who.int>, *Los campos electromagnéticos y la salud pública*, Bg: “back ground fiel”, nivel de fondo. Indica que al encender el dispositivo la medida no vario respecto al campo previo medido.

	Tostador	0.3	Bg-0.7	0.09	0.08
	Cuchillos eléctricos			0.12	0.05
	Licuadoras			0.29	0.35
	Teteras eléctricas			0.26	0.11
	Ventilador extractor			0.5	0.93
	Extractor de cocina			0.26	0.10
	Hornilla			0.08	0.05
<b>Lavandería</b>	Secadoras de ropa	0.2	Bg-0.3	0.34	0.42
	Lavadoras	0.7	0.1-3	0.96	0.56
	Planchas	0.1	0.1-0.3	0.03	0.02
	Calentadores	2	0.1-4	0.22	0.18
	Aspiradoras	6	2--20	0.78	0.74
	Calderas			0.27	0.26
	Temporizadores de calefacción			0.14	0.17
<b>Sala de estar</b>	Televisiones	0.7	Bg-02	0.26	0.11
	Videos			0.06	0.05
	Bombas de acuarios			0.32	0.09
	Radio cassette	Bg	Bg-0.1	0.24	
	Sistemas de audio			0.08	0.14
	Radios			0.06	0.04
	Reloj de alarma		0-50	0.05	0.05

<b>Oficina</b>	Filtros de aire	3.5	2.0-5.0		
	Fotocopiadoras	2	0.2-4		
	Fax	Bg	Bg-0.2		
	Tubos fluorescentes	0.6	Bg-3		
	Monitores	0.5	0.2-0.6	0.14	0.07
<b>Herramientas</b>	Cargadores	0.3	0.2-0.4		
	Taladros	3	2--4		
	Motosierras	4	0.9-30		
<b>Miscelánea</b>	Bombas de calor			0.51	0.47
	Alarmas antirrobo			0.18	0.11

Ya que la intensidad del campo magnético disminuye con la distancia, la exposición al mismo no va a depender sólo de la magnitud del campo producido por el dispositivo en cuestión, sino de su forma de manejo (y por tanto de la distancia de trabajo). En la Tabla 2 se muestran los niveles de campo típicos para diferentes dispositivos.

#### 1.4.6.3 CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR LÍNEAS DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

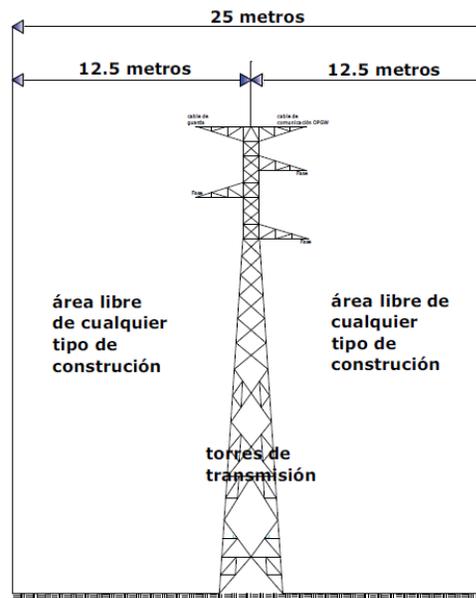
El campo magnético producido por una línea de transporte de energía depende de varios factores:

- Número de conductores que la forman.
- El modo de transporte de esas corrientes.

- La separación de los conductores: la distancia de separación es necesaria para evitar posibles arcos eléctricos entre conductores adyacentes, donde además hay que considerar un posible desplazamiento de los mismos debido al viento.
- La posición relativa de múltiples circuitos: suponiendo que las tres fases de un circuito están ordenadas de la forma a-b-c de arriba a abajo; si un segundo circuito se encuentra ordenado de igual manera, ambos circuitos producirán campos magnéticos que se encuentran alineados entre sí, y por tanto se refuerzan mutuamente. Sin embargo, si el segundo circuito sigue la secuencia opuesta, es decir, c-b-a, el campo magnético se producirá en el sentido contrario, resultando una cancelación parcial de los campos de ambos circuitos. Este ordenamiento de fases se conoce como fases rotadas o invertidas.
- Las corrientes portadas por la línea. Se ha de tener en cuenta: La corriente demandada por la carga. Cualquier desequilibrio en el balance entre corrientes.
- Cualquier corriente que circule por el conductor de tierra o por la propia tierra.
- La altura de los conductores sobre el suelo: la distancia mínima permitida para una tensión de línea dada se determina generalmente para garantizar que no se formen arcos eléctricos entre la línea y objetos a nivel del suelo.
- Franja de servidumbre: es la proyección sobre el suelo de la faja ocupada por los conductores más la distancia de seguridad; de acuerdo a lo establecido por el Ministerio de Energía y Minas en cada Resolución de Imposición de Servidumbre, de conformidad con la legislación, códigos y normas técnicas vigentes en la fecha en que las líneas fueron construidas. Como indica la tabla 3:

**Tabla 3:** Ancho mínimo de franja de servidumbre.

Tensión nominal de la línea (KV)	Ancho (m)
10 - 15	6
20 - 36	11
50 - 70	16
115 - 145	20
220	25
500	64



**Figura 1.21** Distancias y criterios de seguridad para líneas eléctricas.

**Fuente:** Reglamento de servidumbre.<sup>57</sup>

En la figura 1.21 se ilustra los límites de seguridad y la distancia mínima de ancho de servidumbre.

<sup>57</sup> Reglamento de servidumbre para las autoridades de energía eléctrica, Energía eléctrica de Puerto Rico.

## CAPÍTULO II: NORMATIVAS

### 2.1 COMISIÓN INTERNACIONAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES NO-IONIZANTES. (ICNIRP)

La Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) es una entidad dedicada a investigar los peligros que pueden ser asociados con las diferentes formas de Radiación No Ionizante (RNI) y además desarrollan recomendaciones internacionales sobre los límites de exposición, trata todos los aspectos sobre protección contra las Radiación No Ionizante (RNI) y los efectos biológicos por la exposición a campo eléctrico y magnético estático y frecuencia extremadamente baja (ELF).

Uno de los principales objetivos de la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) es publicar recomendaciones y proveer protección contra efectos de la Radiaciones No Ionizante (RNI) en la salud y bienestar humano, además proporcionar asesoría basada científicamente, este organismo no aborda temas social, político o económico.

#### 2.1.1 IMPLEMENTACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES.

La Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), para establecer los límites de exposición recomendados tiene la necesidad de reconciliar las diferentes opiniones de científicos. La validez de los reportes científicos tiene que ser considerados y las extrapolaciones de experimentos en animales a efecto en los seres humanos tienen que ser realizada. Las restricciones en estas recomendaciones fueron basadas solamente en datos científicos, el conocimiento disponible a la fecha, sin embargo se debe indicar que dicha restricciones proveen un adecuado nivel de protección de la exposición a campo electromagnético variables en el tiempo.

##### 2.1.1.1 RESTRICCIONES BÁSICAS.

Estas restricciones se refieren a exposición de campo eléctrico, magnético y electromagnético variables en el tiempo que están basados directamente en los efectos en la salud, todo esto dependiendo de la frecuencia de campo, las cantidades

físicas usadas para especificar estas restricciones son la densidad de corriente (**J**), la tasa de absorción específica de energía (SAR), y la densidad de potencia (**S**), solo la densidad de potencia en aire, fuera del cuerpo, puede ser rápidamente medida en individuos expuesto<sup>58</sup>.

#### **2.1.1.2 NIVELES DE REFERENCIA.**

Estos niveles son proporcionales para propósitos de evaluar en forma práctica las exposiciones para determinar si es probable que las restricciones básicas relevantes usando técnicas de medición y/o computacionales y alguna está basada en percepciones y efectos indirectos adversos por la exposición a los campos electromagnéticos.

Las cantidades derivativas son la intensidad de campo eléctrico (**E**), intensidad de campo magnético (**H**), densidad de flujo magnético (**B**), densidad de potencia (**S**) y las corrientes que fluyan por las extremidades. Las cantidades que están dirigidas a la percepción y otros efectos indirectos son las de corriente de contacto y para campos pulsantes, la absorción de energía específica. En cualquier exposición particular, los valores medidos o calculados de cualquiera de estas cantidades pueden ser comparados con el nivel de referencia apropiado<sup>59</sup>.

Respetar las presentes recomendaciones puede no necesariamente excluir interferencias con o efectos sobre dispositivos médicos como prótesis metálicas, marcapasos y desfibriladores cardiacos e implante cocleares. La interferencia con marcapasos puede ocurrir a niveles por debajo de los niveles de referencia recomendado.

Un resumen general de los CEM y cantidades dosimétricas y unidades usadas en estas recomendaciones es proporcionada en la Tabla 4<sup>60</sup>.

---

<sup>58</sup>COMISIÓN INTERNACIONAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES NO-IONIZANTES(ICNIRP). Recomendaciones para Limitar la Exposición a Campos Eléctricos, Magnéticos y Electromagnéticos (Hasta 300 GHz) 1998, p 2.

<sup>59</sup>ICNIRP. Op. Cit. p 2.

<sup>60</sup>ICNIRP. Op. Cit. p 4.

**Tabla 4:** Cantidades eléctricas, magnéticas, electromagnéticas y dosimétricas y las unidades S.I relativas a la propagación de CEM

Cantidad	Símbolos	Unidades
Conductividad	$\delta$	Siemens por metro [S/m]
Corriente	I	Amperio [A]
Densidad de corriente	J	Amperio por metro cuadrado [A/m <sup>2</sup> ]
Frecuencia	f	Hertzio [Hz]
Campo eléctrico	E	Voltio por metro [V/m]
Campo magnético	H	Amperio por metro [A/m]
Densidad de flujo magnético	B	Tesla [T]
Permeabilidad magnética	$\mu$	Henrio por metro [H/m]
Permitividad	e	Faraday por metro [F/m]
Densidad de potencia	S	Vatio por metro cuadrado [W/m <sup>2</sup> ]
Absorción específica de energía	SA	Julio por kilogramo [J/kg]
Tasa de absorción específica de energía	SAR	Vatio por kilogramo [W/kg]

### 2.1.1.3 CANTIDADES Y UNIDADES.

Mientras que los campos eléctricos están asociados solamente con la presencia de la carga eléctrica, los campos magnéticos son el resultado del movimiento físico de las cargas eléctricas (corriente eléctrica).

Un campo eléctrico **E** ejerce fuerzas sobre una carga eléctrica y se expresa en voltios por metro (V / m). Similarmente los campos magnéticos pueden ejercer fuerzas en las cargas eléctricas; pero solamente cuando las cargas están en movimiento.

Los campos eléctricos y magnéticos tienen magnitud y dirección (son vectores), un campo magnético puede ser especificado en dos formas como densidad de flujo magnético **B**, expresado en teslas (T), o como intensidad de campo magnético **H**, expresado en amperios por metro (A / m), las dos cantidades están relacionadas por:

$$B = \mu_0 * H^{61}$$

Dónde:

$\mu_0 \rightarrow$  es la constante de proporcionalidad (la permeabilidad magnética); en el vacío o en el aire, así como también los materiales no magnéticos (incluyendo materiales biológicos)  $\mu_0 = 400 \pi 10^{-9}$  (H/m).

Otra unidad utilizada especialmente en el ámbito estado unidense es el Gauss (G), siendo  $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$  ( $1 \mu\text{T} = 10 \text{ mG}$ ). Aunque los parámetros comentados son magnitudes vectoriales, para el tema aquí tratado es suficiente con distinguir la amplitud, la frecuencia, los valores máximos, etc.

En la región de campo lejano, el modelo de onda plana es una buena aproximación de la propagación del campo electromagnético. Las características de onda plana, son:

- Los frentes de onda tienen una geometría plana.
- Los vectores E, H y la dirección de propagación son mutuamente perpendiculares.
- La fase de los campos E y H son las mismas y el cociente de las amplitudes E/H es constante a través del espacio. En espacio libre, la relación E/H = 377 ohmios que es la impedancia característica del espacio libre.
- La densidad de potencia S, es decir la potencia por unidad de área normal a la dirección de propagación, esta relacionada a los campos eléctricos y magnéticos por la expresión.

$$S = E * H = \frac{E^2}{377} = H^2 * 377^{62}$$

---

<sup>61</sup>ICNIRP. Op. Cit. p 3.

<sup>62</sup>ICNIRP. Op. Cit. p 3.

En la región de campo cercano es más complicada ya que los máximos y mínimos de los campos E y H no ocurren en los mismos puntos a lo largo de la dirección de propagación tal como es en la región de campo lejano.

En la región de campo cercano, la estructura del campo electromagnético puede ser altamente no homogénea y habrá variaciones substanciales de la impedancia de onda plana de 377 ohmios, es decir podría haber campos eléctricos puros en algunas regiones y campos magnéticos puros en otras.

Las exposiciones en el campo cercano son más difíciles de especificar porque se deben medir separadamente el campo eléctrico y el campo magnético, porque los patrones de los campos son mucho más complicados; en esta situación la densidad de potencia ya no es una cantidad apropiada para expresar las restricciones a la exposición (como en el campo lejano).

### **2.1.2 BASES PARA LIMITAR A EXPOSICIÓN**

Para limitar la exposición han desarrollado una revisión exhaustiva de todas las investigaciones científicas publicadas, estas recomendaciones están basadas en efectos inmediatos a la salud provenientes de exposiciones de corto plazo como la estimulación en los nervios periféricos y músculos, choques eléctricos y quemaduras causadas por tocar objetos conductores y la generación de temperatura elevada en los tejidos resultantes de la absorción de energía durante la exposición a campo electromagnético. En caso de efectos a largo plazo el riesgo de cáncer.

### **2.1.3 EFECTOS DE LA RADIACIONES NO IONIZANTES EN LA SALUD**

Hoy en día la información que se posee sobre los efectos biológicos de radiaciones no ionizantes concretamente de los campos magnéticos de muy baja frecuencia puede causar diferentes efectos biológicos, que en algunas circunstancias pueden desembocar en efectos adversos para la salud.

Los efectos biológicos pueden no tener alguna consecuencia adversa o beneficiosa conocida, otro efecto puede producir condiciones patológicas (enfermedades), mientras aun otros efectos biológicos tienen consecuencias beneficiosas para una persona. Las molestias o incomodidades pueden no ser patológicas, pero si se

confirman, pueden afectar el bienestar físico y mental de unas personas y el efecto resultante debe ser considerado como riesgo potencial para la salud.

Datos epidemiológicos<sup>63</sup> sobre efectos cancerígenos y mutagénicos de los campos magnéticos de 60 Hz proporcionan resultados diversos y a veces contradictorios.

## **2.2 ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SALUD (OMS).**

La Organización Mundial de Salud (OMS), es el organismo encargado de orientar y coordinar los estudios científicos, estadísticos y epidemiológicos sobre todo lo que concierne a la protección de la salud y el medio ambiente, generados por principales centros de investigaciones e instituciones científicas en el mundo, a partir de lo cual realiza determinadas recomendaciones.

Con el objeto de asegurar que la exposición humana a los campos electromagnéticos no tenga efectos perjudiciales para la salud, que los equipos generadores de esos campos sean inocuos para la salud, se han adoptado diversas directrices y normas internacionales. Estas normas son elaboradas por científicos calificados que buscan pruebas de la repetición sistemática de efectos perjudiciales para la salud, han analizado todos los estudios y las publicaciones científicas con los resultados de institutos de investigación reconocidos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) encargó a la Comisión Internacional para la Protección de Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP) la elaboración de un conjunto de normas consensuadas para la protección de los ciudadanos ante las radiaciones no ionizantes. Esta comisión publicó sus conclusiones en 1998. Un año después, el Consejo de la Unión Europea (CUE) hizo suyos los criterios y conclusiones de la Comisión Internacional para la Protección de Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP) y promulgó un conjunto de recomendaciones para la protección del público en general ante posibles efectos tóxicos de la exposición a campos electromagnéticos no ionizantes de 0 a 300 GHz (1999/519/CE, DOCE 1999).

---

<sup>63</sup> Viene de Epidemiología, ciencia encargada del estudio de los aspectos ecológicos que condicionan los fenómenos de salud y enfermedad en los grupos humanos. Usa datos y procedimientos estadísticos en su análisis.

La exposición residencial a campos magnéticos a la frecuencia de alimentación eléctrica, 50-60 Hz, no registra grandes variaciones en el mundo (considerando zonas urbanizadas de países desarrollados). La media geométrica del campo magnético en los hogares oscila entre el 0.025 y 0.07  $\mu\text{T}$  en Europa y entre 0.055 y 0.11  $\mu\text{T}$  en Estados Unidos. Los valores medios de los campos eléctricos en el hogar son del orden de varias decenas de voltios por metro. Algunos aparatos eléctricos tienen valores de campo magnético puede llegar a ser de unos cientos de micro teslas. Cerca de las líneas de energía los campos llegan a ser de alrededor de 20  $\mu\text{T}$  y los campos eléctricos de varios miles de voltios por metro.

### **2.3 INSTITUTO DE INGENIEROS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (IEEE).**

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) es una de las organizaciones junto con la Comisión Internacional para la Protección de Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP), en elaboran estándares, recomendaciones y normas de protección contra la radiación no ionizante, a continuación los estándares más importantes para realizar las mediciones de campo electromagnético:

- Standard 644-1994 “IEEE Standard Procedure of Measurements of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Line” (Estándar de Procedimiento para Medición de Campo Eléctrico y Magnético desde Líneas de Transmisión de Corriente Alterna)
- Standard IEEE C95.6-2002 “Niveles de Seguridad con respecto a la exposición humana a campo electromagnético (0-3KHz)”, norma de seguridad en rango de frecuencia de 0 a 30KHz.
- Standard IEEE 1460-1996TM. IEEE Guide for the measurement of Quasi-Static Magnetic and Electric Fields (Guía para la medición de la cuasi-estáticas campos magnéticos y eléctricos).
- Standard IEEE 1308-1994TM. IEEE Recommended Practice for Instrumentation: Specifications for Magnetic Flux Density and Electric Field Strength Meters- 10 Hz to 3 kHz (Práctica Recomendada para la Instrumentación: Especificaciones de la inducción magnética y la intensidad de campo eléctricoMetros 10 Hz a 3kHz).

## 2.4 MINISTERIO DE AMBIENTE ECUADOR.

La Norma Técnica Ambiental elaborada por la Ley de Gestión de Ambiente, conforme lo establece la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y el Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas, público en el registro oficial No. 41, emitido el 14 de Marzo del 2007, el reglamento de Normas Técnicas Ambientales para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental para los Sectores de Infraestructura: Eléctrico, Telecomunicaciones y Transporte (Puertos y Aeropuertos).

Uno de los objetivos principales de este normativo técnico ambiental es establecer las disposiciones que garantizan la salud y seguridad del público en general y trabajadores derivados de la exposición a radiación no ionizantes provenientes de sistemas eléctricos tales como sistemas de generación, transformación, transporte, distribución y utilización de energía eléctrica de frecuencia de 60 Hz y para uso de frecuencia de espectro radioeléctrico (3KHz-300GHz)<sup>64</sup>.

### 2.4.1 NORMATIVAS DE EXPOSICIÓN POR MINISTERIO DE AMBIENTE.

Los niveles de referencia de exposición a campo eléctrico y magnético a frecuencias de 60 Hz, para el público en general y para personas expuestas, dictadas por el Ministerio de Ambiente se tomaron como referencia de la Comisión Internacional de Protección de Radiación no Ionizante.

**Tabla 5:** Niveles de referencia para la exposición a campo eléctrico y magnético de 60 Hz<sup>65</sup>.

Tipo de exposición	Intensidad de Campo Eléctrico (E)(V/m)	Intensidad de Campo Magnético (H)(A/m)	Densidad de Flujo Magnético (B) (μT)
<b>Público en general</b>	4167	67	83
<b>Personal Ocupacionalmente Expuesto</b>	8333	333	417

<sup>64</sup>Registro Oficial Órgano del Gobierno del Ecuador No.41. Reglamento de Normas Técnicas Ambientales para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental para los Sectores de Infraestructura: Eléctrico, Telecomunicaciones y Transporte. 2007

<sup>65</sup>Registro Oficial Órgano del Gobierno del Ecuador No.41. Op. Cit.p 65.

**Tabla 6:** Niveles de referencia para la exposición a campos eléctricos y magnéticos provenientes de líneas de transmisión de alta tensión, en el límite de la franja de servidumbre<sup>66</sup>.

<b>Nivel de Tensión (KV)</b>	<b>Intensidad de Campo Eléctrico <math>\epsilon(V/m)</math></b>	<b>Densidad de Flujo Magnético (B) (<math>\mu T</math>)</b>	<b>Ancho de franja de servidumbre (m)</b>
230	4167	83	30
138	4167	83	20
69	4167	83	16

## 2.5 NORMATIVA DE EXPOSICIÓN DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

### 2.5.1 RECOMENDACIONES PARA LIMITAR LA EXPOSICIÓN A LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS (ICNIRP).

En 1998 la ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección de Radiaciones no Ionizantes) publicó "Guide lines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 Ghz)" (Recomendaciones para Limitar la Exposición a Campos Eléctricos, Magnéticos y Electromagnéticos de 0 a 300 GHz), la cual se convirtió en la normativa internacional más extendida para prevenir los posibles efectos de las radiaciones no ionizantes por exposición a campos eléctricos y magnéticos.

En la norma de la Comisión Internacional para la Protección de Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP) se considera una exposición ocupacional y una poblacional, determinándose que a una exposición ocupacional están sometidos aquellos adultos

<sup>66</sup>Registro Oficial Órgano del Gobierno del Ecuador No.41. Op. Cit. p 66.

entrenados para trabajar en contacto con fuentes emisoras de campo electromagnético y que tienen consciencia del potencial riesgo, para tomar precauciones a fin de minimizar su exposición, mientras que el Público en General incluye todos los individuos que no pueden ser informados del potencial riesgo de su exposición o no pueden tomar control sobre su propia exposición.

Las restricciones en estas recomendaciones fueron basadas solamente en datos científicos, el conocimiento disponible a la fecha, sin embargo se debe indicar que dichas restricciones proveen un adecuado nivel de protección de la exposición a campo electromagnético variables en el tiempo, las dos clases de recomendaciones: restricciones básicas y niveles de referencia.

### 2.5.1.1 RESTRICCIONES BÁSICAS

Tras establecer diversos factores de seguridad, la Comisión Internacional para la Protección de Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP), indica que diferentes bases científicas fueron usadas en el desarrollo de las restricciones básicas para varios rangos de frecuencia.

Entre 1 Hz y 10 MHz, las restricciones básicas están dadas en términos de la densidad de corriente, para prevenir daños funcionales en el sistema nervioso.

### 2.5.1.2 NIVELES DE REFERENCIA

Los niveles de referencia son obtenidos, cuando es apropiado, a partir de las restricciones básicas mediante el uso de modelos matemáticos y por extrapolación de los resultados de las investigaciones de laboratorio en frecuencias específicas.

**Tabla 7:** Niveles de referencia para exposición ocupacional a campos eléctricos y magnéticos (valores RMS no perturbados)<sup>67</sup>

Rango de Frecuencia (MHz)	Intensidad de Campo Eléctrico (E)(V/m)	Intensidad de Campo Magnético (H)(A/m)	Densidad de Flujo Magnético (B) (μT)	Densidad de Potencia (S) (W/m <sup>2</sup> )
Hasta 1 Hz	-	1.63 x 10 <sup>5</sup>	2 x 10 <sup>5</sup>	-

<sup>67</sup>ICNIRP. Op. Cit. p 28.

1 - 8 Hz	20000	$1.63 \times 10^5 / f^2$	$2 \times 10^5 / f^2$	-
8 - 25 Hz	20000	$2 \times 10^4 / f^2$	$2.5 \times 10^4 / f^2$	-
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

**Tabla 8:** Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos (valores RMS no perturbados)<sup>68</sup>

Rango de Frecuencia (MHz)	Intensidad de Campo Eléctrico (E)(V/m)	Intensidad de Campo Magnético (H)(A/m)	Densidad de Flujo Magnético (B) (μT)	Densidad de Potencia (S) (W/m <sup>2</sup> )
Hasta 1 Hz		$3.2 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$	
1 - 8 Hz	10000	$3.2 \times 10^{-4} / f^2$	$4 \times 10^{-4} / f^2$	
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 KHz	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

Los niveles de referencia para la exposición a campos eléctricos y magnéticos provenientes de fuentes de 60 Hz para Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE) y para Público en General (PG) se establecen en la Tabla<sup>9</sup><sup>69</sup>.

**Tabla 9:** Niveles de referencia para exposición a campos eléctricos y magnéticos 60 Hz

<sup>68</sup>ICNIRP. Op. Cit. p 28.

<sup>69</sup>Los Autores.

TIPO EXPOSICIÓN	INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO (E) (V/m)	INTENSIDAD DE CAMPO MAGNÉTICO (H) (A/m)	DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (B) ( $\mu$ T)
PG	4167	67	83
POE	8333	333	417

El Personal Ocupacionalmente Expuesta (POE) consiste de adultos que generalmente están expuestos bajo condiciones conocidas y que son entrenados para estar conscientes del riesgo potencial y para tomar las protecciones adecuadas.

El Público en General (PG) comprende a los individuos de todas las edades y de estado de salud variables y puede incluir grupos o individuos particularmente susceptibles. En muchos casos los miembros del público no están conscientes de su exposición a los campos electromagnéticos (ICNIRP, 1998).

### 2.5.2 ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS<sup>70</sup>

En 1979 la población de Denver en Colorado, Estados Unidos se conmocionó tras un estudio realizado por Wertheimer y Leeper, donde se publicó una vinculación entre la leucemia infantil y ciertas particulares relacionadas con algunos tipos de enfermedades en personas por una hipotética relación entre la presencia de campos electromagnéticos producidos por las líneas de distribución eléctrica, en este trabajo se observó que los niños considerados altamente expuestos, tenían dos veces más riesgo de desarrollar leucemia que niños menos expuestos.

La mayor parte de los estudios se han centrado en demostrar el impacto de las líneas de alta tensión y de los campos electromagnéticos sobre la salud de las personas. Pero todos llegan a resultados contradictorios y así para citar algunos Fulton 1980, Myers 1985, Tomenius 1986, Kaune 1987 y Coleman 1988, no encuentran correlación estadística entre la incidencia de leucemia en las líneas de alta tensión. Por otra parte Feychting 1992 y Lin 1994 sí encuentran relación entre la leucemia infantil y los campos (ICNIRP, 1998).

<sup>70</sup>ICNIRP.Op. Cit. p 7.

Estas conclusiones motivaron la realización de más de 1200 estudios para profundizar este resultado por parte de numerosas asociaciones científicas y médicas en Europa y Estados Unidos.

## **2.6 NORMATIVA PARA LA MEDICIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO**

### **2.6.1 PROCEDIMIENTOS PARA LA MEDICIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO**

Para realizar las mediciones se debe considerarse algunas características del lugar de medición como:

- El plano libre debe estar libre de objetos que pueden producir interferencias, y si estos no pueden desplazarse debe indicarse su ubicación y dimensiones.
- En ambientes exteriores la intensidad de campo eléctrico debe medirse en lugares donde exista una menor perturbación, como vegetación, murallas, otras líneas, etc., generalmente existe un aumento del campo al acercarse a la parte de arriba de la vegetación aislante y una atenuación cerca de los costados.
- Si se realizan mediciones con humedad mayor al 80%, se debe considerarse una influencia sobre el valor medido, ya que la humedad puede formar una película de condensación superficial sobre la sonda, produciendo una corriente de fuga sobre los electrodos.

### **2.6.2 PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO EN LAS CERCANÍAS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN<sup>71</sup>**

- Se recomienda colocar el aparato de medición sobre un elemento aislante, ya que las mediciones a nivel del suelo, pueden influenciar notablemente el valor del campo eléctrico medido.
- La intensidad de campo eléctrico debajo de una línea de transmisión deberá medirse a una altura de 1 metro sobre el nivel del suelo, si se realizan mediciones a otras alturas, estas deberán ser explícitamente indicadas.
- La sonda del medidor de intensidad de campo eléctrico deberá estar orientada para leer la componente vertical de la intensidad de campo eléctrico (E). Esta

---

<sup>71</sup>IEEEStd 644-1994. Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines-1994. p 21.

cantidad es comúnmente utilizada para caracterizar los efectos de inducción en objetos cercanos al nivel del suelo.

- La distancia entre el medidor de intensidad de campo eléctrico y el operador deberá ser de por lo menos de 2,5 metros. Esta distancia reducirá los efectos de proximidad (sombra de campo eléctrico) entre el 1,5% y 3%, considerando un operador de 1,8 metros de altura. Sin embargo, el error de proximidad depende de la altura del operador, como de su distancia de la sonda y de la altura de la sonda sobre el nivel del suelo. Para asegurar un error menor al 3% en todos los casos, el operador debe situarse a más de 3 metros de la sonda.
- Para obtener una mayor descripción de la intensidad de campo eléctrico en un punto de interés, se deberán medir los valores máximos y mínimos de intensidad de campo en esa posición, ambos en el plano del campo elíptico.
- En condiciones ideales donde las líneas de transmisión son horizontales y la superficie del suelo lisa, el plano de la elipse es perpendicular a la dirección de los conductores. Para realizar mediciones en el plano de la elipse, el operador con el equipo de medición deberá estar paralelo a los conductores, se deberá rotar al medidor alrededor del sitio de medición hasta determinar los valores máximos y mínimos de las componentes de campo con sus correspondientes direcciones.
- La distancia entre el medidor y objetos no permanentes deberá por lo menos tres veces la altura del objeto de manera de medir los valores no perturbados de campo. La distancia entre el medidor y objetos permanentes deberá ser 1 metro o más para asegurar suficiente exactitud en la medición del ambiente perturbado del campo.

### **2.6.3 PERFIL LATERAL**

El perfil lateral de la Intensidad de Campo Eléctrico en un punto de interés a lo largo de un tramo de la línea de transmisión deberá medirse en intervalos seleccionados en una dirección normal a la línea a 1 metro sobre el nivel del suelo como se observa en las siguientes figuras.

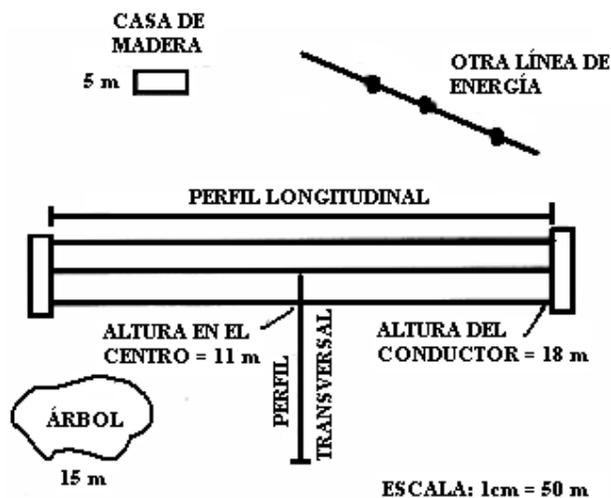


Figura 2.1 Medición perfil lateral. Configuración típica con alturas de objetos permanentes<sup>72</sup>

Fuente: IEEE Std 644-1994.

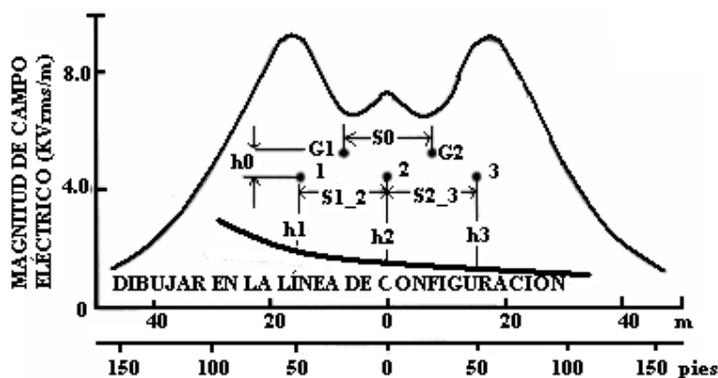


Figura 2.2 Medición perfil lateral. Componente vertical de la Intensidad de Campo Eléctrico en un punto de un tramo de una línea de transmisión<sup>73</sup>

Fuente: IEEE Std 644-1994.

Las mediciones de los perfiles laterales deberán empezar desde el centro de la línea en el área de interés y deberán realizarse a una distancia lateral de por lo menos 30 metros de la ubicación del último conductor.

Es recomendable que el perfil sea graficado en el campo para determinar si se ha obtenido un detalle adecuado de la intensidad del campo eléctrico.

<sup>72</sup>IEEEStd 644-1994. Op. Cit. p 15.

<sup>73</sup>IEEEStd 644-1994. Op. Cit. p 14.

Una medición del perfil completo podría iniciarse en la región de interés más allá de la ubicación del último conductor y avanzar progresivamente hasta el lado opuesto de la franja de servidumbre. Algunas mediciones finales se deberán realizar en algunos puntos intermedios para obtener indicaciones en relación a cambios en la altura de la línea, carga o voltaje ocurridos durante la ejecución de la medición.

La hora de la medición deberá registrarse periódicamente en la hoja de datos para facilitar una revisión posterior de los datos recogidos con los registros de voltaje de línea y datos de carga de las subestaciones.

#### **2.6.4 PERFIL LONGITUDINAL**

El perfil longitudinal de la intensidad de campo deberá medirse donde el campo es el mayor a mitad del tramo de la línea de transmisión o en otros puntos de interés, determinados en el perfil lateral, paralelo a la línea de transmisión y 1 metro sobre el nivel del suelo.

Las mediciones del perfil longitudinal deberán realizarse al menos en 5 incrementos consecutivos, separados de igual manera, desde un punto en la mitad del tramo de la línea de transmisión en ambas direcciones para una distancia total equivalente a un tramo de la línea.

### **2.7 NORMATIVA PARA LA MEDICIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO**

#### **2.7.1 PROCEDIMIENTOS PARA MEDICIÓN DE CAMPO MAGNÉTICO EN LAS CERCANÍAS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN<sup>74</sup>**

Los campos magnéticos bajo la línea de transmisión deberán ser medidos a una altura de 1 metro sobre el nivel del suelo y las medidas a otras alturas de interés deberán estar explícitamente indicadas.

Los medidores de campos con sondas de un solo eje deberán orientarse hasta detectar la lectura de mayor valor, en cambio, los medidores de tres ejes pueden usarse para medir la resultante del campo magnético (valor eficaz, RMS).

