

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
ESCUELA DE POSGRADO**

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**“RIESGOS POR CAMPOS  
ELECTROMAGNÉTICOS EN LÍNEAS  
ELÉCTRICAS DE TRANSMISIÓN Y  
DISTRIBUCIÓN EN EL PERÚ”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA MENCIÓN EN  
GESTIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

**AUTOR: ERNESTO RAMOS TORRES**

Callao – 2018  
PERÚ

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ernesto Ramos Torres', with a long horizontal stroke extending to the left.

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, likely representing an official or institutional signature.

## HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

### MIEMBROS DEL JURADO

<b>Dr.</b>	<b>: FERNANDO JOSÉ OYANGUREN RAMÍREZ</b>	<b>PRESIDENTE</b>
<b>Mg.</b>	<b>: CÉSAR AUGUSTO SANTOS MEJÍA</b>	<b>SECRETARIO</b>
<b>Mg.</b>	<b>: HUGO FLORENCIO LLACZA ROBLES</b>	<b>MIEMBRO</b>
<b>Mg.</b>	<b>: JORGE ELÍAS MOSCOSO SÁNCHEZ</b>	<b>MIEMBRO</b>
<b>Dr.</b>	<b>: MARCELO NEMESIO DAMAS NIÑO</b>	<b>ASESOR</b>

<b>Nº DE LIBRO</b>	<b>: 01</b>
<b>FOLIO</b>	<b>: 072</b>
<b>FECHA DE APROBACIÓN</b>	<b>: junio 18, 2018</b>
<b>RESOLUCIÓN DIRECTORAL</b>	<b>: 039-2018-FIEE</b>

**DEDICATORIA:**

A todas las personas, que se dedican a la ciencia, a pesar de las adversidades que lo rodean, contribuyendo con las mejoras a la humanidad.

**AGRADECIMIENTO:**

A mis padres, mi esposa e hijos, mis compañeros de clase y profesores, por el apoyo incondicional, con sus experiencias contribuyeron a la culminación del presente.

# RIESGOS POR CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN EL PERÚ”

## ÍNDICE

CARÁTULA

PAGINA DE RESPETO

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE

TABLAS DE CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

I.	PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.1	Identificación del problema.....	11
1.2	Formulación del problema.....	13
1.3	Objetivos de la investigación.....	31
1.4	Justificación.....	32
II.	MARCO TEÓRICO.....	49
2.1	Antecedentes del estudio.....	49
2.2	Bases epistémicas.....	69
2.3	Bases culturales.....	70
2.4	Bases científicas.....	77
2.5	Definiciones Términos Básicos.....	94

III.	VARIABLES E HIPÓTESIS.....	95
3.1	Definición de las variables.....	95
3.2	Operacionalización de variables.....	95
3.3	Hipótesis general e hipótesis específicas.....	96
IV.	METODOLOGÍA.....	98
4.1	Tipo de investigación.....	98
4.2	Diseño de la investigación.....	99
4.3	Población y muestra.....	99
4.4	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	106
4.5	Procedimientos de recolección de datos.....	107
4.6	Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	109
V.	RESULTADOS.....	110
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	113
6.1	Contrastación de hipótesis con los resultados.....	113
6.2	Contrastación de resultados con otros estudios similares.....	114
VII.	CONCLUSIONES.....	117
VIII.	RECOMENDACIONES.....	119
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
	ANEXOS.....	125
	. Matriz de Consistencia.....	126
	. Otros anexos.....	127-162

## **RELACIÓN DE FIGURAS, CUADROS Y GRÁFICOS**

Figura N° 1.1 Diferencias y Similitudes entre los Campos Eléctrica y los Campos Magnéticos.....	13
Figura N° 1.2 La Contaminación Electromagnética .....	15
Figura N° 1.3 Niveles de Radiación.....	16
Figura N° 1.4 Distribución de Campo Eléctrico y Magnético debajo de una Línea de Trasmisión .....	21
Cuadro N° 1.1 Campos Electromagnéticos Comunes .....	22
Figura N° 1.5 Incidencia del Campo Eléctrico sobre el Ser Humano ..	26
Figura N° 1.6 CONFIGURACIÓN DE CONDUCTORES .....	30
Cuadro N° 2.1 Unidades de Medida.....	50
Cuadro N°2.2 Enfermedades con alto riesgo de afectación a seres humanos y posible origen en Campos Electromagnéticos con fuente en Líneas de transmisión y Distribución en el Perú .....	51
Grafico N° 2.1 SUBESTACION SURCO 60/10/22,9 KV, LINEA PRIMARIA 22,9/13.2 KV, 106 Km- Lima LINEAS EQUIPOTENCIALES Disposición Triangular 22.9/13.2 KV.....	57
Grafico N° 2.2 LINEAS DE CAMPO ELECTRICO, Disposición Triangular 22.9/13.2 KV .....	57
Grafico N° 2.3 Línea de Transmisión 60 KV, Av. La Marina tramo Av. Rafael Escardo - Jr. Castilla, Distrito San Miguel, Departamento Lima. LINEAS EQUIPOTENCIALES Disposición Vertical en 60 KV.....	58
Grafico N° 2.4 LINEAS DE CAMPO ELECTRICO .....	58
Grafico N° 2.5 Línea de Transmisión Juliaca- Puno 138 KV, P.S.E. 22,9/13.2 KV a Samán. Departamento Puno. LINEAS EQUIPOTENCIALES Disposición Triangular 138 KV.....	59
Grafico N° 2.6 LINEAS DE CAMPO ELECTRICO.....	59
Grafico N° 2.7 Línea de Transmisión 220 KV, Av. Elmer Faucett, tramo Av. Quilca-Av. La Chalaca, Provincia Callao, Región Callao. LINEAS EQUIPOTENCIALES Disposición Horizontal 220 KV .....	60
Grafico N° 2.8 LINEAS DE CAMPO ELECTRICO .....	60

Grafico N° 2.9 Línea de Transmisión 500 KV, Chilca-Carabayllo LINEAS EQUIPOTENCIALES Disposición Horizontal 500 KV .....	61
Grafico N° 2.10 LINEAS DE CAMPO ELECTRICO.....	61
Cuadro N° 2.3 Tipo de exposición .....	66
Cuadro N° 2.4 Campos Electromagnéticos IRPA-CENELEC.....	66
Cuadro N° 2.5 Campo electromagnético Costa Rica.....	67
Cuadro N° 2.6 Característica de Exposición Pre estándar europeo .....	67
Cuadro N° 2.7 Niveles de Campo electromagnético ICNIRP .....	67
Cuadro N° 2.8 Límites de exposición humana a campos electromagnéticos de 50HZ... .....	68
Figura N° 2.1 EFECTOS QUE PUEDEN LLEVAR AL CANCER DEBIDO A EXPOSICION A CAMPOS ELF.....	76
Grafico N° 2.1 Electrostática aplicada .....	78
Grafico N° 2.2 Electrostática aplicada .....	78
Grafico N° 2.3 Electrostática aplicada .....	79
Grafico N° 2.4 Electrostática aplicada .....	81
Figura N° 2.2 Conductor cilíndrico solido.....	84
Figura N° 2.3 Arreglo de M conductores .....	86
Figura N° 2.4 Línea monofásica .....	87
Figura N° 2.5 Línea de transmisión trifásica.....	88
Figura N° 2.6 Transposición Línea trifásica.....	91
Cuadro N° 4.1 Sensibilidad eléctrica .....	102
Figura N° 4.1 Distribución normal estándar.....	104
Cuadro N°8.1 Resultados de mediciones de Campo electromagnético de, Líneas Equipotenciales y Líneas de Campo Eléctrico en el Perú y Recomendaciones a ser Aplicadas .....	123
<b>ANEXOS:</b>	
A) Matriz de consistencia.....	126
B) Abreviaturas utilizadas .....	127
C) Tablas 232-1 .....	129
D) Tabla 232-1a .....	131
E) Relación de Fotos.....	132-136
F) Fotos .....	137-163

## **RESUMEN.**

Radiaciones no ionizantes y sus efectos sobre la salud humana. Bombardeos de radiación electromagnéticas son continuos e imperceptibles, algunos son naturales y otros causados por el hombre. Su efecto sobre la salud humana es uno de los aspectos controvertidos en el campo de la ciencia debido al hecho de que las radiaciones electromagnéticas en función de su frecuencia se pueden clasificar como las que tienen efectos biológicos o no, y los que tienen un impacto en el hombre. Algunos efectos biológicos pueden ser inocuos, como la radiación solar, pero otros pueden desencadenar enfermedades como el cáncer, esterilidad y otras enfermedades menos conocidas. El presente trabajo hace una revisión de la literatura sobre este tema para colocar en perspectiva en relación con el cuidado de la salud.

## **ABSTRACT**

### **Non-ionizing radiations and their effect on human health**

Electromagnetic radiation bombings are continuous and imperceptible, some are natural and others caused by men. Their effect on human health is one of the controversial aspects in the field of science due to the fact that electromagnetic radiations depending on their frequency may be classified as the ones having biological effects or not and the ones having an impact on man. Some biological effects may be harmless such as sun radiation, but others can unleash diseases like cancer, sterility and other less known illnesses. The present paper made a literature review about this topic to perspective place it in relation to health care.

**Key words:** Bioelectromagnetism, non-ionizing radiations, radiolocation equipment.

## **I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION**

El efecto de los campos electromagnéticos sobre la salud de las personas ha despertado numerosas controversias en los últimos años, especialmente cuando se trata de la exposición generada por las instalaciones de los servicios públicos (distribución y transmisión de energía).

Los campos electromagnéticos han acompañado la vida del hombre desde sus inicios, ya que forman parte de la naturaleza terrestre y del cuerpo humano. Sin embargo, el descubrimiento de sus propiedades y las numerosas ventajas de su utilización en la vida cotidiana, la industria o los servicios sanitarios, han multiplicado las fuentes de generación de dichos campos y, por lo tanto, la exposición de los seres humanos.

Todos estamos expuestos 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.

Ciertos estudios realizados hace treinta años, que sugirieron una asociación entre exposición a campos electromagnéticos de líneas de Alta Tensión y Leucemia infantil, han convocado centenares de investigaciones sobre posibles efectos en la salud de los campos electromagnéticos, cuyos resultados son muy controvertidos, particularmente debido a falencias metodológicas, al pequeño número de casos estudiados, en muchos de los trabajos de investigación, a la falta de validación de los resultados, las dificultades para interpretar las mediciones, etc.

Me he centrado especialmente en las investigaciones que he realizado, así como los trabajo de ingeniería que sigo realizando actualmente, los

cuales han sido complementadas con el desarrollo del presente trabajo, sobre los efectos en la salud, debido a los campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente bajas (CEM-FEB) asociados principalmente con la transmisión y uso de la energía eléctrica a la frecuencia de 60 Hz.

### **1.1 Identificación del problema**

Los efectos de un agente físico o químico sobre un organismo dependen en gran medida de la dosis de incidencia generada por las Líneas de Transmisión Eléctrica. En el caso de los campos electromagnéticos o CEM, la dosis guarda relación con la intensidad del campo y el tiempo que dure la exposición. Por otra parte los estudios realizados en el sector eléctrico, así como las experiencias en transmisión de energía eléctrica en diferentes niveles de tensión, demuestran que la intensidad de campos electromagnéticos es función de la potencia de la fuente, la tensión de transmisión y de la distancia entre la fuente y el organismo expuesto.

La correcta evaluación de los efectos sobre la salud de los CEM exige establecer la relación dosis-respuesta, y por lo tanto, una caracterización adecuada y completa de la exposición. La exposición a CEM es compleja y multifacética, debido a la multiplicidad de fuentes y a la naturaleza cíclica, de acuerdo a patrones diarios o estacionales, que tiene la Transmisión y el uso de la energía y del amplio rango de artefactos eléctricos. Esto condiciona la interpretación de las mediciones que se han realizado en los lugares o puntos de medición de líneas eléctricas y subestaciones próximas a los hogares o los ambientes exteriores.

La evaluación de la exposición es uno de los aspectos más controvertidos en el análisis de la evidencia científica de los efectos sobre la salud, dado que la validez de los hallazgos de enfermedad asociados a CEM depende en gran medida de la correcta valoración de dicha exposición.

### **1.1.1 Campo eléctrico.-**

Los campos eléctricos se producen por la presencia de cargas eléctricas, se originan cuando existe una diferencia de voltaje, es más intenso cuanto mayor sea la tensión y cuanto mayor sea la proximidad al conductor que los genera y disminuye en la medida que la distancia aumenta.

Los campos eléctricos se originan cuando se conecta una carga eléctrica a una fuente, no requiere el flujo de corriente

La unidad de medida de intensidad es voltios por metro (V/m)

La intensidad del Campo Eléctrico disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente

La mayoría de los materiales de construcción protegen en cierta medida de los campos eléctricos.

### **1.1.2 Campo magnético.-**

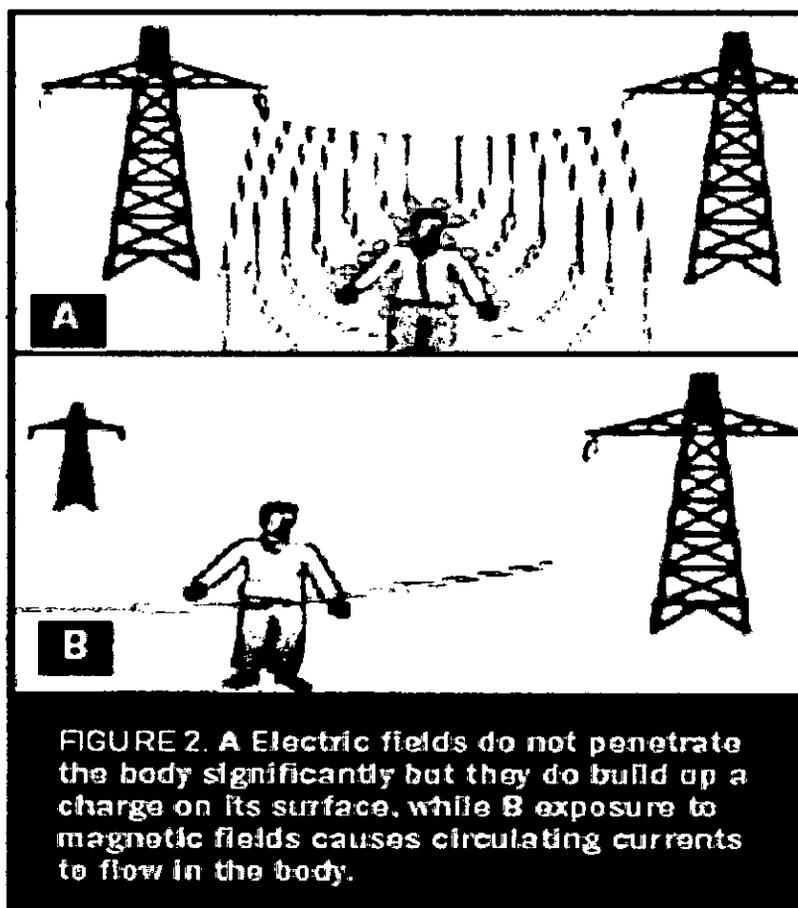
Los campos magnéticos se originan por el movimiento de cargas eléctricas, aumenta en función de la intensidad de la corriente eléctrica, con respecto a la distancia de la fuente, al igual que los campos eléctricos, es mayor en las proximidades de la fuente y disminuye a medida que aumenta la distancia, la fuente es la corriente eléctrica. Los campos magnéticos se originan cuando se pone en marcha una Línea de Transmisión Eléctrica o aparato eléctrico y fluye la corriente

La unidad de medida de intensidad es amperios por metro (A/m) y de densidad de flujo es microteslas ( $\mu\text{T}$ ) o militeslas (mT)

La intensidad del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente. La mayoría de los materiales no atenúan los campos magnéticos.