---

<sup>74</sup>IEEEStd 644-1994. Op. Cit. p 21.

Las componentes verticales y horizontales de campo pueden medirse cuando sea requerida ya sea por comparación, con cálculos o por cálculos por efectos de inducción en los límites de cualquier propiedad. En todos estos casos, cuando se reporten los resultados de las mediciones, las cantidades a ser reportadas deberán ser claramente indicadas. (Por ejemplo, el máximo campo magnético, la resultante de campo magnético).

Debe tomarse en cuenta que la resultante de la densidad de flujo magnético ( $B_R$ ), es igual al valor eficaz (RMS) de la densidad de flujo magnético, independientemente de las fases de las componentes ortogonales.

En casos donde el campo magnético permanece relativamente constante, puede utilizarse un medidor de un solo eje para determinar la resultante de campo magnético mediante la medición de las componentes horizontal y vertical del campo y combinar ambas de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$B_R = \sqrt{B_X^2 + B_Y^2 + B_Z^2}^{75}$$

Si las señales desde una de las sondas individuales de un medidor de tres ejes pueden detectarse, entonces una de las sondas puede rotarse para determinar el máximo campo.

Para medir los campos no perturbados, los objetos no permanentes que contienen materiales magnéticos o conductores no magnéticos deberán estar alejados de un punto de medición por lo menos a una distancia equivalente a tres veces la dimensión del mayor objeto.

Para obtener mediciones precisas en un ambiente de campo perturbado, la distancia entre la sonda y los objetos magnéticos permanentes deberá ser por lo menos un metro.

---

<sup>75</sup>IEEE Std 644-1994. Op. Cit. p 3.

Para obtener una descripción completa de los campos magnéticos en un punto de interés, deberá medirse los campos máximos y mínimos con sus orientaciones en el plano del campo elíptico.

### **2.7.2 PERFIL LATERAL Y LONGITUDINAL**

Se deberán seguirse los procedimientos de medición de intensidad de campo eléctrico.

### **2.7.3 PROTOCOLO PARA LA PRESENTACIÓN DE MEDICIÓN DE CAMPOS.**

Existen protocolos para realizar la medición de campos ELF para las líneas de transporte de energía, como el estándar IEEE Std 644-1994: "IEEE Standard Procedures for Measurements of Power Frequency Electric and Magnetic Fields From Ac Power Lines", o la norma UNE 215001:2004 "Procedimientos normalizados para la medida de los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial producidos por las líneas eléctricas de alta tensión"; no existe un estándar unificado y desarrollado por un organismo internacional, que proporcione un procedimiento específico para la medida y valoración de los niveles límite de exposición de campos ELF que establecen las recomendaciones actuales.

Para realizara la tabla de registros debe constar como mínimo los siguientes datos para poder evaluar correctamente:

- Línea eléctrica  
Descripción
- Antecedentes  
Peticiónario del informe  
Motivo u objeto de la medida
- Receptores.  
Entorno  
Localización  
Lugares de medida
- Equipo de medida  
Marca, modelo, tipo, número de serie  
Última calibración

Otros equipos

- Datos de la medida  
Tablas del registro de las medidas  
Observaciones, incidencias, etc.
- Valoraciones de referencia/Recomendaciones de exposición

En el Anexo A se muestra un ejemplo típico de hoja de datos del entorno paramedidas de campos en líneas eléctricas. Dependiendo de los objetivos de la medida puede ser necesaria más o menos información.

## **2.8 POSIBLES EFECTOS DE CAMPO MAGNÉTICO DE EXTREMADAMENTE BAJA FRECUENCIA EN LA SALUD HUMANA.**

Los estudios científicos para valorar los posibles efectos potenciales de los campos ELF sobre la salud humana. Se describen los resultados y las conclusiones que actualmente se tienen de esos estudios, y que han sido ampliamente revisados en monografías y recopilaciones bibliográficas de importantes proyectos, como el EMF Project de la Organización Mundial de la Salud , el programa EMF Rapid desarrollado por el Instituto Nacional de las Ciencias de Salud Ambiental (National Institute of Environmental Health Sciences, NIEHS), el estudio realizado por el grupo de trabajo ELF del comité de protección contra radiaciones de Canadá (ELF Working Group), o el BC Centre for Disease Control (BCCDC), así como los estándares desarrollados por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) y la Comisión Internacional de Protección contra Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP); también, en la base de datos del EMF Project, es posible consultar los estudios más recientes que se estén realizando en cada momento, clasificados por rangos de frecuencia, tipos y subtipos de estudios.

En España también se han realizado recopilaciones, como la elaborada por Endesa, en colaboración con UNESA, “Campos eléctricos y magnéticos de 50 Hz, análisis del estado actual de conocimientos”, y documentación traducida y difundida por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, como la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo de la OIT (Organización Internacional del Trabajo) , donde se establecen los efectos biológicos y posibles consecuencias para la salud de los campos ELF (tomo

2, capítulo 49), o el informe técnico elaborado por el comité de expertos, solicitado por el Ministerio de Sanidad y Consumo sobre los campos electromagnéticos y la salud pública.

### **2.8.1 ESTUDIOS SOBRE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS**

Existen escasas pruebas experimentales confirmadas de que los campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia afecten a la fisiología y el comportamiento humanos a las intensidades habituales en el hogar o en el medio ambiente. En voluntarios sometidos durante varias horas a campos de extremadamente baja frecuencia de hasta 5 mT, los efectos de esta exposición fueron escasos tras realizar diversas pruebas clínicas y fisiológicas de hematología, electrocardiografía, ritmo cardíaco, presión arterial o temperatura del cuerpo

### **2.8.2 EFECTOS BIOLÓGICOS<sup>76</sup>**

La exposición a campos electromagnéticos no es un fenómeno nuevo sin embargo se ve cierto interés por conocer más acerca de los efectos colaterales que produciría la exposición a campos magnéticos y eléctricos ya sea a corto media o largo plazo, sin embargo se debe tener en cuenta que a diario todo ser vivo está expuesto a una radiación electromagnética que día a día se ha incrementado de tal manera que esto afecta y hace que el organismo ya no sea el mismo que antes sin decir que se modifique o algo por estilo simplemente que otras radiaciones están influyendo sobre el comportamiento de estos. Hay que tener en cuenta que cuando se habla de efectos biológicos no se está hablando de una amenaza, más bien se hace referencia a que estamos expuestos a algo que sin darnos cuenta está variando nuestro sistema. Hablando del ser humano; está expuesto a una combinación compleja de campos eléctricos y magnéticos débiles, tanto en el hogar como en el trabajo, desde los que producen la generación y transmisión de electricidad, los electrodomésticos y los equipos industriales, a los producidos por las telecomunicaciones y la difusión de radio y televisión.

---

<sup>76</sup> Organización Mundial de Salud, “Estableciendo un dialogo sobre los riesgos de los campos electromagnético”, 2005.

Los transformadores eléctricos o líneas eléctricas de alta tensión que crean corona emiten también un zumbido audible. Aunque este ruido puede ser molesto, no tiene ninguna consecuencia para la salud por lo que respecta a los campos electromagnéticos ([www.who.es](http://www.who.es)).

Algunos aparatos, como las fotocopiadoras u otros que funcionan con alta tensión, pueden producir ozono, que es un gas incoloro de olor acre. Al atravesar el aire, las descargas eléctricas convierten las moléculas de oxígeno en ozono. Aunque el olfato es bastante sensible a este gas, las concentraciones que se alcanzan junto a las fotocopiadoras y otros aparatos de ese tipo están muy por debajo de los niveles preocupantes para la salud.

El efecto corona, consistente en la emisión de descargas eléctricas a través del aire, se produce en las proximidades de las líneas de alta tensión. En las noches húmedas o en los días lluviosos resulta a veces visible, y puede producir ruido y ozono. Ninguno de estos efectos es suficientemente importante para afectar a la salud<sup>77</sup>.

### **2.8.3 POSIBLES EFECTOS EN LA SALUD HUMANA.**

Se recogen los resultados encontrados en relación a posibles efectos debidos a la exposición a los campos de extremadamente baja frecuencia. Hay que diferenciar los efectos a corto plazo, y los posibles efectos crónicos, asociando este término con enfermedades como la leucemia infantil, enfermedades neurológicas, etc. Debe quedar claro que se describirá de manera global los estudios que se han realizado sobre los efectos para la salud humana, así como la evidencia encontrada; en muchos casos esta evidencia no ha sido consistente y por tanto no es posible sacar conclusiones; en otros, hay una evidencia de carácter débil que establece una relación entre la exposición a extrema baja frecuencia y ciertas enfermedades, especialmente para algunos tipos de cáncer.

#### **2.8.3.1 EFECTOS A CORTO PLAZO**

---

<sup>77</sup>[www.who.int](http://www.who.int) (Los campos electromagnéticos y la salud pública)

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha quedado establecido que la exposición aguda a niveles elevados (muy por encima de las 100  $\mu\text{T}$ ) tiene efectos biológicos, atribuibles a mecanismos biofísicos conocidos. Los campos magnéticos externos de extremadamente baja frecuencia originan en el cuerpo humano corrientes y campos eléctricos que, si la intensidad del campo es muy elevada, causan estimulación muscular, así como cambios en la excitabilidad neuronal del sistema nervioso central, sensaciones dolorosas, etc... De hecho, los principales estándares vigentes basan sus niveles de exposición en los efectos a corto plazo y la OMS afirma que dichas recomendaciones proporcionan una protección adecuada frente a tales efectos. Sin embargo, no sucede lo mismo para los efectos a largo plazo según la IEEE e ICNIRP, siendo éste el punto principal de las investigaciones actuales.

### **2.8.3.2 EFECTOS A LARGO PLAZO**

Las investigaciones científicas sobre los riesgos a largo plazo asociados a la exposición a campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF) se han centrado en la leucemia infantil. En 2002, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (Internacional Agency for Research Cancer, IARC) publicó un estudio monográfico en el que los campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF) se calificaban como “posiblemente carcinógenos para las personas<sup>78</sup>”.

La calificación en cuestión se estableció sobre la base de análisis conjuntos de estudios epidemiológicos que demuestran un cuadro sistemático de aumento al doble de la leucemia infantil, asociada a una exposición media a campos magnéticos de frecuencia de red doméstica (50-60 Hz) superior a 0,3  $\mu\text{T}$ - 0,4  $\mu\text{T}$ . El estudio realizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) concluyó que a la luz de los estudios adicionales efectuados anteriormente, esa calificación debe mantenerse. No obstante, las evidencias epidemiológicas se ven debilitadas por problemas de tipo metodológico. Además, no existen mecanismos biofísicos comúnmente aceptados que sugieran una correlación entre la exposición a campos de extremadamente baja frecuencia y el cáncer. En consecuencia, de existir algún efecto atribuible a este tipo

---

<sup>78</sup> OMS y IARC, Radiación no ionizante parte 1; Frecuencia estática y extremadamente baja de campo eléctrico y magnético.

de exposición, tendría que producirse a través de un mecanismo biológico aún desconocido.

Por otra parte, los estudios con animales han arrojado en su mayor parte resultados negativos. El balance que cabe hacer de todo ello es que las evidencias relacionadas con la leucemia infantil no son suficientemente sólidas para establecer una relación de causalidad. La leucemia infantil es una enfermedad relativamente infrecuente. Por término medio, la exposición a campos magnéticos de baja frecuencia superior a 0,3  $\mu\text{T}$  en los hogares es poco frecuente se estima que sólo entre un 1% y un 4% de los niños viven en esas condiciones ([www.who.int](http://www.who.int)).

Si la relación entre campos magnéticos y leucemia infantil es causal, se estima que el número de casos atribuibles a nivel mundial a la exposición a campos magnéticos podría oscilar entre 100 y 2400 casos anuales, sobre la base de los valores correspondientes al año 2000, lo que representa entre un 0,2% y un 4,95% de la incidencia total correspondiente a ese mismo año. En consecuencia, aun suponiendo que los campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF) aumenten el riesgo de leucemia infantil, si se considera en un contexto global, el impacto en la salud pública de la exposición a campos de extremadamente baja frecuencia (ELF) sería limitado.

Se han estudiado otros efectos adversos para la salud en áreas de establecer una posible correlación con la exposición a campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF). Los análisis se han centrado en varios tipos de cáncer infantil, diversos tipos de cáncer en adultos, la depresión, el suicidio, trastornos cardiovasculares, disfunciones reproductivas, trastornos del desarrollo, modificaciones inmunológicas, efectos neuroconductuales, enfermedades neurodegenerativas, etc. El grupo de trabajo de la Organización Mundial de la Salud ha concluido que las pruebas científicas que respaldan la existencia de una correlación entre la exposición a campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF) y todos estos efectos adversos para la salud son muchomás débiles que en el caso de la leucemia infantil. En algunos casos (por ejemplo, las

enfermedades cardiovasculares o el cáncer de mama) las evidencias sugieren que los campos magnéticos no son la causa de esos efectos<sup>79</sup>.

#### **2.8.4 CÁNCER.**

La posibilidad de que la exposición a campos de extremadamente baja frecuencia (ELF) incremente el riesgo de cáncer ha sido objeto de investigación de numerosos estudios epidemiológicos y experimentales durante las dos últimas décadas, y ha tenido importantes revisiones por parte de grupos expertos, tanto a nivel nacional como internacional, (como por ejemplo los organismos ICNIRP, IARC y NIEHS).

La asociación entre la leucemia infantil y la exposición residencial a campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF) fue identificada por primera vez por Wertheimer y Leeper y posteriormente ha sido apoyada por algunos estudios epidemiológicos. Estas investigaciones han llevado a que la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) clasifique a los campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF) como “posiblemente carcinógenos para los seres humanos” (IARC, 2002).

Es importante destacar que este término significa que se ha podido observar una asociación positiva para la cual una interpretación causal podría considerarse creíble, pero la posibilidad de que dicha asociación sea falsa no puede descartarse.

El estudio realizado por la OMS se ha concentrado principalmente en los publicados después de la revisión de la IARC. Ya que el cáncer es la enfermedad con un mayor soporte científico en cuanto a poder o no ser una consecuencia de las exposiciones a los campos ELF, se comentan a continuación algunos aspectos más detallados de los tipos estudios realizados sobre la misma, y que forman las conclusiones obtenidas por la OMS en su monografía.

---

<sup>79</sup>Efectos sobre la Salud Humana de los Campos Magnéticos y Eléctricos de Muy Baja Frecuencia (ELF), Grupo de investigación PRINIA de la Universidad de Córdoba. p 60.

#### **2.8.4.1 ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO**

La epidemiología estudia, aplicando métodos estadísticos, si existe algún tipo de asociación entre un determinado agente y una enfermedad; para ello se compara la incidencia de la enfermedad en grupos de personas expuestas al agente y grupos de personas no expuestas.

En la clasificación de la IARC influyeron fuertemente las asociaciones observadas en los estudios epidemiológicos sobre la leucemia infantil. La clasificación de esta evidencia como limitada no cambia con la adición de dos estudios sobre leucemia infantil publicados después de 2002. Desde la publicación de la monografía de la IARC, las evidencias de otros casos de cáncer infantil siguen siendo insuficientes.

Con posterioridad a la monografía de la IARC se han publicado varios informes relativos al riesgo de cáncer de mama en mujeres adultas asociado con la exposición a campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF). Estos estudios son más amplios que los anteriores y menos susceptibles a sesgos, y en conjunto son negativos. Con estos resultados, la evidencia de una asociación entre la exposición a campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF) y el riesgo de cáncer de mama en mujeres se debilita considerablemente y no respaldan una asociación de este tipo ([www.who.es](http://www.who.es)).

En el caso del cáncer cerebral y la leucemia en adultos, los nuevos estudios publicados después de la monografía de la IARC no modifican la conclusión de que la evidencia global de una asociación entre los campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF) y el riesgo de estas enfermedades sigue siendo insuficiente.

Para otras enfermedades y todos los demás tipos de cáncer, las pruebas permanecen insuficientes<sup>80</sup>.

#### **2.8.4.2 ESTUDIOS EN ANIMALES DE LABORATORIO**

En la actualidad no hay ningún modelo animal adecuado para la forma más frecuente de leucemia infantil, la leucemia linfoblástica aguda. Tres estudios independientes de

---

<sup>80</sup>OMS y IARC, Radiación no ionizante parte 1; Frecuencia estática y extremadamente baja de campo eléctrico y magnético. P 95.

gran escala con ratas no proporcionaron ninguna evidencia de algún efecto de los campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF) sobre la incidencia de tumores de mama espontáneos. La mayoría de los estudios no reportan ningún efecto de los campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF) sobre la leucemia o los linfomas en modelos roedores. Varios estudios de gran escala de larga duración en roedores no han mostrado ningún aumento consistente de ningún tipo de cáncer, incluyendo tumores hematopoyéticos, de mama, cerebrales y de piel.

#### **2.8.4.3 ESTUDIOS IN VITRO<sup>81</sup>**

En general, los estudios de los efectos de la exposición de células a campos de extremadamente baja frecuencia (ELF) no han mostrado ninguna inducción de genotoxicidad para campos por debajo de 50 mT. La notable excepción es la evidencia obtenida en estudios recientes en los que se han descrito daños en el ADN con campos de una intensidad de apenas 35  $\mu$ T; sin embargo, estos estudios todavía están siendo evaluados y la comprensión de estos hallazgos todavía es incompleta.

También existe evidencia creciente que los campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF) pueden interactuar con agentes causantes de daños en el ADN.

No hay ninguna evidencia clara de la activación por campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF) de genes asociados con el control del ciclo celular. Sin embargo, todavía no se han realizado estudios sistemáticos en los que se analice la respuesta del genoma completo. Muchos otros estudios celulares, por ejemplo sobre proliferación celular, apoptosis, señalización del calcio y transformación maligna, han dado resultados inconsistentes o no concluyentes<sup>82</sup>.

---

<sup>81</sup> Experimento científico llevado a cabo en laboratorio con material procedente de seres vivos (células, tejidos...).

<sup>82</sup> OMS y IARC, Radiación no ionizante parte 1; Frecuencia estática y extremadamente baja de campo eléctrico y magnético.

### **CAPÍTULO III: MEDICIONES Y COMPARACIÓN DE DATOS**

#### **3.1 EQUIPO DE MEDICIÓN (TES-1390) ELECTRO MAGNETIC FIELD TESTER.**

En el presente capítulo, se mostrará los resultados de las mediciones tomadas y ubicación de cada punto, en las calles Rafael Bustamante, Isaac Albéniz y en las diagonales de la Av. Padre Luis Vaccarí, con el fin de conocer y reportar los valores de campo magnético que se producen en las líneas de distribución.

##### **3.1.1 EQUIPO DE UBICACIÓN RINO 110 GPS.**

Para obtener la ubicación de los puntos a ser medido, se utilizará el sistema de GPS (Global Positioning System) o Sistema de Posicionamiento Global, fabricado por la empresa GARMIN Ltd., líder mundial en soluciones de navegación portátil y fabricante global de sistemas de navegación.

El equipo es el RINO 110 GPS (Radio Integrate Navigation Outdoors), es un receptor GPS portátil que integra la finalidad del radio para proporcionar comunicaciones bidireccionales. Es resistente al agua (lluvia y salpicaduras, no debe sumergirse).



**Figura 3.1** Equipo de ubicación RINO 110.

**Fuente:** Manual Garmin RINO 110, 2003.

### 3.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL RINO 110.

- Habilitado el receptor de GPS WAAS.
- 22 canales de comunicación: 1-14 FRS, 15-22 GMRS.
- 38 códigos subalternos-audibles para la transmisión de comunicaciones semi-privadas.
- Transmite a una distancia: de hasta 2 millas usando FRS, y hasta 5 millas con GMRS.
- Activación de voz externa (VOX).
- El diseño ergonómico para su funcionamiento a una sola mano.
- Cursor único de 5 vías para la selección del canal y ajuste de volumen en el modo de FRS/GMRS, y visualización rápida del mapa, entrando, y seleccionando las funciones en el modo de GPS.

- Base de datos incorporada de puntos de ciudades mundiales, con 1 MB de memoria para cargar los datos de punto de interés.

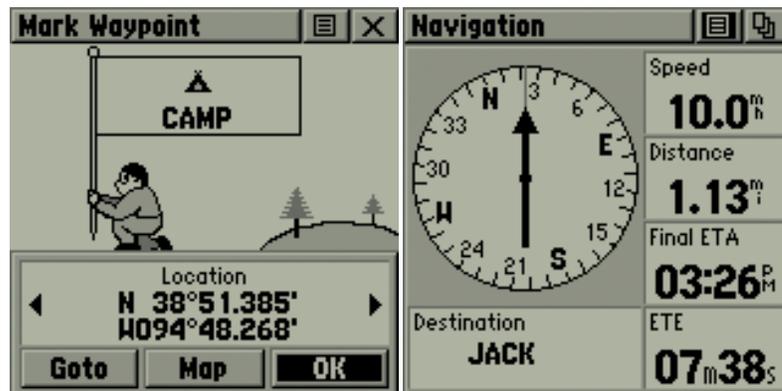


Figura 3.2 Pantallas de RINO 110.

Fuente: Manual Garmin RINO 110, 2003

### 3.1.3 EQUIPO DE MEDICIÓN (TES-1390) ELECTRO MAGNETIC FIELD TESTER.

Para la toma de medidas se utilizará el equipo “TES-1390” Electro Magnetic Field Tester (EMFT Tester) “Medidor de pruebas de Campo Electromagnético”, fabricado por la corporación TES ELECTRICAL ELECTRONIC CORP, de propiedad de la Empresa Eléctrica Quito S.A. está diseñado para medir la densidad del flujo magnético en las líneas de distribución, en instalaciones eléctricas, la industria y viviendas. En la Figura 3.3 se muestra físicamente al equipo de medición.



**Figura 3.3** Equipo de medición TES-1390.

**Fuente:** Los autores.

### 3.1.4 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO.

Las características del equipo “TES-1390” son las siguientes:

- Número de eje: 1 eje
- Anchura de banda: (30 Hz a 300 Hz)
- Exactitud:  $\pm (3\% + 3d)$  a 50 Hz ò 60 Hz
- Sobre-Entrada: Exhibe Visualización
- Tiempo de Muestreo: Aproximadamente 0.4 segundos
- Batería: 4 piezas de tamaño 3A (Batería Alcalina)
- Tiempo de la Batería: Aproximadamente 60 horas
- Temperatura y humedad de funcionamiento: 0°C a 40°C (32 °F a 104 °F) por debajo de 80% Hr.
- Temperatura y humedad de almacenaje: -10 °C a 60 °C por debajo de 70% Hr.
- Peso: Aproximadamente 165 gramos
- Dimensión: 111 (Largo) x 64 (Ancho) x 34

- |               |   |
|---------------|---|
|               | (Espesor) mm  |
| • Exhíbe:     | 3,5 dígitos. Indicación máxima 1999.                        |
| • Rango:      | 200 / 2000 mili Gauss (mG)<br>20/200 micro Tesla ( $\mu$ T) |
| • Resolución: | 0.1 / 1 mili Gauss<br>0.01 / 0.1 micro Tesla                |

### 3.1.5 EXHIBICIÓN DEL EQUIPO.

Dicho equipo permite la medición de la densidad de flujo magnético para utilizarlo adecuadamente, según la necesidad, se describirá de manera detallada las partes del equipo que se muestra en la Figura 3.4.



**Figura 3.4** Exhibición del equipo TES-1390.

**Fuente:** Los autores.

1. Panel de Visualización.- Se muestra las unidades de medida en micro teslas ( $\mu$ T) o en mili gauss (mG) y el valor medido en un tiempo aproximado de 0.4 segundos.
2. Botón de Encendido.- Enciende o apaga el equipo.
3. Botón de Mili Gauss.- Permite cambiar a unidades de mili Gauss.
4. Función de Retención de Dato.- Al presionar el botón detiene el dato del valor medido.
5. Posición del sensor.- Es donde está situado el sensor que mide la densidad de flujo magnético.

6. Selección de Rango.- Al presionar este botón permite seleccionar un rango de 0.01 / 199.9 y 0.1 / 1999 para micro Tesla y mili gauss respectivamente.
7. Botón de micro Tesla.- Permite cambiar a unidades de micro Tesla.
8. Función de Retención de pico.- Al presionar el botón muestra el valor pico de la medición.

### 3.1.6 PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN.

Si bien es cierto que existen protocolos para realizar la medición de campos de extremadamente baja frecuencia (ELF) para las líneas de transporte de energía, como el estándar del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) Estándar 644-1994: IEEE Estándar de “Procedimiento para Medición de Campo Eléctrico y Magnético desde Líneas de Transmisión de Corriente Alterna”, o la norma UNE 215001:2004 “Procedimientos normalizados para la medida de los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial producidos por las líneas eléctricas de alta tensión”; no existe un estándar unificado y desarrollado por un organismo internacional, que proporcione un procedimiento específico para la medida de exposición de campos de extremadamente baja frecuencia (ELF). Para la medición de la densidad de flujo magnético con el equipo TES-1390 se debe realizar el siguiente procedimiento:

1. Aplastar el botón de encendido y ubicar el “Rango”, “Gauss”, “Tesla” presionando los botones de acuerdo a los requerimientos de la medición. El probador está listo para tomar las medidas.

Debido a la interferencia electromagnética del medio ambiente, la pantalla puede mostrar la lectura antes de la prueba, por ejemplo la lectura podría ser menos que 0,5 m Gauss. Esta no es una mala función del probador.

2. Con el probador en la mano, mover suavemente hacia el objeto que se va a medir hasta que sea tocado físicamente. Note como el campo de intensidad aumenta mientras se acerca hacia el objeto.

Se debe tener en cuenta que para realizar la medición en las líneas de media tensión NO SE DEBE TOCAR FÍSICAMENTE el equipo con la línea por normas de seguridad.

3. Posicionar el probador EMFT Tester (Medidor de pruebas de Campo

Electromagnético) en diferentes ángulos, a sus tres ejes, tomando en cuenta el eje X apuntando hacia el este, el eje Y hacia el norte y el eje Z arriba hacia la línea mientras se efectúa la medición.

Se puede observar como esto podría variar la lectura según la distancia de la fuente.

4. Presionando el botón Peak Hold cada que se acerca hacia la línea mientras la medida llega al máximo.

Si la línea de medición es desconectada durante el proceso, la lectura del probador EMFT Tester (Medidor de pruebas de Campo Electromagnético) regresaría a cero a menos que se detecte electromagnetismo de otro recurso u objeto.

5. Se efectuó la medición de la densidad de flujo magnético tomando en cuenta los puntos representativos de las áreas residenciales, ya que el resultado varía de una compleja interacción entre varias fuentes de campo, equipos y objetos dentro de las viviendas.

Las mediciones se realizaron según las normas IEEE Std 644-1994 y UNE 215001:2004, que indican que se debe medir a una altura de 1 m sobre el nivel del suelo, las mediciones realizadas a otras alturas de interés se deberá indicar explícitamente.

Los puntos establecidos a medir se realizarán apuntando a la línea de media tensión para luego proceder a tomar los valores en las tres dimensiones, es decir el valor de la densidad de flujo magnético en X-Y-Z, donde para el eje X tendrá la dirección hacia el este, para el eje Y hacia el norte, para el eje Z hacia la línea de media tensión y a las distancias respectivas de 0, 2, 4, 6 metros, en la Figura 3.5 se muestra la posición y orientación que tiene el equipo para cada uno de los componentes axiales y a las distancias que se medirán de perfil transversal a la línea de distribución.

(a)

(b)



(c)



(d)

(e)



(f)

(g)

**Figura 3.5** Medición de densidad de flujo magnético.

a) Eje X; b) Eje Y; c) Eje Z; d) 0 m; e) 2 m; f) 4 m; g) 6 m.

**Fuente:** Los autores.

### 3.2 ESQUEMA DE MEDICIÓN.

La manera más simple de tomar una medida es a partir de una lectura puntual realizada en un lugar determinado y en un momento en el tiempo. Para captar las variaciones espaciales del campo en un entorno concreto (zonas de algunas viviendas específicas), se han diferenciado medidas puntuales bajo condiciones de “bajo consumo” y condiciones de “consumo elevado”, es así, que se realizará mediciones en los sectores por la mañana, tarde y noche.

En la Tabla 10 se muestra un punto de medición del valor de la densidad de flujo magnético medido.

**Tabla 10:** Densidad de flujo magnético medido

Punto	Coordenadas		Densidad de Flujo Magnético ( $\mu\text{T}$ )											
	Longitud	Latitud	0 m			2 m			4 m			6 m		
	W	S	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
21	78°28'28,6"	0°8'36,6"	0,16	0,26	0,14	0,14	0,04	0,07	0,15	0,11	0,07	0,48	1,3	0,15

**Fuente:** Los autores.

Para calcular la densidad de flujo magnético resultante de los valores recopilados en los tres sectores, en la tabla anterior se muestra uno de los puntos medidos el mismo que será de referencia para utilizar la siguiente ecuación:

$$B_R = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

El cálculo de la densidad de flujo magnético resultante es la raíz de la suma de los cuadrados de cada una de los ejes, para el mismo tomamos el punto 21, como demostración, este procedimiento se realizará para todos los puntos.

$$B_R = \sqrt{(0.48 \mu T)^2 + (1.30 \mu T)^2 + (0.15 \mu T)^2}$$

$$B_R = \sqrt{1.9429 \mu T^2}$$

$$B_R = 1.394 \mu T$$

En la Tabla 11, se muestra el valor calculado de la densidad de flujo magnético resultante para una distancia de 6 metros, como demostración.

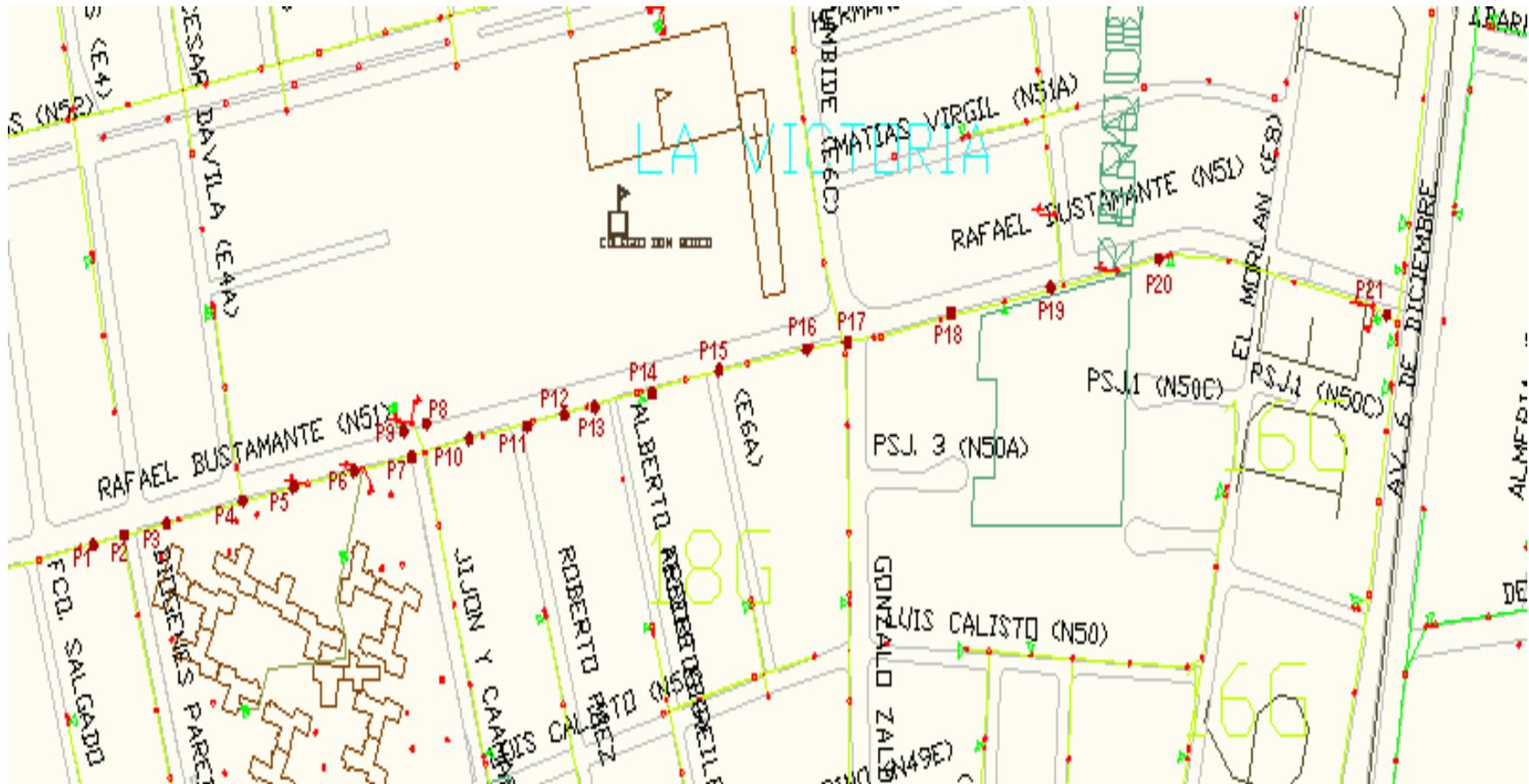
**Tabla 11:** Densidad de flujo magnético medido  $B$  resultante

Punto	Coordenadas		Densidad de Flujo Magnético ( $\mu T$ )			
	Longitud	Latitud	0 m	2 m	4 m	6 m
	W	S				
21	78°28'28,6"	0°8'36,6"	0,336	0,162	0,199	1,394

**Fuente:** Los autores.

### 3.3 MEDICIÓN CALLE RAFAEL BUSTAMANTE.

En la Figura 3.6 se muestra la ruta y los puntos de medición de la calle Rafael Bustamante que va desde la Av. Galo Plaza Lazo hasta la Av. 6 de Diciembre.





**Figura 3.6** Ubicación de los puntos de medición.

**Fuente:** Los autores.

### 3.3.1 MEDICIÓN.

La recopilación de los valores medidos con el equipo TES-1390 se indicará en el Anexo B<sup>83</sup>, las Hojas de datos recopilados en la mañana, tarde y noche con sus respectivas características, en la Tabla 12 se muestran los valores de la densidad de flujo magnético resultante, se midió a una distancia de 0 m, 2 m, 4 m y 6 m debajo de la línea.

- ALIMENTADOR PRIMARIO: S/E Cristiania 18 G
- LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN: 22.8 KV (3 $\phi$ ).
- CORRIENTE DE LA LÍNEA: u = 26.8; v = 26; w = 24.4 A
- CONFIGURACIÓN: Triangular<sup>84</sup>, Recta<sup>85</sup>.
- ALTURA DE POSTES: 9.45 m

<sup>83</sup> HOJA DE DATOS. Recopilados en la calle Rafael Bustamante. Anexo B.

<sup>84</sup> EEQ.S.A Norma para los Sistemas de Distribución. Parte B-Estructuras Tipo. Anexo E-5; E-6.

<sup>85</sup> EEQ.S.A Norma para los Sistemas de Distribución. Parte B-Estructuras Tipo. Anexo E-7.

- LONGITUD DE MEDICIÓN: 0.790 Km

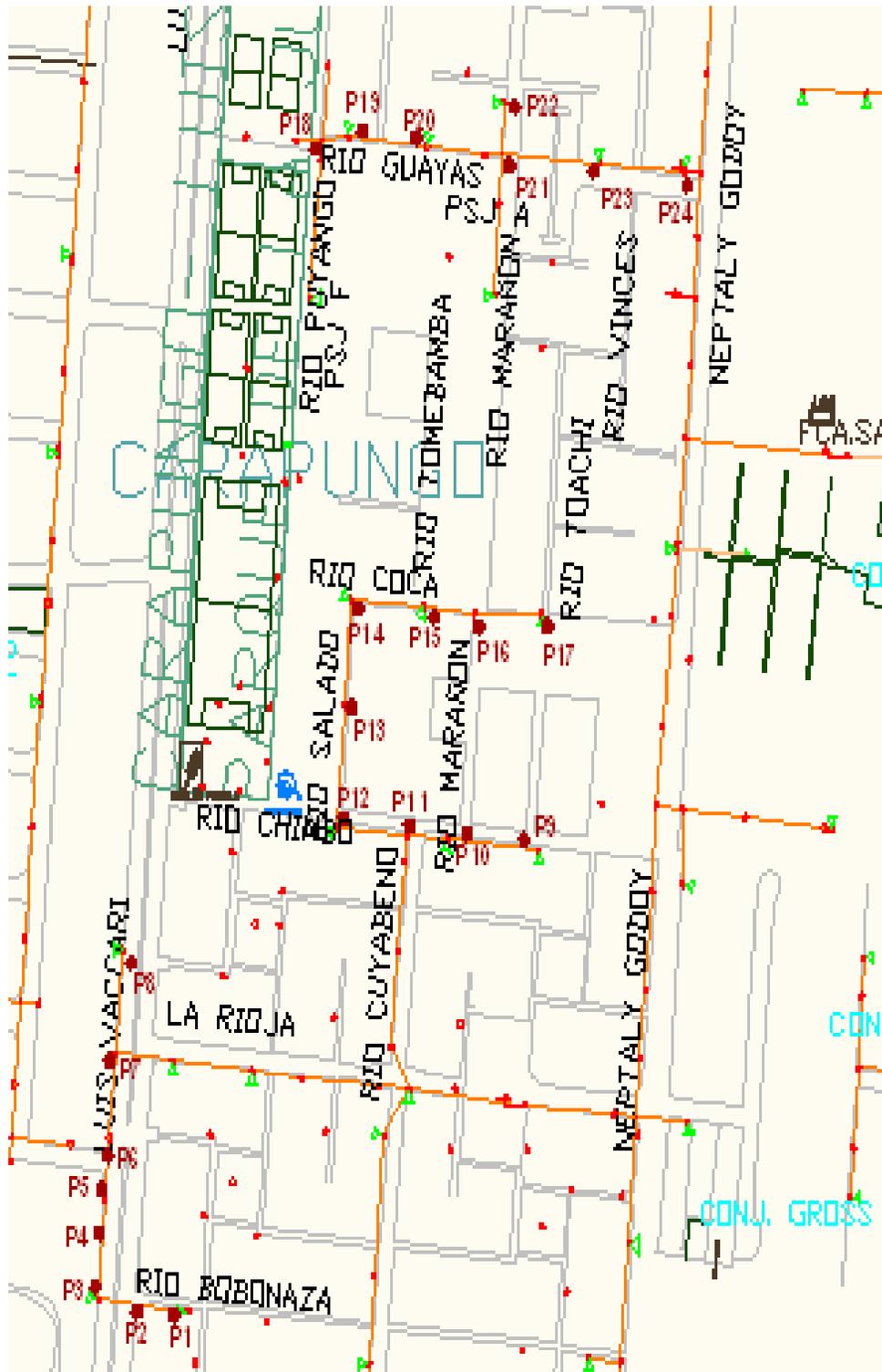
**Tabla 12:** Densidad de flujo magnético resultante en la mañana.

Punto	Coordenadas		Densidad de Flujo Magnético			
	Longitud	Latitud	resultante ( $\mu\text{T}$ )			
	W	S	0 m	2 m	4 m	6 m
1	78°28'53,5"	0°08'39,7"	0,2488	0,22869	0,22136	0,13928
2	78°28'53,2"	0°08'39,9"	0,20248	0,26552	0,2486	0,22405
3	78°28'51,8"	0°8'39,2"	0,20833	0,18466	0,09487	0,08775
4	78°28'51,1"	0°8'39"	0,19545	0,15166	0,11874	0,08602
5	78°28'49,9'	0°8'39,1"	0,24658	0,16613	0,1241	0,10344
6	78°28'48,8"	0°8'38,8"	5,5014	0,81811	0,55669	0,45277
7	78°28'48,5"	0°8'38,7"	0,17029	0,16031	0,14318	0,1118
8	78°28'48,4"	0°8'38"	0,69123	0,16912	0,17748	0,16401
9	78°28'48,5"	0°8'38,7"	0,52924	0,249	0,18138	0,1436
10	78°28'46,6"	0°8'38,2"	0,25456	0,27767	0,26192	0,19824
11	78°28'45,3"	0°8'38,3"	0,2184	0,21656	0,20125	0,18708
12	78°28'45"	0°8'38"	0,23173	0,21119	0,21772	0,19748
13	78°28'44,5"	0°8'37,8"	0,26019	0,2005	0,16613	0,18055
14	78°28'43,3'	0°8'37,6"	0,37603	0,30773	0,24739	0,2502
15	78°28'41,8"	0°8'41,8"	0,4826	0,48094	0,31193	0,19925
16	78°28'40,1"	0°8'36,8"	0,16912	0,15133	0,18138	0,16882
17	78°28'39,4"	0°8'36,8"	0,24739	0,22935	0,23281	0,25554
18	78°28'36,6"	0°8'37,5"	0,08367	0,07071	0,06403	0,06403
19	78°28'35,2"	0°8'36,1"	0,17029	0,13416	0,12369	0,09899
20	78°28'35,3"	0°8'35,8'	0,29257	0,25865	0,10247	0,19442
21	78°28'28,6"	0°8'36,6"	2,76767	0,17378	0,15166	0,15166

**Fuente:** Los autores.

### **3.4 MEDICIÓN DE UNA LÍNEA MONOFÁSICA DE LA Av. PADRE LUIS VACCARÌ.**

En la Figura 3.7 se muestra la ruta y los puntos de medición en el sector de Carapungo en la Av. Padre Luis Vaccarí y sus diagonales.





**Figura 3.7** Ubicación de los puntos de medición.

**Fuente:** Los autores.

### 3.4.1 MEDICIÓN.

Los valores de la Tabla 13<sup>86</sup>, fueron medidos a una distancia de 0 m, 2 m, 4 m y 6 m debajo de la línea monofásica, las hojas de datos recopilados en la mañana, tarde y noche esta en el Anexo C.

- ALIMENTADOR PRIMARIO: S/E Pomasqui 57 F
- LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN: 22.8 KV / 13.2 KV (1 $\phi$ ).
- CORRIENTE DE LA LÍNEA: 9 A
- CONFIGURACIÓN: Simple<sup>87</sup>
- ALTURA DE POSTES: 9.45 m
- LONGITUD DE MEDICIÓN: 0.650 Km

**Tabla 13:** Densidad de flujo magnético resultante en la tarde.

Densidad de Flujo Magnético total ( $\mu$ T)					
Punto	Coordenadas	0 m	2 m	4 m	6 m

<sup>86</sup> HOJA DE DATOS Recopilados en las diagonales de la Av. Padre Luis Vaccarí. Anexo C.

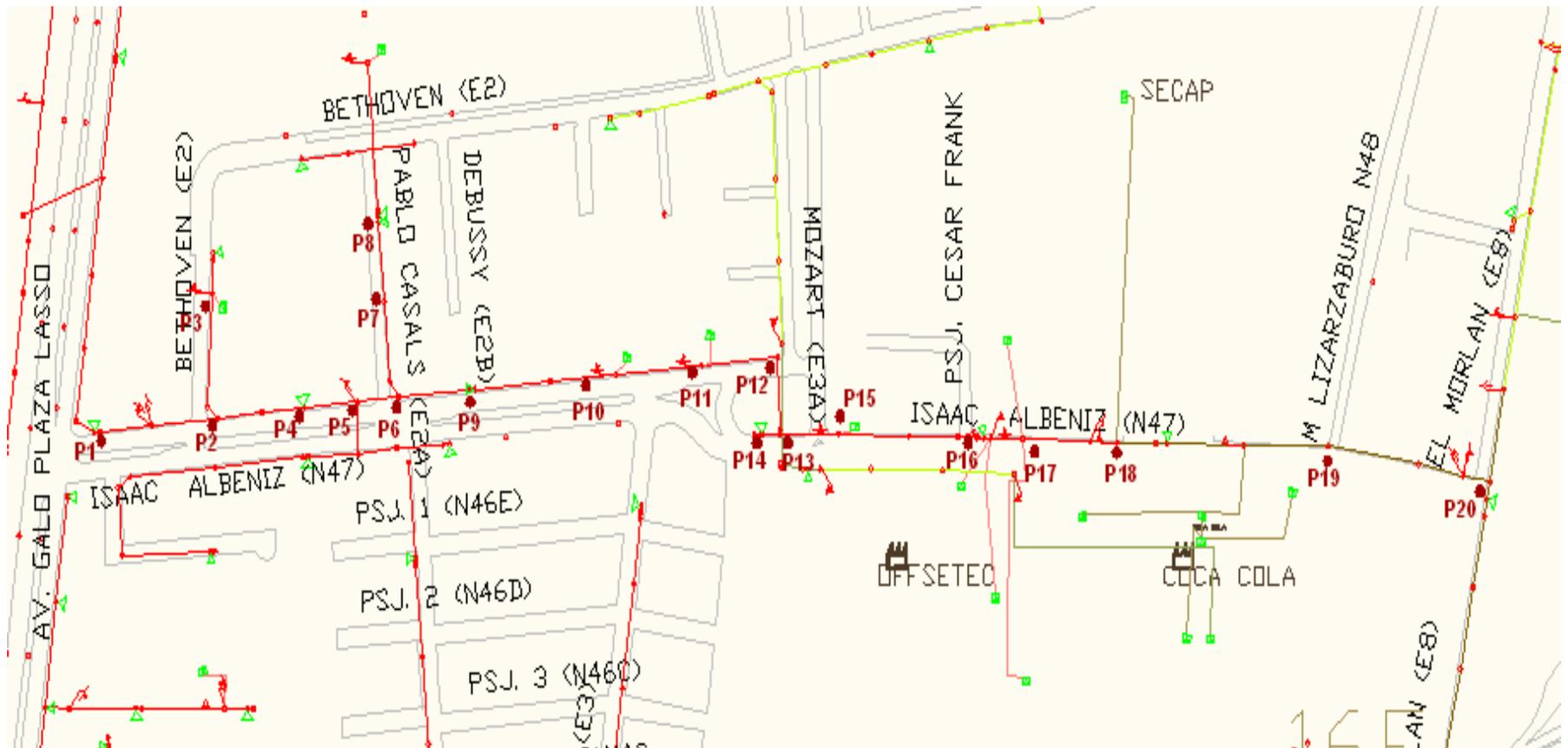
<sup>87</sup> EEQ.S.A Norma para los Sistemas de Distribución. Parte B-Estructuras Tipo. Anexo E-1; E- 2; E-8.

	Longitud	Latitud				
1	78°27'12,7"	0°06'2,6"	0,087	0,124	0,168	0,052
2	78°27'13"	0°06'4,3"	0,127	0,110	0,106	0,112
3	78°27'13,3"	0°06'4,7"	0,127	0,144	0,124	0,114
4	78°27'13,5"	0°06'3,7"	0,071	0,095	0,097	0,064
5	78°27'13,2"	0°06'3,5"	0,066	0,058	0,064	0,058
6	78°27'13,1"	0°06'3,1"	0,058	0,058	0,058	0,052
7	78°27'13,2"	0°06'1,8"	0,052	0,058	0,058	0,058
8	78°27'13"	0°6'0,7"	0,058	0,052	0,066	0,082
9	78°27'7,1"	0°5'59,5"	0,052	0,052	0,052	0,052
10	78°27'7,9"	0°5'59,4"	0,052	0,052	0,052	0,052
11	78°27'8,4"	0°5'58,9"	0,084	0,088	0,082	0,052
12	78°27'9,6"	0°5'59,2"	0,052	0,058	0,066	0,082
13	78°27'10"	0°5'57,6"	0,091	0,058	0,052	0,052
14	78°27'8"	0°5'56,6"	0,091	0,082	0,073	0,073
15	78°27'7,6"	0°5'56,7"	0,104	0,097	0,110	0,124
16	78°27'7,5"	0°5'56,7"	0,078	0,066	0,058	0,071
17	78°27'6,8"	0°5'56,6"	0,082	0,071	0,064	0,058
18	78°27'10"	0°5'50,9"	0,066	0,058	0,052	0,052
19	78°27'9,8"	0°5'50,8"	0,091	0,097	0,116	0,118
20	78°27'9,7"	0°5'51,1"	0,052	0,058	0,058	0,058
21	78°27'7,3"	0°5'51,3"	0,058	0,058	0,052	0,052
22	78°27'7,1"	0°5'50,6"	0,066	0,058	0,078	0,064
23	78°27'5,6"	0°5'51,5"	0,118	0,159	0,185	0,195
24	78°27'4,4"	0°5'51,3"	0,173	0,185	0,185	0,177

Fuente: Los autores.

### **3.5 MEDICIÓN CALLE ISAAC ALBÉNIZ.**

En la Figura 3.8 se muestra la ruta y los puntos de medición de la calle Isaac Albéniz entre la Av. Galo Plaza Lazo y El Morlán.





**Figura 3.8** Ubicación de los puntos de medición.

**Fuente:** Los autores.

### 3.5.1 MEDICIÓN.

Los valores de la Tabla 14<sup>95</sup>, fueron medidos a una distancia de 0 m, 2 m, 4 m y 6 m debajo de la línea se lo realizó en un medio perfil transversal, los datos recopilados medidos en la mañana, tarde y noche esta en el Anexo D.

- ALIMENTADOR PRIMARIO: S/E Río Coca 16 C y E
- LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN: 6.3 KV (3 $\phi$ ).
- CORRIENTE DE LA LÍNEA: u = 34; v = 41; w = 38 A
- CONFIGURACIÓN: Triangular<sup>96</sup>.
- ALTURA DE POSTES: 9.45 m
- LONGITUD DE MEDICIÓN: 0.925 Km

<sup>95</sup> HOJA DE DATOS Recopilados en la calle Isaac Albéniz. Anexo D.

<sup>96</sup> EEQ.S.A. Norma para los Sistemas de Distribución. Parte B-Estructuras Tipo. Anexo E-3; E-4.

**Tabla 14:** Densidad de flujo magnético resultante en la noche.

PUNTO	Coordenadas		Densidad de Flujo Magnético			
	Longitud	Latitud	resultante ( $\mu\text{T}$ )			
	W	S	0 m	2 m	4 m	6 m
1	78°29'3,9"	0°9'12,5"	0,25397	0,40472	0,36249	0,88284
2	78°29'08"	0°9'11,6"	0,18166	0,17493	0,17117	0,16793
3	78°29'1,4"	0°9'10,1"	0,43646	0,11489	0,06557	0,05831
4	78°28'58,9"	0°9'11,3	0,21749	0,17748	0,19026	0,17117
5	78°28'59,3"	0°9'11,3"	0,21095	0,20075	0,17664	0,16583
6	78°28'58,4"	0°9'11,5"	0,19723	0,23896	0,25962	0,28089
7	78°28'58,9"	0°9'10,3"	0,25632	0,22561	0,14967	0,11874
8	78°28'58,8"	0°9'9"	0,46626	0,3363	0,27459	0,15811
9	78°28'56,9"	0°9'11"	0,30166	0,22136	0,1562	0,11874
10	78°28'51,1"	0°9'11,8"	0,13304	0,12083	0,10344	0,08185
11	78°28'52,8"	0°9'10,8"	0,1179	0,12884	0,11045	0,08185
12	78°28'50,2"	0°9'10,4"	0,18974	0,22517	0,21237	0,36387
13	78°28'51,6"	0°9'11,6"	7,57716	0,11916	0,10247	0,09487
14	78°28'52,1"	0°9'12,1"	0,2377	0,29547	0,30741	0,32031
15	78°28'50,6"	0°9'11,6	0,28723	0,23791	0,19339	0,15588
16	78°28'48"	0°9'11,7"	2,15588	0,11446	0,09381	0,08246
17	78°28'47,1"	0°9'11,9"	7,10555	0,20125	0,14491	0,19647
18	78°28'44,1"	0°9'11,9"	0,201	0,19339	0,18138	0,13748
19	78°28'41,9"	0°9'11,9"	0,60498	0,63253	0,47339	0,37762
20	78°28'38,1"	0°9'11,9"	0,77569	0,69584	0,57836	0,36905

Fuente: Los autores.

### 3.6 COMPARACIÓN DE DATOS OBTENIDOS CON NORMATIVA DE EXPOSICIÓN DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO.

A continuación se realizará la comparación de los valores de intensidad de campo magnético calculados en función de la densidad de flujo magnético medido en los tres sectores con los niveles de referencia establecidos por la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) y por la Norma de Radiaciones no Ionizantes de Campos Electromagnéticos emitido en el año 2005 por el Ministerio de Ambiente, vigente en nuestro país.

Para realizar la comparación con los límites de referencia establecidos, se calculará la intensidad campo magnético en función de la densidad de flujo magnético, mediante la siguiente ecuación:

- Cálculo de intensidad campo magnético.

$$B_R = \mu_0 * H$$

$$H = \frac{B_R}{\mu_0}$$

$$H = \frac{0.21307 * 10^{-6} \text{T}}{400\pi * 10^{-9} \frac{\text{T}}{\text{A/m}}}$$

$$H = 0.1695 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

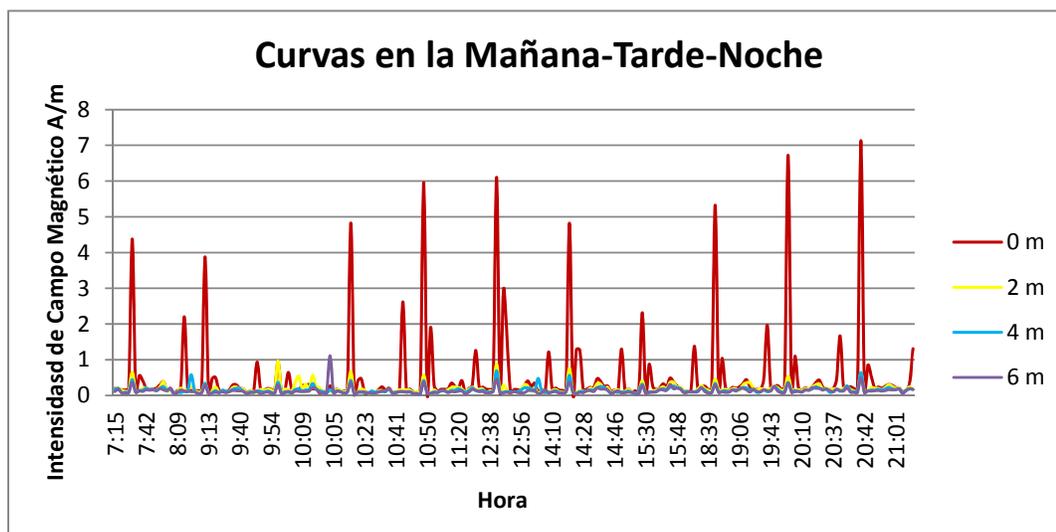
El procedimiento para el cálculo de intensidad campo magnético será el mismo y los resultados se presentan en un esquema de barras para los niveles de Público en General (PG) y Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE) ilustrado para cada uno de los sectores.

En el Anexo G se ilustrará el cálculo de los valores de la intensidad de campo eléctrico.

#### 3.6.1 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE REFERENCIA DE INTENSIDAD DE CAMPO MAGNÉTICO DE LA CALLE RAFAEL BUSTAMANTE

En la Figura 3.9 se muestra la curva de intensidad de campo magnético para cada

una de las distancias respectivas considerando a partir de las 07:15 hasta las 21:12.



**Figura 3.9** Curva de Intensidad de Campo Magnético.

**Fuente:** Los autores.

En las Tablas 15, 16 y 17 se muestran los valores máximos, mínimos, medio y mediana de intensidad de campo magnético en la mañana, tarde y noche respectivamente que nos permitirá definir el nivel de exposición para cada caso, en función de la densidad de flujo magnético resultante.

- **Medición en la mañana**

**Tabla 15:** Intensidad de Campo Magnético.

Intensidad de Campo Magnético A/m				
Valor	0 m	2 m	4 m	6 m
<b>Máximo</b>	5,959	0,964	0,581	1,109
<b>Medio</b>	3,003	0,508	0,311	0,575
<b>Mínimo</b>	0,046	0,051	0,041	0,041
<b>Mediana</b>	0,173	0,149	0,116	0,101

**Fuente:** Los autores.

- Esquema de barras para PG y POE de la intensidad de campo magnético a diferentes distancias.

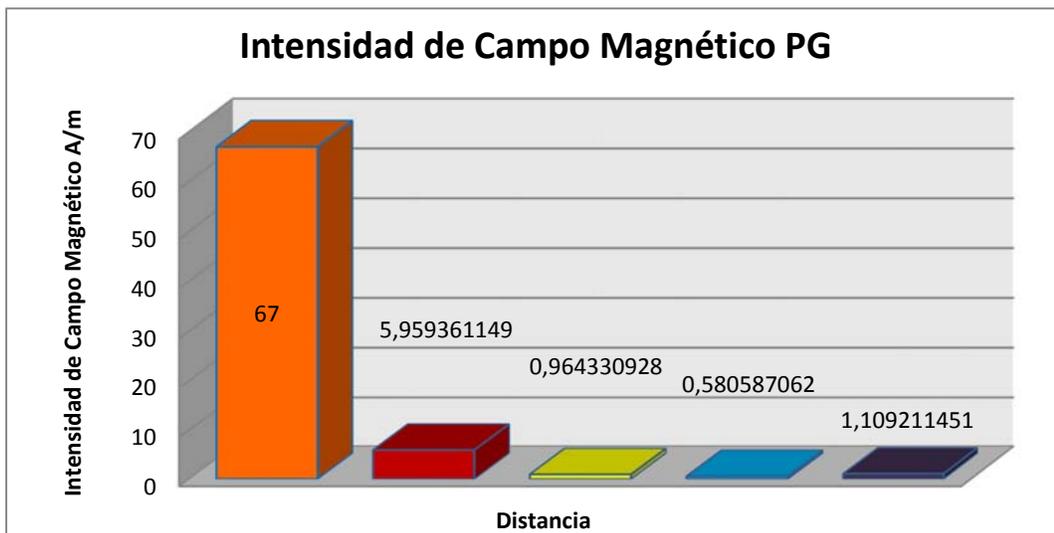


Figura 3.10 Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG

Fuente: Los autores.

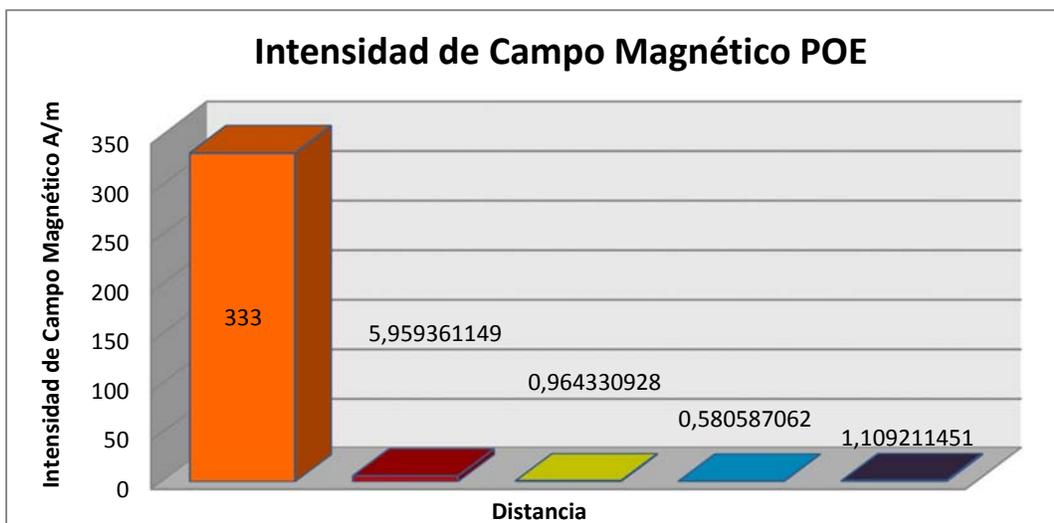


Figura 3.11 Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE

Fuente: Los autores.

En la Figura 3.10 y 3.11 se muestra los valores de la intensidad de campo magnético a diferentes distancias, en este caso, de forma gráfica, los valores máximos a 0 y 2 metros está ubicado al ingreso del edificio # 1 del Condominio de La Kennedy, junto

a la acometida de media tensión, a las 10:46 y 09:58 respectivamente, a 4 metros ubicado en la calle Diógenes Paredes y Rafael Bustamante a las 08:58 y a 6 metros ubicado en el Edificio Franz Viegner (FV) esquina a las 10:23.

Para los niveles máximos alcanzados de Intensidad de Campo Magnético en la mañana graficado en el esquema de barras del Público en General (PG) y el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE) de las figuras, en ambos casos no superó los 8,9% y 1,8% de los límites de referencia permisibles respectivos.

- **Medición en la tarde**

**Tabla 16:** Intensidad de Campo Magnético.

Intensidad de Campo Magnético A/m				
Valor	0 m	2 m	4 m	6 m
<b>Máximo</b>	6,1032	0,8835	0,6925	0,4558
<b>Medio</b>	3,0926	0,4699	0,3786	0,2511
<b>Mínimo</b>	0,0819	0,0563	0,0646	0,0464
<b>Mediana</b>	0,1994	0,1383	0,1128	0,0965

**Fuente:** Los autores.

- Esquema de barras para PG y POE de la Intensidad de Campo Magnético respectivamente.

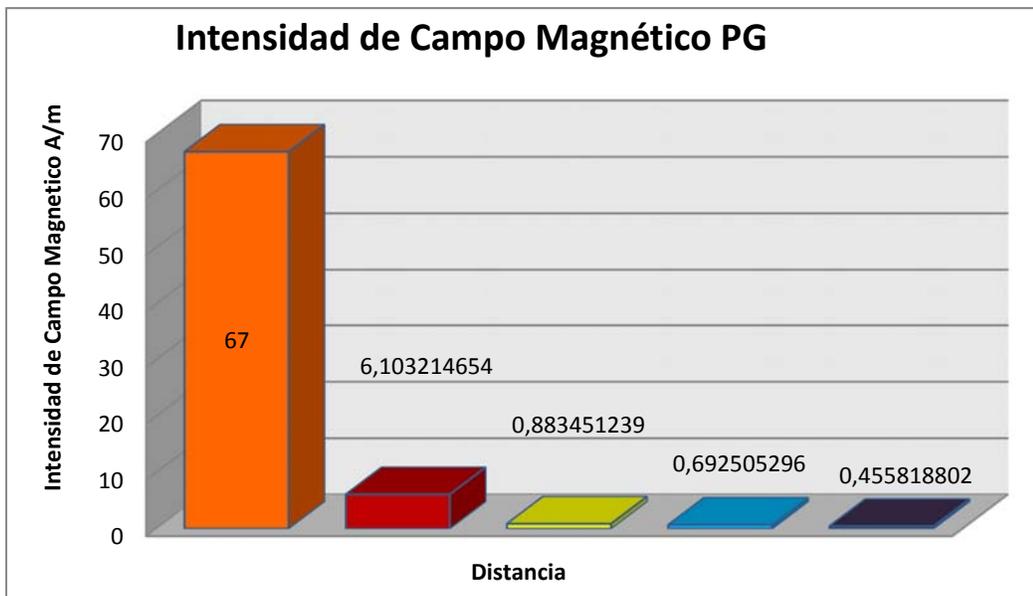


Figura 3.12 Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG

Fuente: Los autores.

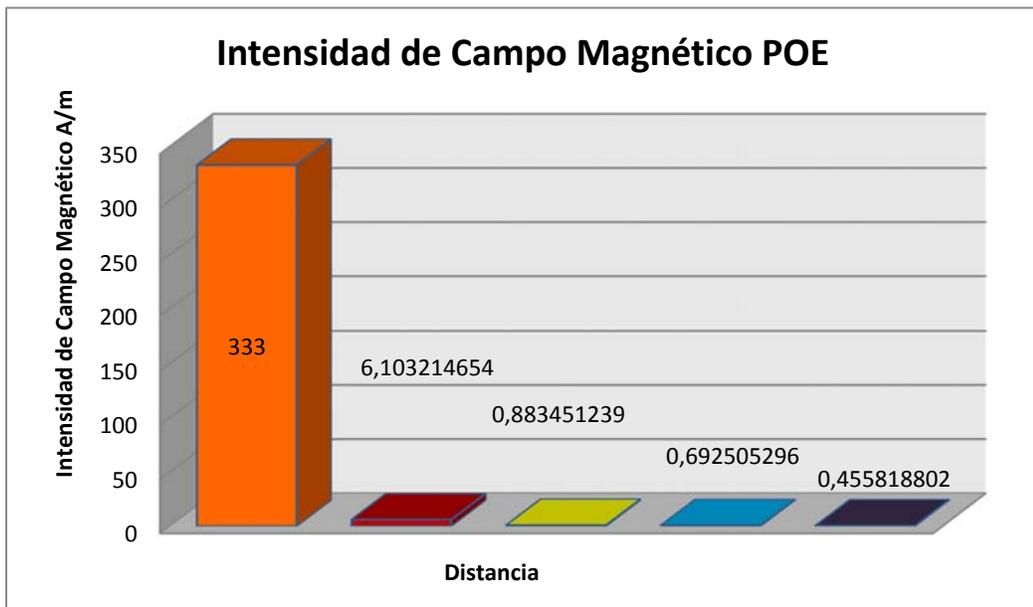


Figura 3.13 Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE

Fuente: Los autores.

En la Figura 3.12 y 3.13 se muestra los valores de la intensidad de campo magnético

tomado a varias distancias de la línea, en este caso los valores máximos a 0, 2, 4 y 6 metros estuvo ubicado al ingreso del edificio # 1 del Condominio de La Kennedy, junto a la acometida de media tensión, a las 12:42.

En los niveles máximos alcanzados de intensidad de campo magnético en la tarde, se graficó en el esquema de barras para el Público en General (PG) y el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), en ambos casos no superó los 9,1% y 1,8% de los límites de referencia permisibles respectivos. Existieron variaciones muy pequeñas para cada una de las distancias con relación en la mañana.

- **Medición en la noche**

**Tabla 17:** Intensidad de Campo Magnético.

<b>Intensidad de Campo Magnético A/m</b>				
<b>Valor</b>	<b>0 m</b>	<b>2 m</b>	<b>4 m</b>	<b>6 m</b>
<b>Máximo</b>	7,1313	0,6313	0,6413	0,4885
<b>Medio</b>	3,619	0,3542	0,3584	0,2748
<b>Mínimo</b>	0,1068	0,0772	0,0755	0,0611
<b>Mediana</b>	0,2197	0,1853	0,1539	0,132

**Fuente:** Los autores.

- Esquema de barras para PG y POE de la intensidad de campo magnético respectivamente.

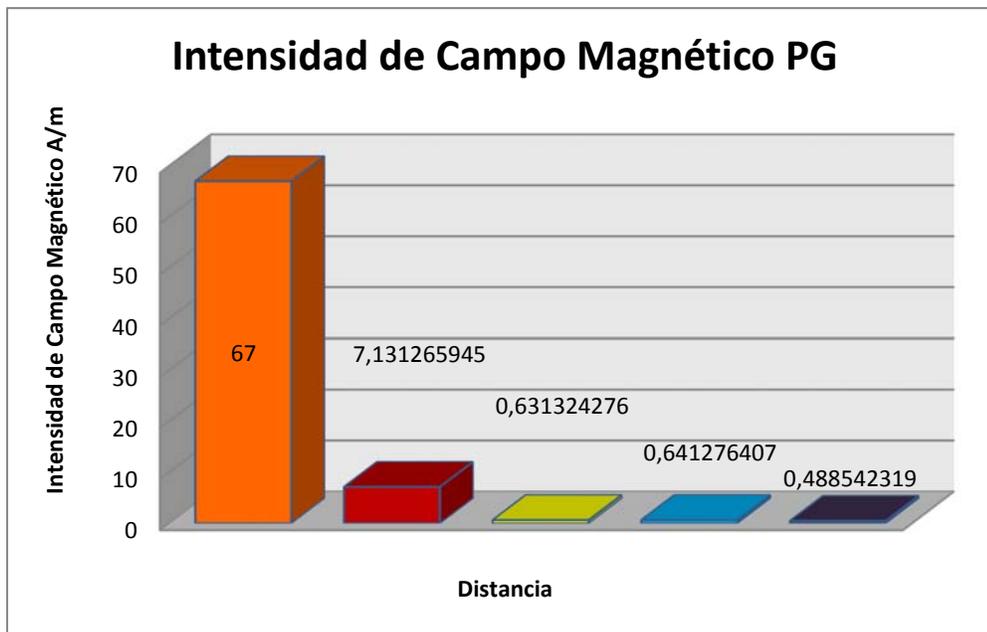


Figura 3.14 Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG

Fuente: Los autores.