Definido los campos eléctricos y magnéticos, así como la incidencia a cierta distancia, podemos indicar que existen riesgos por campos electromagnéticos en las proximidades de líneas eléctricas de transmisión de energía.

**Figura N° 1.1**  
**Diferencias y Similitudes entre los Campos Eléctricos y los Campos Magnéticos**



**Fuente: Electro Magnetic Fields And Public Health The Present Evidence. Posible Cáncer. Alzheimer, elevación de temperatura corporal.**

### **1.2 Formulación del problema**

Se pudo determinar la formulación del problema, para lo cual fue necesario la ubicación del mismo dentro de un campo de radiación electromagnética. Dependiendo del nivel de energía, la radiación electromagnética puede ser ionizante o no ionizante.

La radiación ionizante es aquella que tiene suficiente energía para desplazar electrones de las moléculas y formar iones. Para que dicha ionización se produzca, la energía de radiación debe ser mayor que la energía que une el electrón a su molécula.

Las radiaciones que componen el espectro electromagnético pueden ser ionizantes o no ionizantes. Son radiaciones ionizantes las de frecuencias más altas (longitudes de onda más cortas) ya que transportan más energía que los de las ondas de menor frecuencia (longitudes de onda más largas).

Son radiaciones electromagnéticas ionizantes: los rayos gamma que emiten los materiales radioactivos, los rayos cósmicos y los rayos X. Además la radiación ionizante tiene propiedades penetrantes. Dependiendo de su energía se requieren diferentes materiales para detenerlos: los rayos gamma y los rayos X, usados en medicina, según sus energías, exigen un blindaje grueso de material pesado como hierro, plomo u hormigón.

La radiación ionizante tiene efectos biológicos conocidos, resultantes de la transferencia de energía a las moléculas de las células de estos tejidos. Como resultado de esta interacción las funciones de las células pueden deteriorarse de forma temporal o permanente y ocasionar incluso la muerte de las mismas. La gravedad de la lesión depende del tipo de radiación, de la dosis absorbida, de la velocidad de absorción y de la sensibilidad del tejido frente a la radiación.

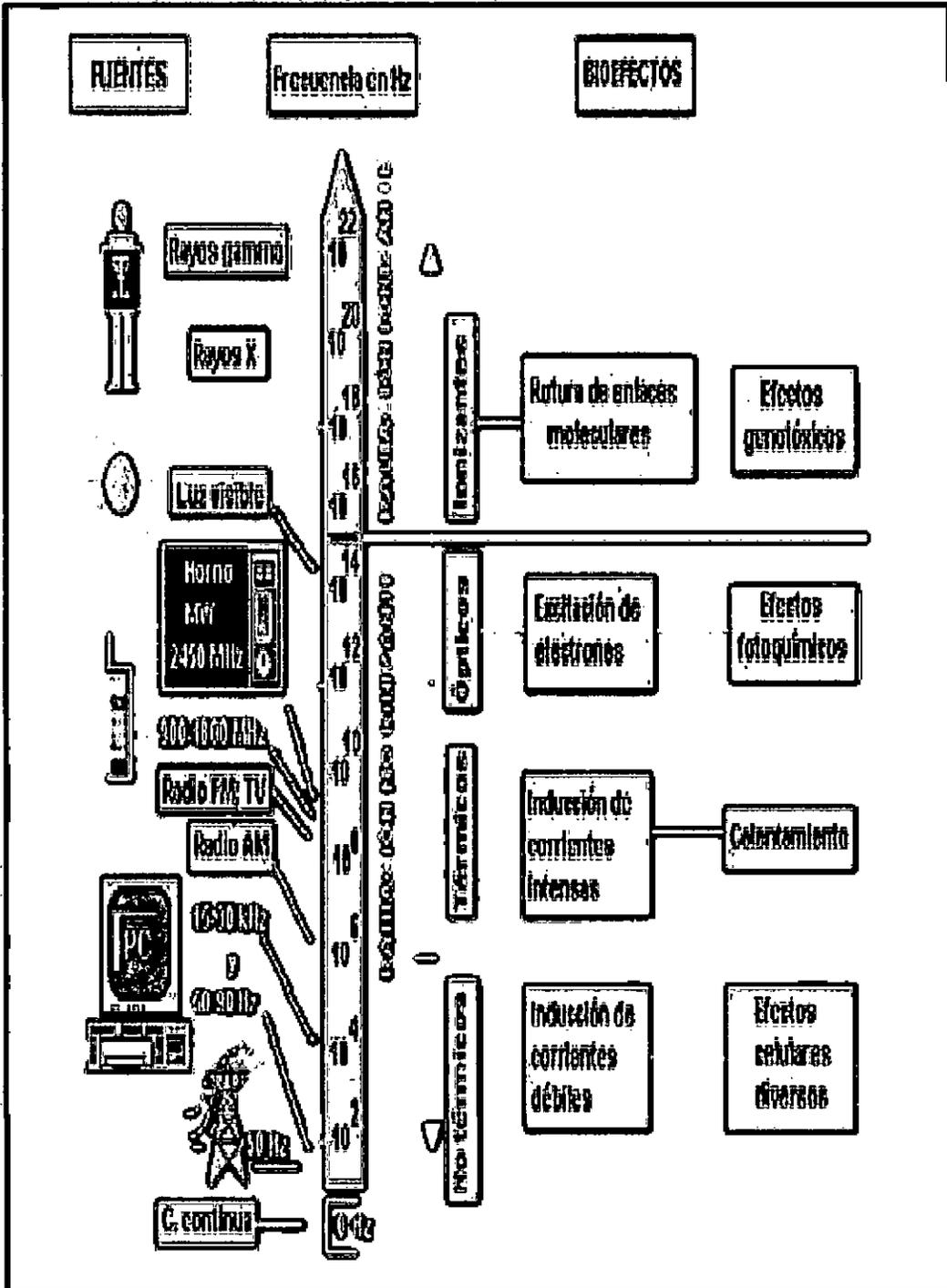
Las radiaciones no ionizantes (RNI) poseen muy baja energía, un millón de veces menor que la necesaria para romper enlaces químicos y, por lo tanto, son incapaces de producir una ionización. Las RNI incluyen las radiaciones ópticas (ultravioleta, visible, infrarroja y láser). En este contexto se encuentran también las radiaciones electromagnéticas de baja frecuencia y longitudes de onda relativamente largas (microondas, televisión, telefonía celular, radares, radiofrecuencia y muy baja frecuencias como los que producen las redes eléctricas y los campos estáticos eléctricos y magnéticos. Estas radiaciones o campos electromagnéticos se han investigado y son el sustento de la presente tesis.

**Figura N° 1.2**  
**La Contaminación Electromagnética**



**Fuente: CCEM Control de la Contaminación Electromagnética Grupo BIOMIX, Oct. 2011 Posible Cáncer. Alzheimer, elevación de temperatura corporal.**

Figura N° 1.3  
Niveles de Radiación



Fuente: Asociación Toxicológica Argentina

La Salud Humana Y Los Campos Electromagnéticos De Frecuencia Extremadamente Baja (CEM-FEB)

Dra. Susana I. García, Abril 2005, pag. 21

### **1.2.1 Problema general**

¿Los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Transmisión y Distribución instaladas en el Perú, originan riesgos en el ser humano?

### **1.2.2 Problemas específicos.**

El problema a determinar consistió en averiguar los valores de Inducción Eléctrica en Voltios/m y Magnético en miligauss (mg) los cuales son causantes de efectos y riesgos en las proximidades de las Líneas Eléctricas que conducen energía, denominadas con el nombre de Campos Electromagnéticos, de las cuales los instaladores participan en el montaje y diseño para su operatividad, seguidamente se estudió la incidencia que recibe el ser humano que sin tener conocimiento de los campos electromagnéticos se expone a riesgos por su cercanía o permanecía temporal.

#### **a.- Problema específico.**

¿Los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Transmisión instalados en el Perú, originan riesgos en el ser humano?

#### **b.-. Problema específico.**

¿Los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Distribución instalados en el Perú, originan riesgos en el ser humano?

### **Consideraciones de interacción de campos electromagnéticos**

Los campos eléctrico y magnético que interactúan con el cuerpo humano, debidos a una fuente próxima causan dos tipos de efectos biológicos, unos térmicos y otros no térmicos, originando riesgos.

Al ser determinados los campos electromagnéticos podría controlarse sus efectos, entendiendo por campos de baja frecuencia entendemos todos aquellos cuya frecuencia sea inferior a unos 30 KHz. Recordemos que la electricidad es la fuente de potencia más común en el mundo debido a la facilidad con que se genera y se transmite allá donde se necesita. Desde el principio del siglo XX la industria basada en la electricidad y sus tecnologías relacionadas han sido una parte fundamental de nuestra sociedad. Debido a que la electricidad es usada universalmente y juega un papel esencial en la economía y desarrollo de las naciones, la posibilidad de que los campos eléctrico y magnético son perjudiciales para los trabajadores y consumidores es una materia que merece especial atención y estudio.

La variación con la distancia a la fuente que crea el campo magnético depende del tipo de fuente. Así si la fuente es un simple hilo conductor el campo varía como  $1/r$ . Si el campo lo provocan un par de hilos conductores entonces la variación es  $1/r^2$ . Si la fuente es un lazo de corriente, como lo que ocurre en los transformadores de la mayoría de los electrodomésticos y ordenadores la variación es como  $1/r^3$ . Otro tipo de fuente es la creada por las líneas de alta tensión. Estas son transmitidas mediante líneas de distribución de tres hilos. Cada uno de ellos lleva una corriente desfasada de los demás en  $120^\circ$  que se llama circuito balanceado; en este caso el campo magnético es proporcional a  $1/r^2$ . Si la línea no está balanceada entonces el campo varía como  $1/r$ .

Respecto a la exposición a radiación de ELF ocurre a distancias mucho menores que la longitud de onda. Esto tiene importantes implicaciones, porque bajo tales condiciones se tratan como componentes independientes. La situación es sustancialmente diferente de la que

ocurre en la radiación a campos de RF/MW en donde los campos eléctrico y magnético están indisolublemente unidos. Durante mucho tiempo, los investigadores han intentado diversas teorías de interacción de frecuencias de ELF. Aunque la radiación de CEM-FEB no puede romper, debido a su baja energía, ningún enlace químico por débil que sea, existen mecanismos de interacción bien definidos que muestran la interacción con los tejidos biológicos sin necesidad de romper enlace alguno. Los campos eléctricos pueden crear fuerzas sobre moléculas cargadas o neutras o sobre sistemas celulares dentro de sistemas vivos. Estas fuerzas pueden causar movimiento de partículas cargadas o inducir tensiones entre las membranas de las células. Los campos magnéticos también pueden producir fuerzas sobre estructuras celulares, pero como la mayoría de los medios biológicos son no magnéticos, estas fuerzas son muy pequeñas. Además, los campos magnéticos pueden producir campos eléctricos en el interior de los cuerpos.

Aunque los campos eléctrico y magnético ocurren juntos, la mayoría de los estudios se centran en los efectos del campo magnético. El argumento es que el campo magnético es muy difícil de apantallar y penetra fácilmente en los edificios y en la gente, contrariamente a lo que le sucede al campo eléctrico que tiene poca habilidad para penetrar en los edificios y en los humanos.

La investigación realizada corresponde a los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (CEM-FEB), originado por los Sistemas de Electricidad, enfocados en las Líneas Eléctricas, con sus instalaciones de transmisión y de distribución, en cuanto a los artefactos eléctricos, se estudiaron de manera referencial.

También resulta de interés distinguir las fuentes más importantes de exposición domiciliar del ambiente exterior.

Las instalaciones de transmisión, distribución de electricidad, el cableado y aparatos eléctricos domésticos generan el nivel de fondo de CEM-FEB en el hogar.

A ello se ha agregado fuentes de campos de otras frecuencias tales como Televisor, computadora, radio portátil, horno de microondas, teléfonos celulares, etc., ya que son considerados no ionizantes y tienen una alimentación en Baja tensión a 60 Hz.

Las líneas eléctricas han ido en aumento en longitud y tensión, para cubrir la demanda requerida en los diferentes sectores del país, con un determinado nivel de tensión, el cual es definido en función a los parámetros de caída de tensión, disponibilidad de tensión en barras, disponibilidad de cobertura de demanda, así como los estudios de convergencia económica.

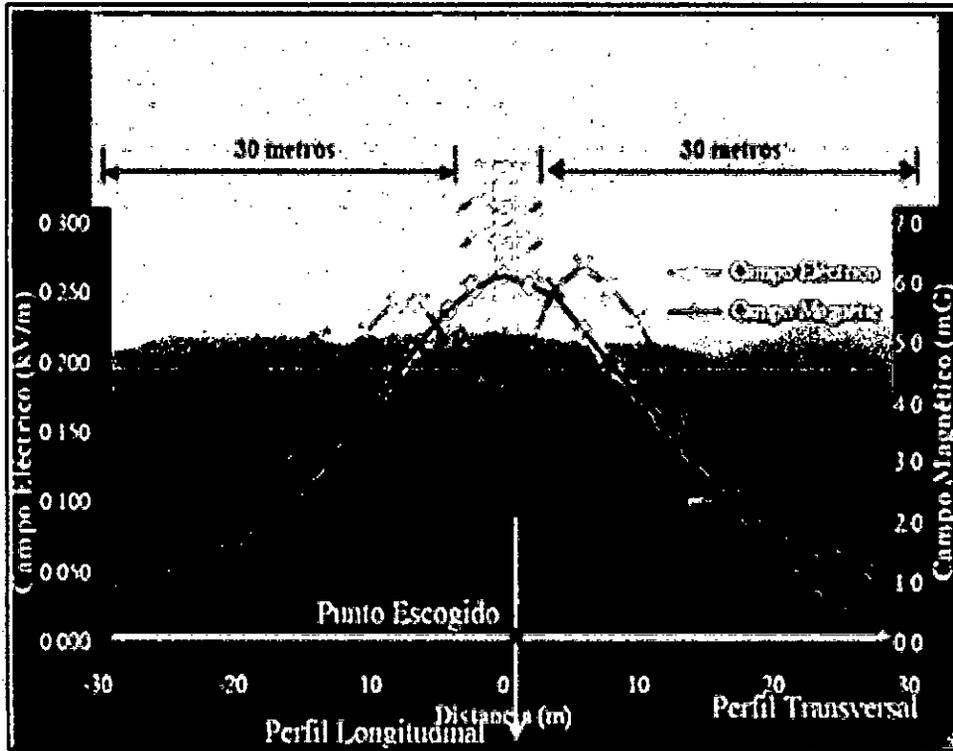
En estas instalaciones de líneas eléctricas, se encuentra definido el área de servidumbre, en función al nivel de tensión, sin diferencia del tipo de instalación aéreo o subterráneo, para valores de Intensidad de Campo Eléctrico o Intensidad de Campo Magnético, indicados en el Código Nacional de Electricidad Suministro, originándose la contaminación Electromagnética o Problema general en el área circundante a la Línea Eléctrica, como se puede observar en la Fig. N° 1.2. Los cuales al no ser controlados originan los Riesgos por Campos Electromagnéticos en Líneas Eléctricas de Transmisión y Distribución en el Perú.

#### **a.- Investigación de Campos Electromagnéticos originado por Líneas eléctricas y equipos de baja frecuencia**

En este punto se indica los valores de intensidad de campo eléctrico y magnético de líneas de transmisión, líneas primarias, subestaciones eléctricas y de equipos electrodomésticos (referencial) por distancia, es decir lo más cercano al ser viviente, los cuales reciben energía en la fase de distribución, proveniente a su vez de líneas primaria y líneas de transmisión.