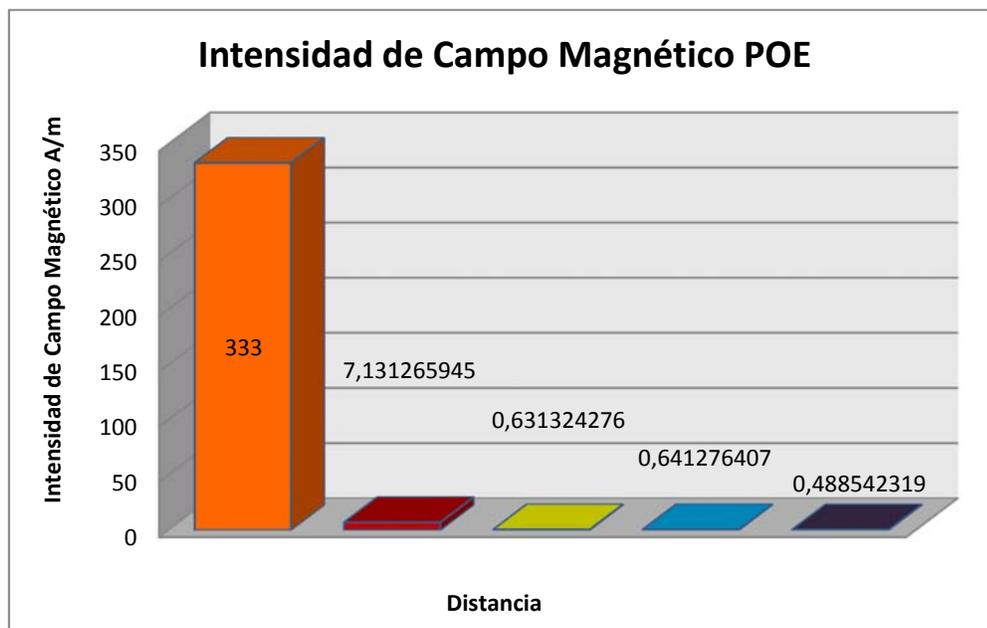


Figura 3.15 Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE

Fuente: Los autores.

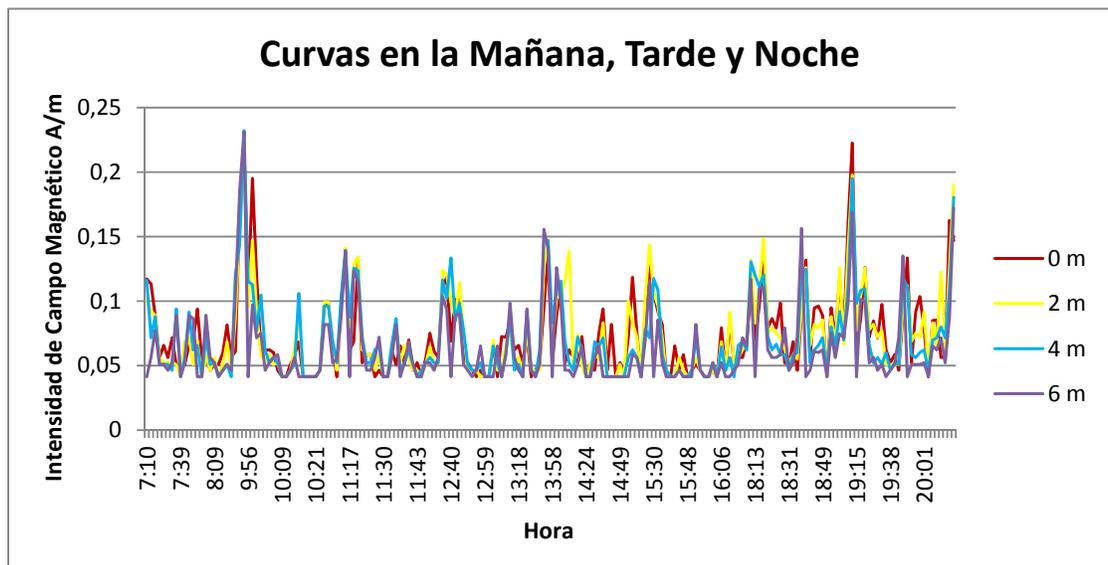
En la Figura 3.14 y 3.15 se muestra los valores de la intensidad de campo magnético

medido a varias distancias de la línea, en este caso los valores máximos a 0, 2, 4 y 6 metros estuvo ubicado al ingreso del edificio # 1 del Condominio de La Kennedy, junto a la acometida de media tensión, a las 20:40.

Para los niveles máximos alcanzados de intensidad de campo magnético en la tarde graficado en el esquema de barras del Público en General (PG) y el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), en ambos casos no superó los 10,6% y 2,1% de los límites de referencia permisibles respectivos. No existieron variaciones de consideración para cada una de las distancias con relación en la mañana y la tarde.

### 3.6.2 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE REFERENCIA DE INTENSIDAD DE CAMPO MAGNÉTICO DE LA Av. PADRE LUIS VACCARÍ.

En la Figura 3.16 se muestra la curva de intensidad de campo magnético para cada una de las distancias respectivas considerando a partir de las 07:10 hasta las 20:21.



**Figura 3.16** Curva de Intensidad de Campo Magnético

**Fuente:** Los autores.

En las Tablas 18, 19 y 20 se muestran los valores máximos, mínimos, medio y mediana de intensidad de campo magnético en la mañana, tarde y noche respectivamente.

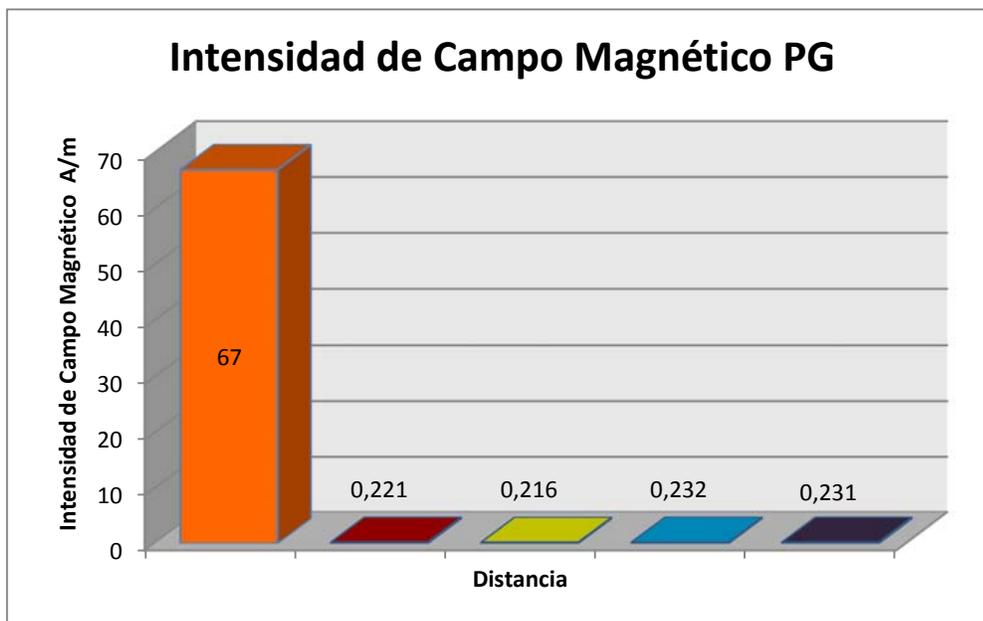
- **Medición en la mañana**

**Tabla 18:** Intensidad de Campo Magnético.

Intensidad de Campo Magnético (A/m)				
Valor	0 m	2 m	4 m	6 m
<b>Máximo</b>	0,221	0,216	0,232	0,231
<b>Medio</b>	0,131	0,129	0,137	0,136
<b>Mínimo</b>	0,041	0,041	0,041	0,041
<b>Mediana</b>	0,059	0,057	0,054	0,052

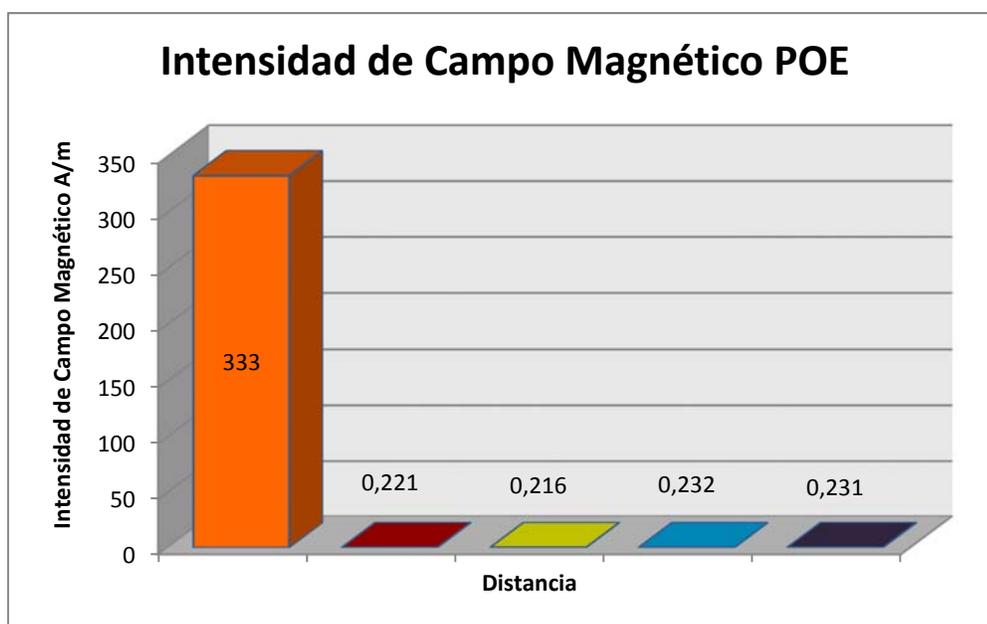
**Fuente:** Los autores.

- Esquema de barras para PG y POE para la intensidad de campo magnético respectivamente.



**Figura 3.17** Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG

**Fuente:** Los autores.



**Figura 3.18** Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE

**Fuente:** Los autores.

En la Figura 3.17 y 3.18 se muestra los valores de la intensidad de campo magnético a diferentes distancias de la línea de distribución, en este caso los valores máximos están a 0, 2, 4 y 6 metros ubicados en la calle Río Guayas y Av. Neptalí Godoy, a las 08:35.

Para los niveles máximos alcanzados de la intensidad de campo magnético en la mañana, graficado en el esquema de barras del Público en General (PG) y el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE) de las figuras, en ambos casos no superó el 0,33% y 0,06% de los límites de referencia permisibles.

- **Medición en la tarde**

**Tabla 19:** Intensidad de Campo Magnético.

Intensidad de Campo Magnético A/m				
Valor	0 m	2 m	4 m	6 m
<b>Máximo</b>	0,138	0,147	0,147	0,156
<b>Medio</b>	0,089	0,094	0,094	0,098

<b>Mínimo</b>	0,041	0,041	0,041	0,041
<b>Mediana</b>	0,056	0,054	0,052	0,046

Fuente: Los autores.

- Esquema de barras para PG y POE de intensidad de campo magnético respectivamente.

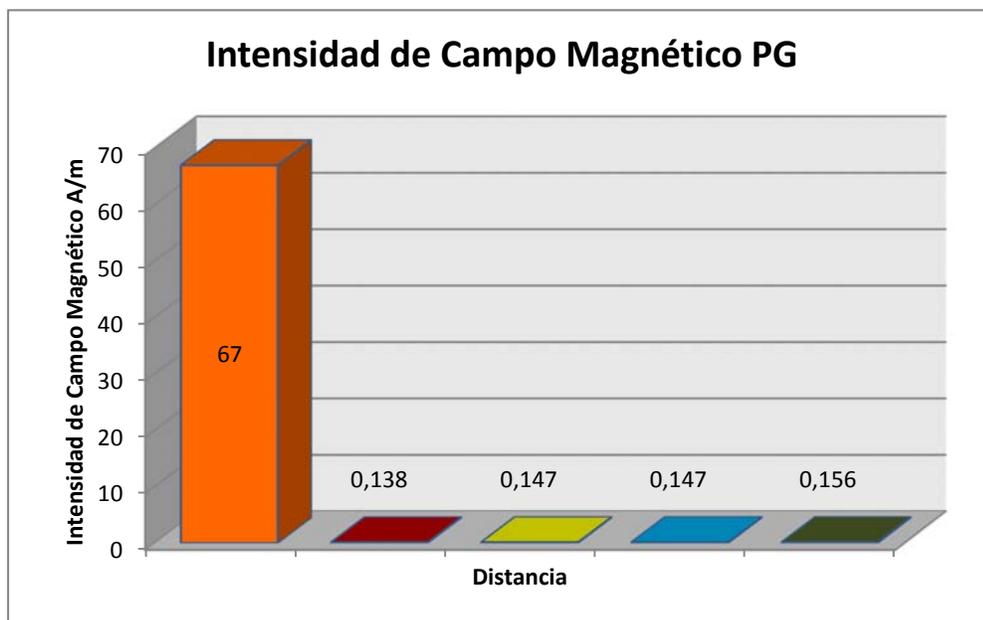
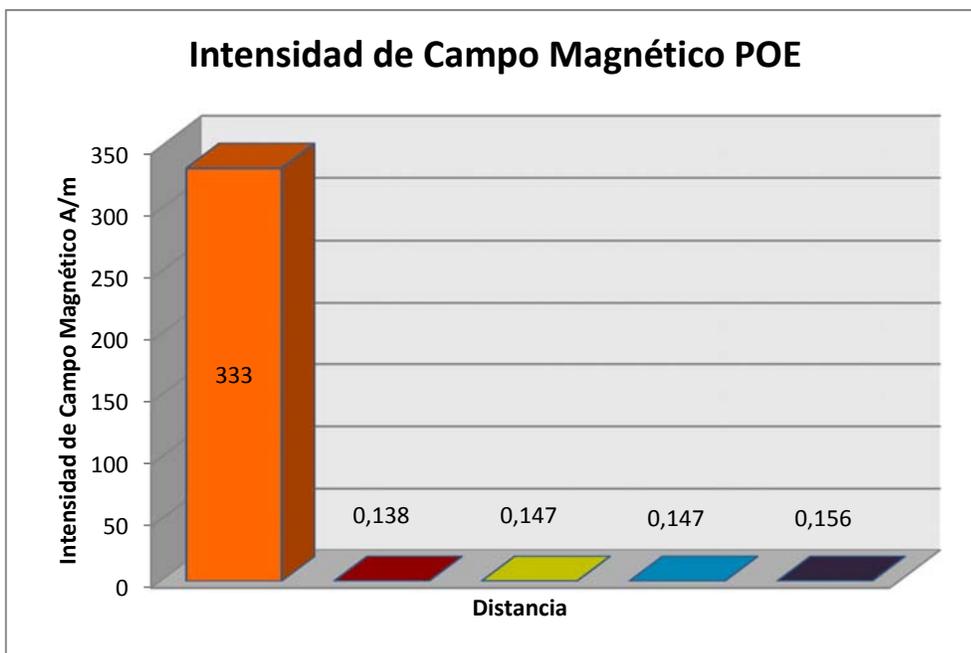


Figura 3.19 Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG

Fuente: Los autores.



**Figura 3.20** Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE

**Fuente:** Los autores.

En la Figura 3.19 y 3.20 se muestra los valores de la Intensidad de Campo Magnético a varias distancias, los valores máximos a 0 y 2 metros ubicados en un mismo punto en la calle Río Guayas y Av. Neptalí Godoy a las 13:35, a 4 y 6 metros ubicado en un punto anterior al otro en la calle Río Guayas y Río Vínces a las 13:32.

Para los niveles máximos alcanzados de la intensidad de campo magnético en la tarde graficado en el esquema de barras del Público en General (PG) y el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), en ambos casos no superó el 0,23% y 0,05% de los límites de referencia permisibles, porcentajes con una tendencia baja que en la mañana.

- **Medición en la noche**

**Tabla 20:** Intensidad de Campo Magnético.

Intensidad de Campo Magnético A/m				
Valor	0 m	2 m	4 m	6 m

<b>Máximo</b>	0,223	0,198	0,195	0,172
<b>Medio</b>	0,132	0,12	0,121	0,107
<b>Mínimo</b>	0,041	0,041	0,046	0,041
<b>Mediana</b>	0,085	0,078	0,067	0,057

Fuente: Los autores.

- Esquema de barras para PG y POE para la Intensidad de Campo Magnético respectivamente.

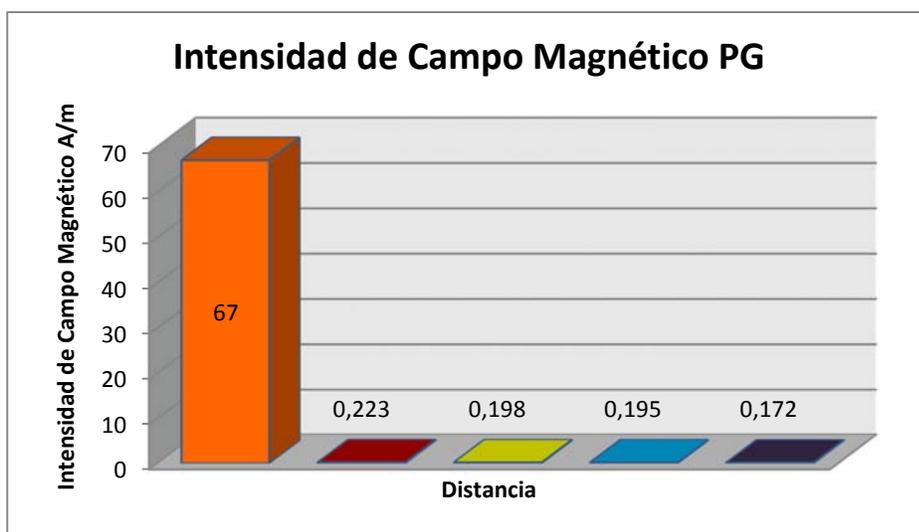
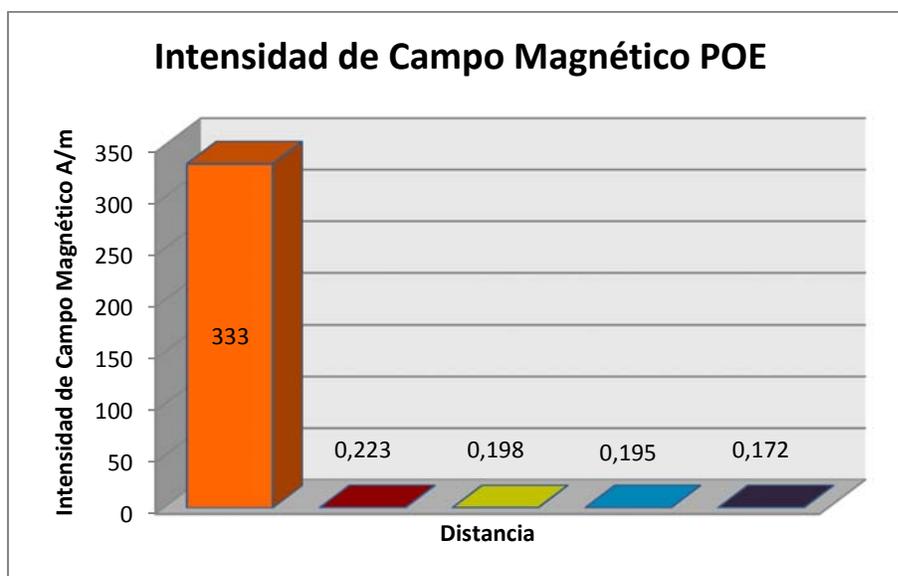


Figura 3.21 Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG

Fuente: Los autores.



**Figura 3.22** Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE

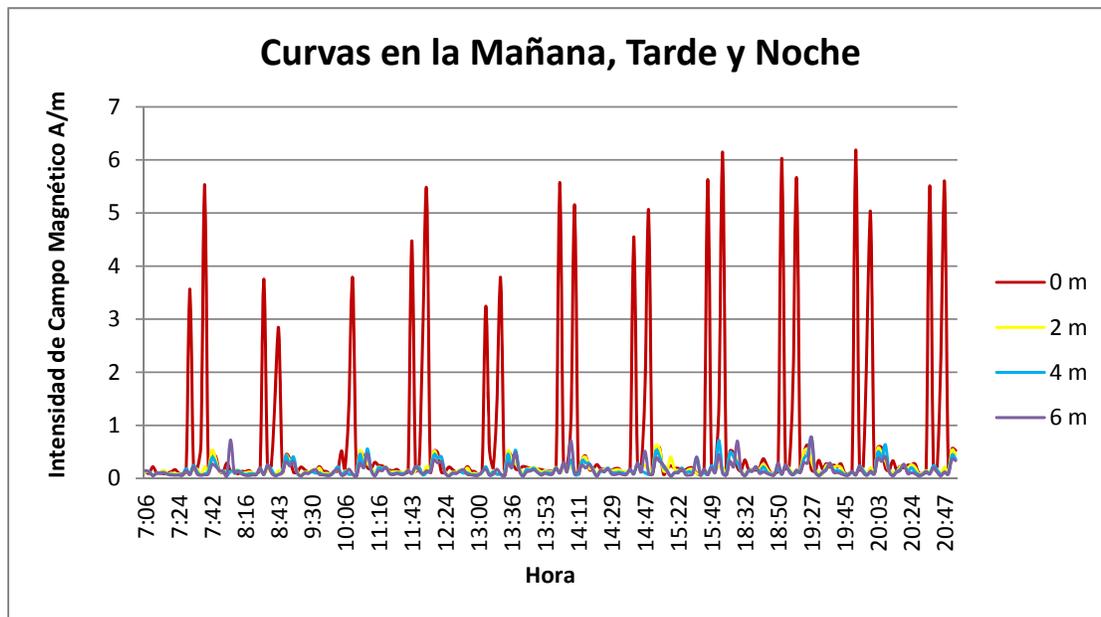
**Fuente:** Los autores.

En la Figura 3.21 y 3.22 se muestra los valores de la intensidad de campo magnético a diferentes distancias de la línea de distribución, en este caso los valores máximos están a 0, 2, 4 y 6 metros ubicados en la calle Río Guayas y Av. Neptalí Godoy, a las 19:05.

Para los niveles máximos alcanzados de la intensidad de campo magnético en la noche graficado en el esquema de barras del Público en General (PG) y el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), en ambos casos no superó el 0,33% y 0,06% de los límites de referencia permisibles.

### **3.6.3 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE REFERENCIA DE INTENSIDAD DE CAMPO MAGNÉTICO DE LA CALLE ISAAC ALBÉNIZ.**

En la Figura 3.23 se muestra la curva de intensidad de campo magnético para cada una de las distancias respectivas considerando a partir de las 07:06 hasta las 20:55.



**Figura 3.23** Curva de Intensidad de Campo Magnético

**Fuente:** Los autores.

En las Tablas 21, 22 y 23 se muestran los valores máximos, mínimos, medio y mediana de intensidad de campo magnético en la mañana, tarde y noche que se indicará respectivamente.

- **Medición en la mañana**

**Tabla 21:** Intensidad de Campo Magnético.

Intensidad de Campo Magnético A/m				
Valor	0 m	2 m	4 m	6 m
<b>Máximo</b>	5,5334	0,5358	0,5569	0,7232
<b>Medio</b>	2,8028	0,299	0,3017	0,3823
<b>Mínimo</b>	0,0721	0,0622	0,0464	0,0413
<b>Mediana</b>	0,1597	0,1251	0,1107	0,0986

**Fuente:** Los autores.

- Esquema de barras para PG y POE para la intensidad de campo magnético respectivamente.

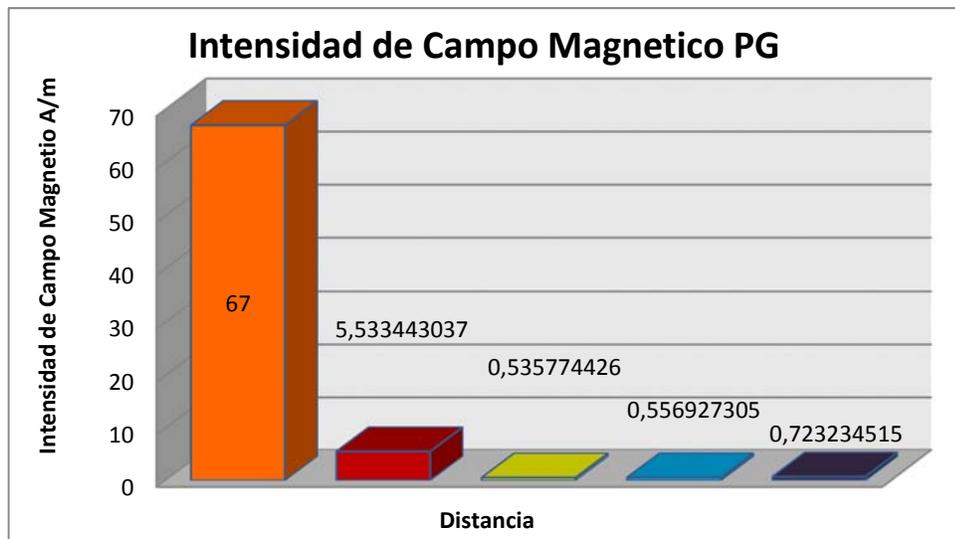


Figura 3.24 Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG

Fuente: Los autores.

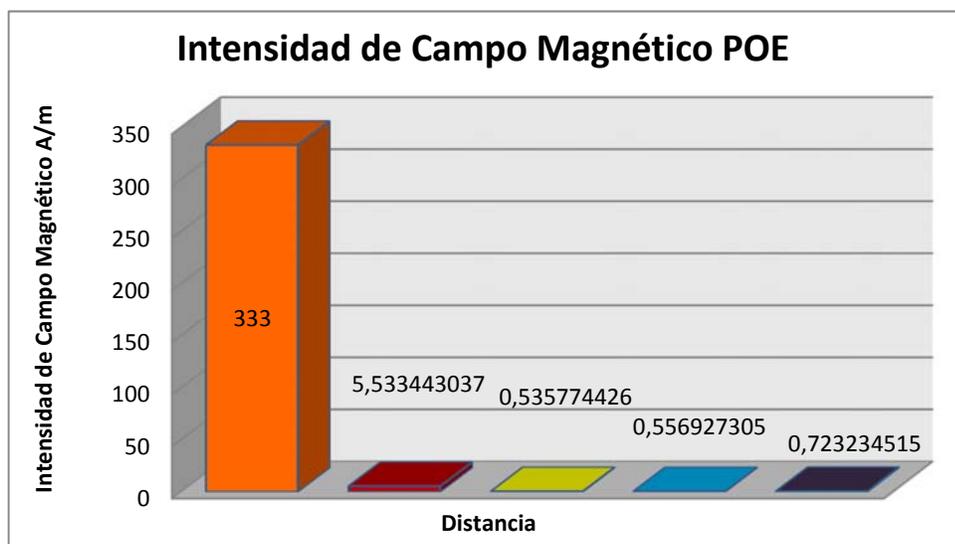


Figura 3.25 Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE

Fuente: Los autores.

En la Figura 3.24 y 3.25 se muestra los valores de intensidad de campo magnético con diferentes distancias, en este caso de forma gráfica, los valores máximos a 0 metros está ubicado en la calle Isaac Albéniz junto a la acometida de media tensión de la Empresa Coca Cola, a las 07:38, a 2 metros en el cruce de las calles Isaac Albéniz y Manuel Lizarzaburu esquina a las 07:42, a 4 metros en el calle Isaac Albéniz y Av.

Galo Plaza Lazo a las 11:07 y a 6 metros en la calle Isaac Albéniz E1-143 a las 08:04.

Para los niveles máximos alcanzados de intensidad de campo magnético en la mañana en diferentes lugares registrados, está graficado en el esquema de barras del Público en General (PG) y el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), en ambos casos no superó los 8,2% y 1,6% de los límites de referencia permisibles.

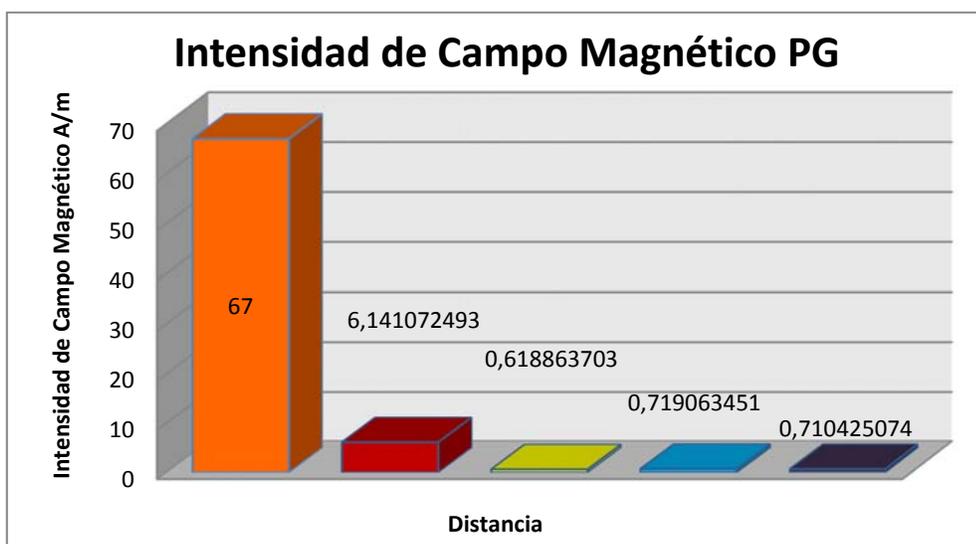
- **Medición en la tarde**

**Tabla 22:** Intensidad de Campo Magnético.

Intensidad de Campo Magnético A/m				
Valor	0 m	2 m	4 m	6 m
<b>Máximo</b>	6,1411	0,6189	0,7191	0,7104
<b>Medio</b>	3,1066	0,342	0,3827	0,3759
<b>Mínimo</b>	0,0721	0,0651	0,0464	0,0413
<b>Mediana</b>	0,1877	0,1601	0,1175	0,1167

**Fuente:** Los autores.

- Esquema de barras para PG y POE para la intensidad de campo magnético respectivamente.



**Figura 3.26** Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG

Fuente: Los autores.

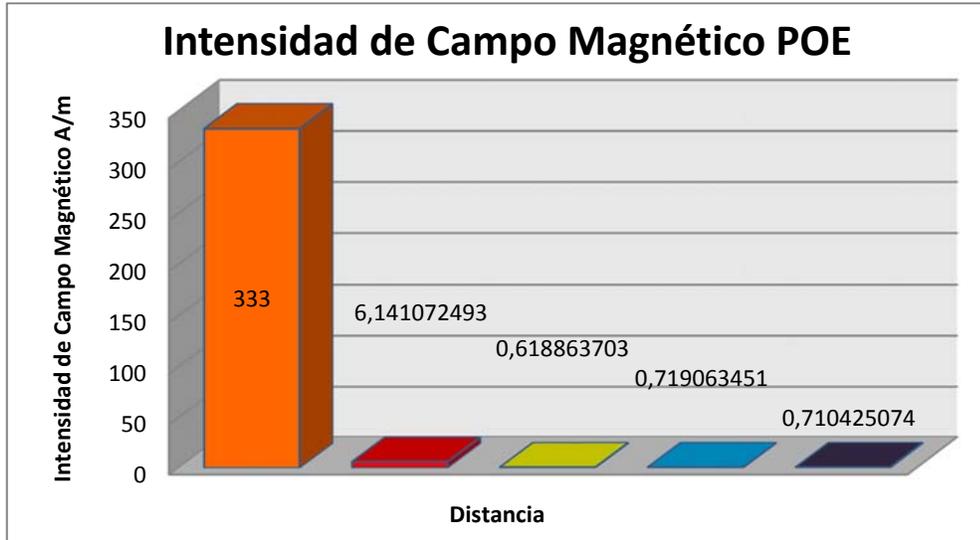


Figura 3.27 Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE

Fuente: Los autores.

En la Figura 3.26 y 3.27 se muestra los valores de la intensidad de campo magnético a varias distancias, los valores máximos a 0 metros está ubicado en la calle Isaac Albéniz junto a la acometida de media tensión de la Empresa de Bebida Gaseosa Coca Cola, a las 15:58, a 2 metros en el cruce de las calles Isaac Albéniz y Manuel Lizaraburu esquina a las 14:53, a 4 y 6 metros en el calle Isaac Albéniz E3-173 y el pasaje N47A, frente al Grupo Norma, a las 15:55 y 14:07 respectivamente.

Para los niveles máximos alcanzados de intensidad de campo magnético en la tarde está graficado en el esquema de barras del Público en General (PG) y el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), en ambos casos no superó los 9,2% y 1,8% de los límites de referencia permisibles.

- **Medición en la noche**

Tabla 23: Intensidad de Campo Magnético.

Intensidad de Campo Magnético A/m
-----------------------------------

Valor	0 m	2 m	4 m	6 m
Máximo	6,1864	0,5672	0,7759	0,7805
Medio	3,1377	0,3194	0,414	0,4135
Mínimo	0,089	0,0716	0,0522	0,0464
Mediana	0,2187	0,166	0,1379	0,1199

Fuente: Los autores.

- Esquema de barras para PG y POE para la intensidad de campo magnético respectivamente.