Figura N° 1.4

Distribución de Campo Eléctrico y Magnético debajo de una Línea de Trasmisión



Fuente: Interacción de campos electromagnéticos con el cuerpo humano  
Mediciones de campo magnético en instalaciones de media tensión.  
Germán Andrés Concha Vielma, 2010 pag. 25.

### Cuadro N° 1.1

#### Campos Electromagnéticos Comunes

<b>CAMPOS MAGNÉTICOS DE ELECTRODOMÉSTICOS COMUNES</b>			
<b>(miligauss: mG)</b>			
<b>Artefacto</b>	<b>mG</b>	<b>Artefacto</b>	<b>mG</b>
Abridor	1500	Olla cocimiento lento	9
Aspiradora	700	Plancha	20
Batidora	100	Procesador alimentos	130
"CoffeeMaker"	10	Rasuradora	600
Cocina	200	Refrigerador	40
Computadora	20	Reloj digital	8
Horno de microondas	300	Reloj analógico	30
Horno eléctrico	20	Secadora de pelo	700
Lavadora	100	Tostador de pan	20
Licuadora	600	Televisor B/N	10
Máquina de coser	12	Televisor a color	20

**Fuente:** NIEHS, US DE, Preguntas y respuestas sobre los CEM. Marzo 1995. pp. 39-44.

Se tomó en este punto las recomendaciones para limitar la exposición a campos electromagnéticos de INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

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

### **b.- Acoplamiento a campos magnéticos de baja frecuencia**

La interacción física de los campos magnéticos variables en el tiempo con el cuerpo humano genera campos eléctricos inducidos y la circulación de corrientes eléctricas. Las magnitudes de los campos inducidos y de la densidad de corriente son proporcionales al radio de la espira, la conductividad eléctrica del tejido, la tasa de cambio y la magnitud de la densidad de flujo magnético. Para una magnitud y frecuencia dada del campo magnético, los campos eléctricos inducidos son más fuertes cuando las dimensiones de la espira son mayores.

### **c.- Absorción de energía de los campos electromagnéticos**

La exposición a los campos eléctricos y magnéticos normalmente produce una absorción de energía insignificante y un incremento no mensurable de temperatura en el cuerpo.

Solamente dos estudios de caso-control han evaluado el uso de aparatos en lo referente al riesgo de la leucemia en la niñez. Uno fue conducido en Denver (Savitz y col. 1990) y sugirió una conexión con el uso de mantas eléctricas en prenatales; el otro, realizado en Los Ángeles (London y col. 1991), encontró una asociación entre la leucemia y los niños usando los secadores de pelo y mirando televisión monocromática.

El hecho de que los resultados para la leucemia basada en la proximidad de hogares a las líneas de potencia son relativamente consistentes llevó al Comité de Ciencias de la Academia Nacional de los E.E.U.U. a concluir que los niños que viven cerca de líneas de potencia podrían estar en riesgo creciente de leucemia (NAS 1996). Debido a la pequeña magnitud de las muestras, los intervalos de confianza en los estudios individuales son amplios; cuando se toman en conjunto, sin embargo, los resultados son consistentes, con un riesgo combinado de 1,5 (NAS 1996).

También un estudio realizado en Alemania ha sido reportado después de la terminación de la revisión de la NAS (Michaelis y col. 1997). Este fue un estudio caso-control de la leucemia de la niñez basada en 129 casos y

328 controles. La tasa de exposición abarcó mediciones del campo magnético en un periodo de 24 horas en el dormitorio del niño en la residencia donde el niño había estado viviendo por el periodo más largo antes de la fecha del diagnóstico. Un riesgo relativo elevado de 3,2 fue observado para niveles mayores a  $0,2 \mu\text{T}$ .

En los estudios de salud, los investigadores intentan medidas de dosis, pero en ausencia de las características de la exposición que son significativas, tienen que medir la exposición y usarla como una aproximación de la dosis. Para entender mejor esto, consideremos el caso de la radiación ionizante de rayos X. Una placa que detecta la radiación X mide la exposición a un individuo, pero difícilmente es una medida de la dosis. Sabemos que la razón a la que ocurre la exposición es importante, y la placa no da esa información. También sabemos que el área de exposición es importante y la placa no nos dice si la exposición corresponde al área de la placa o al cuerpo entero. Por ello, es importante conocer la dosis, es decir, las características de la exposición que sean significativas. Existen medios para determinar la exposición a campos electromagnéticos, pero no de medir la dosis.

#### **d.- Incidencia de Campos Electromagneticos**

##### **d1.- Campo interno y externo: acoplo**

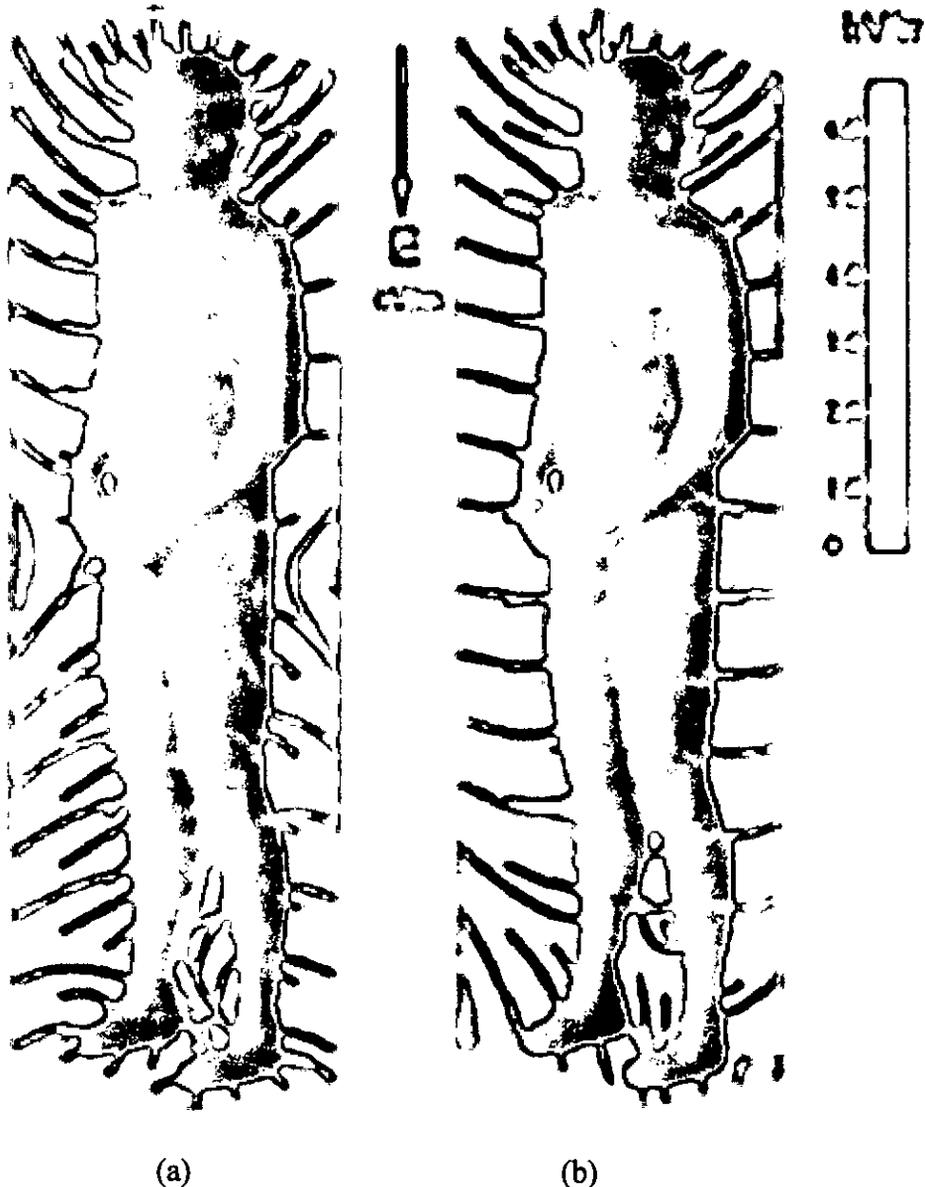
Existen diversos mecanismos de interacción propuestos en la literatura. Pero antes de eso, es necesario entender la relación entre el campo fuera y en el interior de un sistema biológico (acoplo), que depende fuertemente de la frecuencia. El campo eléctrico en el interior de un tejido biológico es mucho menor que fuera, habitualmente en varios órdenes de magnitud. Eso significa que, por ejemplo, el cuerpo humano es un buen apantallamiento del campo eléctrico, es decir, no lo deja "pasar". Sin embargo, los tejidos biológicos son medios no magnéticos, lo que significa que el campo magnético externo es prácticamente el mismo que

en el interior. La mayor parte del debate sobre límites aceptables sobre campos de ELF está expresado en términos del campo magnético. Sin embargo, el caso no es lo mismo para el campo eléctrico. Considerar el caso de un cuerpo humano bajo exposición a un campo de ELF. Eléctricamente, el acoplo es muy pequeño; por ejemplo, un campo eléctrico externo de 1 KV/m (1000 V/m) puede inducir un campo interno de 1mV/m (que es  $1 \cdot 10^{-3}$  V/m), lo que significa una reducción de 1 millón. Este valor de campo eléctrico es el típico bajo una línea de alta tensión. Además, este campo eléctrico crea una corriente de conducción en el interior del cuerpo unos cuantos órdenes de magnitud inferior a las corrientes creadas naturalmente pudiendo afectar el corazón, nervios o músculos.

En la figura siguiente se puede observar el cuerpo humano en un campo eléctrico uniforme de 1 KV/m a 60 Hz mostrando al campo eléctrico externo y la densidad de carga superficial en la superficie del cuerpo

**Figura N° 1.5**

**Incidencia del Campo Eléctrico sobre el Ser Humano**



- (a).- La incidencia del campo eléctrico es vertical al ser humano
- (b).- Los campos eléctricos son menores en el cuerpo debido al alejamiento de tierra

Fuente: INTERACCIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE EXTRA BAJA FRECUENCIA CON EL CUERPO HUMANO

Mediciones de campo magnético en instalaciones de media tensión

Germán Andrés Concha Vielma, 2010 pag. 38. Posible Cáncer. Alzheimer, elevación de temperatura corporal.

## **d2.- Corrientes inducidas**

En el rango de ELF un material biológico es un medio conductor. Debido a sus características morfológicas, las células presentan, por debajo de 100 Hz un comportamiento básicamente resistivo y muy poco inductivo. Un posible mecanismo de interacción del campo electromagnético con sistemas vivos, que se ha propuesto teóricamente, es la habilidad del campo magnético para estimular corrientes circulares (eddy currents) en las membranas de las células y en los fluidos de los tejidos, que circulan en un lazo cerrado que descansa en un plano perpendicular a la dirección del campo magnético. Esta corriente se puede calcular usando las ecuaciones de Faraday y Laplace, sin necesidad de resolver las ecuaciones de Maxwell. Por tanto, en el interior de un medio biológico se inducen corrientes y campos eléctricos debido al campo magnético.

La obtención de estas corrientes es muy complicada y sólo puede hacerse a través de simulaciones numéricas. Sólo en supuestos sencillos, es decir, modelando el cuerpo como un medio homogéneo la corriente puede obtenerse de forma analítica. Así, la densidad de corriente en un camino circular alrededor de un campo magnético sinusoidal se puede obtener de la ley de Faraday y resulta ser

$$J = \pi \sigma r B f \quad \text{A/m}^2$$

Siendo  $\sigma$  la conductividad en S/m,  $r$  el radio del lazo,  $B$  la inducción magnética en Teslas y  $f$  la frecuencia en Hz. En este caso, se está suponiendo que el medio biológico tiene propiedades eléctricas constantes, y la densidad de corriente es proporcional a la frecuencia. En un caso real, con diferentes interfaces entre los medios las cosas pueden resultar bastante diferentes. Algunos cálculos descritos en la literatura muestran que un campo de 100 $\mu$ Teslas produce una densidad de corrientes de 2mA/m<sup>2</sup>. A frecuencias por encima de 100 KHz, las corrientes inducidas producen calentamiento del sistema biológico expuesto. En el rango de las ELF, el calentamiento de tejidos no es problema, pero si la corriente inducida es muy grande, hay riesgo de

estimular células eléctricamente excitables como las neuronas. A frecuencias menores que aproximadamente 100 KHz, las corrientes necesarias para calentar sistemas biológicos son mayores que las corrientes necesarias para excitar neuronas y otras células eléctricamente excitables.

#### **e.- Sustancias biomagnéticas**

Todos los organismos vivos están compuestos esencialmente de compuestos orgánicos diamagnéticos, pero también están presentes algunas moléculas paramagnéticas (por ejemplo el oxígeno O<sub>2</sub>) y microestructuras ferromagnéticas (hemoglobina, magnetita). Estas microestructuras se comportan como pequeños imanes que están influenciados por campos externos que modifican su contenido de energía. Estas microestructuras se encuentran en bacterias y otros elementos biológicos pequeños. Se cree que el cerebro humano contiene estos elementos que responden al campo magnético aplicado orientándose con él y creando algún efecto biológico. Los campos de ELF pueden crear efectos biológicos actuando como se ha descrito, pero para ello se necesitan campos magnéticos muy grandes de al menos 2 a 5  $\mu$ T.

#### **f.- Radicales libres**

Los radicales libres son átomos o moléculas con al menos un electrón desapareado. Estos electrones son muy inestables y peligrosos porque normalmente los electrones vienen en pares. Estos electrones hacen que los radicales libres choquen con otras moléculas a las que pueden arrancar electrones, lo que causa que cambie su estructura pudiéndolas convertir a su vez en radicales libres que puede además prolongarse como una reacción en cadena. Los radicales libres son muy reactivos y existen durante cortos períodos de tiempo (típicamente menor que 1ns) pero su efecto es extremo pues puede dañar la cadena de ADN.

Los campos magnéticos estáticos pueden influir en la respuesta de reacciones químicas entre pares de radicales libres. Puesto que el período de vida de los radicales libres es muy pequeño y los campos de ELF tienen un período muy alto, básicamente actúan, para estos casos, como los campos estáticos. Campos magnéticos con intensidades menores que  $50\mu\text{T}$  no producen efectos biológicos significativos pues cualquier efecto se añadiría al campo geostacionario que varía entre 30 y  $70\mu\text{T}$ .

#### **g.- Membrana celular y enlace químico**

El campo eléctrico de baja frecuencia puede excitar la membrana celular causando efectos nocivos

#### **h.- Efectos bio-electro-químicos**

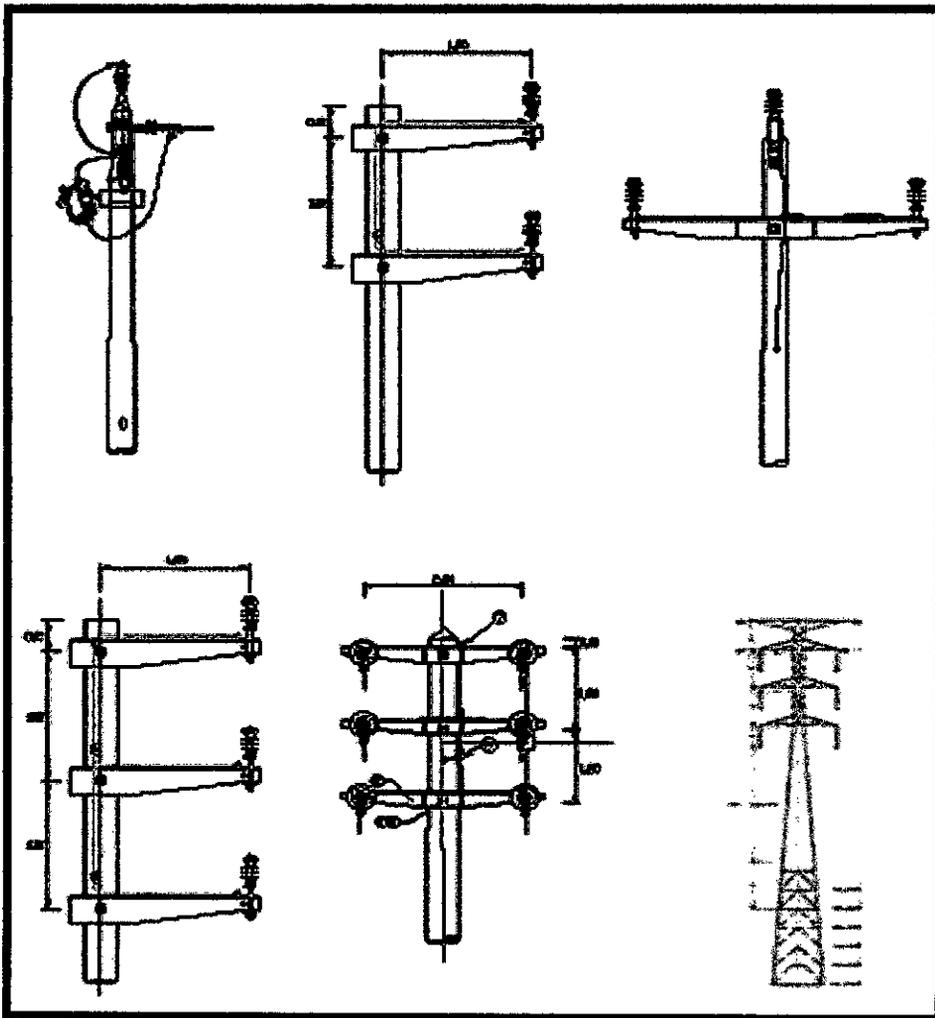
Se necesita conocer más sobre cómo el campo de ELF afecta a los procesos de la vida. Los investigadores creen que hay que hacer una clara distinción entre esos tres bioefectos y el proceso de efectos bio-electro-químicos de manera que el efecto de campos ELF débiles hay que encontrarlo fuera del ámbito de la física convencional.

#### **i.- Estructuras tipo en sistemas electricos**

Actualmente, la implementación de normas que regulen la emisión de instalaciones eléctricas son escasas, esto debido a que no se ha creado conciencia para considerar seriamente los RIESGOS por Campos Electromagnéticos.

Por lo mencionado anteriormente, las medidas básicas al momento de pensar en un diseño para disminuir los campos magnéticos y eléctricos en las instalaciones, se debe tener presente: Diseño, ubicación en la estructura soporte.

**Figura N° 1.6**  
**CONFIGURACIÓN DE CONDUCTORES**  
**UTILIZADOS A NIVEL NACIONAL**



Fuente: Elaborado por Ing. Ernesto Ramos T, 2018

- a.- Técnicas aplicables a sistemas de transmisión.
- b.- Líneas de Transmisión: distancias, configuración de conductores, división de conductores.
- c.- Reducción de corriente
- d.- Apantallamientos
- e.- Circuitos compensadores energizados (Compensación activa)
- f.- Líneas subterráneas
- g.- Subestaciones de Transmisión

- h.- Circuitos compensadores energizados (Cancelación activa)
- i.- Transmisión
  - i1- Medidas de diseño
  - i2- Diseño de líneas de distribución
- j.- Subestaciones de distribución
- K.-Materiales empleados para apantallar Campos Electromagnéticos (Mu Metal)

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general.-**

**Fijar mediante la Investigación con mediciones y adecuación de sistemas eléctricos, la reducción de la incidencia de los campos electromagnéticos, originados por las Líneas Eléctricas de Transmisión y Distribución instaladas en el Perú que originan riesgos en el ser humano.**

#### **1.3.2 Objetivos específicos.-**

##### **1.- Objetivo Especifico**

**Fijar mediante la Investigación con mediciones y adecuación de sistemas eléctricos, la reducción de la incidencia de los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Transmisión instaladas en el Perú que originan riesgos en el ser humano.**

##### **2.- Objetivo Especifico:**

**Fijar mediante la Investigación con mediciones y adecuación de sistemas eléctricos, la reducción de la incidencia de los campos electromagnéticos, originados por las Líneas Eléctricas de Distribución instaladas en el Perú que originan riesgos en el ser humano**

### **Consideraciones tomadas por riesgos producidos por campos electromagnéticos.**

Se determinó los Riesgos producidos por la incidencia de los campos electromagnéticos durante las aplicaciones que el hombre ha encontrado, al cubrir la demanda eléctrica de diferentes centros de carga. Estos Riesgos son mayores al recibir radiaciones electromagnéticas con mayor duración los cuales son generados por numerosas fuentes, siendo la electricidad con sus instalaciones de transmisión y distribución y los artefactos eléctricos la principal fuente de campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja

Al interior de las actividades por frecuencia extremadamente baja, se encuentra las líneas eléctricas de transmisión y distribución, las que se encuentran instaladas a nivel mundial, habiendo sido seleccionando para el presente caso las Líneas eléctricas en el Perú:

- Se determinó los valores de campos electromagnéticos
- Se estableció la dosimetría a fin de reducir los riesgos por campos electromagnéticos.
- Se utilizó un modelamiento de líneas eléctricas para obtener valores de Campo Eléctrico y líneas equipotenciales en función a la Tensión de operación, ubicación de conductores.

#### **1.4 Justificación**

Una de las respuestas físicas debido a la aplicación de niveles de tensión entre fases y fase tierra, la disposición y ubicación de los conductores, es la inducción originado por los CEM

Estas inducciones originan valores de tensión (v) a lo largo de su trayectoria, los cuales son afectados por el nivel de altura respecto al nivel del mar y las condiciones ambientales, la cual origina

riesgos a los seres humanos que viven o circundan cerca a sus instalaciones.

La inducción originada por las líneas de transmisión, da lugar a efectos físicos, los cuales en el presente estudio, se ha determinado los siguientes:

- Intensidad de Campo Eléctrico
- Intensidad de Campo Magnético

Considerando para la justificación:

#### **a. Legal.-**

El ser viviente que cruza estas Líneas así como los que circundan las proximidades de estas instalaciones no conocen a que están expuestos, deduciéndose por lo tanto un problema a reducir, a pesar que existe el Código Nacional de Electricidad – Suministro, Normas Internacionales, que recomiendan parámetros a cumplir.

Se ha tomado como referencia **LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS LÍNEAS E INFRAESTRUCTURAS ELÉCTRICA** elaborado por Pedro Belmonte (Ecologistas en Acción) en la revista [pedrobelmonte@msn.com](mailto:pedrobelmonte@msn.com)

El Auto del Tribunal Supremo que confirma la sentencia por la que se condenaba a una empresa eléctrica por la contaminación electromagnética de un transformador en Murcia y la sentencia de la Audiencia Audiencia Provincial de Castellón <sup>1</sup> que obligaba a la retirada de un transformador en la localidad de Burriana; al considerar que existe un indicio razonable y significativo de que el nivel de exposición en las viviendas es un factor de riesgo de padecer cáncer, ponen de manifiesto una larga lucha contra los impactos ambientales y de salud pública derivada de una exposición continua a los campos electromagnéticos de baja frecuencia que son los producidos por las líneas de alta media tensión, subestaciones, transformadores e infraestructuras eléctricas.

Alrededor de las infraestructuras eléctricas se tiene una consecuencia de la ionización del aire producida por el *efecto corona*. Este efecto corona puede contribuir al aumento de los niveles de ozono troposférico generado por otras actividades industriales y de producción de energía eléctrica. El ozono troposférico, en concentraciones de 240  $\mu\text{mg}/\text{m}^3$ , produce efectos sobre la salud pública y en concentraciones del orden 120  $\mu\text{mg}/\text{m}^3$  puede tener incidencia sobre determinados cultivos.

### **IMPACTOS AMBIENTALES**

Además del riesgo de electrocución y colisión con tendidos eléctricos hay que plantear también que algunas especies animales podrían ser especialmente sensibles a los CEM. Diversas especies como ciertos peces, reptiles, mamíferos y aves migratorias dependen del geomagnético como un elemento que serían usado como señal de orientación y migración. En general, los estudios sobre CEM de tendidos e infraestructuras eléctricas se han dedicado sobre todo, a efectos sobre determinadas plantas y poco a las especies que podrían ser especialmente sensibles a los campos electromagnéticos

Otros impactos de los tendidos eléctricos vienen derivados como consecuencias del **efecto corona** que es la **ionización del aire alrededor del cable de la línea que aumenta con la humedad**. Tiene como consecuencia efectos importantes: **emisión de ruido, generación de ozono, interferencias de radiofrecuencia o generación de ozono troposférico**.

La ionización del aire (efecto corona) alrededor de **la línea de alta tensión atrae aerosoles contaminantes**, especialmente si está en las cercanías de emisiones atmosféricas en zonas industriales, uniéndose a éstos para ser esparcidos por el viento. Una pérdida de corriente en la línea de 0'1 mA/m puede producir  $6.25 \times 10^{14}$  iones, por metro y por segundo, emitidos a la atmósfera. Mediciones llevadas a cabo en líneas de alta tensión de 132 kilovoltios señalan que, a 1'80 m. de altura,

hay un 20 % de aerosoles contaminantes que están cargados o llevan exceso de carga. Como media, este efecto se extiende a unos 200 metros de la línea en dirección del viento y en líneas de 275 Kilovoltios, hasta 500 metros.

### **CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y SALUD PÚBLICA**

Diversas investigaciones biomédicas han señalado efectos de los campos electromagnéticos de baja frecuencia sobre la glándula pineal, la melatonina, la barrera hematoencefálica, el transporte de iones intercelular, sobre el sistema endocrino y la fijación del yodo, alteraciones de los ritmos circadianos de sueño y vigilia, etc. Hay que destacar en el ámbito español los trabajos del Dr. José Luis Bardasano, catedrático de la Facultad de Medicina de la Universidad de Alcalá de Henares sobre la influencia de los CEM en el funcionamiento de la glándula pineal o de la Dra. María Jesús Azanza, catedrática de la Facultad de Medicina de Zaragoza sobre la influencia de los CEM en la membrana celular.

**Los valores límite de exposición a campos electromagnéticos para la población en general que se usan (valor límite 100  $\mu$ T, microteslas), son una transposición de la norma provisional UN E - 16501 y de las antiguas recomendaciones del ICNIRP, no garantizan unos criterios de seguridad y el desarrollo de los principios de precaución y ALARA/ ALATA (la mínima emisión técnicamente posible).**

En 1979 los estudios de los doctores Wertheimer y Leeper detectaron una excesiva mortalidad de cáncer en niños que vivían en hogares expuestos a campos electromagnéticos

El estudio del Instituto Karolinska de Estocolmo, dirigido por M. Feychting y A. Ahlbom: *Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high-voltage Power Lines. Am J Epidem 7:467-481, 1993*, mostró un incremento en la incidencia de leucemia infantil en viviendas situadas a menos de 50 m de las líneas de transporte a alta tensión y un aumento

del riesgo por encima de niveles de 0'2 microteslas de campo magnético. En 1997 un estudio en adultos de C.Y. Li y col.(: *Residential exposure to 60-Hertz magnetic fields and adult cancers in Taiwan. Epidemiology* 8:25-30, 1997) mostró un incremento en la incidencia de leucemia en viviendas situadas a menos de 100 metros de líneas de transporte a alta tensión.

Investigadores del Departamento de los Servicios de Salud de California (DHS) realizaron una revisión, en 2002, de los estudios sobre posibles problemas para la salud de los campos eléctricos y magnéticos (CEM), concluyendo que la evidencia sobre leucemia infantil debiera de pasar de clasificación 2B (posible cancerígeno) a la categoría 1 (cancerígeno), en la clasificación de la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer.

**En el 2005, el estudio del Grupo de Investigación sobre Cáncer Infantil de la Universidad de Oxford, realizado sobre 29.081 niños/as con cáncer (incluidos 9.700 con leucemia) señala un aumento significativo del riesgo de cánceres en relación a la distancia de líneas eléctricas\***

Este mismo año la revisión epidemiológica de Leeka K heifets, Michael Repacholi, et al (OMS) *.The Sensitivity of Children to Electromagnetic Fields PEDIATRICS Vol. 116 No. 2 August 2005, pp.e303-e313* ) señalan que, con los rápidos avances en tecnologías se, expone a los niños cada vez más a campos electromagnéticos en edades tempranas y que existe una **evidencia epidemiológica consistente de una asociación entre la leucemia infantil y la exposición a los campos magnéticos de baja frecuencia** y concluyen con la necesidad y concluyen con una recomendación para la investigación adicional y el desarrollo de **políticas preventivas** .

**La Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) y el Ministerio de Sanidad recomendaron que "deben fomentarse estudios epidemiológicos en poblaciones expuestas por encima de**

0'4  $\mu$ T.(microteslas)” , sin que hasta la fecha se haya llevado a cabo estudio epidemiológico alguno. Entidades científicas anteriormente señaladas y la normativa de varios países europeos y anglosajones establecen como valor límite de inmisión de los campos electromagnéticos de FEB (frecuencia extremadamente baja) el valor de 0'2  $\mu$ T.(microteslas).

El profesor Darío Acuña Castroviejo, Catedrático de Fisiología Médica de la Universidad de Granada, investigador de su Instituto de Biotecnología, coeditor del Journal of Pineal Research, en un informe elaborado “Informe científico sobre los efectos de los campos electromagnéticos en el sistema endocrino humano y patologías asociadas” (2006) señala en sus conclusiones finales que es recomendable que “la instalación de centrales eléctricas generadoras de tal radiación electromagnética debe alejarse lo más posible de la población de riesgo”. en este sentido, señala que **deben tomarse medidas serias para disminuir su exposición a los campos electromagnéticos...** Tales medidas deben ir “enfocadas a **disminuir la exposición en colegios y guarderías, así como en cualquier otra localización donde los niños permanezcan una parte importante del día** ”. El informe explica cómo la exposición a campos electromagnéticos de baja frecuencia incrementa la producción de radicales libres<sup>1</sup> en el organismo y disminuyen las defensas antioxidantes

En junio de 2007, la **Organización Mundial de la Salud (OMS)** ha invitado a sus países miembros a tomar medidas contra las emisiones de campos electromagnéticos (CEM) de baja frecuencia de las líneas de alta tensión , citando la posible relación entre los CEM y la leucemia infantil, según una fuente ligada a la organización Aunque la OMS no ha tenido como prioridad específica la reducción de la exposición a CEM, sostiene que estudios estadounidenses y japoneses indican que el riesgo de desarrollar una leucemia infantil es doble si los niños/as están expuestos de una manera constante a emisiones superiores a 0'3-0'4

microTeslas .(Agencia K yodo TSUKUBA, Japón , 17 junio 2007).