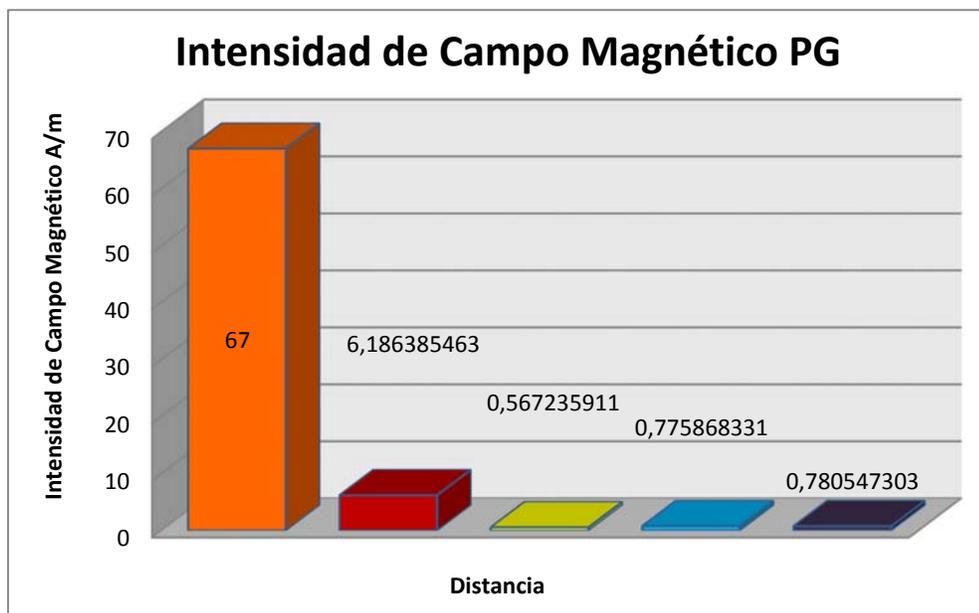
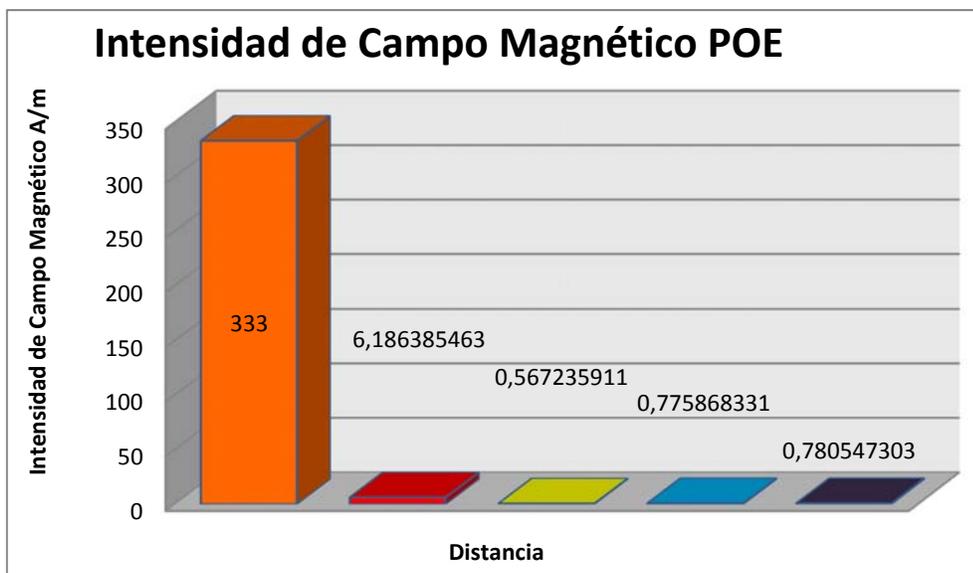


Figura 3.28 Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético PG

Fuente: Los autores.



**Figura 3.29** Valores máximos de Intensidad de Campo Magnético POE

**Fuente:** Los autores.

En la Figura 3.28 y 3.29 se muestra los valores de la intensidad de campo magnético a varias distancias, los valores máximos a 0 metros está ubicado en la calle Isaac Albéniz junto a la acometida de media tensión de la Empresa Grupo Hanaska, a las 19:51, a 2 metros en el cruce de las calles Isaac Albéniz y Manuel Lizarzaburu esquina a las 20:03, a 4 y 6 metros en el calle Isaac Albéniz y Av. Galo Plaza Lazo, a las 19:27.

Para los niveles máximos alcanzados de intensidad de campo magnético en la tarde está graficado en el esquema de barras del Público en General (PG) y el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), en ambos casos no superó los 9,2% y 1,9% de los límites de referencia permisibles.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGOS.

En la elaboración de los mapas de riesgo, se utilizó la norma estándar NECC 01<sup>97</sup> para la correcta aplicación de colores de control de riesgos.

#### 4.1.1 MAPA DE RIESGO PARA LA CALLE RAFAEL BUSTAMANTE.

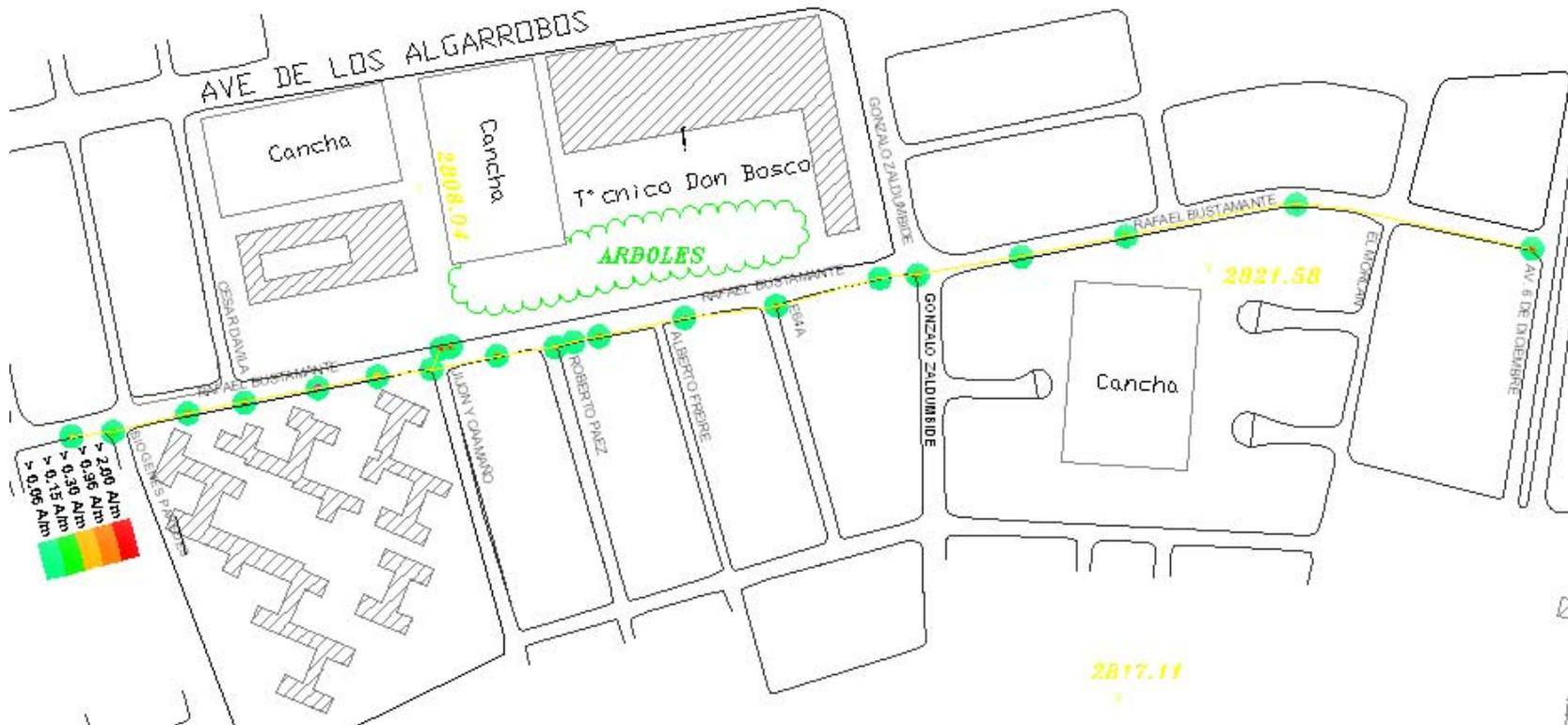
Los valores obtenidos de intensidad de campo magnético en la calle Rafael Bustamante durante la mañanaes de 8,9% y 1,8%, en la tarde de 9,1% y 1,8% y en la noche es de 10,6% y 2,1%, donde el porcentaje de error no supera el 10% de lo calculado con las mediciones realizadas para mayor información se encuentra en el Anexo H, por lo tanto estos valores no superan los límites recomendados por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante, donde los valores recomendados son de 67 A/m para el público en general y de 333 A/m para el personal ocupacionalmente expuesto. Por lo tanto no existe ningún riesgo de producirse estimulación de nervios, músculos y peor aún leucemia infantil y cáncer en las personas.

En la figura 4.1 se indica el grado de afectación donde tenemos que a una distancia de 0.5 metros hasta 2 metros tenemos un color rojizo con valores mayores de 0.3 A/m pero estos valores son de acuerdo a las mediciones cercanas realizados con los energizados de la EEQ. S.A. y de 2 metros hasta los 6 metros un color verde claro valores mayores de 0.06 A/m hasta 0.15 A/m. donde estos valores no tiene ninguna incidencia en la salud.

---

<sup>97</sup> NECC 01, *Norma estándar para la aplicación de colores de control de riesgos*, Primera edición, 1994, actualizado 2006.

**Figura 4.1** Niveles de riesgo en la calle Rafael Bustamante.  
**Fuente:** Los autores (Autocad).



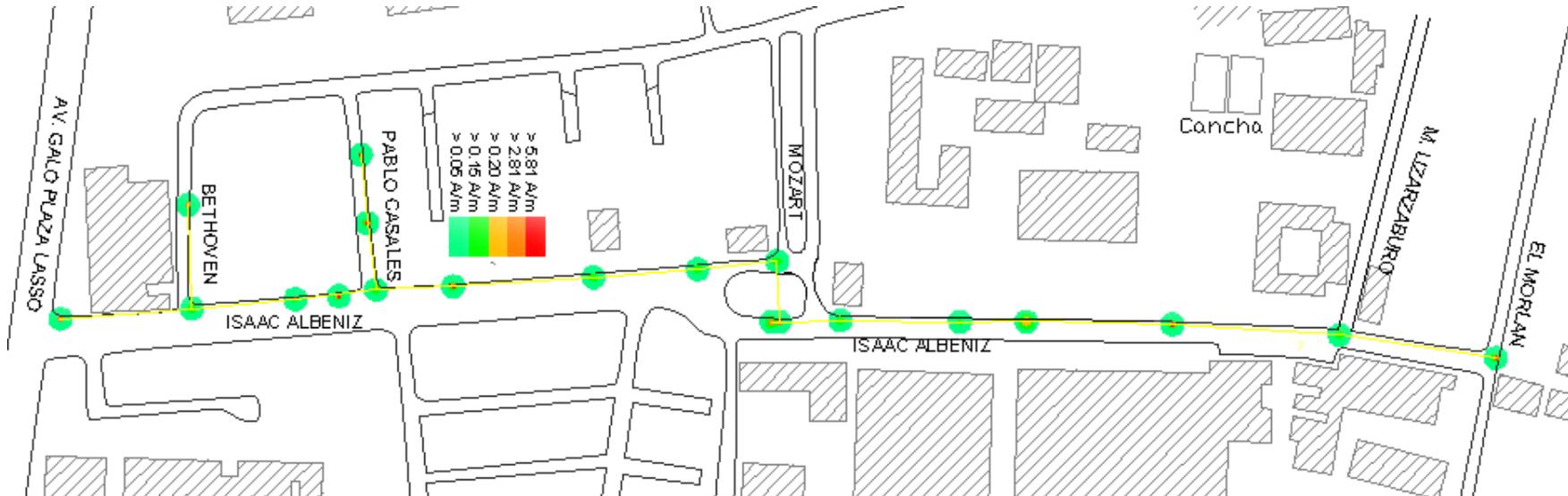
#### **4.1.2 MAPA DE RIESGO PARA LA CALLE ISAAC ALBÉNIZ.**

Los valores obtenidos de intensidad de campo magnético en la calle Isaac Albéniz durante la mañana es de 8,2% y 1,6%, en la tarde de 9,2% y 1,8% y en la noche es de 9,2% y 1,9%, donde el porcentaje de error no supera el 10% de lo calculado con las mediciones realizadas para mayor información se encuentra en el Anexo H, por lo tanto estos valores no superan los límites recomendados por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante, donde los valores recomendados son de 67 A/m para el público en general y de 333 A/m para el personal ocupacionalmente expuesto. Por lo tanto no existe ningún riesgo de producirse estimulación de nervios, músculos y peor aun leucemia infantil y cáncer en las personas.

En la figura 4.2 se indica el grado de afectación donde tenemos que a una distancia de 0.5 metros hasta 2 metros tenemos un color rojizo con valores mayores de 0.2 A/m pero estos valores son de acuerdo a las mediciones cercanas realizados con los energizados de la EEQ. S.A. y de 2 metros hasta los 6 metros un color verde claro valores mayores de 0.06 A/m hasta 0.15 A/m. donde estos valores no tiene ninguna incidencia en la salud.

**Figura 4.2** Niveles de riesgo en la calle Isaac Albéniz

Fuente: Los autores (Autocad).





## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

### 4.1.3 MAPA DE RIESGO PARA LA Av. PADRE LUIS VACCARÍ.

Los valores obtenidos de intensidad de campo magnético en la Av. Padre Luis Vaccarí durante la mañana es de 0,33% y 0,06%, en la tarde de 0,23% y 0,05% y en la noche es de 0,33% y 0,06%, donde el porcentaje de error no supera el 10% de lo calculado con las mediciones realizadas para mayor información se encuentra en el Anexo H, es así que, estos valores no superan los límites recomendados por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante, donde los valores recomendados son de 67 A/m para el público en general y de 333 A/m para el personal ocupacionalmente expuesto y no existe ningún riesgo de producirse estimulación de nervios, músculos, leucemia infantil y cáncer en las personas.

En la figura 4.3 se indica el grado de afectación donde tenemos que a una distancia de 0.5 metros hasta 2 metros tenemos un color rojizo con valores mayores de 0.2 A/m pero estos valores son de acuerdo a las mediciones cercanas realizados con los energizados de la EEQ. S.A. y de 2 metros hasta los 6 metros un color verde claro valores mayores de 0.04A/m hasta 0.06 A/m. donde estos valores no tiene ninguna incidencia en la salud.

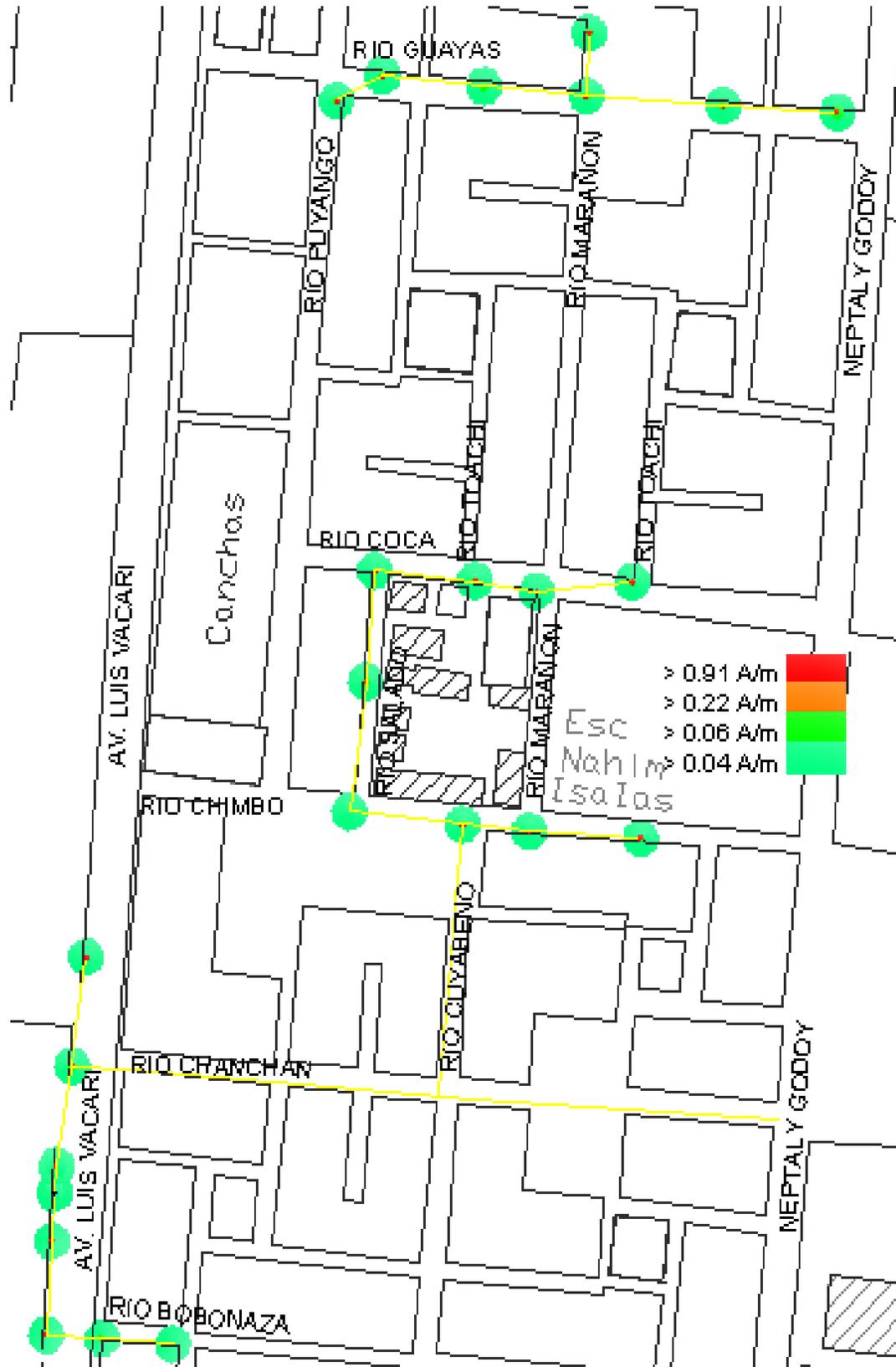


Figura 4.3 Niveles de riesgo en la Av. Padre Luis Vaccari.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Fuente: Los autores (Autocad).

## **4.2 ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA NORMATIVA PARA LAS CONSTRUCCIONES RESIDENCIALES ACTUALES Y POSTERIORES EN LA CIUDAD DE QUITO DONDE EXISTA REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE 6.3 KV Y 22 KV**

En las instituciones, las normas de uso cotidiano generalmente son verbales; no están escritas. Incluso el personal, por falta de esa información o indiferentes a su importancia en caso de que estén presentes en los servicios las modifican desvirtuando los procedimientos o recomendaciones pautadas.

En consecuencia, las normas deben incluir aquellos aspectos que faciliten el cumplimiento de los objetivos aplicados a la organización a la que sirven, ya que le agregan un valor docente importante al generar una utilidad adicional en términos de minimización de riesgos, optimización de las actividades, mejora de la seguridad, etc.

Esta norma debe ser observada por las empresas distribuidoras, en la construcción de redes eléctricas, por los municipios, al autorizar la construcción de edificaciones u obras de infraestructura; por los constructores y dueños de las viviendas, al ejecutar las obras de infraestructura y todos a quienes estén ubicados en un acceso cercano a las redes de distribución eléctricas.

Para la elaboración de la normativa se tiene como referencia las normas, ordenanza municipal, resoluciones de distancias mínimas de seguridad en nuestro país.

## **4.3 NORMATIVA DE LAS DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD DE EDIFICACIONES CERCANAS A REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.**

La Municipalidad del Distrito Metropolitano de Quito mediante la ordenanza establece las normas mínimas para diseño y construcción de espacios que permitan habitar suelo o edificación garantizando su funcionalidad, seguridad y estabilidad. A través de sus entidades y Administraciones Zonales.

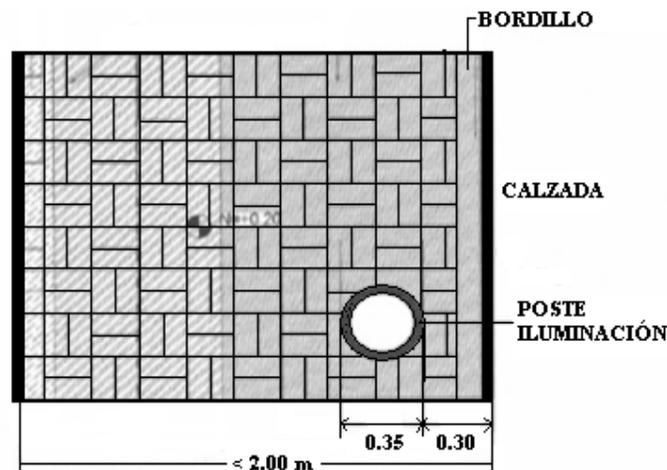
## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

La Empresa Eléctrica Quito S. A. con su contenido de las normas se encuentra orientada preponderantemente hacia el diseño de las redes de distribución en áreas urbanas y rurales, en las cuales se proyecten nuevos desarrollos urbanísticos que se incorporen al sistema de la Empresa como parte del proceso de ampliación del área de suministro.

### 4.3.1 ZONIFICACIÓN DE LA ACERA<sup>50</sup>.

Según la sección de las aceras se han clasificado en:

- ACERA MÍNIMA que son menores de 2 metros, están en vías locales y vías secundarias, como se detalla en Figura 4.4.



**Figura 4.4** Acera Mínima.

**Fuente:** Resolución A0015.

- ACERA ESTÁNDAR son consideradas aceras normales las que tiene una distancia de 2.01 m a 2.70 m, están en calles principales y secundarias tal como se muestra en la Figura 4.5.

<sup>50</sup> RESOLUCIÓN # A0015. Distrito Metropolitano de Quito. 2011

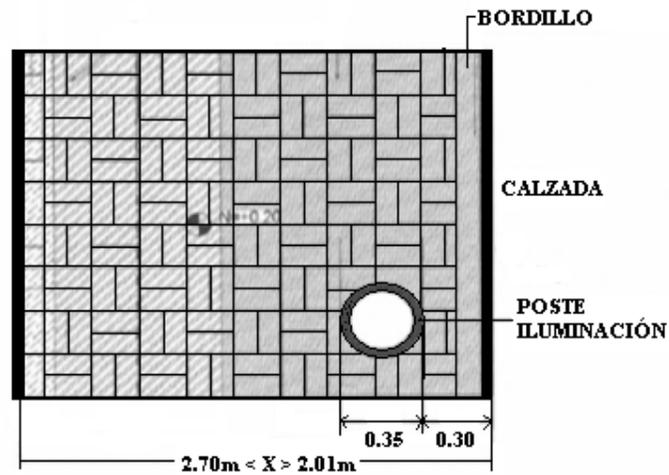


Figura 4.5 Acera Estándar.

Fuente: Resolución A0015.

- ACERA GRANDE son consideradas mayores a 2.70 m en calles secundaria-principal y en las calles principales y colectoras que incluyen ciclovías, mobiliario especial, fajas verdes, entre otros. Se muestra en la Figura 4.6.

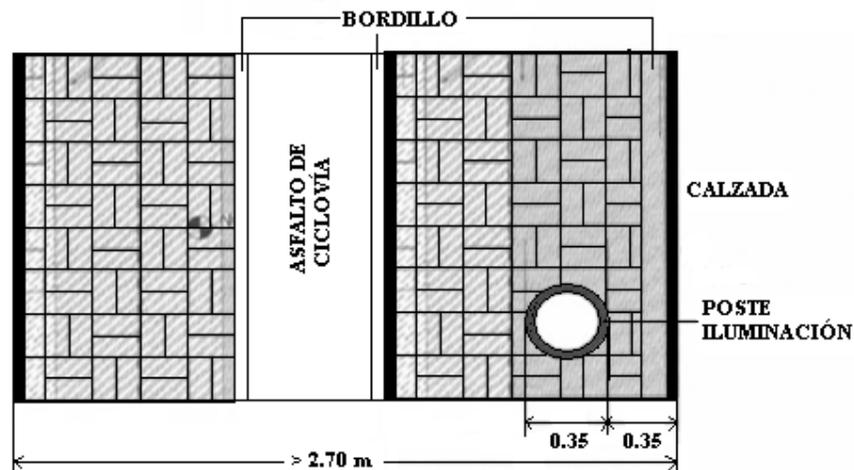


Figura 4.6 Acera Grande.

Fuente: Resolución A0015.

## 4.3.2 POSTES



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Los postes que conforman las estructuras de soporte de equipos, artefactos de alumbrado y conductores, constituyen los elementos más vulnerables de las instalaciones por estar expuesto a eventuales impactos de vehículos y por otra parte son obstáculos que se interponen al tránsito de peatones y al acceso de vehículos a los edificios, por lo tanto, el proyectista deberá seleccionar para la implantación aquella ubicada que ofrezca la mayor seguridad y que no interfieran con el libre tránsito en forma notoria.

En todo caso, los postes deberán localizarse preferentemente en sitios coincidentes con las prolongaciones de las líneas divisorias de las propiedades o de no ser esto posible, a una distancia mínima de 6 metros de las mismas. No se admitirá la localización de postes en las intersecciones de las vías, debiendo mantenerse una distancia mínima de 7 metros a partir de la cinta gotera de la acera.

### 4.3.3 IMPLANTACIÓN DE POSTES.

Para la implantación de los postes se realizará de acuerdo a las condiciones geográficas del campo.

- La profundidad de empotramiento (E) será normalmente  $E = \frac{H}{10+0.5} (m)$ ; donde H es la altura del poste.
- En los postes instalados con inclinación contra la tracción del conductor, la inclinación será de 2.5 a 5 centímetros máximo por cada 3 metros de longitud del poste una vez que el esfuerzo ha sido aplicado en todo caso, el poste debe ser localizado dejando la punta en línea con las estructuras adyacentes.

### 4.3.4 CONDUCTORES

La selección del calibre del conductor se tomará en consideración lo siguiente:

- La capacidad del transporte de corriente (límite térmico).
- La regulación de voltaje.
- Las pérdidas de potencia y energía.
- La capacidad de cortocircuito.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

- El crecimiento de la carga.
- El factor de sobrecarga.

Para líneas de distribución primaria aérea se han estandarizado los siguientes calibres mínimos:

- En líneas de distribución los conductores de aluminio reforzados con alma de acero (ACSR) desde calibre 4 AWG (24 mm<sup>2</sup>) hasta 336,4 MCM (198,3 mm<sup>2</sup>).
- En redes primarias conductores de aleación de aluminio (ASC) desde calibre 4 AWG<sup>51</sup> (21 mm<sup>2</sup>), hasta 350 MCM<sup>52</sup> (177,3 mm<sup>2</sup>) y alternativamente conductores de aluminio reforzados con alma de acero (ACSR) desde calibre 4 AWG (24 mm<sup>2</sup>) hasta 336,4 MCM (198,3 mm<sup>2</sup>).

## 4.3.5 ALTURA MÍNIMA DE CONDUCTORES

De acuerdo a lo establecido en las Normas para Sistemas de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito S. A., la altura mínima de ubicación de los conductores se determina en la siguiente Tabla 24 (Normativa EEQ, Parte B).

**Tabla 24:** Alturas mínimas de conductores.

ALTURA MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES (m)					
TIPO DE VÍA	ZONA	A LO LARGO SOBRE ACERAS		CRUCES	
		MEDIA TENSIÓN	BAJA TENSIÓN	MEDIA TENSIÓN	BAJA TENSIÓN
Avenida de tránsito rápido, dos o más calzadas	Urbana	7	6,5	8	NO PERMITIDO
Avenidas principales		7	6,5	7	NO PERMITIDO
Calles		7	6	7	5,6
Calles y caminos	Rural	6	5,5	6	5,6
Espacios abiertos sin tránsito peatonal				6	5

<sup>51</sup> American Wire Gauge (Calibre de cables americano), es una referencia de clasificación de los conductores de acuerdo a sus diámetros.

<sup>52</sup> Mil de Circular Mil, Circular Mil es una unidad de área, es el área equivalente al área del círculo con un diámetro de una milésima de pulgada.



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Autopistas	Otros			8	NO PERMITIDO
Carreteras				8	6,5
Líneas férreas no electrificadas				8	7

### 4.3.6 SEPARACIONES MÍNIMAS ENTRE CONDUCTORES Y EDIFICIOS

Las separaciones mínimas establecidas por la Empresa Eléctrica Quito S. A., entre conductores y edificios se determinan en el Anexo F1, por tanto en lo referente a la distancia vertical como a la horizontal Anexo F2.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

**1.2 Quito, 28 de Julio del 2011**

**Ing.**

**Esteban Inga.**

**Director de Carrera**

**Ingeniería Eléctrica.**

**Quito.**

De mi consideración:

Nosotros, Amendaño Sucuzhañay Edwin Giovanni, Inachonta Monta Romel Santiago estudiantes de Ingeniería Eléctrica, solicitamos que nos autorice realizar el trámite correspondiente para la aprobación del proyecto de Tesis, previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico, que versará sobre el tema:

**“ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CAMPO MAGNÉTICO GENERADO POR LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN CERCANAS AL SECTOR DOMICILIARIO”.**



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

**Tiempo de duración:** 12 meses.

**Tema propuesto por:** Ing. Esteban Inga.

**Director Sugerido:** Ing. Benigno Santos.

**Atentamente,**

---

**Amendaño Edwin**

---

**Inachonta Romel**

---

**Ing. Benigno Santos**

**1.- TÍTULO DEL TEMA.**

**“ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CAMPO MAGNÉTICO GENERADO POR LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN CERCANAS AL SECTOR DOMICILIARIO”.**

**2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Las redes de distribución eléctricas de 6.3 KV y 22 KV en el Distrito Metropolitano de Quito emiten campo magnético, las cuales producen radiaciones no ionizantes de Extrema Baja Frecuencia (ELF) en un rango de 0 – 3KHz y de Muy Baja Frecuencia (VLF) en un rangode 3 KHz– 30KHz. Los campos magnéticos son un tema de gran interés, no sólo para la comunidad científica o para la industria, sino también para el público en general, puesto que desde hace unos años se viene manteniendo un debate importante acerca de si el aumento progresivo y descontrolado de los niveles de radiaciones electromagnéticas en el entorno supone o supondrá un riesgo para la salud humana.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Los efectos de la exposición externa a Campo Electromagnético en el cuerpo humano y células dependen principalmente de la frecuencia y de la magnitud o intensidad de los Campo Electromagnético. Los campos eléctricos de baja frecuencia influyen la distribución de las cargas eléctricas en la superficie de los tejidos conductores y causan el flujo de corrientes eléctricas en el cuerpo. Los campos magnéticos de baja frecuencia inducen corrientes que circulan dentro del cuerpo humano.

La intensidad de estas corrientes inducidas depende de la intensidad del campo magnético externo y del tamaño del circuito a través del cual la corriente fluye. Cuando son suficientemente grandes, estas corrientes pueden causar estimulación de los nervios, músculos, leucemia en los niños y el riesgo de padecer cáncer.

### **3.- JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.**

Aspecto Técnico.- Con la ejecución del proyecto se desarrollan mediciones y muestreo del campo magnético en redes de distribución eléctrica en zonas residenciales, las mismas que ha hecho que surjan cuestionamientos y preocupación sobre los riesgos que pueden tener los habitantes ante la emisión de campos magnéticos.

Las líneas de distribución generan campos relativamente más débiles que las líneas de transmisión. Dependiendo el número de casas a las que suministran energía, para medir este campo se utilizará el equipo Electro Magnetic Field Tester (TES-1390) de propiedad de la Empresa Eléctrica Quito, en puntos estratégicos de los sectores a ser evaluados.

Para realizar este proyecto se toma en consideración las aplicaciones de los conocimientos científicos de distribución, conceptos de ingeniería, de electrotecnia, de S.E.P., procedimientos de medición de campos en redes de alta y media tensión.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Las principales agencias internacionales: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection e.V. (ICNIRP), Organización Mundial de Salud (OMS), Institute of Electrical and Electronic Engineers “Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos” (IEEE), que más han promulgado las normativas de exposición de campo magnético y eléctrico. Se utilizarán las Normas para la construcción de Sistemas de Distribución de la EEQ. S.A y los Protocolos de medida.

Aspecto Social.-En el desarrollo de la tesis se presentarán alertas y prevenciones para la salud y seguridad del público en general debido a los efectos negativos causado por la circulación de corrientes inducidas y por la absorción de energía. Se puede proponer alertas sobre distancias mínimas de construcción a los organismos que regulan la construcción en la ciudad de Quito. El beneficio de interés a la sociedad, instituciones municipales o EEQ. S.A.

#### 4.- ALCANCES.

Para el cometido del proyecto se ejecutarán las siguientes tareas:

- Recopilación y documentación de información internacional relacionados con estudios sobre la medición de las Radiaciones no Ionizantes de extrema baja frecuencia (ELF) en un rango de 0 – 3 KHz y de muy baja frecuencia en un rango (VLF) de 3 KHz– 30KHz.
- Análisis de efectos que producen los campos magnéticos en la salud a frecuencias de extrema baja frecuencia (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF) emitidos por las redes de distribución eléctrica de 6.3 KV y 22 KV.
- Medición en 15 puntos de la ruta en frecuencias de extrema baja frecuencia (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF) emitidos por las redes de distribución eléctrica de 22 KV en la calle Rafael Bustamante entre la Av. Galo Plaza Lazo y Av. 6 de Diciembre. Medición en 20 puntos de la ruta en



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

una línea monofásica de la Av. Padre Luis Vaccarí (sector Carapungo) y medición en 15 puntos de la ruta de la red de distribución de 6.3 KV en la calle Cap. Rafael Ramos.

- Comparación de las mediciones recopiladas con las medidas estandarizadas emitidas por la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación no Ionizante para frecuencia extremadamente baja (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF).
- Elaboración de un mapa de riesgos para los habitantes de la calle Rafael Bustamante, Av. Padre Luis Vaccarí (sector Carapungo), y de la calle Cap. Rafael Ramos por los campos magnéticos producidos por las líneas de distribución eléctrica de 6.3KV y 22KV.
- Elaboración de una propuesta normativa para las construcciones residenciales actuales y posteriores en los sectores domiciliarios donde exista redes de distribución eléctrica de 6.3 KV y 22 KV.

## 5.- OBJETIVOS.

### 5.1 Generales.

Analizar el impacto del campo magnético generado por las líneas de distribución cercanas al sector domiciliario.

### 5.2.2 Específicos.

- Recopilar y documentar información internacional relacionada con medición de las Radiaciones no Ionizantes a frecuencia extremadamente baja(ELF) y de muy baja frecuencia (VLF).
- Analizar efectos que produce los campos magnéticos en la salud a frecuencia extremadamente baja (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF) emitidos por las redes de distribución eléctrica de 6.3 KV y 22 KV.
- Medir las Radiaciones no Ionizantes en frecuencia extremadamente baja (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF) emitidos por las redes de distribución



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

eléctrica en tres sectores domiciliarios.