En el informe BioInitiative Report (2008), Zoreh Davanipour y Gene Sobel llegaron a la conclusión de que existe "fuerte evidencia epidemiológica" de que los campos magnéticos son un factor de riesgo para la enfermedad de Alzheimer. Las costureras textiles que utilizan máquinas de coser industriales parecen ser particularmente vulnerables. Blackman, Carl F. et alii: BioInitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF). September 2008. <http://www.bioinitiative.org/index.htm>. **En el Informe BioInitiative se propone un valor límite de inmisión de 0'1 microteslas (1 miliGauss), especialmente por los posibles riesgos para la salud de niños/as y embarazadas**

En un meta-análisis publicado en la edición de abril de 2008 de la Revista Internacional de Epidemiología, Ana García de la Universidad de Valencia informa de que los datos combinados de 14 estudios mostraron que, en general, los que están expuestos a los CEM en el trabajo duplican el riesgo de desarrollar la enfermedad de Alzheimer, que las personas expuestas a los CEM en el hogar (<http://ije.org/cgi/content/abstract/37/2/329>)

En noviembre de 2008, **un nuevo estudio residencial de la Universidad de Berna (Suiza)** de los investigadores Huss, Anke y otros, concluye que las personas que viven en un radio de 50 metros de una línea de alta tensión tenían más probabilidades de morir con la enfermedad de Alzheimer: Cuanto más tiempo vivían cerca de una línea eléctrica de 220 -380kV, mayor es el riesgo: Después de 15 años, las probabilidades de morir de la enfermedad de Alzheimer se dobla en porcentaje (Huss, Anke et alii: Residence Near Power Lines and Mortality From Neurodegenerative Diseases: Longitudinal Study of the Swiss Population. American Journal of Epidemiology 2009 169 (2):167-175 )

En enero de 2009, el **Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR)**: de la Comisión Europea en su

informe "Efectos sobre la salud por exposición a Campos Electromagnéticos" llega a las conclusiones siguientes:

- Los pocos nuevos estudios epidemiológicos y en animales que se han ocupado de la exposición a CEM de baja frecuencia y el cáncer no cambian la anterior evaluación de que los campos magnéticos de frecuencias extremadamente bajas son un posible carcinógeno, y que podrían contribuir a un aumento de la leucemia infantil.
- Nuevos estudios epidemiológicos indican un posible aumento en la enfermedad de Alzheimer derivados de la exposición a CEM de frecuencias extremadamente bajas. Son necesarias más investigaciones epidemiológicas y de laboratorio en este sentido.
- Recientes estudios en animales indican efectos sobre el sistema nervioso en densidades de campos electromagnéticos entre 0,10-1,0 microteslas. Sin embargo, todavía hay inconsistencias en los datos y no hay conclusiones definitivas que se puedan extraer en relación con la salud humana.

En Italia, un reciente estudio de Lucia Fazzo et al. (2009) sobre la morbilidad en un distrito de Roma señala que los cánceres primarios aumentaron significativamente entre los sujetos con > 30 años de residencia y latencia. Se observó en los sujetos en la sub-zona de mayor exposición a CEM un aumento significativo para todos los cánceres, primarios y secundarios, y un aumento del doble en las enfermedades isquémicas

**La Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria del Parlamento Europeo** ha aprobado una resolución que insta a la Comisión Europea a reconocer la, cada vez mayor, preocupación pública y científica sobre los riesgos para la salud de los campos electromagnéticos. Esta resolución ha sido aprobada el **2 de abril de 2009 en el Parlamento Europeo. Los principales aspectos se refieren a :**

- Convocatorias de análisis sobre la adecuación de los actuales límites

de los CEM.

- Pide la consideración específica de los efectos biológicos.
- Solicita a los estados miembros y la industria, nuevas tecnologías para reducir la exposición a los CEM.
- Pide que la protección de los trabajadores de los CEM (pasos para acelerar la aplicación de la Directiva 2004/40/CE)
- Lamenta el retraso en la publicación del informe Interphone, y pide a la Comisión que solicite a los responsables del proyecto las conclusiones definitivas y por qué no se han publicado y, en caso de que reciba una respuesta, que informe al Parlamento y a los Estados miembros sin demora..
- Pide que la ICNIRP y la OMS que sean más transparentes y más abiertos al diálogo en la elaboración de normas.
- Demanda una norma única para la exposición de CEM en las redes de alta tensión.
- Pide a los Estados miembros reconocer a las personas que sufren de electrosensibilidad como a los discapacitados a fin de otorgarles una protección adecuada, así como la igualdad de oportunidades (como lo ha hecho Suecia).
- Encarga a su Presidente que transmita la resolución al Consejo, las comisiones, a los Gobiernos y Parlamentos de los Estados miembros, al Comité de las Regiones

### **Legislación de otros países**

En EE.UU, Florida (20-15  $\mu$ T.(5 Kv/m) o Nueva York (20  $\mu$ T.) establecieron valores límites cinco veces inferiores o más bajos en el caso de estados como New Jersey (3Kv/m) Montana (1Kv/m). Algunos países han adoptado valores límite y directrices más estrictas, como por ejemplo Argentina 25 microteslas  $\mu$  T. China 0.5mA/m<sup>2</sup> como restricción básica, Japón 3kV/m, Polonia 48  $\mu$ T; 1kV/m y Rusia 50  $\mu$ T; 500V/m en el interior de edificios, 1kV/m en el exterior

La legislación de países de nuestro entorno, ha disminuido sensiblemente sus valores de exposición a campos electromagnéticos.

Suiza ya adoptó en 1999 un valor límite de 1 microtesla para las nuevas instalaciones eléctricas en su Ordenanza para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes

**El parlamento italiano aprobó la denominada Ley Marco sobre a Contaminación Electromagnética se plantea el establecimiento del valor máximo de 0'2 microteslas de campo electromagnético como objetivo de calidad.** Las regiones de Toscana, Emilia-Romagna y Veneto han adoptado como valor límite para nuevas instalaciones 0'2 microteslas para campo magnético y 0'5 kV m de campo eléctrico.

La legislación de países de nuestro entorno, ha disminuido sensiblemente sus valores de exposición a campos electromagnéticos.

### **Distancias de seguridad**

El Reglamento de Líneas de Alta Tensión, en su artículo 25, establece distancias límite a todas luces insuficiente para preservar las posibles afecciones sanitarias derivadas de una exposición continua y residencial a campos electromagnéticos de baja frecuencia (ELF).

Instituciones de investigación sobre Campos electromagnéticos como el Instituto de Bioelectromagnetismo Alonso de Santa Cruz o la Fundación Europea de Bioelectromagnetismo plantearon el establecimiento de una distancia de seguridad de 1 metro por cada kilovoltio de tensión de la línea eléctrica.

En el 2001, La Federación Española de Municipios y Provincias del estado español recomendó que se redefina, en el sentido de ampliación de distancias a edificios, viviendas o instalaciones de uso público y privado, dicho artículo 25 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión por un principio de precaución y percepción del riesgo.

En el 2001 y 2003, el **Ministerio de Sanidad y Consumo ha planteado**

**la necesidad de reformar también dicho artículo en el sentido de “redefinir unas distancias mínimas de seguridad desde las líneas de alta tensión a edificios, viviendas o instalaciones de uso público y privado” y de “actualizar la fórmula de referencia para la distancia de seguridad a líneas de alta tensión”.**

En Alemania, una nueva ley en 2007, impone las líneas eléctricas subterráneas en todos los trazados que estén a menos de 200 metros de casas unifamiliares y a 400 m de todas las zonas urbanas o protegidas. Algunos ayuntamientos pioneros, como el de Jumilla, han establecido un criterio mayor de seguridad de 1 metro a edificios por cada kilovoltio (1.000 voltios) de tensión nominal de la línea, como desde diversas instancias investigadoras se habían señalado.

La Ley 54/97 del Sector Eléctrico, hecha en función de los intereses de las empresas eléctricas, no ha resuelto los problemas de la proliferación de infraestructuras eléctricas con los consiguientes impactos ambientales y exposición continua a campos electromagnéticos en nuestras ciudades. El camino es un cambio en la normativa estatal y en los reglamentos de líneas de alta tensión, subestaciones y transformadores y leyes regionales sobre líneas e infraestructuras eléctricas, cuyo objetivo sea eliminar las afecciones ambientales y de salud pública y con las mínimas emisiones electromagnéticas que suponen reservas de suelo específicas, distancias de seguridad y blindaje electromagnético.

## **NORMATIVA ALTA TENSIÓN**

En la Unión Europea no existe normativa de obligado cumplimiento sobre la exposición a campos electromagnéticos de muy baja frecuencia, aunque se han dado algunos tímidos pasos encaminados a garantizar la prevención de los efectos perjudiciales sobre los seres humanos y el

medio ambiente. Además de la Recomendación del Consejo *Recomendación 1999/519 /CE del Consejo de la Unión Europea*, el Dictamen del Comité de Las Regiones sobre “Los efectos de las redes eléctricas de alta tensión” (1999/C293/03), publicado en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas el 13.10.1999, considera que la Comisión debe adoptar una posición clara sobre los efectos de los campos eléctricos y magnéticos sobre el medio ambiente y la salud humana.

Para exposición laboral a campos electromagnéticos el Consejo y el Parlamento Europeo aprobaron la Directiva 2004/40/CE de 29 de abril de 2004, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores /as a los riesgos derivados de los agentes físicos (CEM). Sin embargo, la Comisión aplazó la fecha límite para la aplicación de la Directiva con el objetivo de presentar una propuesta de modificación sobre la base de la actual revisión de las directrices

La Resolución del Parlamento Europeo, de 4 de septiembre de 2008, sobre la Revisión intermedia del Plan de Acción Europeo sobre Medio Ambiente y Salud, en su apartado 15, **recomienda reducir la exposición a la radiación electromagnética en edificios, sucursales y oficinas; señala que “ los límites de exposición a los campos electromagnéticos establecidos para el público son obsoletos ..”** (apdo. 22) y pide al Consejo que se modifiquen con “ **valores límite de exposición más exigentes** ” (apdo.23)

El Reglamento especifica que **se evitará, en lo posible** , el tendido de líneas eléctricas de alta tensión de primera y segunda categoría (superiores a 30.000 voltios de tensión nominal) **en terrenos calificados como suelo urbano.**

**Respecto a los terrenos calificados como suelo urbanizable, las líneas “podrán ser variadas en su trazado o transformadas en subterráneas a partir del momento en que se apruebe un Plan Parcial de ordenación”.**

Además, en la *Ley 54/1997, de 27 de Noviembre, del Sector Eléctrico*, se establece que se deberán contemplar entre otros requisitos aquellos que garantice en una protección adecuada de las personas, el medio ambiente y los derechos e intereses de consumidores y usuarios. Sin embargo, no se marcan distancias a respetar en las instalaciones de sistemas eléctricos.

#### **b. Teórica**

Los resultados determinados corresponden a la aplicación de teorías eléctricas que han sido ampliadas con el transcurrir del tiempo, ya que si no existe un aislamiento perfecto, la tendencia a la búsqueda de lo perfecto origina nuevas teorías.

#### **c. Tecnológica**

El estudio del problema se pudo realizar, utilizando equipos con tecnología de punta, como el gausímetro, teniendo como base los temas de inducción, la existencia física de las instalaciones a un determinado nivel de tensión, condiciones ambientales, nivel de altura, características propias de los equipos instalados, es decir es posible conocer los sistemas eléctricos, su aplicación, así como la inducción electromagnética.

#### **Mecanismos de exposición**

Durante décadas los científicos han intentado explicar cómo interacciona el campo electromagnético con un sistema biológico, aun cuando éste no tenga energía suficiente como para ionizar un átomo o inducir calor. Las bases de la interacción electromagnética con un medio material fueron resueltas hace más de un siglo a través de las ecuaciones de Maxwell. Sin embargo, la aplicación de estas bases a un sistema biológico es muy complicada debido a la extrema complejidad y múltiples niveles de organización de los organismos vivos, además de la gran variedad de

propiedades eléctricas de los tejidos biológicos. Aunque la evaluación de riesgos está generalmente basada en datos experimentales de sistemas biológicos, es necesaria la consideración de posibles mecanismos, por dos razones básicas: la primera es que los datos experimentales de efectos de campos de radiofrecuencia son inconsistentes y fragmentados en muchos aspectos, de manera que una comprensión de los mecanismos biofísicos sobre los efectos estudiados puede ayudar a racionalizar y entender los datos. La segunda razón es que es necesario extrapolar datos desde una condición de exposición a otras y, para una extrapolación fiable, algún entendimiento de los mecanismos es necesario. Por lo tanto, el conocimiento de los mecanismos de interacción es esencial para identificar procesos apropiados de dosimetría, para predecir las relaciones dosis-respuesta, para diseñar mejores experimentos y para servir de base para determinar si ciertos niveles de exposición provocan daños en los tejidos biológicos.

#### **d. Económica**

Los valores determinados al haber realizado la medición de la incidencia del Campo Electromagnético debajo y en áreas laterales a las líneas eléctricas, ayudará a prevenir y reducir los riesgos en la salud de los seres vivientes próximos a las líneas eléctricas, evitando gastos económicos debido a dolencias y males atribuidos a la presencia de estas ondas invisibles.

#### **e. Social**

La cobertura de la demanda eléctrica, en la mayoría de los casos, es posible mediante la instalación de líneas eléctricas con diferentes niveles de tensión, las cuales son instaladas próximas a las viviendas, bermas centrales de las vías, redes subterráneas.

#### **f. Práctica.**

Las empresas con actividades dedicadas a generación, transmisión o distribución de energía eléctrica cuentan con un nivel empresarial donde aplican cada uno de las metodologías para la construcción, ampliación, operación y mantenimiento convirtiéndose en experiencia o Práctica a ser aprovechada para la determinación y mitigación de la inducción de CEM. Los resultados del presente estudio, obtenidos mediante mediciones, análisis, elaboración de gráficos, sirven para tomar las previsiones a fin de evitar básicamente riesgos en los seres vivos, mejorando de esta manera la calidad de la transmisión y distribución.

Después de que el Comité de la NAS terminó su revisión, los resultados de un estudio realizado en Noruega fueron reportados (Tynes y Haldorsen 1997). Este estudio incluyó 500 casos de todos los tipos de cáncer en la niñez. Cada exposición individual era estimada por el cálculo del nivel del Campo magnético producido en la residencia por las líneas de transmisión próximas, estimadas haciendo el promedio de un año completo. No se observó ninguna asociación entre el riesgo de leucemia y los campos magnéticos para residencia cuando se realizó el diagnóstico. La distancia de la línea de potencia, la exposición durante el primer año de la vida, la exposición de las madres en la época de la concepción y la exposición a niveles más altos que el nivel medio de los casos-control no mostraron ninguna asociación con leucemia, cáncer cerebral, o linfoma. Sin embargo, el número de casos expuestos era pequeño.

También un estudio realizado en Alemania ha sido reportado después de la terminación de la revisión de la NAS (Michaelis y col. 1997). Este fue un estudio caso-control de la leucemia de la niñez basada en 129 casos y 328 controles. La tasa de exposición abarcó mediciones del campo magnético en un periodo de 24 horas en el dormitorio del niño en la residencia donde el niño había estado viviendo por el periodo más largo antes de la fecha del diagnóstico. Un riesgo relativo elevado de 3,2 fue observado para niveles mayores a  $0,2 \mu\text{T}$ .

Como método grueso evaluar la exposición, Milham clasificó los títulos del trabajo según la exposición presumida del campo magnético y encontró exceso de riesgo para la leucemia entre trabajadores eléctricos. Un estudio subsecuente (Savitz y Ahlbom 1994) hizo uso de bases de datos similares; los tipos de cáncer para los cuales las tasas se elevaron variaron a través de estudios, particularmente cuando se caracterizaron subtipos de cáncer. Incrementos de riesgo de varios tipos de leucemia y de tumores del tejido nervioso, y, en algunos pocos casos, cáncer de pecho masculino y femenino, fueron reportados (Demers y col. 1991; Matanoski y col. 1991; Tynes y col. 1992; Loomis y col. 1994). Estos estudios produjeron resultados inconsistentes, y además aproximaban en forma muy gruesa la evaluación de la exposición.

También fallaron en controlar ciertos factores de confusión tales como la exposición a solventes de benceno en el lugar de trabajo.

Tres estudios recientes han intentado superar algunas de las deficiencias en el trabajo anterior midiendo la exposición del campo de ELF en el lugar de trabajo y tomando en consideración la duración del trabajo (Floderus y col. 1993; Thériault y col. 1994; Savitz y Loomis 1995). Se observó un riesgo elevado de cáncer entre individuos expuestos, pero el tipo de cáncer vario de estudio en estudio. Floderus y col. (1993) encontraron una asociación significativa con leucemia; también fue observada por Theriault y col. (1994), pero solamente fue débil y no significativa, y no se observó ninguna conexión por Savitz y Loomis (1995). Para los subtipos de la leucemia había incluso mayor inconsistencia, pero las muestras en los análisis eran pequeños. Para los tumores del tejido nervioso, Floderus y col. (1993) encontraron un exceso de glioblastoma (astrocytoma III.IV).