- Comparar las mediciones recopiladas con las medidas estandarizadas emitidas por la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación no Ionizante.
- Elaborar mapa de riesgos para los habitantes de los sectores evaluados.
- Elaborar una propuesta normativa para las construcciones residenciales para redes de distribución eléctrica de 6.3 KV y 22 KV.

## 6.- HIPÓTESIS.

La cercanía de las líneas de distribución eléctrica de 6.3 KV y 22 KV, emiten radiaciones no ionizantes de frecuencia extremadamente baja (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF) los mismos que producen riesgos en la estimulación de los nervios, músculos, leucemia en los niños y cáncer.

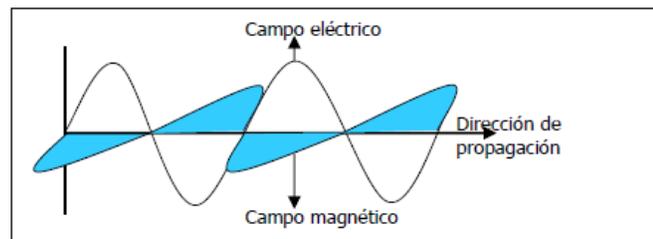
## 7.- MARCO TEÓRICO.

### CAMPO MAGNÉTICO Y ELÉCTRICO.

Se puede definir el campo magnético como la región del espacio donde se manifiestan acciones sobre las agujas magnéticas.

Una carga en movimiento crea en el espacio que lo rodea, un campo magnético que actúa sobre otra carga también móvil, y ejercerá sobre esta última una fuerza magnética.

El campo magnético y el campo eléctrico pueden estar interactuando permanentemente si uno de ellos varía en el tiempo. Un campo eléctrico variable produce un campo magnético, y a su vez un campo magnético variable produce un campo eléctrico. Los campos eléctricos y magnéticos son perpendiculares entre sí en todos los puntos.



**Figura 1: Onda Electromagnético.**

## **CAMPO DE FUERZAS MAGNÉTICAS.**

Las limaduras y alfileres de hierro, dejados sobre una mesa se mueven cuando se les acerca un imán. Si dicho imán se acerca a una brújula, la aguja se desvía estas y otras más demuestran que el espacio alrededor del imán adquiere propiedades especiales ya que el imán es capaz de ejercer fuerzas en su entorno, es decir, el imán crea un campo de fuerzas. Según esto, en el campo gravitatorio la fuerza se manifiesta sobre una masa, y en el campo eléctrico sobre una carga eléctrica. En el campo magnético no se dice sobre un polo magnético, sino sobre una aguja magnética o limaduras que siempre poseen dos polos. Esto es debido a que si se parte una aguja magnética o cualquier otro imán por su línea neutra, se comprueba que cada una de las partes se comporta como un nuevo imán.

Si se siguen subdividiendo los nuevos imanes, todos los fragmentados obtenidos actúan como un imán, con sus polos norte y sur bien diferenciados. Es decir en un imán no es posible separar dos polos magnéticos. Se puede definir el campo magnético como la región del espacio donde se manifiestan acciones sobre las agujas magnéticas.

## **FLUJO MAGNÉTICO.**

Un campo magnético puede representarse por medio de las líneas de inducción. Por convenio, el número de estas líneas por unidad de superficie normal a su dirección, mide el valor de la intensidad del campo magnético. El número total de líneas de inducción que atraviesan una superficie se denomina flujo.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.

El movimiento de cargas eléctricas en un metal conductor (como una antena de una emisora de radio o TV), origina ondas de campos eléctrico y magnético (denominadas ondas electromagnéticas EM) que se propagan a través del espacio vacío a la velocidad  $c$  de la luz ( $c = 300.000 \text{ km/s}$ ) tal y como se muestra en la figura 2 el espectro electromagnético. Estas ondas radiadas llevan asociada una energía electromagnética que puede ser captada por una antena receptora. Sin embargo, los campos eléctricos y magnéticos pueden existir independientemente uno del otro, y se les denomina campos estáticos; como los campos eléctricos que se originan entre las nubes y tierra durante una tormenta, antes de saltar el rayo.

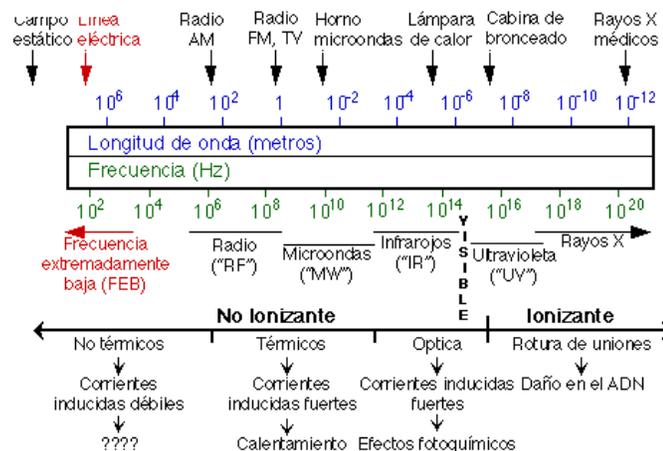


Figura 2: Espectro Electromagnético.

## Radiaciones.

Se denomina radiación a la emisión y propagación de energía. Las radiaciones son ondas electromagnéticas o corpusculares (partículas subatómicas), emitidas por determinadas materias y equipos en ciertas circunstancias.

Cuando se estudian los efectos biológicos de radiaciones electromagnéticas es importante distinguir dos rangos de radiaciones: **ionizantes y no-ionizantes**, cuyos



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

mecanismos de interacción con los tejidos vivos son muy diferentes. La ionización es un proceso por el cual los electrones son desplazados de los átomos y moléculas.

### **Radiación ionizante y no ionizante.**

Es bien sabido que hay fuentes, tanto naturales como artificiales, que generan energía en forma de ondas electromagnéticas. Estas ondas consisten en campos eléctricos y magnéticos oscilantes que pueden interactuar con los sistemas biológicos y en concreto con los seres humanos. Atendiendo a la energía que transportan y en función de los efectos biológicos que producen, se clasifican en dos grandes grupos:

**Radiaciones ionizantes:** que son las ondas electromagnéticas de frecuencia muy alta (mayor que  $10^{15}$  Hz) que tienen la suficiente energía para producir ionización, rompiendo los enlaces atómicos que mantienen unidas las células. Estas radiaciones al interactuar con la materia producen ionización dando lugar a la aparición de uno o varios electrones y a un ion positivo, químicamente activos, por lo que pueden provocar reacciones y cambios químicos en el material con el que interactúan.

**Radiaciones No Ionizantes:** son ondas electromagnéticas de frecuencia menor y cuya energía no es suficiente para producir rotura de enlaces atómicos; no obstante, pueden producir otros efectos biológicos. A continuación se describen las tres grandes regiones del espectro en la que se dividen estas radiaciones, comenzando por las más energéticas:

a) *Radiaciones ópticas:* que tienen longitudes de onda comprendidas entre 10 nm y 1 mm y que están formadas por radiación ultravioleta ( $400 \text{ nm} < \lambda < 100 \text{ nm}$ ), luz visible ( $760 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$ ) y rayos infrarrojos ( $1 \text{ mm} < \lambda < 760 \text{ nm}$ ).

b) *Microondas:* cuyas frecuencias están comprendidas entre 300 MHz y 300 GHz.

c) *Radiofrecuencia y campos casi-estáticos:* La radiofrecuencia comprende las radiaciones cuya frecuencia está comprendida entre 3 kHz y 300 KHz y cuyos efectos



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

se deben fundamentalmente a tres factores: resonancia, calentamiento y quemaduras o descargas eléctricas. Los campos casi-estáticos son los correspondientes a frecuencias muy bajas, inferiores a 3 KHz. En este caso, los efectos pueden estudiarse separando el campo eléctrico del magnético. La tabla 1 muestra los límites de frecuencia.

**Tabla 2: Límites de frecuencia.**

<b>Clasificación</b>	<b>Aplicaciones</b>	<b>Rango de frecuencias</b>
Campos Estáticos (CE)		0 Hz
Frecuencia Extremadamente Baja ( ELF)	Técnicas de audio Transporte de energía eléctrica	0 a 300 Hz
Frecuencia Muy Baja (VLF)	Monitores de computadora Radio difusión Radio navegación	0,3 a 30 KHz
Frecuencia Baja (LF)	Calentamiento por inducción	30 a 300 KHz
Frecuencia Media (MF)	Radio AM Pantallas y monitores Comunicaciones marinas y aeronáuticas	0,3 a 3 MHz
Frecuencia Alta (HF)	Radio Onda Corta	3 a 30 MHz
Frecuencia Muy Alta (VHF)	Soldadura de plásticos Diatermia Radio FM Estaciones de televisión	30 a 300 MHz



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia extremadamente baja (ELF) y de muy baja frecuencia (VLF) abarcan el intervalo de frecuencia por encima de los campos estáticos ( $> 0$  Hz) hasta los 30 kHz.

La ELF se considera comprendida en el intervalo de frecuencia de 0 a 3000 Hz.

La VLF en el intervalo de 3000 Hz a 30 kHz. En el intervalo de frecuencia  $> 0$  a 30 kHz, las longitudes de onda varían entre  $\infty$  (infinito) y 10 km, por lo que los campos eléctricos y magnéticos actúan de forma esencialmente independiente entre sí y deben tratarse por separado. La intensidad de campo eléctrico ( $E$ ) se mide en voltios por metro (V/m), la intensidad de campo magnético ( $H$ ) en amperios por metro (A/m) y la densidad de flujo magnético ( $B$ ) en tesla (T).

Se ha suscitado un considerable debate sobre los posibles efectos adversos para la salud entre los trabajadores que utilizan equipos que funcionan en este intervalo de frecuencias. La frecuencia más común es con mucho la de 50/60 Hz, utilizada para la generación, distribución y uso de energía eléctrica. Los medios de información, la distribución de información inexacta y el debate científico en curso han alimentado la preocupación por la posibilidad de que la exposición a campos magnéticos de 50/60 Hz pueda estar relacionada con un aumento de incidencia en la salud.

## **INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V. (ICNIRP).**

La Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), es un organismo vinculado a la Organización Mundial de la Salud (OMS), cuya función es la de investigar los peligros que se pueden asociar con las diferentes formas de radiaciones no ionizantes (RNI) y así proporcionar protección contra efectos adversos a la salud conocidos, mediante la publicación de recomendaciones internacionales para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos en el rango de 0 a 300 GHz.

## **8.- MARCO METODOLÓGICO.**



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

**Método Deductivo.-** Para la ejecución del proyecto se utilizarán teoremas, normas, estándares y leyes que serán aplicadas en el estudio como International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection e.V. (ICNIRP), Organización Mundial de Salud (OMS), Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), Normas para Sistemas de Distribución de la EEQ. S.A.

Habrá aplicación de los conocimientos científicos de distribución, conceptos de ingeniería, de electrotecnia, de S.E.P., procedimientos de medición de campos en redes de alta y media tensión, como a su vez en el manejo del equipo “TES-1390”. Tomando en cuenta los parámetros involucrados así como distintos puntos de interés de los sectores que van a ser evaluados.

**Método Experimental.-** Se realizarán lecturas del campo magnético, generado por las líneas de distribución eléctrica de 6.3 KV y 22 KV, con el equipo Electro Magnetic Field Tester (TES-1390) de propiedad de la Empresa Eléctrica Quito. Tiene un ancho de banda de 30 a 300 Hz, el equipo suministra valores digitales y posee un rango de 200/2000 mili Gauss; 20/200 micro Tesla.

## 9.- ESQUEMA DE CONTENIDOS.

### CAPÍTULO I

#### TÍTULO: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

- 1.1 Introducción.
- 1.2 Campo Eléctrico.
  - 1.2.1 Ley de Coulomb.
  - 1.2.2 Campo eléctrico.
  - 1.2.3 Fuerza eléctrica.
  - 1.2.4 Líneas de campo eléctrico.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

1.2.5 Ley de Gauss

1.3 Campo Magnético.

1.3.1 Magnetismo

1.3.2 Campo Magnético.

1.3.3 Líneas de campo magnético.

1.3.4 Flujo magnético.

1.4 Campo Electromagnético.

1.4.1 Campo electromagnético natural.

1.4.2 Campo electromagnético generado por el hombre.

1.4.3 Espectro electromagnético.

1.4.4 Radiación electromagnética.

1.4.5 Tipo de radiación.

1.4.5.1 Radiación ionizante.

1.4.5.2 Radiación no ionizante.

1.4.5.2.1 Frecuencia Extremadamente baja (ELF).

1.4.5.2.2 Muy baja frecuencia (VLF).

1.4.6 Campo electromagnético en líneas de distribución.

## CAPÍTULO II

### TÍTULO: NORMATIVAS

2.1 International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection e.V. (ICNIRP)



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

- 2.2 Organización Mundial de Salud (OMS).
- 2.3 Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).
- 2.4 Ministerio de Ambiente Ecuador.
- 2.5 Normativa de exposición de campo electromagnético.
- 2.6 Normativa para la medición de campo eléctrico.
- 2.7 Normativa para la medición de campo magnético.
- 2.8 Estudio de Campo Magnético de Extrema Baja Frecuencia (ELF) sobre la Salud Humana.

## CAPÍTULO III

### TÍTULO: MEDICIONES Y COMPARACIÓN DE DATOS

- 3.1 Equipo de Medición (TES-1390) Electro Magnetic Field Tester
  - 3.1.1 Característica del equipo.
  - 3.1.2 Exhibición del equipo.
  - 3.1.3 Procedimiento de medición.
- 3.2 Esquema de Medición.
- 3.3 Medición calle Rafael Bustamante
- 3.4 Medición de una línea monofásica de la Av. Padre Luis Vaccarí
- 3.5 Medición calle Cap. Rafael Ramos.
- 3.6 Comparación de datos obtenidos con normativa de exposición de campo electromagnético.

## CAPÍTULO IV



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## TÍTULO: ANÁLISIS DE RESULTADOS

- 4.1 Elaboración de mapas de riesgos
  - 4.1.1 Mapa de riesgos para la calle Rafael Bustamante.
  - 4.1.2 Mapa de riesgos para la calle Cap. Rafael Ramos.
  - 4.1.3 Mapa de riesgos para la Av. Padre Luis Vaccarí.
- 4.2 Elaboración de una propuesta normativa para las construcciones residenciales actuales y posteriores en la ciudad de Quito donde exista redes de distribución eléctrica de 6.3 KV y 22 KV.
  - 4.2.1 Elaboración para la calle Rafael Bustamante.
  - 4.2.2 Elaboración para la calle Cap. Rafael Ramos.
  - 4.2.3 Elaboración para la Av. Padre Luis Vaccari.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 10.- BIBLIOGRAFÍA.

- STEVENSON, William; GRAINGER, John; “Análisis de Sistemas de Potencia”, MacGraw-Hill, México, 2004.
- HAYT, William; “Teoría Electromagnética”, MacGraw-Hill, 5ta edición, México, 2004.
- NAVARRO .M., José. A; MONTAÑÉS.E, Antonio; SANTILLÁN.L, Ángel; “Instalaciones Eléctricas Alta Tensión: sistemas de maniobra, medida y protección”, Paraninfo, 3ra Edición, Madrid, 1999.
- MUJAL, Ramón; “Cálculo de Líneas y Redes Eléctricas”, Edición UPC.
- Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo, Cap. 49.
- TORRESI, Alberto; “Mediciones en Alta Tensión”, Córdoba, Universitarias, 2004.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

- GARCIA.T, José; “Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión”, Thompson-Paraninfo, 4ta Edición, Madrid, 2004.
- GARCIA.T, José; “Electrotecnia”, Paraninfo, 9va Edición, Madrid, 2006.
- BROKERING.C, Walter; PALMA.B, Rodrigo; VARGAS.D, Luis; “Los sistemas eléctricos de potencia”, Pearson Educación, Santiago de Chile, 2008.
- MULLER, Wolfgang; “Electrotecnia de Potencia”, Reverté, Barcelona, 1984.
- GIECK, Kurt; GIECK, Reiner; “Manual de Fórmulas Técnicas”, Alfaomega, 30ta Edición, México, 2003.
- RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kennrth; “Física 2”, Grupo Patria Cultural, 4ta Edición, México, 2002.
- ICNIRP. 1997. International Commission ON Non Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz).
- EDMINISTER, Joseph A; “Electromagnetismo”, MacGraw Hill, México 1997.
- <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>
- [http://www.oas.org/CITEL/project/updates/P2!R-1301p1\\_e.pdf](http://www.oas.org/CITEL/project/updates/P2!R-1301p1_e.pdf)
- [http://www.ataonline.org.ar/bibliotecavirtual/documentos\\_utilies/cem\\_feb.pdf](http://www.ataonline.org.ar/bibliotecavirtual/documentos_utilies/cem_feb.pdf)
- [http://www.eeq.com.ec/upload/normas/parte\\_a.pdf](http://www.eeq.com.ec/upload/normas/parte_a.pdf)
- Norma de construcción para redes de distribución de la EEQ S.A.

## ANEXOS.

### 11.- PRESUPUESTO

Presupuesto	
Descripción	Valor (\$)
Equipo "TES-1390"	200
Equipo GPS alquiler	200



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Material de papelería	300
Internet y llamadas	600
Movilización	400
Computadora	500
Impresiones borrador	200
Impresiones y empastado	700
<b>TOTAL</b>	<b>3100</b>







# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## 13.- FIRMAS DE RESPONSABILIDAD.

Atentamente,

---

**Amendaño Edwin**

---

**Inachonta Romel**

---

**Ing. Benigno Santos**



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## CONCLUSIONES.

- La presencia de radiación no ionizante de muy baja frecuencia VLF está comprendida en el intervalo de 300 Hz a 30 KHz los elementos que emiten esta frecuencia son los monitores de computadora, radio navegación, los enlaces de radio a gran distancia, etc., por tanto, no emiten este tipo de frecuencia las líneas de transmisión y distribución donde ellos trabajan a una frecuencia de 60 Hz y son llamados campos de extremadamente baja frecuencia ELF.
- Las mediciones realizadas de densidad de flujo magnético en los tres sectores, se utilizó el estándar IEEE 644-1994 y UNE-215001:2004, como referencia estos parámetros para establecer un protocolo de medición de acuerdo a las necesidades de las personas que van a realizar estos tipos de estudios, por no existir un estándar unificado y desarrollado por un organismo internacional, que proporcione un procedimiento específico para la medición y valoración de los límites de exposición de campos ELF.
- Para obtener la densidad de flujo magnético con más precisión se debe considerar las condiciones del clima, la humedad, el tráfico vehicular, la calibración del equipo, etc.
- Los valores de mayor magnitud se encuentra cerca de la línea donde la densidad de flujo magnético es directamente proporcional a la corriente por lo tanto, la corriente que circula en la línea a lo largo del día dependerá de la demanda, donde el campo magnético generado lo hará en forma directa, además la densidad de flujo magnético disminuye su intensidad conforme se aleja de la línea y/o fuente, para comprobar se realizó mediciones con el personal de Energizados de la EEQ.S.A. donde los valores obtenidos de densidad de flujo magnético no superan los límites de referencia y no tienen ningún tipo de riesgo para la salud de acuerdo a los Organismos



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Internacionales.

- Las mediciones se realizaron durante la mañana, tarde y noche en un intervalo de tiempo que se consideró desde las siete de la mañana hasta las nueve de la noche, los valores máximos registrados de densidad de flujo magnético y calculados se analizaron por separado donde sus valores se encuentran muy por debajo de los límites de referencia.
- Realizando la comparación entre los valores máximos y los límites establecidos por el estándar internacional de la ICNIRP, se concluye que para el público en general no supera el 12% y para el personal ocupacionalmente expuesta el 3% de los límites, estos porcentajes se registraron en las horas pico de la noche cuando se tiene la corriente máxima.
- Los niveles máximos establecidos por la ICNIRP y nacional como la Norma de Radiaciones no Ionizantes de Campos Electromagnéticos vigente en el Ecuador para precautelar la seguridad del público en general y el personal ocupacionalmente expuesta, están muy por encima de los valores obtenidos experimentalmente de densidad de flujo magnético medidos mediante la toma de datos con el equipo TES-1390.
- En la proximidad de los hogares y de determinados aparatos eléctricos como los contadores de energía, motor para las puertas, televisores, etc., oscilan valores instantáneos de campo magnético que puede llegar a ser de unas pocas decenas de micro teslas según a la distancia que se encuentre el equipo de medición, a su vez, el valor de campo magnético terrestre que posee el planeta también afecta, ya que por estar situado en el centro del hemisferio es muy bajo.
- En los tres sectores evaluados cumplen con las normas, estándares mínimas de



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

construcción y separación mínima entre conductores y edificios, por tanto, no se requiere implementar nuevas normas y estándares.

- Los organismos como la OMS han expresado los efectos de la exposición a campos que cuya base científica es bien conocida, son los efectos a corto plazo, tienen efectos biológicos que están determinados para valores por encima de  $100 \mu\text{T}$ , sin embargo no ocurre lo mismo para los efectos a largo plazo, se desconoce de un mecanismo biofísico a diferencia del anterior, se determinó en el 2002 una leve asociación entre la leucemia infantil y los campos magnéticos ELF, indicando como posibles carcinógenos para las personas.
- De acuerdo al análisis del impacto del campo magnético generado por las líneas de distribución, los valores medidos experimentalmente de densidad de flujo magnético en los tres sectores y calculando estos en intensidad de campo magnético a su vez comparando con los límites de exposición para el público en general y personal ocupacionalmente expuesto de la ICNIRP, los valores están muy por debajo de los límites, es así que, no existe ningún riesgo de producirse estimulación de nervios, músculos y peor aún leucemia infantil y cáncer en las personas.

### RECOMENDACIONES.

- Uno de los problemas de tener las líneas de distribución cerca de los domicilios es por el desconocimiento de los usuarios cuando construyen sus viviendas, una de las principales tareas que debería realizar la EEQ.S.A. y el municipio es de crear conferencias en las parroquias, barrios, comunas, etc. Explicándoles los efectos y riesgos que pueden producir las líneas eléctricas.
- Realizar controles e inspecciones de construcción de las viviendas cercanas a las líneas, con mayor frecuencia y en trabajo mutuo entre la EEQ.S.A. y el municipio, donde conformen comisiones para hacer cumplir los límites de



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

construcción estandarizada y el área de servidumbre que tienen las líneas eléctricas, donde si no cumplen estos requerimientos sean sancionados.

- Los niveles de campo magnético que produce las líneas de distribución no genera un impacto a la salud de los usuarios pero se debería considerar un estudio o análisis dentro de la vivienda, para determinar si los campos que producen los equipos, electrodomésticos, etc., puedan existir un riesgo para la salud.
- El ministerio de energía y recursos renovables, ministerio de ambiente, municipalidades y empresas eléctricas, de igual manera han creado reglamentaciones con la finalidad de precautelar la seguridad de su población, los mismos, tendría que actualizar constantemente los niveles de exposición de campo magnético y eléctrico, ya que las organismos internacionales realizan estudios e investigación continuas.
- Se recomienda que haya continuidad en las mediciones de campos magnéticos ya que los valores de los campos experimentan variaciones que dependen de la intensidad de corriente y como se tienen anualmente incrementos en la demanda de energía eléctrica, así mismo se puede tener un aumento en los campos magnéticos producidos.
- Para futuras construcciones de tendidos de líneas de distribución eléctrica, se debería considerar en realizar estudios, análisis de acuerdo a los organismos internacionales y simulaciones de los niveles de exposición de campo magnético, donde estos respeten las distancias de seguridad para evitar posibles efectos en la salud.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## BIBLIOGRAFÍA.

- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (Up to 300 GHz).
- World Health Organization. Extremely low frequency fields. Madrid: WHO; 2007.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Standard procedures for measurement of power frequency electric and magnetic fields from AC power lines, IEEE Std 644. New York: IEEE; 1995.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. “Niveles de Seguridad con respecto a la exposición humana a campo electromagnético (0-3KHz)”, norma de seguridad en rango de frecuencia de 0 a 30KHz, Standard IEEE C95.6-2002.
- Ministerio de Ambiente Ecuador. La norma de Radiaciones no ionizantes de Campo Electromagnético y Requerimiento mínimo de seguridad para exposición a campo eléctrico y magnético de 60 Hz, 2007.
- Grupo de investigación PRINIA de la Universidad de Córdoba Efectos sobre la Salud Humana de los Campos Magnéticos y Eléctricos de Muy Baja Frecuencia (ELF), 2009.
- Empresa eléctrica Quito S.A. Normas para sistemas de Distribución, parte B.
- International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: Volume 80 Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low frequency (ELF) electric and magnetic field. Lyon: IARC; 2002.



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

- Prenorma europea sobre radiaciones electromagnéticas ENV 50166-1 CENELEC Febrero 1995.
- AENOR. Norma UNE 215001:2004 “Procedimientos normalizados para la medida de los campos eléctricos y magnéticos producidos por las líneas eléctricas de alta tensión. Diciembre 2004.
- HAYT, William. “Teoría Electromagnética”, MacGraw-Hill, 5ta edición, México, 2004.
- RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth; “Física 2”, Grupo Patria Cultural, 4ta Edición, México, 2002.
- [Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo, Cap. 49.](#)
- EDMINISTER, Joseph A; “Electromagnetismo”, MacGraw Hill, México 1997.
- J.E. Moulder. Campos electromagnéticos y salud humana. Medical College of Wisconsin. 1998.
- STEVENSON, William; GRAINGER, John; “Análisis de Sistemas de Potencia”, MacGraw-Hill, México, 2004.
- HAYT, William; “Teoría Electromagnética”, MacGraw-Hill, 5ta edición, México, 2004.
- MUJAL, Ramón; “Calculo de Líneas y Redes Eléctricas”, Edición UPC.
- TORRESI, Alberto; “Mediciones en Alta Tensión”, Córdoba, Universitarias, 2004.
- GARCIA.T, José; “Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión”, Thompson-



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Parainfo, 4ta Edición, Madrid, 2004.

- GARCIA.T, José; “Electrotecnia”, Parainfo, 9va Edición, Madrid, 2006.
- BROKERING.C, Walter; PALMA.B, Rodrigo; VARGAS.D, Luis; “Los sistemas eléctricos de potencia”, Pearson Educación, Santiago de Chile, 2008.
- MULLER, Wolfgang; “Electrotecnia de Potencia”, Reverté, Barcelona, 1984.
- GIECK, Kurt; GIECK, Reiner; “Manual de Fórmulas Técnicas”, Alfaomega, 30ta Edición, México, 2003.
- RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth; “Física 2”, Grupo Patria Cultural, 4ta Edición, México, 2002.
- EDMINISTER, Joseph A; “Electromagnetismo”, MacGraw Hill, México 1997.
- NECC 01, *Norma estándar para la aplicación de colores de control de riesgos*, Primera edición, 1994, actualizado 2006.



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

## **ANEXOS**



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**ANEXOS A**  
**TABLAS DE REGISTROS**  
**NORMA UNE-215001:2004**



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

A\_01. Registro de datos de la línea.

<b>Fecha:</b>		<b>Procedimiento:</b>		<b>Página:</b>			
<b>DATOS GENERALES DE LA MEDIDA</b>							
FECHA:						PÁGINA N°:	
DENOMINACIÓN ZONA MEDIDA:							
NÚMERO DE ZONA:							
<b>INICIO:</b>					<b>FIN:</b>		
Hora (hh:mm)					Hora (hh:mm)		
Temperatura (°C)							
Humedad (%)							
<b>EMPLAZAMIENTO, SITUACIÓN Y TRAZADO</b>				<b>RESPONSABLE DE LA MEDIDA</b>			
Línea:				Nombre y apellidos:			
Localidad:				Firma:			
<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA LÍNEA</b>							
<b>Vano</b>				<b>Tipo de apoyo</b>			
Apoyo 1-N°:		Apoyo 2-N°:		Apoyo N°:			Apoyo N°:
	N°	Izq/Der	N° conductor por fase	Tipo de conductor*	Diámetro*	Tipo de Aislador*	Tensión nominal línea
<b>CIRCUITOS</b>	1						
	2						
	3						
	4						
<b>TIERRAS</b>	1						
	2						
Distancias a otras líneas:							



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

En línea subterránea, profundidad de la línea*					
Distancia a lugar habitado más cercano:					
<b>CONDICIONES ELÉCTRICAS DE LA LÍNEA</b>					
Sentido de la corriente (caso que haya más de un circuito)*:				Altura fase más cercana al suelo:	
	Nº	Izq/Der*	Hora*	Tensión real circuito (estimada)	Carga de la línea
<b>CIRCUITOS*</b>	1				
	2				
	3				
	4				

## ANEXOS B

### HOJA DE MEDICIÓN RECOPIRADOS EN LA CALLE

**RAFAEL BUSTAMANTE**



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

UBICACIÓN E INFORME DEL SITIO															
Provincia: Pichincha		Ciudad: Quito		Localidad: Rafael Bustamante			Date: 2012-01-13		Hora inicio/fin: 09:50 / 10:23						
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA								DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN							
TENSIÓN: 22 KV		Alimentador Primario: S/E Cristiania 18 G						Fabricante(Marca): TES ELECTRICAL ELECTRONIC CORP							
h↑ postes: 11.5 m		Conductor: 1/0 mm		↔Fases: 0.65 m			Equipo Medición: TES ElectroMagnetic Field Tester								
Temp: 15 °C		Humedad: 75 %		frecuencia: 60 Hz		#Fases: 3	N° Serie: 060500257		Tipo: TES - 1390		Rango Hz:30-300				
MEDICIÓN DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO															
Punto	Descripción	Coordenadas		Densidad de Flujo Magnético (μT) (mG)											
		Longitud	Latitud	0m			2m			4m			6m		
		W	S	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	Raf_Bust Papelería Éxito E3-96	78°28'53,5"	0°08'39,7"	0,03	0,18	0,11	0,03	0,16	0,14	0,03	0,13	0,06	0,03	0,05	0,15
2	Raf_Bust y Diógenes Paredes	78°28'53,2"	0°08'39,9"	0,12	0,12	0,09	0,1	0,03	0,15	0,05	0,04	0,1	0,03	0,04	0,09
3	Cond_Kennedy Ingreso Edif # 11	78°28'51,8"	0°8'39,2"	0,03	0,24	0,06	0,03	0,21	0,06	0,03	0,15	0,03	0,06	0,1	0,03
4	Rafael Bust y Juan Vaca	78°28'51,1"	0°8'39"	0,15	0,16	0,03	0,12	0,14	0,08	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06	0,03
5	Cond_Kennedy Parqueadero	78°28'49,9"	0°8'39,1"	0,03	0,12	0,04	0,03	0,09	0,04	0,03	0,07	0,03	0,03	0,05	0,03
6	Cond_Kennedy Ingreso Edif # 1	78°28'48,8"	0°8'38,8"	0,48	1,03	0,36	0,46	1,12	0,05	0,35	0,29	0,1	0,32	0,15	0,13
7	Raf_Bust y Jacinto J Caamaño	78°28'48,5"	0°8'38,7"	0,06	0,12	0,06	0,03	0,11	0,04	0,03	0,06	0,09	0,03	0,04	0,03
8	Rafael Bustamante DAP's	78°28'48,4"	0°8'38"	0,11	0,13	0,07	0,09	0,18	0,1	0,05	0,08	0,09	0,04	0,04	0,08
9	Raf_BustColegio Don Bosco	78°28'48,5"	0°8'38,7"	0,07	0,79	0,17	0,08	0,16	0,07	0,04	0,08	0,06	0,09	0,08	0,08
10	Raf_Bust Víveres Distribuidora	78°28'46,6"	0°8'38,2"	0,03	0,18	0,04	0,03	0,14	0,07	0,03	0,11	0,04	0,03	0,06	0,05
11	Raf_Bust y Roberto Páez esq.	78°28'45,3"	0°8'38,3"	0,07	0,16	0,04	0,06	0,32	0,33	0,05	0,1	0,18	0,06	0,11	0,1
12	Raf_Bust Electrodoméstico	78°28'45"	0°8'38"o	0,03	0,2	0,04	0,05	0,45	0,51	0,05	0,15	0,17	0,03	0,11	0,09
13	Raf_Bust Restaurante E5-108	78°28'44,5"	0°8'37,8"	0,03	0,34	0,1	0,04	0,19	0,13	0,03	0,07	0,14	0,04	0,04	0,12
14	Rafael Bustamante E6-14	78°28'43,3"	0°8'37,6"	0,03	0,33	0,06	0,08	0,32	0,23	0,08	0,11	0,14	0,06	0,01	0,13
15	Rafael Bustamante y E6a	78°28'41,8"	0°8'41,8"	0,06	0,38	0,07	0,03	0,21	0,07	0,03	0,11	0,17	0,04	0,03	0,15
16	Raf_Bust Copia Virtual	78°28'40,1"	0°8'36,8"	0,05	0,22	0,04	0,07	0,08	0,7	0,18	0,12	0,36	0,17	0,19	0,09
17	Raf_Bust y Gonzalo Zaldumbide	78°28'39,4"	0°8'36,8"	0,08	0,16	0,18	0,11	0,23	0,18	0,13	0,07	0,15	0,1	0,05	0,2
18	Raf_Bust ODECO E6-208	78°28'36,6"	0°8'37,5"	0,03	0,04	0,07	0,03	0,2	0,19	0,04	0,16	0,05	0,07	0,06	0,05
19	Raf_Bust Liga Barrial El Inca	78°28'35,2"	0°8'36,1"	0,05	0,12	0,06	0,03	0,06	0,09	0,03	0,07	0,1	0,03	0,07	0,04
20	Rafael Bustamante E7-52	78°28'35,3"	0°8'35,8"	0,05	0,05	0,05	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,04	0,06	0,06	0,04



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

21	Raf Bust Edificio FV	78°28'28,6"	0°8'36,6"	0,16	0,26	0,14	0,14	0,04	0,07	0,15	0,11	0,07	0,48	1,3	0,15
----	----------------------	-------------	-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	------