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes del estudio**

A nivel nacional las instalaciones eléctricas se rigen por el Código nacional de Electricidad –Suministro, el Código Nacional de Utilización y las normas y reglamentos internacionales, donde se puede ver las tablas que indican las distancias de seguridad a diferentes puntos a tierra así como entre fase-fase y las instalaciones con otro nivel de Tensión.

Los estudios realizados del Electromagnetismo dan una idea de las exposiciones a la que es sometido el ser viviente cuando está cerca a la instalaciones con niveles de tensión de 22.9, 60, 138, 220 y 500 KV a frecuencias extremadamente bajas.

Para entender con claridad estos efectos debemos conocer los valores de tensión e intensidad de campo eléctrico en la cercanía de las Líneas de Transmisión, originado por el proceso de inducción durante la operación de la Línea Eléctrica, para lo cual ha sido necesario conocer los fundamentos teóricos.

#### **2.1.1 Norma:**

En este texto se utiliza la palabra norma o normativa, para designar, en general, a todo tipo de documento emitido o abalado por un organismo oficial y calificado, en el que se incluya alguna forma de limitación de la exposición a CEM, cualquiera que sea su motivación, ámbito de aplicación, estatus legal o criterio para establecer esos límites.

#### **2.1.2 Principio de cautela:**

Este recurso exige a la sociedad la puesta en práctica de acciones prudentes cuando existen suficientes hallazgos científicos (pero no necesariamente pruebas absolutas) y la inactividad de este principio pudiera originar efectos perjudiciales.

Este principio exige a las empresas concesionarias realizar proyectos e instalaciones de Líneas de Transmisión y/o Distribución, no solo desde el punto Técnico-económico, como resultado de análisis de alternativas, sino también desde el punto de RIESGOS por inducción electromagético, debido a que se trata de líneas invisibles que dan valores menores a medida que aumenta la distancia de alejamiento.

### 2.1.3 Cantidades y unidades

Cuadro N° 2.1  
UNIDADES DE MEDIDA

Cantidad	Símbolo	Unidades
Conductividad	<b>G</b>	Siemens por metro (S/m)
Corriente	<b>I</b>	Amperio (A)
Densidad de corriente	<b>J</b>	Amperio por metro cuadrado (A/m <sup>2</sup> )
Frecuencia	<b>f</b>	Hertz (Hz)
Campo eléctrico	<b>E</b>	Voltio por metro (V/m)
Campo magnético	<b>H</b>	Amperio por metro (A/m)
Densidad de flujo Magnético	<b>B</b>	Tesla (T)
Densidad de potencia	<b>S</b>	Vatio por metro cuadrado (W/m <sup>2</sup> )
Absorción específica de energía	<b>SA</b>	Julio por Kilogramo(J/kg)
Tasa de absorción específica de energía	<b>SAR</b>	Vatio por kilogramo (W/kg)

Fuente: Cantidades eléctricas, magnéticas electromagnéticas y dosimétricas y las unidades SI

1 micro tesla  $\mu\text{T}$  equivale a 0.8 A/m.

**Cuadro N° 2.2**

**Enfermedades con alto riesgo de afectación a seres humanos y posible origen en Campos Electromagneticos con fuente en Líneas de transmisión y Distribución en el Perú**

<b>ENFERMEDADES CASOS INTERNACIONALES</b>	<b>Año</b>	<b>Fuente</b>
Aumento de riesgo por Leucemia, debido a cercanía de Líneas de A.T.	<b>2005</b>	Grupo de investigación sobre cáncer infantil de la Universidad de Oxford
Efectos sobre la Glándula Pineal por CEM	<b>2001</b>	Fundación Española sobre cáncer, Dr. Luis Bardasano, Universidad de Alcalá de Henares
Cáncer en niños, en hogares expuestas a Campos Magnéticos	<b>1979</b>	Estudio de los Dr. Wertheimer y Leeper
Incremento de Leucemia infantil en viviendas situadas a menos de 50 m de L.T.	<b>1993</b>	Instituto Karoliska de Estocolmo, M. Feychting y A.Ahlbom
Incremento de la Producción de Radicales Libres 1 en el organismo y disminución de las Defensas Antioxidantes, debido a CEM	<b>2006</b>	Darío Acuña Castroviejo, Catedrático de Fisiología médica de la Universidad de Granada, investigador del instituto de Biotecnología
Riesgo de desarrollar Alzheimer por exposición a CEM	<b>2008</b>	Revista Internacional de Epidemiología, Ana Garcia de la Universidad de Valencia
Probabilidad de Muerte por Alzheimer de personas que viven en un radio de 50m de líneas de Alta Tensión	<b>2008</b>	Universidad de Berma, Suecia, investigadores Huss y Anke
Aumento de Cáncer y de las enfermedades isquémicas en Roma	<b>2009</b>	Lucia Fazzo, Italia 2009
<b>ENFERMEDADES CASOS NACIONALES</b>		
Desequilibrio e inestabilidad por electroshock por inducción, debajo de la Línea en 60 kV.	<b>2010</b>	Av. Argentina, jardín lateral, debajo de Línea en 60KV, referencia frontis del colegio República de Venezuela – distrito: Callao, Provincia del Callao Atención: Emergencia del Hospital San Juan de Dios
Alta Probabilidad de Muerte de personas por vivencia, muy próxima a Subestación Subterránea, ubicada al lado del dormitorio, con incidencia de CEM	<b>2010</b>	Av. La Paz, cuadra 15, Pasaje Félix parque Juan Casapia, Distrito La Perla- Callao

Fuente: Ing. Ernesto Ramos Torres, 2018, los casos nacionales son verificados por el Ing. Ernesto Ramos T. en calidad de Subgerente de Obras y jefe de obras de Gobiernos locales, Provincia Constitucional del Callao- Lima

A través de los años también han habido intereses substanciales en conocer si es que hay una asociación entre la exposición del campo magnético y el cáncer de cerebro en niños, el segundo tipo frecuente de cáncer encontrado en niños. Tres estudios recientemente completados después de revisión del Comité NAS fallaron en proporcionar un soporte para una asociación entre, cáncer al cerebro y la exposición a campos magnéticos en niños; indistintamente si la fuente de los campos fueron las líneas de potencia o mantas eléctricas, o si es que el campo magnético se estimó por cálculos o por código de los alambres (Guenel y col. 1996; Preston-Martin y col. 1996a, b; Tynes y Haldorsen 1997).

Los datos sobre cáncer en adultos y la exposición residencial a campos magnéticos son escasos (NAS 1996). Los pocos estudios publicados hasta la fecha (Wertheimer y Leeper 1979; McDowall 1985; Seversen y col. 1988; Coleman y col. 1989; Schreiber y col. 1993; Feychting y Ahlbom 1994; Li col. 1996; Verkasalo 1996; Verkasalo y col. 1996), todos muestran hasta cierto punto una pequeña cantidad de casos expuestos, y ninguna conclusión puede ser desarrollada.

El juicio de ICNIRP es que los resultados de las investigaciones epidemiológicas en exposiciones a campos CEM y cáncer incluyendo leucemia en niños, no son suficientemente fuertes, por la ausencia de un soporte de investigaciones experimentales, para formar una base científica para establecer recomendaciones sobre la exposición.

Este juicio también está en concordancia con revisiones recientes (NRPB 1992, 1994b; NAS 1996; CRP 1997).

**Estudios Ocupacionales.** Una gran cantidad de estudios epidemiológicos se han realizado para evaluar conexiones posibles entre la exposición a los campos de ELF y el riesgo del cáncer entre trabajadores de ocupaciones eléctricas. El primer estudio de este tipo (Milham 1982) aprovechó una base de datos de certificados de defunción que incluyó títulos e información del trabajo sobre mortalidad por cáncer.

son generadoras de CEM artificiales originando riesgos en los seres vivos que circulan debajo de las líneas eléctricas.

**a.- Electrodomésticos.**

Estos equipos que forman parte de nuestra vida diaria pueden presentar mayor riesgo que equipos como subestaciones S/E y líneas de transmisión dado que su uso se da a una mayor cercanía del organismo y por su construcción algunos no presentan en su mayoría parámetros de protección apropiados. Un ejemplo de las densidades de flujo magnético de algunos electrodomésticos se muestra en el cuadro anterior N° 2.2

**b.- Frecuencias FEB:**

Dentro de las instalaciones de transporte y distribución de energía eléctrica que actúan en frecuencia extremadamente baja, 60 Hz para nuestro país, los CEM más significativos son debidos a tendidos de alta tensión y subestaciones eléctricas.

**c.- Campo eléctrico FEB:**

En los tendidos eléctricos el CE (campo eléctrico) se determina por:

- Niveles de voltaje, medidos en kV
- Disposición y configuración de los conductores.
- Distancia entre fases
- Distancia a tierra de los conductores

Para el Perú los niveles de tensión existente son:

- Transmisión 60 kV, 138 kV, 220 kV y 500 kV
- Subtransmisión 33 kV, 44 kV y 66 kV
- Distribución 7.62 kV, 13.2 kV, 20 kV, 22.9 kV, 22,9/13.2 kV y 33 kV, a nivel primario y 220 V a nivel secundario.

#### **2.1.4 Campo Electromagnético CEM:**

Se denomina campo a la zona del espacio donde se manifiesta una fuerza. Siendo el CEM la zona donde las partículas se ven afectadas por las fuerzas EM (electromagnéticas).

#### **2.1.5 Ecuación de energía:**

Esta ecuación desarrollada por el físico alemán Max Planck describe la propagación de la energía electromagnética como una onda.  $E = h f$ :  $h$  es la constante de Planck que equivale a  $6.2760 \times 10 \exp -27 \text{ erg/s}$ .

Con esta ecuación se hace más clara la división del espectro electromagnético en radiaciones ionizantes y no ionizantes. La ionización se refiere al problema mediante el cual es arrancado un electrón de las capas exteriores de un átomo, por acción de una radiación externa. Para organismos vivos será  $f > 300 \text{ GHz}$ .

#### **2.1.6 Contaminación EM.**

Todos aquellos campos que resultan como subproducto del funcionamiento de Líneas de Transmisión eléctrica, Subestaciones, equipos eléctricos industriales y caseros (electrodomésticos), de telecomunicaciones, o industriales.

#### **2.1.7 Tecnologías generadoras de CEM artificiales:**

Antes de describir cuales son las tecnologías generadoras de los CEM debemos recordar que, de forma permanente, incluso antes de nacer, estamos expuestos a la acción de CEM naturales, entendiendo como tales aquellos que están ligados al planeta tierra y los de origen cósmico.

Se utiliza los resultados de mediciones realizadas, en Líneas de Transmisión, Líneas Primarias, Subestaciones Eléctricas los cuales

```

% Este es un programa de las líneas equipotenciales
% y líneas de campo en una línea de transmisión
% desarrollado por Miguel Delgado
% a= radio de cada conductor
% ag= radio de los cables de guarda
% h= altura de los conductores respecto a tierra
% hg=altura de los conductores de guarda
% x, y= coordenadas de los conductores
% v= tensión en cada conductor
% ingreso de datos (puede modificarse wt)
Wt=0;
d=9;
dg=16;
a=0.01258;
ag=0.00457;
h=32.57;
hg=39.70;
% determinación de coordenadas y potencial en los cond. (no modificar)
for i=1:3
x(i)=(i-2)*d;
y(i)=h;
ang=(i-1)*2*pi/3;
v(i)=60*sin(wt+ang);
end
x(4)=-dg/2;
y(4)=hg;
v(4)=0;
x(5)=dg/2;
y(5)=hg;
v(5)=0;
% determinación de los coeficientes de potencial (no modificar)
for i=1:5
for j=1:5
if i==j
if i < 4
p(i,j)=log(2*h/a);
else
p(i,j)=log(2*hg/ag);
end
else

```

Debido a que la tierra es un buen conductor eléctrico, se comporta como una superficie equipotencial frente a los campos FEB, haciendo que el campo en la zona de frontera aire-tierra sea perpendicular a la misma. El procedimiento para el cálculo del CE producido por la línea, no perturbado por objetos en la tierra se realizara con base en los siguientes pasos:

- Se calculan las cargas sobre cada conductor,  $q$ , en Coulomb/metro, C/m, utilizando la teoría de imágenes:

$$[q]=[C]*[V]$$

- Donde  $[C]$  es la matriz de capacitancias de la línea. Usando el teorema de Gauss se calcula la contribución real e imaginaria de cada carga sobre la intensidad de CE en el punto de interés,

$$E_i = q_i / (2\pi \cdot r_i \cdot \epsilon_0) \text{ y } E_p = \sum EI$$

El CE induce una carga superficial sobre un cuerpo conductor expuesto, la cual produce una corriente dentro del mismo. La magnitud de la corriente inducida depende de muchos factores: tamaño, forma, composición interna, distancia, configuración del campo. En las S/E los CEM más intensos son generados por líneas entrantes y salientes. Las S/E constituyen los nodos del sistema de transporte, por lo que se realizan mediciones en este sector.

Se determinó las Líneas del Gradiente de Potencial mediante el uso de software en Matlab elaborado por el Ing. Miguel Delgado, el cual se detalla:

```

    p(i,j)=0.5*log(1+((y(i)+y(j))/(x(i)-x(j)))^2);
end
end
end
% valor de la cargas en los conductores
q=v*inv(p);
% valores del potencial en el espacio y grafica
xo=-18:1.5:18;
yo=0:1.5:52;
[xx,yy]=meshgrid(xo,yo);
s=0;
for j=1:5
    ri=sqrt((xx-x(j)).^2+(yy+y(j)).^2);
    r=sqrt((xx-x(j)).^2+(yy-y(j)).^2);
    s=s+q(j)*log(ri./r);
end
[px,py]=gradient(s);
gra=contour(xx,yy,s,10);clabel(gra)
holdon
px=-px;
py=-py;
px;
py;
quiver(xx,yy,px,py,1);
holdon

```

Seguidamente se presentan los gráficos de inducción originado por la presencia de tensión en las Líneas eléctricas de Transmisión y Distribución, analizados en el presente caso:

Grafico N° 2.3

Línea de Transmisión 60 KV, Av. La Marina tramo Av. Rafael Escardo - Jr.  
Castilla, Distrito de San Miguel, Departamento Lima.

LINEAS EQUIPOTENCIALES Disposición Vertical 60 KV

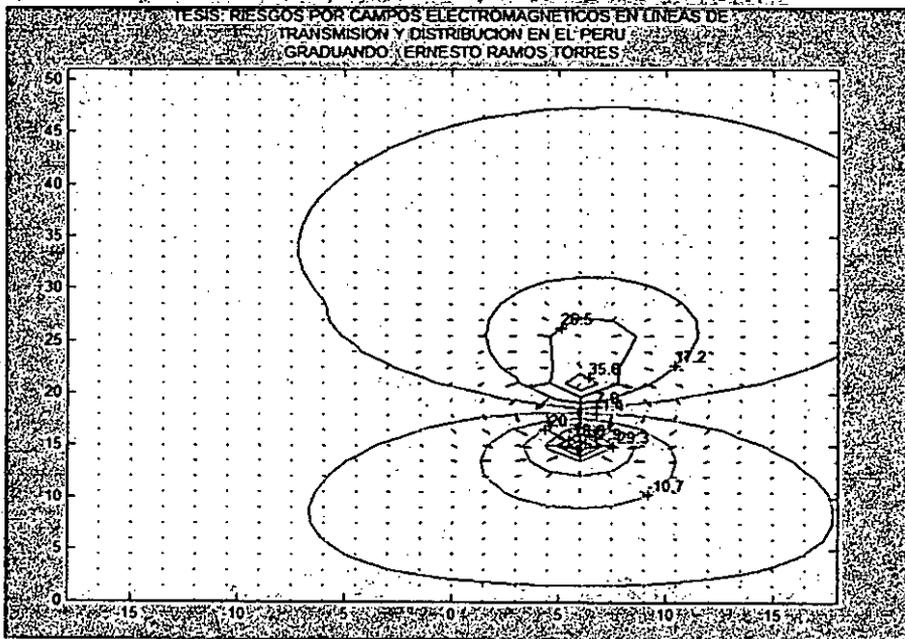


Grafico N° 2.4

LINEAS DE CAMPO ELECTRICO

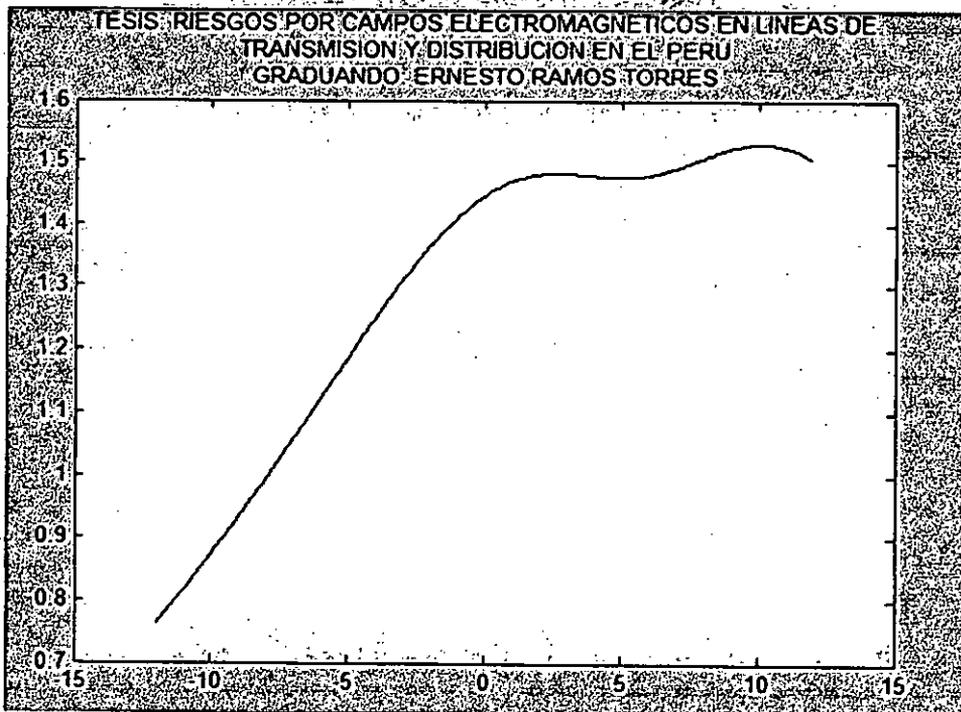


Grafico N° 2.5

Línea de Transmisión Juliaca- Puno 138 KV, P.S.E. 22,9/13.2 KV a Saman. Departamento Puno.

**LINEAS EQUIPOTENCIALES Disposición Triangular 138 KV**

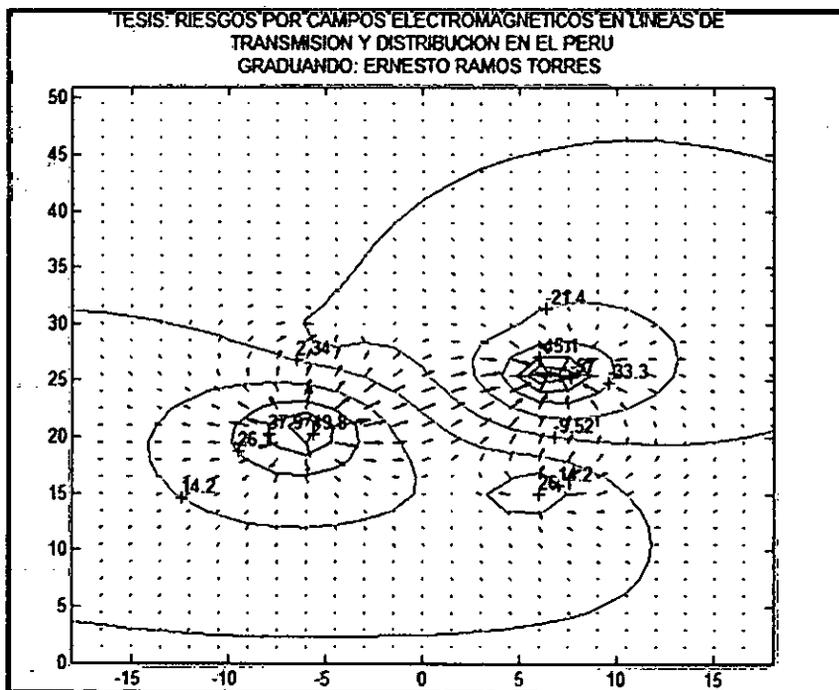


Grafico N° 2.6

**LINEAS DE CAMPO ELECTRICO**

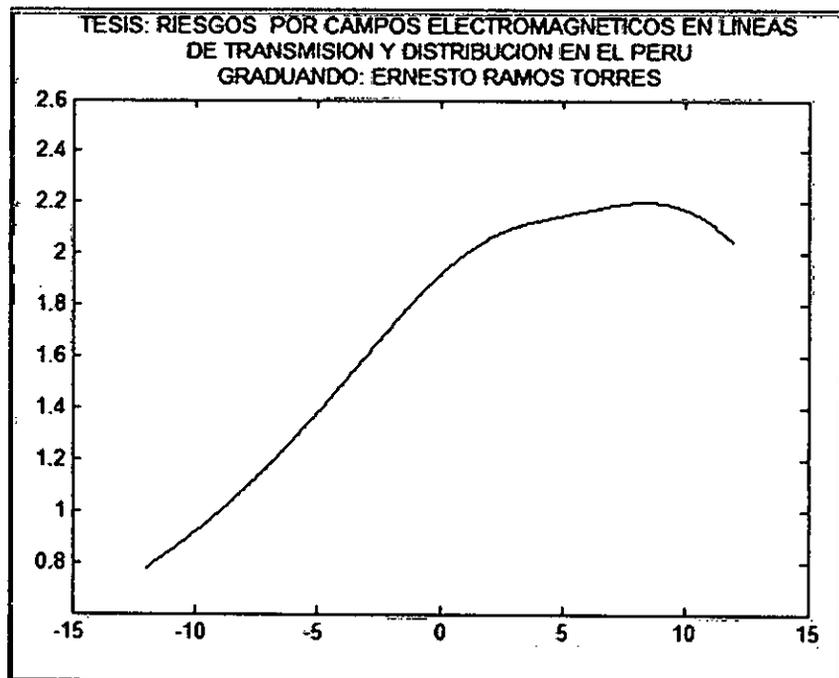


Grafico N° 2.1

SUBESTACION SURCO 60/10/22,9 KV, LINEA PRIMARIA 22,9/13.2 KV, 106 Km- Lima  
LINEAS EQUIPOTENCIALES Disposición Triangular 22.9/13.2 KV

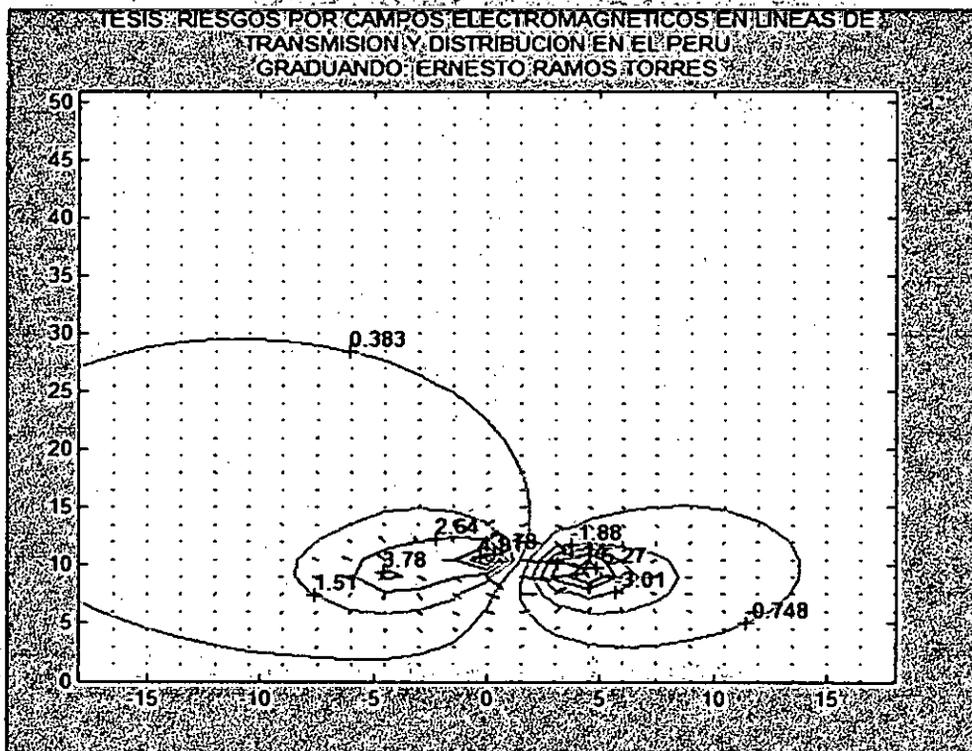


Grafico N° 2.2

LINEAS DE CAMPO ELECTRICO  
Disposición Triangular 22.9/13.2 KV

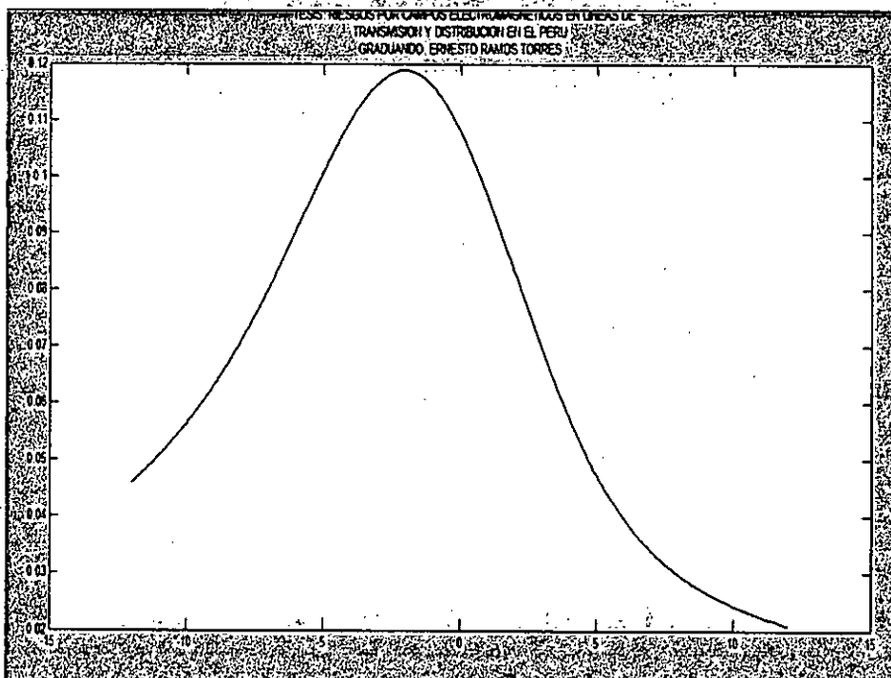


Grafico N° 2.9  
 Línea de Transmisión 500 KV, Chilca-Carabayllo  
 LINEAS EQUIPOTENCIALES Disposición Horizontal 500 KV

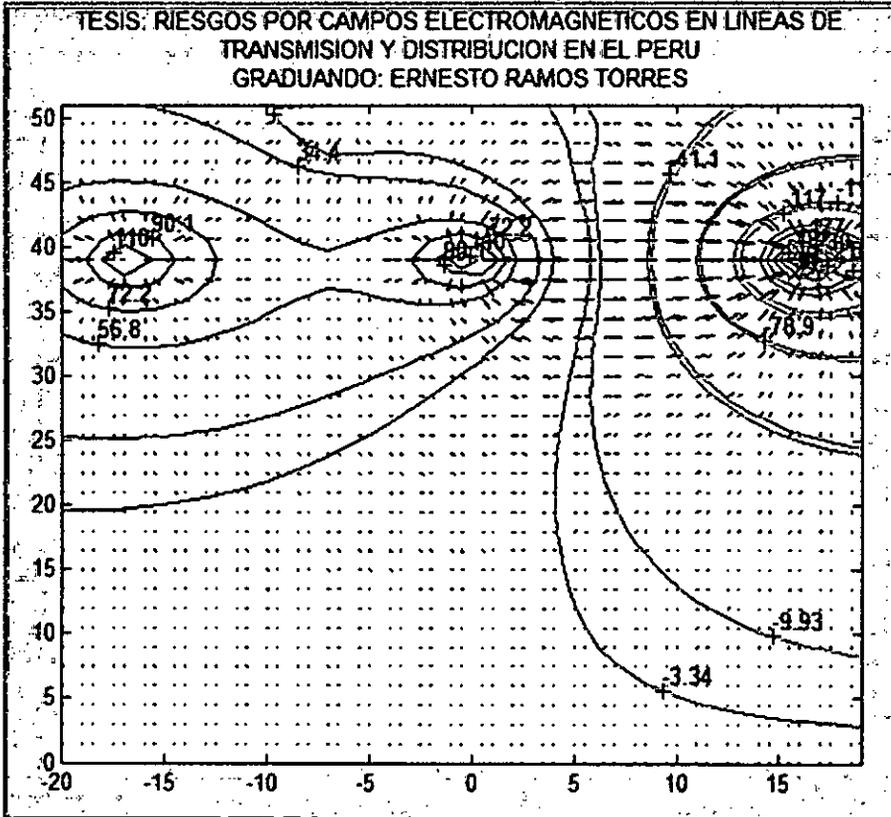
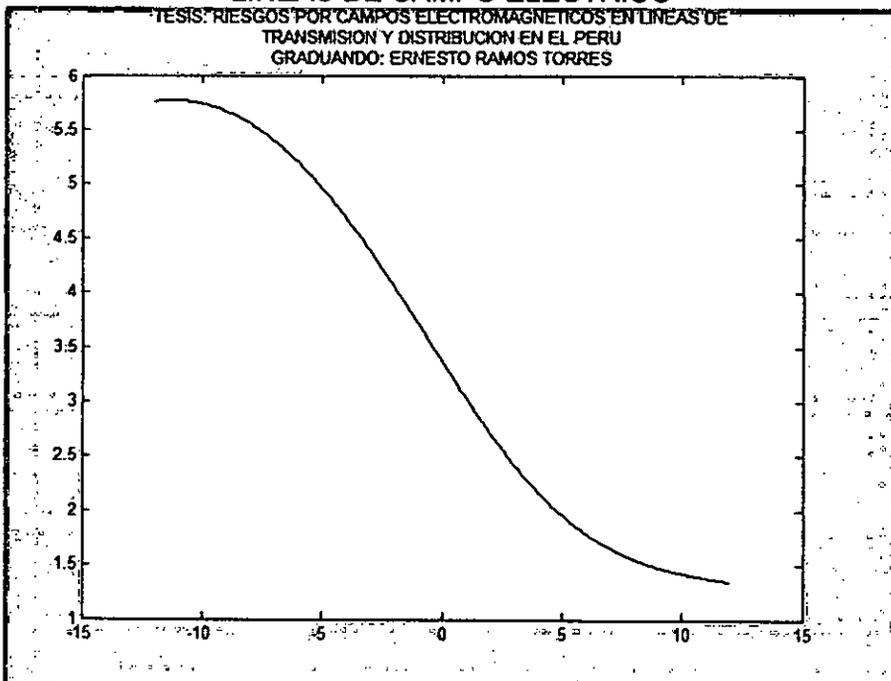


Grafico N° 2.10  
 LINEAS DE CAMPO ELECTRICO



**d. - Campo magnético FEB:**

Considerando el interior de los conductores de una línea como lineales, la ley de Ampère establece:  $B = \mu I / 2\pi R$  Donde B es la intensidad de campo magnético (CM), representado por un vector tangente a un círculo de radio R centrado en un eje conductor, e I es la intensidad de corriente en Amperios.