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**ANEXOS C**

**HOJA DE MEDICIÓN RECOPIRADOS EN LA  
AVENIDA PADRE LUIS VACCARI**



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

UBICACIÓN E INFORME DEL SITIO																	
<i>Provincia:</i> Pichincha			<i>Ciudad:</i> Quito			<i>Localidad:</i> Sector Carapungo			<i>Date:</i> 2012-01-12			<i>Hora inicio/fin:</i> 13 : 58 / 15 : 12					
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA								DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN									
<i>TENSIÓN:</i> 13.2 KV		<i>Alimentador Primario:</i> S/E Pomásqui 57 F						<i>Fabricante(Marca):</i> TES ELECTRICAL ELECTRONIC CORP									
<i>h↓ postes:</i> 11.5m		<i>Conductor:</i> 8.01 mm			<i>↔Fases:</i> 0 m			<i>Equipo Medición:</i> TES ElectroMagnetic Field Tester (EMF Tester)									
<i>Temp:</i> 15 °C		<i>Humedad:</i> 75 %		<i>frecuencia:</i> 60 Hz			<i>#Fases:</i> 1		<i>N° Serie:</i> 060500257			<i>Tipo:</i> TES - 1390		<i>Rango Hz:</i> 30 - 300			
MEDICIÓN DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO																	
Punto	Descripción	Coordenadas				Densidad de Flujo Magnético (μT)											
		Longitud		Latitud		0m			2m			4m			6m		
		W	S	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z		
1	Río Bobonaza OE11-357	78°27'12,7"	0°06'2,6"	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05	0,06	0,03	0,06	0,08					
2	Río Bobonaza y Padre Luis V	78°27'13"	0°06'4,3"	0,1	0,04	0,03	0,07	0,09	0,06	0,04	0,12	0,05	0,03	0,15	0,04		
3	Av Padre Luis Vaccari	78°27'13,3"	0°06'4,7"	0,12	0,06	0,04	0,06	0,1	0,06	0,03	0,09	0,11	0,03	0,08	0,09		
4	Av Padre Luis V "CEMOPLAF"	78°27'13,5"	0°06'3,7"	0,03	0,05	0,03	0,03	0,1	0,1	0,03	0,07	0,04	0,03	0,04	0,03		
5	Av Padre Luis V y Puertas Sol	78°27'13,2"	0°06'3,5"	0,04	0,06	0,03	0,03	0,1	0,14	0,03	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03		
6	Av Padre Luis V "Bri Muebles	78°27'13,1"	0°06'3,1"	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03		
7	Av Padre Luis V "Mundo Video	78°27'13,2"	0°06'1,8"	0,05	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06	0,03	0,08	0,03	0,03	0,04	0,04		
8	Av. Padre Luis V "Coop A C P	78°27'13"	0°6'0,7"	0,07	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,06	0,04	0,03	0,07	0,03		
9	Río Chimbo OE11-231	78°27'7,1"	0°5'59,5"	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		
10	Río Chimbo OE11-255	78°27'7,9"	0°5'59,4"	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		
11	Río Chimbo y Río Cuyabeno	78°27'8,4"	0°5'58,9"	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,07	0,04	0,03	0,05	0,04		
12	Río Chimbo y Río Salado	78°27'9,6"	0°5'59,2"	0,03	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,03	0,03	0,07	0,03	0,03		
13	Río Salado N12-39	78°27'10"	0°5'57,6"	0,03	0,11	0,03	0,06	0,08	0,03	0,06	0,06	0,03					
14	Río Salado y Río Coca	78°27'8"	0°5'56,6"	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		
15	Río Coca y Río Tomebamba	78°27'7,6"	0°5'56,7"	0,09	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		
16	Río Coca y Río Marañón	78°27'7,5"	0°5'56,7"	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		
17	Río Coca y Río Toachí	78°27'6,8"	0°5'56,6"	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		
18	Río Guayas y Río Puyango	78°27'10"	0°5'50,9"	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		
19	Río Guayas E40-753	78°27'9,8"	0°5'50,8"	0,07	0,05	0,03	0,1	0,03	0,07	0,04	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03		
20	Río Guayas E40-755	78°27'9,7"	0°5'51,1"	0,14	0,03	0,04	0,08	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,03	0,06	0,03		



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

21	Río Guayas y Río Marañón	78°27'7,3"	0°5'51,3"	0,08	0,03	0,04	0,08	0,03	0,03	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,05
22	Río Marañón "Bazar Papeleria"	78°27'7,1"	0°5'50,6"	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
23	Río Guayas y Río Vínces	78°27'5,6"	0°5'51,5"	0,09	0,05	0,05	0,09	0,06	0,07	0,06	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06
24	Río Guayas y Av Neptalí Godoy	78°27'4,4"	0°5'51,3"	0,07	0,12	0,08	0,06	0,13	0,11	0,04	0,04	0,07	0,04	0,12	0,07



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**ANEXOS D**  
**HOJA DE MEDICIÓN RECOPIRADOS EN LA CALLE**  
**ISAAC ALBÉNIZ**



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

UBICACIÓN E INFORME DEL SITIO															
<i>Provincia:</i> Pichincha	<i>Ciudad:</i> Quito	<i>Localidad:</i> Isaac Albéniz	<i>Date:</i> 2012-01-13	<i>Hora inicio / fin:</i> 12:20 / 13:34											
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA								DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN							
<i>TENSIÓN:</i> 6.3 KV		<i>Alimentador Primario:</i> S/E Río Coca 16 C y E						<i>Fabricante(Marca):</i> TES ELECTRICAL ELECTRONIC CORP							
<i>h↑ postes:</i> 11.5m		<i>Conductor:</i> 14.31 mm			<i>↔Fases:</i> 0.65 m			<i>Equipo Medición:</i> TES ElectroMagnetic Field Tester (EMF Tester)							
<i>Temp:</i> 16 °C		<i>Humedad:</i> 69 %		<i>frecuencia:</i> 60 Hz		<i>#Fases:</i> 3		<i>Nª Serie:</i> 060500257		<i>Tipo:</i> TES - 1390		<i>Rango Hz:</i> 30 - 300			
MEDICIÓN DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO															
Punto	Descripción	Coordenadas		Densidad de Flujo Magnético (μT)											
		Longitud	Latitud	0m			2m			4 m			6m		
				x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	Isaac Albéniz y Av Galo Plaza Lazo	78°29'3,9"	0°9'12,5"	0,11	0,05	0,18	0,1	0,04	0,02	0,12	0,03	0,24	0,12	0,03	0,28
2	Isaac Albéniz y Beethoven	78°29'08"	0°9'11,6"	0,09	0,06	0,18	0,07	0,07	0,16	0,03	0,1	0,09	0,03	0,1	0,06
3	Calle Beethoven junto a C.T	78°29'1,4"	0°9'10,1"	0,11	0,1	0,14	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
4	Isaac Albéniz E1-143	78°28'58,9"	0°9'11,3"	0,04	0,03	0,15	0,04	0,08	0,16	0,04	0,11	0,11	0,03	0,1	0,07
5	Isaac Albéniz N47-13	78°28'59,3"	0°9'11,3"	0,05	0,07	0,19	0,05	0,1	0,02	0,03	0,14	0,11	0,03	0,1	0,06
6	Isaac Albéniz y Pablo Casals	78°28'58,4"	0°9'11,5"	0,05	0,4	0,18	0,03	0,04	0,17	0,05	0,07	0,19	0,04	0,22	0,1
7	Pablo Casals N47-34	78°28'58,9"	0°9'10,3"	0,08	0,03	0,22	0,11	0,03	0,19	0,11	0,03	0,13	0,09	0,03	0,07
8	Pablo Casals N47-70	78°28'58,8"	0°9'9"	0,04	0,14	0,05	0,08	0,09	0,03	0,04	0,06	0,04	0,03	0,05	0,04
9	Isaac Albéniz Servicio de Mecánica	78°28'56,9"	0°9'11"	0,07	0,14	0,12	0,04	0,09	0,12	0,03	0,09	0,07	0,03	0,09	0,05
10	Edificio Pablo Casals E2-121	78°28'51,1"	0°9'11,8"	0,14	0,14	0,09	0,03	0,09	0,12	0,03	0,08	0,06	0,03	0,08	0,03
11	Isaac Albéniz N317 Taller Volcar	78°28'52,8"	0°9'10,8"	0,18	0,23	0,16	0,03	0,08	0,11	0,03	0,09	0,06	0,03	0,08	0,04
12	Isaac A E3-53 y Wolfgang Mozart	78°28'50,2"	0°9'10,4"	0,16	0,13	0,18	0,34	0,1	0,09	0,32	0,11	0,11	0,15	0,09	0,11
13	Isaac Albéniz Grupo Hanaska	78°28'51,6"	0°9'11,6"	0,2	0,11	0,12	0,2	0,1	0,15	0,23	0,03	0,14	0,22	0,04	0,17
14	Isaac A Grupo Hanaska acometida	78°28'52,1"	0°9'12,1"	0,45	0,18	0,1	0,04	0,05	0,1	0,03	0,05	0,09	0,04	0,05	0,07
15	Edificio Mazart N47-18	78°28'50,6"	0°9'11,6"	0,05	0,26	0,17	0,03	0,18	0,14	0,03	0,16	0,08	0,03	0,13	0,07
16	Isaac Albéniz E3-173 y N478	78°28'48"	0°9'11,7"	0,78	1,11	0,21	0,04	0,07	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,07
17	Isaac Albéniz Coca Cola acometida	78°28'47,1"	0°9'11,9"	1,78	0,92	0,63	0,08	0,07	0,11	0,16	0,03	0,08	0,31	0,07	0,06
18	Isaac Albéniz E4-15 SECAP	78°28'44,1"	0°9'11,9"	0,07	0,04	0,07	0,05	0,03	0,08	0,03	0,05	0,05	0,04	0,06	0,04
19	Isaac Albéniz y Manuel Lizaraburu	78°28'41,9"	0°9'11,9"	0,07	0,1	0,43	0,05	0,28	0,48	0,03	0,37	0,33	0,05	0,32	0,21
20	Isaac Albéniz y El Morlán	78°28'38,1"	0°9'11,9"	0,36	0,27	0,51	0,32	0,34	0,32	0,24	0,26	0,15	0,13	0,19	0,06



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**ANEXOSE  
CONFIGURACIÓN DEL POSTE Y LÍNEAS DE  
DISTRIBUCIÓN**



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Con el propósito de identificar el campo de aplicación de cada una de las disposiciones tipo normalizadas, se adopta para su designación una referencia alfanumérica cuyos elementos y secuencia deben interpretarse de acuerdo con el esquema que se desarrolla a continuación.

El primer símbolo literal desde la izquierda identifica el grupo de diseños que corresponde a una de las componentes del sistema, con el siguiente significado:

Línea de distribución aérea	L
Red de distribución aérea	R
Red de distribución subterránea	S
Tensor	G
Anclaje de Tensor	GA
Montaje de Equipo	M
Alumbrado Público	A
Conexiones a Tierra	T

Los símbolos que se anotan a continuación determinan, para cada grupo, las características básicas del diseño de acuerdo con el siguiente ordenamiento y significado:

Línea de distribución aérea (L) y Red primaria de distribución aérea (R).

Grupo



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

- Línea de distribución L
- Red de distribución R

## Tensión

- 22,8 GRDY/13,2 kV V
- 6,3 kV N

## Disposición:

- Trifásica centrada A
- Trifásica en volado B
- Trifásica vertical C
- Trifásica especial, vano normal E
- Trifásica especial, vano largo < 300 m F
- Trifásica especial, vano largo > 300 m G
- Monofásica U

## Función:

- Alineación 1
- Angular 2
- Retención, Retención-Angular 3
- Terminal 4

## Número de circuitos:

- Doble circuito D



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

**E\_01. LÍNEAS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIO MONOFÁSICO 22,8 GRDY /13,2 KVTIPOLVU1/RVU1.**



LISTA DE MATERIALES					
REF	CÓDIGO	UNID	DESCRIPCIÓN	(a)	(b)
1	2815104	c/u	Perno espiga tope de poste simple 19 x 35 x 450 mm, 22.8 kV con 4 pernos esparrago, tuercas, arandelas planas y presión	1	1
2	2010311	c/u	Aislador tipo espiga (pin) radio interferencia clase ANSI 56-1 23 kV.	1	1
3	1012137	m	Conductor solido de Al para ataduras N° 4 AWG ( 1 )	3	3

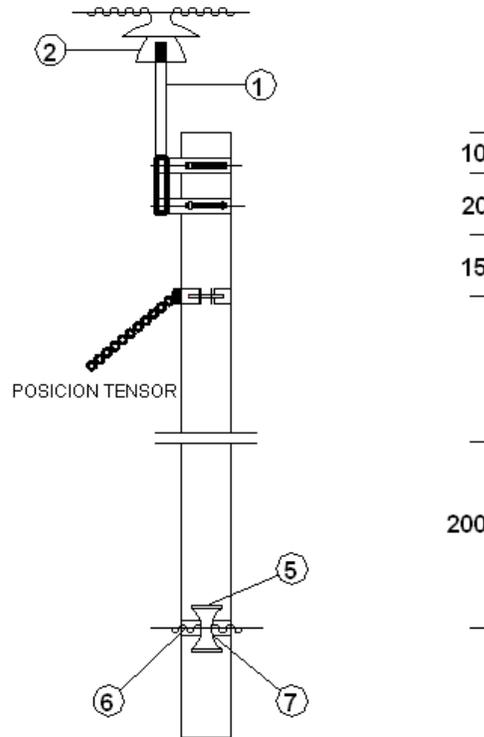


## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

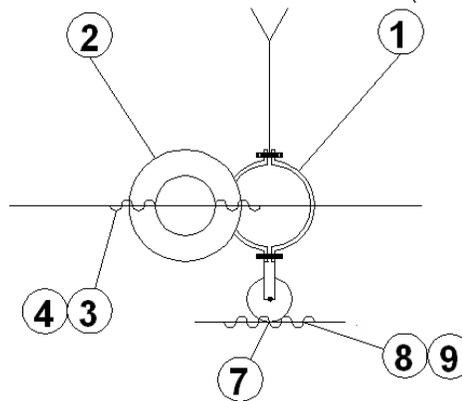
4	1012301	c/u	Cinta de armar de aleación de Al, 1.27mm x 7.62mm	1.5	1.5
<b>PARA NEUTRO</b>					
5	2817101	c/u	Bastidor (rack) para secundario de 1 vía 38x5x3mm.	1	1
6*	2820101	c/u	Abrazadera de pletina galv. 38X5mm, 2 pernos bastidor simple	1	-
7	2010502	c/u	Aislador tipo rollo, clase ANSI 53-2, 0.25kV	1	1
8	1012137	m	Conductor solido de Al para ataduras N° 4 AWG ( 2 )	1.5	1.5
9	1012301	c/u	Cinta de armar de aleación de Al, 1.27mm x 7.62mm	1.5	1.5
<b>SUSTITUTIVOS Y/O ADICIONALES PARA ALTERNATIVA</b>					
6	2901676	c/u	Perno máquina Fe galv 16x254mm tuerca aran plana/presión	-	1
hf2	2989116	c/u	Arandela cuadrada hierro galv. 16 mm diámetro.	-	3



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA



TENSOR (CASO DE ANGULO)



**NOTA:**

1 La estructura se utiliza y/o ángulos de acuerdo con la tabla adjunta en caso de ángulo, el conductor será fijado al aislador lateral.

2 En el caso de redes, la estructura puede usarse como terminal para conductor ASCR # 4 AWG o equivalente en aluminio.

3 Dimensiones en centímetros.

CONDUCTORES	ÁNGULOS
-------------	---------



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

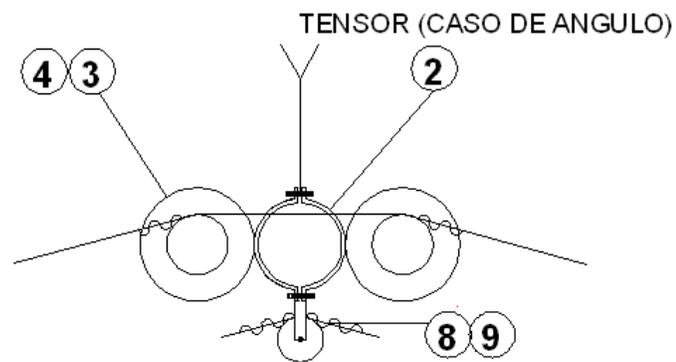
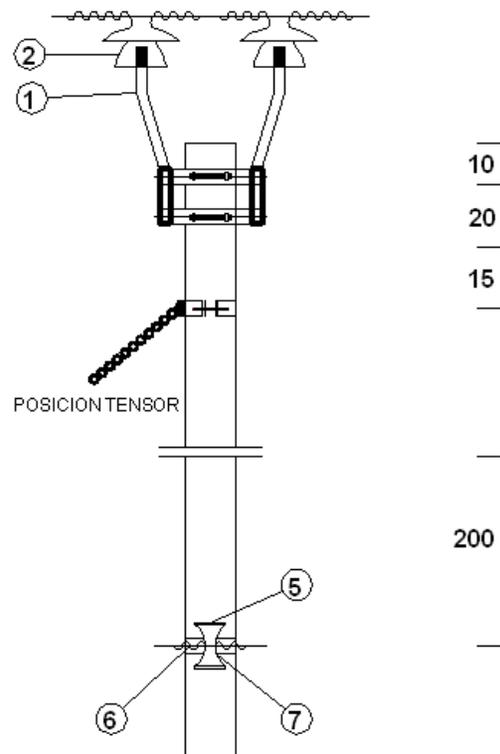
ALUMINIO	ASCR	LÍNEAS	REDES
4 - 2	4 - 2	0°-20°	0°-20°
1/0 - 3/0	1/0 - 3/0	0°-5°	0°-10°
4/0 - 350	4/0 - 336,4	0°-2°	0°-5°

**E\_02. LÍNEAS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIO MONOFÁSICO** 22,8  
GRDY /13,2 KVTIPO RVU2.



LISTA DE MATERIALES					
REF	CÓDIGO	UNID	DESCRIPCIÓN	(a)	(b)
1	2815204	c/u	Perno espiga (pin) tope poste doble 19x35x450 mm, 4 pernos espárragos, tuercas planas/presión (tacho doble)	1	1
2	2010311	c/u	Aislador tipo espiga, radio interferencia clase ANSI 56-1 23kV	2	2
3	1012137	m	Conductor solido de Al para ataduras N° 4 AWG ( 1 )	6	6
4	1012301	m	Cinta de armar de aleación de Al, 1.27mm x 7.62mm ( 1 )	3	3
PARA NEUTRO					
5	2817101	c/u	Bastidor (rack) de una vía, 38x5x3 mm	1	1
6*	2820101	c/u	Abrazadera de pletina galv. 38x5 mm, 2 pernos bastidor simple	1	-
7	2010502	c/u	Aislador tipo rollo, clase ANSI 53-2, 0.25 kV	1	1
8	1012137	m	Conductor solido de Al para ataduras N° 4 AWG ( 2 )	1.5	1.5
9	1012301	m	Cinta de armar de aleación de Al, 1.27mm x 7.62mm ( 2 )	1.5	1.5

SUSTITUTIVOS Y/O ADICIONALES PARA ALTERNATIVA					
6	2901676	c/u	Perno máquina 254x16 mm $\Phi$ tuerca arandela plana y presión.	-	1
hf2	2989116	c/u	Arandela cuadrada para perno de 16 mm $\Phi$	-	1



NOTA



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

1 La estructura se utiliza para ángulos de acuerdo a la tabla adjunta.

2 Divisiones en centímetros.

CONDUCTORES				ÁNGULOS
ALUMINIO		ASCR		
4	2	4	2	20°- 30°
1/0-3/0		1/0-3/0		10°- 30°
4/0 - 350		4/0 - 336,4		5°- 10°

## E\_03. REDES DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIO 6,3 KV TIPO RNA1.

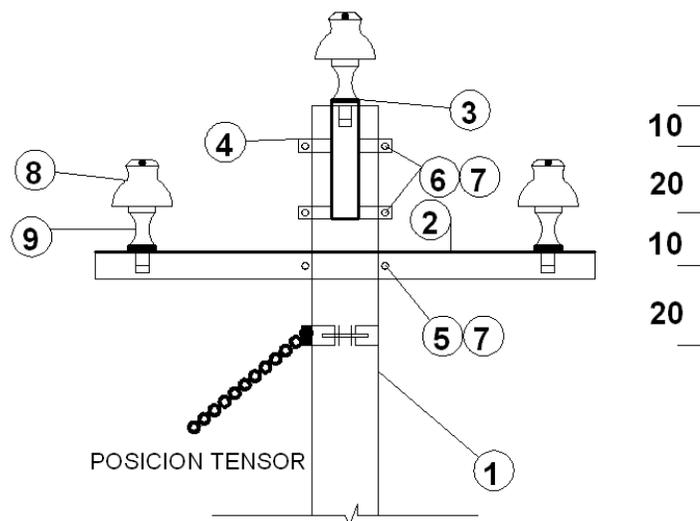


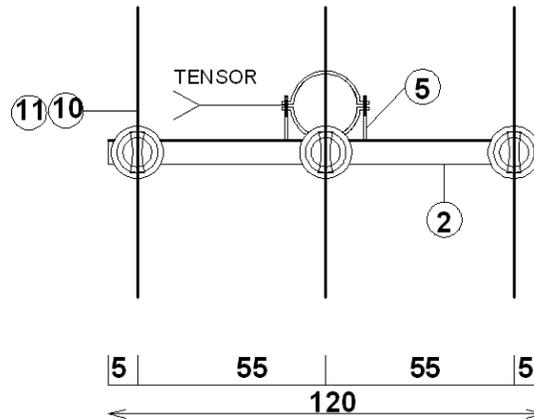
LISTA DE MATERIALES					
REF	CÓDIGO	UNID	DESCRIPCIÓN	(a)	(b)
1		c/u	Poste de hormigón o madera	1	1
2		c/u	Cruceta de Fe ángulo "L" 60x60x6 mm x 1,20m con apoyo	1	1
3		c/u	Pieza de extensión para perno espiga de 16 mm $\Phi$	1	1



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

4*		c/u	Abrazadera de pletina, 50x6 mm simple con 3 pernos	2	-
5*		c/u	Perno "U" 16 mm $\Phi$ 150x120mm con 2 tuercas/arandelas	1	-
6		c/u	Arandela redonda para perno de 16 mm $\Phi$	2	3
7		c/u	Arandela de presión para perno de 16 mm $\Phi$	4	3
8		c/u	Aislador tipo espiga, clase ANSI 55-3 (NOTA 2)	3	3
9		c/u	Perno espiga corto, rosca 25 mm $\Phi$ , altura 152 mm	3	3
10		Jgo	Alambre de atar	3	3
11		Jgo	Cinta de armar	3	3
<b>SUSTITUTIVOS Y/O ADICIONALES PARA ALTERNATIVA</b>					
hf1		c/u	Perno máquina, 229x16 mm $\Phi$	-	3
hf2		c/u	Arandela cuadrada para perno de 16 mm $\Phi$	-	3





**NOTA.**

1 La estructura se utiliza en tangentes y/o ángulos de acuerdo con la tabla adjunta en caso de ángulo serán fijados a los aisladores laterales.

2 Para conductores de aleación de aluminio 4/0 -350 MCM o equivalente a ASCR se utilizará aislador clase ANSI 55-4.

3 Dimensiones en centímetros.

CONDUCTORES		ÁNGULOS
ALUMINIO	ASCR	
4 2	4 2	0°-20°
1/0-3/0	1/0-3/0	0°- 5°
4/0 - 350	4/0 - 336,4	0°- 2°

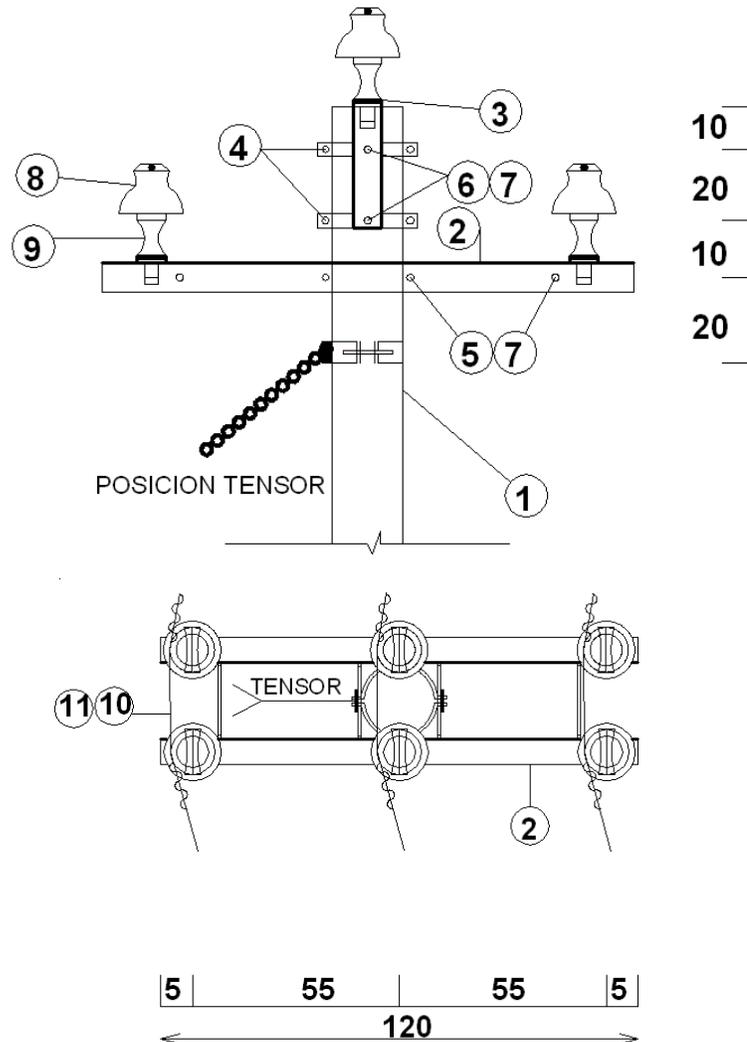
**E\_04. REDES DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIO 6,3 KV TIPO RNA2.**



LISTA DE MATERIALES					
REF	CÓDIGO	UNID	DESCRIPCIÓN	(a)	(b)
1		c/u	Poste de hormigón o madera	1	1
2		c/u	Cruceta de Fe ángulo "L" 60x60x6 mm x 1,20 m con apoyo	2	2
3		c/u	Pieza de extensión para perno espiga de 16 mm $\Phi$	2	2
4*		c/u	Abrazadera de pletina, 50x6 mm, doble, con 4 pernos	2	-
5*		c/u	Perno espárrago, 254x16 mm $\Phi$ con 4 tuercas y arandelas	4	2
6		c/u	Arandela redonda para perno de 16 mm $\Phi$	4	6
7		c/u	Arandela de presión para perno de 16 mm $\Phi$	12	7
8		c/u	Aislador tipo espiga, clase ANSI 55-3 (NOTA 2)	6	6
9		c/u	Perno espiga corto, rosca 25 mm $\Phi$ , altura 152 mm	6	6
10		Jgo	Alambre de atar	6	6
11		Jgo	Cinta de armar	3	3
SUSTITUTIVOS Y/O ADICIONALES PARA ALTERNATIVA					
4/5		c/u	Perno máquina, 229x16 mm $\Phi$	-	3



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA



**NOTA.**

- 1 La estructura se utiliza en tangentes y/o ángulos de acuerdo con la tabla adjunta.
- 2 Para conductores de aleación de aluminio 4/0 -350 MCM o equivalente a ASCR se utilizará aislador clase ANSI 55-4.
- 3 Dimensiones en centímetros.

CONDUCTORES		ÁNGULOS
ALUMINIO	ASCR	
4 2	4 2	20°-30°
1/0-3/0	1/0-3/0	5°- 15°



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

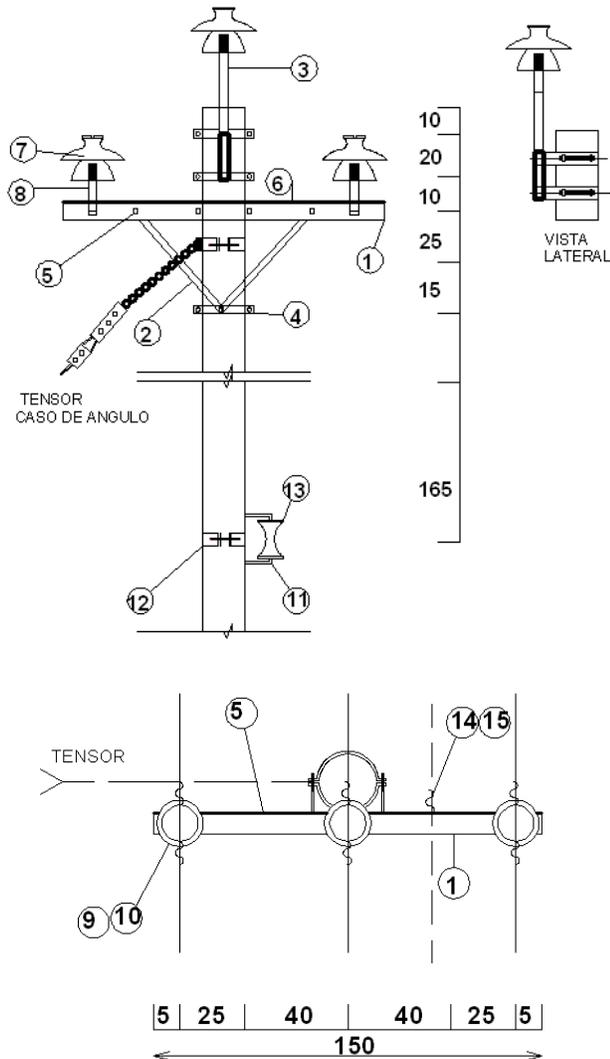
4/0 - 350	4/0 - 336,4	2°- 5°
-----------	-------------	--------

## E\_05. REDES DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIO 22,8 GRDY /13,2 KV TIPO RVA1.



LISTA DE MATERIALES					
REF	CÓDIGO	UNID	DESCRIPCIÓN	(a)	(b)
1	280150	c/u	Cruceta de Fe galv ángulo "L" de 70x70x6 mm y 150 m de longitud.	1	1
2	2821662	c/u	Pie-amigo de pletina Fe. Galv. 38x5 mm y 620 m longitud	2	2
3	2815104	c/u	Perno espiga (pin) tope poste simple 19x35x450 mm 22,8 kV con 4 pernos espárrago, 2 tuercas, 2 arandelas	1	1
4*	2820111	c/u	Abrazadera de pletina, 38x5 mm, simple con 3 pernos pie amigo simple	1	-
5	2901320	c/u	Perno máquina 13x51mm tuerca arandela plana y presión	2	2
6*	2851630	c/u	Perno "U" galv 16 mm diámetro 140x150 mm con 2 tuercas 2 arandelas planas y presión.	1	-
7	2010311	c/u	Aislador tipo espiga (pin) clase ANSI 56-1 23 kV	3	3
8	2814104	c/u	Perno espiga (pin) corto galv. 19 x 35 x 250 mm 23 kV	2	2
9	1012137	m	Conductor sólido de Al para ataduras N° 4 AWG ( 1 )	9	9
10	1012301	c/u	Cinta de armar de aleación de Al, 1.27mm x 7.62mm ( 1 )	4.5	4.5
PARA NEUTRO					
11	2817101	c/u	Bastidor (rack) para secundario de una vía 38 x 5 x 3 mm	1	1
12*	2820101	c/u	Abrazadera de pletina galv 38x5mm 2 pernos bastidor simple	1	-
13	2010502	c/u	Aislador tipo rollo clase ANSI 53-2, 0.25 kV	1	1
14	1012137	m	Conductor solido de Al para ataduras N° 4 AWG ( 2 )	1.5	1.5
15	1012301	c/u	Cinta de armar de aleación de Al, 1.27mm x 7.62mm ( 2 )	1.5	1.5

SUSTITUTIVOS Y/O ADICIONALES PARA ALTERNATIVA					
4	2901674	c/u	Perno máquina Fe galv. 16x229mm tuerca plana/ presión	-	3



**NOTA.**

- 1 La estructura se utiliza en tangentes y/o ángulos de acuerdo con la tabla adjunta en caso de ángulo los conductores serán fijados a los aisladores laterales.
- 2 La estructura puede usarse como terminal para conductores ASCR No 4 AWG o equivalente en aluminio en cuyo caso la cruceta y extensión para el aislador detrás del poste.
- 3 Su uso para vanos máximo de 80m.
- 4 Cuando se tenga vanos entre 80 a 100 m usar crucetas L 70x70x6 mm y 2m de longitud.
- 5 Dimensiones en centímetros



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CONDUCTORES				ÁNGULOS
ALUMINIO		ASCR		
4	2	4	2	0°-20°
1/0-3/0		1/0-3/0		0°- 10°
4/0 - 350		4/0 - 336,4		0°- 5°

### E\_06. REDES DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIO 22,8 GRDY /13,2 KV TIPO RVA2.

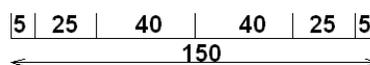
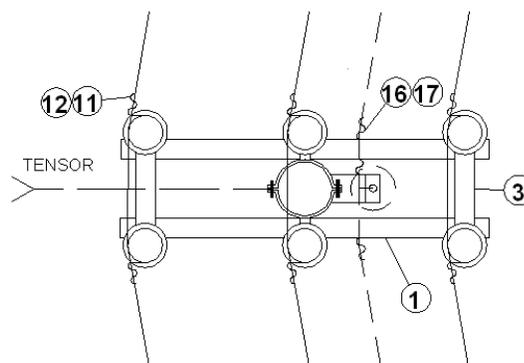
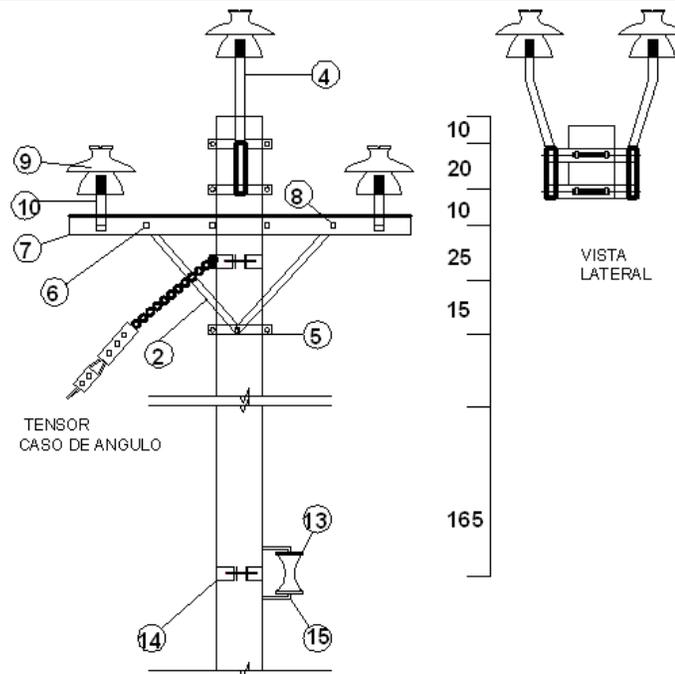


LISTA DE MATERIALES					
REF	CÓDIGO	UNID	DESCRIPCIÓN	(a)	(b)
1	2801502	c/u	Cruceta fe galv ángulo "L" 70x70x6 mm x 1,50 m long sin apoyo	2	2
2	2821662	c/u	Pie amigo de pletina fe galv. 38 x 6 mm y 620 mm long.	4	4
3	2820981	c/u	Pletina de soporte galv. de 75 x 6 y 441 mm long	2	2
4	2815204	c/u	Perno espiga tope de poste doble 19 x 35 x 450 mm 22.8 kV con 4 pernos espárrago, tuercas, arandelas.	1	1
5	2820112	c/u	Abrazadera de pletina galv. 38 x 5 mm 4 pernos doble	1	-
6	2901320	c/u	Perno máquina fe galv. 13 x 51 mm, tuerca arandela	4	4
7	2901620	c/u	Perno máquina fe galv. 16 x 51 mm, tuerca, arandela	4	4
8	2980676	c/u	Perno espárrago fe galv. 16x254 mm 4 tuercas, arandela	2	-
9	2010311	c/u	Aislador tipo espiga (pin), radio interferencia clase ANSI 56-1 23 kV	6	6
10	2814104	c/u	Perno espiga (pin) corto galv. de 19 x 35 x 250 mm	4	4
11	1012137	m	Conductor solido de Al para ataduras N° 4 AWG ( 1 )	18	18
12	1012301	c/u	Cinta de armar de aleación de Al, 1.27mm x 7.62mm ( 1 )	9	9
PARA NEUTRO					
13	2817101	c/u	Bastidor (rack) para secundario de 1 vía 38 x 5 x 3 mm	1	1
14	2820101	c/u	Abrazadera pletina galv. 38 x 5mm , 2 pernos bastidor simple	1	-
15	2010502	c/u	Aislador tipo rollo clase ANSI 53-2, 0.25 kV	1	1



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

16	1012137	m	Conductor solido de Al para ataduras N° 4 AWG ( 2 )	1.5	1.5
17	1012301	c/u	Cinta de armar de aleación de Al, 1.27mm x 7.62mm ( 2 )	1.5	1.5
<b>SUSTITUTIVOS Y/O ADICIONALES PARA ALTERNATIVA</b>					
5	2901674	c/u	Perno máquina fe. Galv. 16 x 229 mm, tuerca, arandela plana y presión	-	3
7/8		c/u	Perno máquina 16 mm □, longitudes requeridas ( 3 )/( 4 )/( 5 )	-	2
hf2	2989116	c/u	Arandela cuadrada hierro galv. 16 mm diámetro	-	1



NOTA.