Cuando se presentan muchos conductores, el campo total se calcula haciendo superposición de los campos parciales producidos por cada conductor, considerando sus respectivas direcciones y fases.

Un cálculo preciso requirió considerar un efecto del piso como imágenes de los conductores reflejados por el suelo.

Los CM en líneas de distribución son típicamente más altos que los de transmisión, dado que la corriente y el voltaje son aproximadamente inversamente proporcionales.

**e.- Radiofrecuencias. RF:**

Frecuencias comprendidas entre 3 kHz a 300 MHz, Radiocomunicaciones en AM y FM.

**f.- Microondas. MO:**

Frecuencias superiores a 300 MHz hasta 300 GHz, son producidas por hornos microondas, radares, sistemas de comunicación, telefonía móvil

**g.- Telefonía móvil:**

La telefonía móvil o celular actualmente emplea bandas entre 800 MHz a 1.800 MHz, con transmisión directa. Numerosos emisores-receptores son necesarios para conseguir mayor cobertura. Es un servicio de comunicación que se presta entre al menos un usuario de localización no determinada; móvil situado dentro de un área confinada con otros fijos o móviles.

Los elementos básicos de este sistema son dos: el terminal o teléfono móvil y la estación base. Para los terminales la potencia varía entre 0.6 W a 2 W.

### **2.1.8 Efectos asociados a la exposición a CEM**

#### **a.- Conceptos Generales:**

La OMS define salud como un estado de bienestar físico, mental y social, y no sólo como ausencia de enfermedad o trastorno, por eso fue necesario hacer una distinción entre los conceptos: interacción o interferencia, percepción, efecto biológico, lesión y riesgo. Cuando una entidad biológica se expone a un CEM, se produce una interacción entre la potencia del campo, la corriente eléctrica inducida y las cargas del tejido corporal. El efecto biológico es la respuesta fisiológica a esa interacción, que puede o no ser perceptible por el organismo expuesto. El efecto biológico no tiene porque ser necesariamente una lesión.

Se produce una lesión cuando el efecto biológico supera las propiedades biológicas de compensación del organismo. El riesgo es una probabilidad latente de que se produzca una lesión. Los efectos producidos por la exposición a CEM desde el punto de vista clínico se pueden clasificar en agudos y crónicos. Los efectos agudos se relacionan con efectos inmediatos y objetivos, y los crónicos no son ni inmediatos ni objetivos, se pueden denominar a largo plazo.

#### **b.- Mecanismos de Interacción:**

Los CEM inducen la formación de momentos de fuerza sobre las moléculas que pueden ocasionar el desplazamiento de iones situados en posiciones sin perturbación, vibraciones en cargas unidas y la rotación de moléculas bipolares, como las del agua. Estos mecanismos son incapaces de ocasionar efectos

observables tras la exposición a CEM de bajo nivel, dado que quedan superpuestos a agitación térmica aleatoria. Además, el tiempo de respuesta debe ser lo suficientemente rápido para permitir que la respuesta se produzca durante el periodo de tiempo de la interacción. Ambas consideraciones implican que debe existir un valor umbral, por debajo del cual no existe respuesta apreciable y una frecuencia límite por encima de la cual no se advierte respuesta.

### c.- Dosimetría:

Una de las cuestiones más delicadas al momento de valorar los efectos de los CEM tiene que ver con la definición de dosis. En términos fisiológicos, una dosis es una cantidad de un agente o producto que se recibe en un tiempo determinado. Esto está perfectamente definido para algunas sustancias químicas, con los CEM no es tan simple y plantea uno de los principales problemas, ya que actualmente no se conoce con certeza que aspecto, del CEM al que se está sometido, es el más importante a la hora de producir un efecto sobre la salud de un ser biológico en la naturaleza. La tasa a la cual la dosis es entregada o absorbida se llama tasa de dosis. En el campo de la biología de las RNI (radiaciones no ionizantes), la dosis es definida en términos de energía y la tasa de dosis se define en términos de potencia.

Sabiendo esto la **TAE *tasa de absorción específica***, determina la cantidad de energía absorbida por el organismo, y se expresa en W/Kg. Un parámetro igualmente importante es la densidad de potencia **S**, incidente en una superficie, que se da en W/m<sup>2</sup>. Además de esto la densidad de potencia de un CEM se refiere al producto entre las componentes del campo eléctrico y magnético.

$$W ( W / m^2 ) = E ( V / m ) \times H ( A / m )$$

En realidad no se sabe que es lo que puede ser fundamental: Si es el nivel medio de exposición diario, si sólo son importantes las exposiciones por encima de cierto valor umbral o sí, por lo contrario, lo que hay que tener en cuenta es el número de veces que se entra y se sale de un campo electromagnético dado. Otra dificultad añadida, que complica aun más el panorama, tiene que ver con que no existe ninguna seguridad de que intensidades más altas de CEM produzcan efectos más perjudiciales que intensidades más bajas. Dado que la dosimetría es uno de los elementos más importantes para cualquier estudio científico.

#### **2.1.9 Riesgo por estudios de exposición a CEM FEB:**

En definitiva, dada la supuesta falta de pruebas más firmes sobre los efectos de los CEM FEB, que alegan los estamentos de control, sólo se han admitido como probadas aquellas respuestas que se deben a la inducción de cargas y corrientes eléctricas capaces de afectar el funcionamiento de células y tejidos eléctricamente excitables. Estas corrientes inducidas deben ser más intensas que las corrientes fisiológicas, para poder ser susceptible de generar efectos adversos inmediatos.

#### **2.1.10 Estudio comparativo de reglamentos técnicos y recomendaciones con respecto a CEM FEB**

Los diferentes niveles de CE y CM especificados en las normas varían considerablemente aun cuando estos se derivan fundamentalmente de la misma densidad de corriente inducida

La realización comparativa se ha realizado tomando las indicaciones del Ministerio de Energía y Minas, mediante el CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (SUMINISTRO 2011) PARTE 2 REGLAS DE SEGURIDAD PARA LA INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LINEAS AÉREAS DE SUMINISTRO

Grafico N° 2.7

Línea de Transmisión 220 KV, Av. Elmer Faucett, tramo Av. Quilca-Av. La Chalaca, Provincia Callao, Región Callao.

**LINEAS EQUIPOTENCIALES Disposición Horizontal 220 KV**

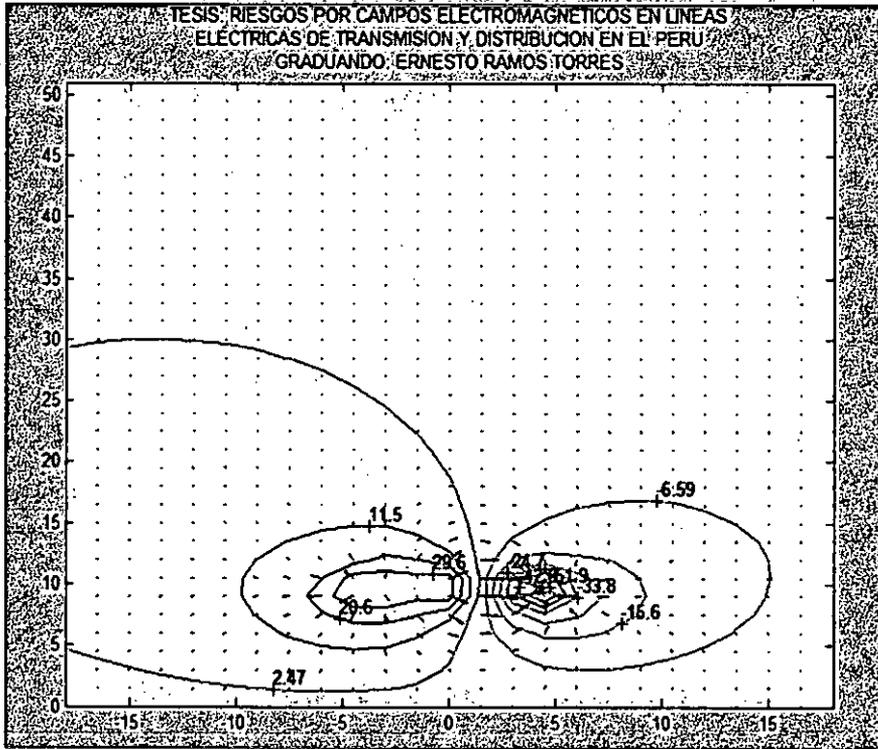
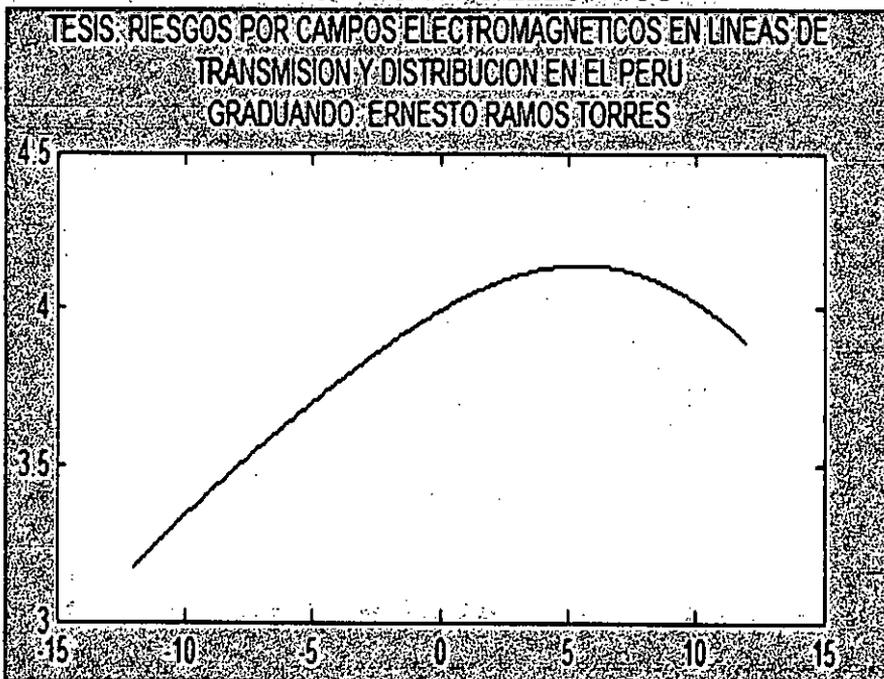


Grafico N° 2.8

**LINEAS DE CAMPO ELECTRICO**



**Cuadro N° 2.5**

**b.- COSTA RICA**

<b>Intensidad de campo eléctrico (kV/m)</b>	<b>Densidad de flujo magnético (mT)</b>
2	0.015

Fuente: Artículo 8. Campo eléctrico y artículo 9. Campo magnético.

**Cuadro N° 2.6**

<b>Características de exposición</b>	<b>E (CE) (kV/m)</b>	<b>B (CM) (mT)</b>	<b>Tiempo de exp(t, horas)</b>
Ocupacional	25	1.33	3,2 (t ≤ 80/E)
Publico general	10	0.53	-----

Fuente: Pre-estándar europeo ENV 50166-

**Cuadro N° 2.7**

<b>Característica de la exposición</b>	<b>Campo Eléctrico kV/m</b>	<b>Campo Magnético mT</b>
Sector ocupacional	8.33	0.42
Sector Público	4.20	0.083

Fuente: Niveles de referencia para exposición a CEM FEB 60 Hz (Recomendación ICNIRP Internacional comisión on non-ionizing radiation protection)

**Cuadro N° 2.8**  
Límites de exposición humana a campos electromagnéticos de 50HZ

País	Público general		Exposición ocupacional	
	Campo Eléctrico (Kv/m)	Campo magnético (mili Gauss)	Campo Eléctrico (Kv/m)	Campo magnético (mili Gauss)
Alemania	5,0	1000	5,0	1000
Argentina	3,0	250	3,0	250
Australia	5,0	1000	10,0 – 30,0	5000
Canadá	No Existe	No existe	No existe	No existe
España	CEU	CEU	CEU	CEU
Italia	5,0	100	5,0	100
Japón	3,0	No existe	ICNIRP	ICNIRP
U.S.A	2,0 – 11,8	150 – 200	2,0 – 11,8	150 – 200
Reino Países Bajos	ICNIRP	ICNIRP	ICNIRP	ICNIRP
Suecia	No explícito	No explícito	No explícito	No explícito
Suiza	5,0	1000	5,0	10
ICNIRP	5,0	1000	10,0	5000
IEEE	5,0	9040	20,0	27100
Consejo de Unión Europea (CEU)	5,0	1000	10,0	5000

**Fuente:** Decreto Supremo N° 95 del Ministerio Secretaría general de la Presidencia, publicado en el Diario Oficial del 07/12/2002, Artículo 7.

## **2.2 Bases epistémicas**

### **a.- Fundamento Ontológico**

Los riesgos por contaminación electromagnética, actualmente en aumento, originados por las Instalaciones eléctricas, de frecuencias extremadamente bajas, en transmisión y distribución a nivel nacional, permiten dosimetrías sobre los seres vivientes que transitan o viven en las proximidades de estas instalaciones, con mayor incidencia para aquellos que trabajan en líneas eléctricas, determinándose un mal servicio mientras no se demuestra fehacientemente lo contrario, limitándose a valores indicados en Códigos Eléctricos, tomando las recomendaciones internacionales, avalados por los organismos públicos, ministerio de competencia, Colegios profesionales.

### **b.- Fundamento Metodológico**

Teniendo presente los riesgos altos, a lo largo de las líneas eléctricas, es necesario que el presente estudio, contenga valores de CEM, los cuales han sido obtenidos de mediciones, que ayudaran a adecuar las distancias de seguridad, que actualmente se indica en los Códigos nacionales, así como los valores de dosimetría que incide sobre el ser humano. Para lo cual se utilizó la tecnología de punta a través de métodos donde es posible medir las variables por intensidad, distancia, frecuencia, ubicación, nivel de tensión, tipo de sistema, los cuales deberán de ser de conocimiento de los habitantes ubicados próximos a las líneas de transmisión y distribución.

De esta manera a través del tamaño de la muestra seleccionada se está contribuyendo a ampliar el conocimiento que se tiene de las líneas de transmisión y distribución, después de la cual se evaluara, las bondades de ser el caso.

### **c.- Fundamento Epistemológico**

En este punto de investigación se indica como debe ser la conducción de las líneas de transmisión y distribución, para lo cual se conoce la dosimetría, con el apoyo de profesionales en medicina. Ingeniería ambiental y con mayor énfasis los Ingenieros electricistas, todos con amplia experiencia, que permite evaluar las líneas invisibles originado por los campos electromagnéticos.

Los resultados permiten ampliar el conocimiento de los sistemas eléctricos, por lo cual se podrá practicar el término precaución.

## **2.3 Bases culturales**

Estudios realizados con campos electromagnéticos FEB en seres vivos:

### **2.3.1 Estudios en la célula:**

La ausencia de mutaciones del material genético en el núcleo de las células, la naturaleza dispersa y el bajo rango de efectos notorios a altos niveles de exposición son factores de posibles ausencias.

### **2.3.2 Efectos sobre el sistema nervioso:**

Lamborso (1996) encontró en roedores inhibición de la secreción de la melatonina y ya que esta es un marcador del ritmo circadiano este puede verse alterado por exposición a CEM FEB.