1 La estructura se utiliza de acuerdo con la tabla adjunta



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

2 Su uso para vanos máximo de 80m.

3 Cuando se tenga vanos entre 80 a 100 m usar crucetas L 70x70x6 mm y 2m de longitud.

4 Dimensiones en centímetros

CONDUCTORES		ÁNGULOS
ALUMINIO	ASCR	
4 - 2	4 - 2	20°- 30°
1/0 - 3/0	1/0 - 3/0	10°- 30°
4/0 - 350	4/0 - 336,4	5°- 10°

## E\_07. REDES DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIO 22,8 GRDY /13,2 Kv TIPO RVB1.

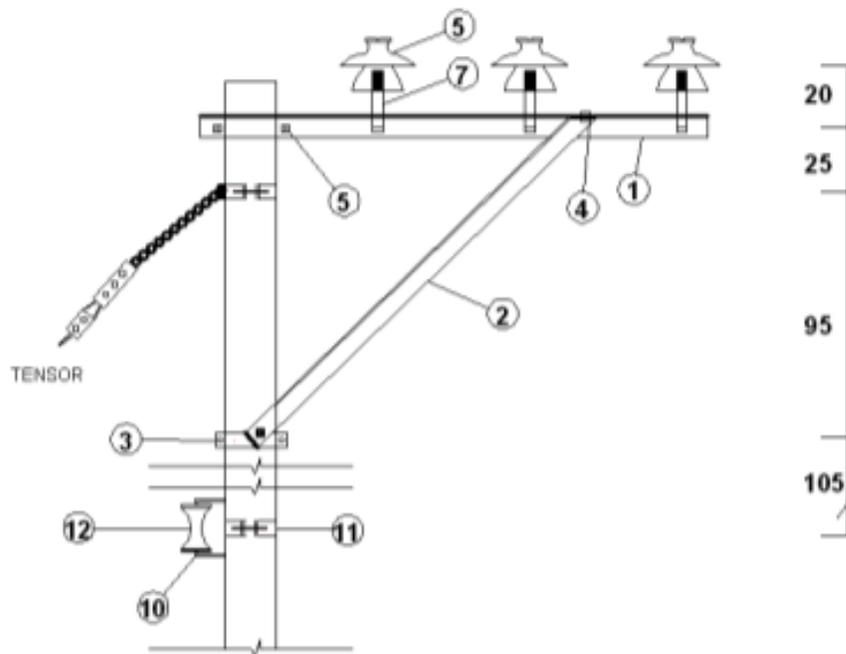


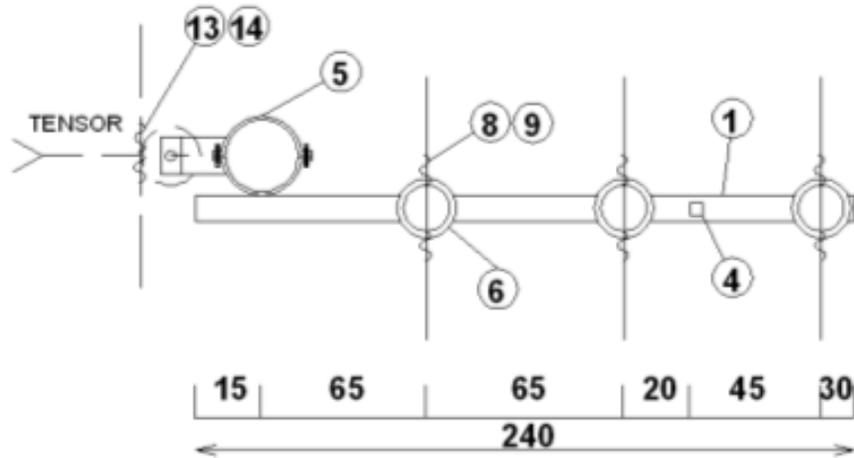
LISTA DE MATERIALES					
REF	CÓDIGO	UNID	DESCRIPCIÓN	(a)	(b)
1		c/u	Cruceta de hierro ángulo "L", 70x70x6 mm x 2,40 m.	1	1
2		c/u	Pie-amigo de pletina Fe galv. "L", 38x38x6 mm y 2m long.	1	1
3*		c/u	Abrazadera de pletina, 38x5 mm, pie amigo simple, 3 pernos	1	-
4		c/u	Perno máquina 51x16 mm tuerca, arandela plana/presión	1	1
5*		c/u	Perno "U", de 16 mm, 140x150 mm, 2 tuercas y 2 arand.	1	-
6		c/u	Aislador tipo espiga, clase ANSI 56-1 23 kV	3	3
7		c/u	Perno espiga (pin) corto, rosca 19x35 mm, altura 250 mm, 23 kV	3	3



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

8		m	Conductor desnudo sólido de Al para ataduras#4 AWG(1)	9	9
9		m	Cinta de armar de aleación de Al, 1.27 mm x 7.62 mm (1)	4.5	4.5
<b>PARA NEUTRO</b>					
10		c/u	Bastidor (rack) de una vía, 38x5x3 mm	1	1
11*		c/u	Abrazadera de pletina galv. 38x5 mm, 2 pernos bastidor simple	1	-
12		c/u	Aislador tipo rollo, clase ANSI 53-2, 0.25 kV	1	1
13		m	Conductor desnudo sólido de Al para ataduras#4 AWG(2)	1.5	1.5
14		m	Cinta de armar de aleación de Al, 1.27 mm x 7.62 mm (2)	1.5	1.5
<b>SUSTITUTIVOS Y/O ADICIONALES PARA ALTERNATIVA</b>					
3		c/u	Perno máquina 229x16 mm $\Phi$ tuerca, arandela	-	1
5/11		c/u	Perno máquina, 16 mm $\Phi$ , longitudes requeridas (3)/(4)	-	2
hf2		c/u	Arandela cuadrada para perno de 16 mm $\Phi$	-	3





NOTA.

- 1 Esta estructura se instalara en un poste de H.C con carga de rotura horizontal de 500 Kg.
- 2 La estructura se utiliza en tangentes y/o ángulos de acuerdo con la tabla adjunta en caso de ángulo los conductores serán fijados a los aisladores laterales.
- 3 Su uso para vanos máximo de 40m.
- 4 Dimensiones en centímetros

CONDUCTORES		ÁNGULOS
ALUMINIO	ASCR	
4 - 2	4 - 2	0°-20°
1/0 - 3/0	1/0 - 3/0	0°- 10°
4/0 - 350	4/0 - 336,4	0°- 5°

**E\_08. LÍNEAS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIO DERIVACIONES 22,8 GRDY / 13,2 KVTIPO RVA1 - RVU4.**



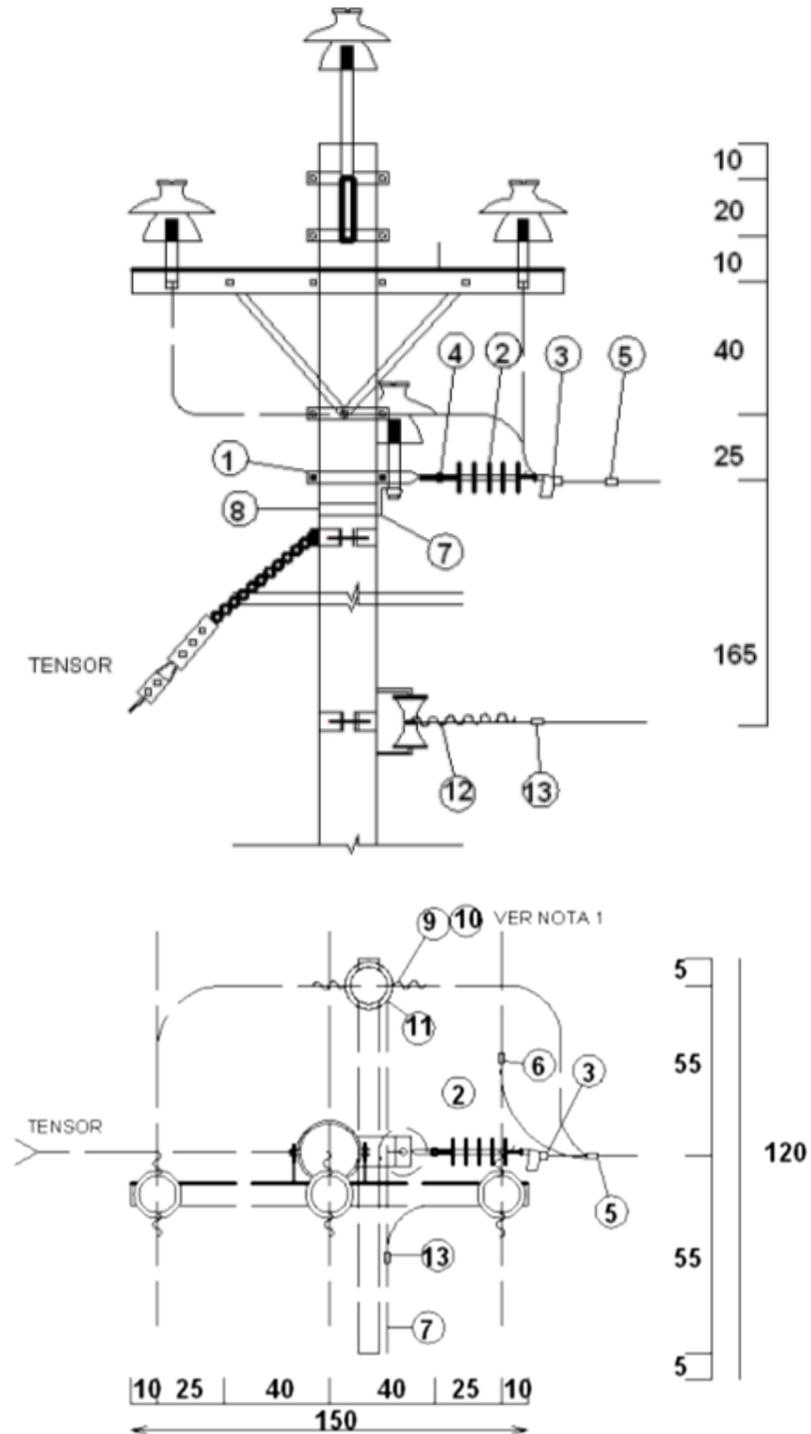
# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA



LISTA DE MATERIALES					
REF	CÓDIGO	UNID	DESCRIPCIÓN	(a)	(b)
1*	2820151	c/u	Abrazadera de pletina 50x6 mm extensión simple 2 pernos dobléz 90° grados	1	-
2*	2010152	c/u	Aislador de suspensión, caucho siliconado tipo polímero 22 kV	1	1
3	2110114	c/u	Grapa terminal apernado de Al tipo pistola N°6-4/0AWG(1)	1	1
4	2810102	c/u	Horquilla de anclaje, 75 mm longitud, pasador 16 mm $\Phi$ , 15000 lb	1	1
5	2050114	c/u	Conector ranura paralela de Cu Sn, 1 perno, N° 6 al 4 /0 AWG ( 1 )	1	1
6	2112124	c/u	Grapa de derivación para líneas en caliente Cu N° 6-250 MCM y 8- 2/0 AWG	1	1
OPCIONAL PARA DERIVACIÓN DE LA FASE MÁS ALEJADA					
7	2801201	c/u	Cruceta de Fe ángulo "L", 50x50x6 mm x 1.20 m, sin apoyo	1	1
8*	2851630	c/u	Perno "U" 16 mm $\Phi$ 150x140 mm 2 tuercas y 2 arandelas	1	-
9	2010311	c/u	Aislador tipo espiga, clase ANSI 56-1 23 kV	1	1
10	2814158	c/u	Perno espiga (pin) corto, rosca 19x35 mm $\Phi$ , altura 200 mm	1	1
11	1012137	m	Conductor desnudo sólido de Al para ataduras N°4 AWG(2)	1	1
PARA NEUTRO					
12	2280139	c/u	Retenedor terminal preformado de Al No. 2 AWG (3)	1	1
13	2050114	c/u	Conector ranura paralela de Cu1 perno N°6 al 4/0 AWG(4)	2	2
SUSTITUTIVOS Y/O ADICIONALES PARA ALTERNATIVA					
2	2010103	c/u	Aislador de suspensión, clase ANSI 52-3 22.8 kV	3	3
2	2988216	c/u	Tuerca de ojo, 16 mm $\Phi$	1	-
1	2984376	c/u	Perno de ojo, 254x16 mm $\Phi$ , con tuerca y arandela	-	1
8	2901674	c/u	Perno máquina 229x16 mm $\Phi$ , tuerca, arandela.	-	1
hf2	2989116	c/u	Arandela cuadrada para perno de 16 mm $\Phi$	-	1



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA



NOTA.



# **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

- 1 Para derivacion de la fase del otro extremo a al indicada, utilizar cruetas y aislador de paso.
- 2 Dimenciones en entímetros.

## **ANEXOS F**

### **ALTURA Y SEPARACIÓN MÍNIMA DE CONDUCTORES Y EDIFICIOS**



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## F\_01. ALTURA MÍNIMA DE CONDUCTORES (m)

TIPO DE VÍA	ZONA	A LO LARGO SOBRE ACERAS		CRUCES	
		M.T.	B.T.	M.T.	B.T.
Av. de tránsito rápido, 2 o más calzadas	Urbana	7,0	6,5	8,0	NO (1)
Avenidas principales		7,0	6,5	7,0	NO (1)
Calles		7,0	6,0	7,0	6,0
Calles y caminos	Rural	6,0	5,5	6,0	5,5
Espacios abiertos sin tránsito peatonal				6,0	5,0
Autopistas	Otros			8,0	NO (1)
Carreteras				8,0	6,5
Líneas férreas no electrificadas				8,0	7,0

## F\_02. SEPARACIÓN MÍNIMA ENTRE CONDUCTORES Y EDIFICIOS.

Nota:

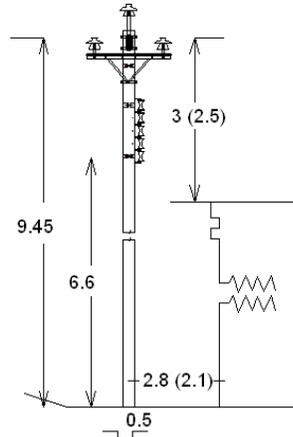
- (1) No es permisible.
- (2) Distancia en metros.
- (3) Si las separaciones verticales para los casos 2 y 3 no pueden ser mantenidas, se exige la separación horizontal del caso 5.
- (4) Se debe mantener la distancia de 1m cuando solamente se tiene red de baja tensión.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

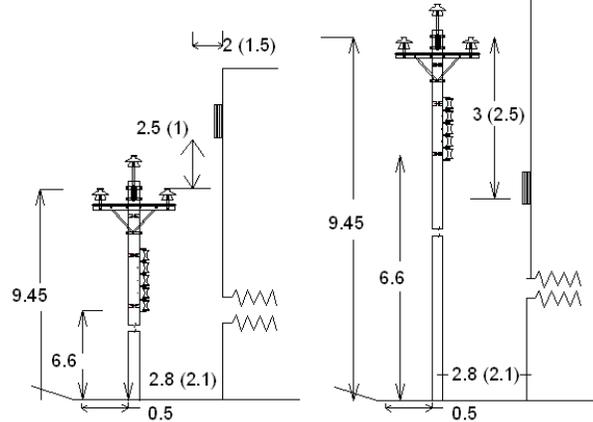
- (5) Las distancias fuera del paréntesis son para redes de media tensión de 22.8 KV.
- (6) La distancia entre paréntesis son para redes de media tensión de 6.3KV.

SEPARACION VERTICAL ENTRE CONDUCTORES Y LA PARTE MAS ALTA DE LOS EDIFICIOS



CASO 1

SEPARACION VERTICAL ENTRE EL PISO DE BALCONES O SALIENTES Y LOS CONDUCTORES

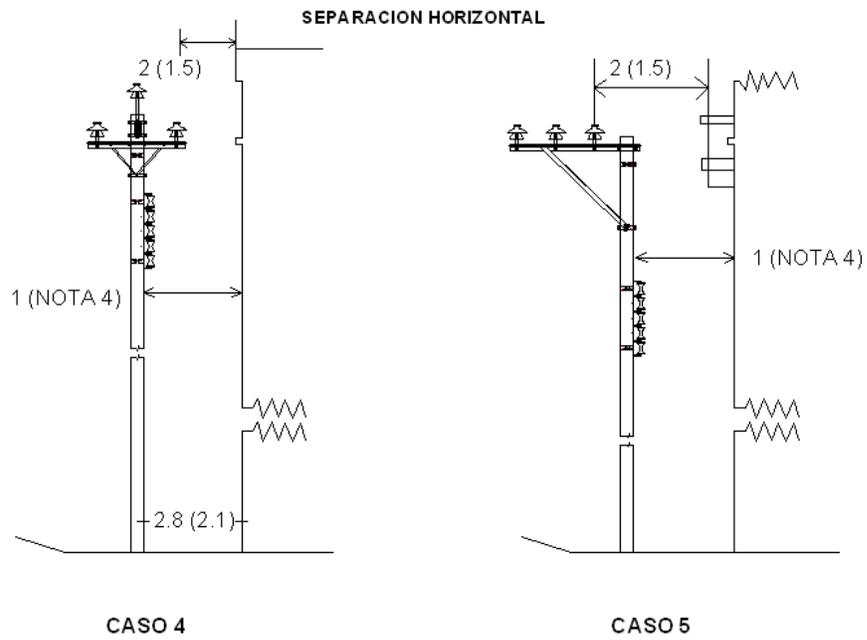


CASO 2

CASO 3



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA



## ANEXOS G



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO

Cálculo de Intensidad de Campo Eléctrico mediante la siguiente ecuación que nos indica la ICNIRP.

$$S = \frac{E^2}{120\pi} = H^2 * 120\pi$$

Primero calculamos la Intensidad de campo magnético (H) en función de ( $B_R$ ), para el cálculo tomaremos el valor anterior  $B_R = 0.21307 * 10^{-6} T$ :

$$B_R = \mu_0 * H$$



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

$$H = \frac{B_R}{\mu_0}$$

$$H = \frac{0.21307 * 10^{-6} \text{T}}{400\pi * 10^{-9} \frac{\text{T}}{\text{A/m}}}$$

$$H = 0.1695 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

Reemplazo el valor de H en la ecuación:

$$S = \left(0.1695 \frac{\text{A}}{\text{m}}\right)^2 * 120\pi \Omega$$

$$S = 10.8384 \frac{\text{A}^2 * \Omega}{\text{m}^2}$$

$$S = 10.8384 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Con este valor se procede a calcular la Intensidad de Campo Eléctrico con la siguiente expresión:

$$S = \frac{E^2}{120\pi}$$

$$E = \sqrt{S * 120\pi}$$



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

$$E = \sqrt{\left(10.8384 \frac{W}{m^2}\right) * 120\pi \Omega}$$

$$E = \sqrt{4085.9805 \frac{\frac{V^2}{\Omega} * \Omega}{m^2}}$$

$$E = 63.9216 \frac{V}{m}$$

Este es el procedimiento correspondiente para encontrar el valor deseado.



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**ANEXOS H**  
**CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO**  
**CERCANO A LA LÍNEA**

Para el cálculo analítico de la densidad del flujo magnético se utilizará la ley de Biot-Savart, la corriente es directamente proporcional a la densidad de flujo magnético, es decir que, cuando mayor sea la corriente que circule por la línea mayor será su

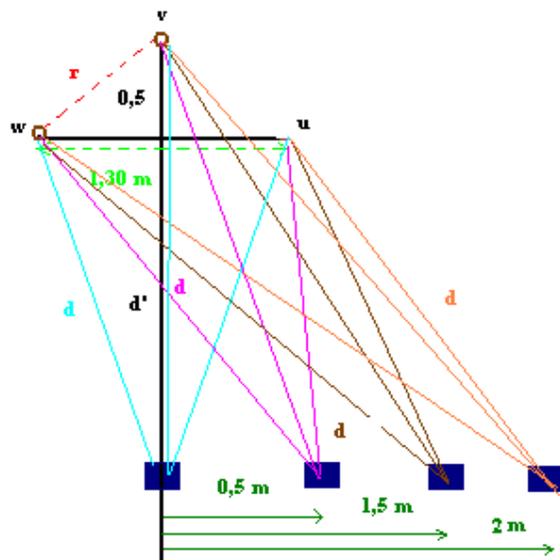


# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

densidad y viceversa, si nos alejamos de la fuente esta disminuye, o sea, de acuerdo a la distancia, la siguiente expresión es:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$

En la Figura H1 se muestra las distancias establecidas para medir la densidad de flujo magnético con el equipo TES-1390 en las calles Isaac Albéniz y Rafael Bustamante.



**Figura H1** Distancias establecidas para medir línea 3φ.

**Fuente:** Los autores.

En la Tabla 25 se muestra los valores de corriente que se midió con la ayuda de las personas de energización de la EEQ.S.A.

**Tabla 25:** Medición de Corriente en la calle Rafael Bustamante.

MEDICIÓN CORRIENTE (A)			
LÍNEA	u	v	w
PUNTO_05	8	7,8	9
PUNTO_16	26,8	26	24,4
PUNTO_21	1,9	2	1,8



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

**Fuente:** Los autores.

Para encontrar la densidad de flujo magnético de cada línea referente a cada punto de medición se debe encontrar el valor de la distancia de cada una de ellas, como se ilustrar en la figura anterior, y el planteamiento es el siguiente:

$$BT = B_u + B_v + B_w$$

$$BT = \frac{\mu_0 I_u}{2\pi d_u} + \frac{\mu_0 I_v}{2\pi d_v} + \frac{\mu_0 I_w}{2\pi d_w}$$

$$BT = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{I_u}{d_u} + \frac{I_v}{d_v} + \frac{I_w}{d_w} \right)$$

- A 0 metros

$$BT_0 = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{26,8}{\sqrt{(0,5^2 + 0,65^2)}} + \frac{26}{0,5 + 0,5} + \frac{24,4}{\sqrt{(0,5^2 + 0,65^2)}} \right)$$

$$BT_0 = 17,69 \mu T$$

- A 0,5 metro

$$BT_{0,5} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{26,8}{\sqrt{((0,65 - 0,5)^2 + (0,5 + 0,5)^2)}} + \frac{26}{\sqrt{(0,5^2 + 0,65^2)}} + \frac{24,4}{\sqrt{(0,5^2 + (0,5 + 0,65)^2)}} \right)$$

$$BT_{0,5} = 18,81 \mu T$$

- A 1,5 metro

$$BT_{1,5} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{26,8}{\sqrt{((1,5 - 0,65)^2 + (0,5 + 0,5)^2)}} + \frac{26}{\sqrt{(1,5^2 + 0,65^2)}} + \frac{24,4}{\sqrt{(0,5^2 + (1,5 + 0,65)^2)}} \right)$$

$$BT_{1,5} = 10,53 \mu T$$



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

- A 2 metro

$$BT_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{26,8}{\sqrt{((2 - 0,65)^2 + (0,5 + 0,5)^2)}} + \frac{26}{\sqrt{(2 + 0,65)^2}} \right) + \frac{24,4}{\sqrt{(0,5^2 + (2 + 0,65)^2)}}$$

$$BT_2 = 7,858 \mu T$$

En la Tabla 26 se muestra los valores de  $\beta$  medidos con el equipo en tres puntos distintos de la calle Rafael Bustamante.

**Tabla 26:** Medición de  $\beta$  a 0,50 m de la línea.

Densidad de Flujo Magnético total ( $\mu T$ )			
0 m	0,5 m	1,5 m	2 m
5,5242	5,63327	3,0561	2,3164
17,186	17,8244	9,8293	7,321
1,3463	1,35163	0,707	0,5531

**Fuente:** Los autores.

Para el cálculo de los errores porcentuales se utilizó la siguiente ecuación:

$$Error_{\%} = \left( \frac{Valor_{medido} - Valor_{calculado}}{Valor_{medido}} \right) \times 100$$

En la ecuación se da mayor valor al valor medido, puesto que éste dato toma en cuenta las condiciones físicas reales de la medición.

En los casos en los cuales el Valor<sub>medido</sub> sea mayor que el Valor<sub>calculado</sub>, se tendrá un error de signo positivo, el cual para este trabajo de titulación será llamado como error



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

en exceso. En el caso contrario, cuando el Valor<sub>medido</sub> sea menor que el Valor<sub>calculado</sub>, se tendrá un error de signo negativo, llamado en este caso error en defecto.

En la Tabla 27 se muestra los errores porcentuales que tenemos en la medición cercana a la línea en la calle Isaac Albéniz.

**Tabla 27:** Error porcentual.

Error porcentual %			
<b>Punto_05</b>	-3,182	-4,735	-7,98
<b>Punto_16</b>	-2,932	-5,529	-7,129
<b>Punto_21</b>	3,287	-1,581	-8,959

**Fuente:** Los autores.

En la Tabla 28 se muestra los valores de corriente que se midió con la ayuda de las personas de energización de la EEQ.S.A.

**Tabla 28:** Medición de Corriente en la calle Isaac Albéniz.

MEDICIÓN CORRIENTE (A)			
LÍNEA	u	v	w
<b>PUNTO_01</b>	20	25,4	27,4
<b>PUNTO_18</b>	34	41	38

**Fuente:** Los autores.

Para encontrar la densidad de flujo magnético se debe realizar el mismo procedimiento anterior.

$$BT = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{I_u}{d_u} + \frac{I_v}{d_v} + \frac{I_w}{d_w} \right)$$



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

- A 0 metros

$$BT_0 = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{34}{\sqrt{(0,5^2 + 0,65^2)}} + \frac{41}{0,5 + 0,5} + \frac{38}{\sqrt{(0,5^2 + 0,65^2)}} \right)$$

$$BT_0 = 25,76 \mu T$$

- A 0,5 metro

$$BT_{0,5} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{34}{\sqrt{((0,65 - 0,5)^2 + (0,5 + 0,5)^2)}} + \frac{41}{\sqrt{(0,5^2 + 0,65^2)}} \right. \\ \left. + \frac{38}{\sqrt{(0,5^2 + (0,5 + 0,65)^2)}} \right)$$

$$BT_{0,5} = 26,42 \mu T$$

- A 1,5 metro

$$BT_{1,5} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{34}{\sqrt{((1,5 - 0,65)^2 + (0,5 + 0,5)^2)}} + \frac{41}{\sqrt{(1,5^2 + 0,65^2)}} \right. \\ \left. + \frac{38}{\sqrt{(0,5^2 + (1,5 + 0,65)^2)}} \right)$$

$$BT_{1,5} = 14,89 \mu T$$

- A 2 metro

$$BT_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{34}{\sqrt{((2 - 0,65)^2 + (0,5 + 0,5)^2)}} + \frac{41}{\sqrt{(2^2 + 0,65^2)}} \right. \\ \left. + \frac{38}{\sqrt{(0,5^2 + (2 + 0,65)^2)}} \right)$$

$$BT_2 = 11,21 \mu T$$

En la Tabla 29 se muestra los valores de  $\beta$  medidos con el equipo en dos puntos distintos de la calle Isaac Albéniz.

**Tabla 29:** Medición de  $\beta$  a 0,50 m de la línea.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Densidad de Flujo Magnético total ( $\mu\text{T}$ )			
0 m	0,5 m	1,5 m	2 m
16,84055	16,3352	8,9546	6,730787
26,37935	25,74435	14,0886	10,54378

Fuente: Los autores.

En la Tabla 30 se muestra los errores porcentuales que tenemos en la medición cercana a la línea en la calle Isaac Albéniz.

Tabla 30: Error porcentual.

Error porcentual %				
Punto_01	1,191	-1,499	-4,494	-5,218
Punto_18	2,348	-2,624	-5,688	-6,319

Fuente: Los autores.

En la Figura H2 se muestra las distancias establecidas para medir la densidad de flujo magnético con el equipo TES-1390 en la Av. Padre Luis Vaccarí.

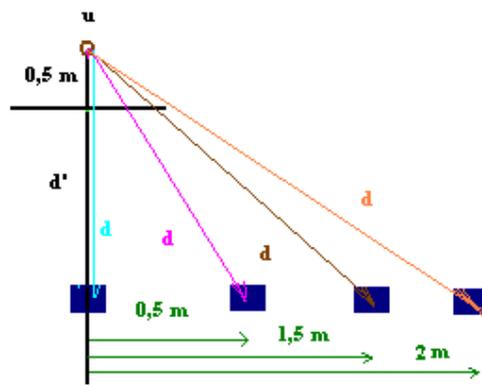


Figura H2 Distancias establecidas para medir línea 1 $\phi$ .

Fuente: Los autores.

En la Tabla 31 se muestra los valores de corriente que se midió con la ayuda de las personas de energización de la EEQ.S.A.



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

**Tabla 31:** Medición de Corriente en la Av. Padre Luis Vaccarí.

MEDICIÓN CORRIENTE (A)	
LÍNEA	u
PUNTO_07	7,3
PUNTO_11	9
PUNTO_21	7,5

**Fuente:** Los autores.

Para encontrar la densidad de flujo magnético se debe realizar el mismo procedimiento anterior pero con una sola fase.

$$BT = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{I_u}{d_u} \right)$$

- A 0 metros

$$BT_0 = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{9}{0,5 + 0,5} \right)$$

$$BT_0 = 1,8 \mu T$$

- A 0,5 metro

$$BT_{0,5} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{9}{\sqrt{(0,5^2 + (0,5 + 0,5)^2)}} \right)$$

$$BT_{0,5} = 1,61 \mu T$$

- A 1,5 metro

$$BT_{1,5} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{9}{\sqrt{(1,5^2 + (0,5 + 0,5)^2)}} \right)$$

$$BT_{1,5} = 0,9985 \mu T$$



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

- A 2 metro

$$BT_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{9}{\sqrt{(2^2 + (0,5 + 0,5)^2)}} \right)$$

$$BT_2 = 0,805 \mu T$$

En la Tabla 32 se muestra los valores de  $\beta$  medidos con el equipo en tres puntos distintos de la Av. Padre Luis Vaccarí.

**Tabla 32:** Medición de  $\beta$  a 0,50 m de la línea.

<b>Densidad de Flujo Magnético total (<math>\mu T</math>)</b>			
<b>0 m</b>	<b>0,5 m</b>	<b>1,5 m</b>	<b>2 m</b>
1,47109	1,26832	0,77794	0
1,83499	1,57242	0,95084	0,7567
1,51453	1,29314	0,78746	0

**Fuente:** Los autores.

En la Tabla 33 se muestra los errores porcentuales que tenemos en la medición cercana a la línea en la Av. Padre Luis Vaccarí.

**Tabla 33:** Error porcentual.

<b>Error porcentual %</b>				
<b>Punto_07</b>	0,754	-2,971	-4,108	0
<b>Punto_11</b>	1,907	-2,39	-5,012	-6,383
<b>Punto_21</b>	0,959	-3,779	-5,668	0

**Fuente:** Los autores.



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## ANEXOS I

### FOTOGRAFÍAS DE CAMPO

H\_01. Medición en la calle Rafael Bustamante.





# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA



H\_02. Medición en las diagonales de la Av. Padre Luis Vaccari.





# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA



H\_03. Medición en la calle Isaac Albéniz.





# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA





# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA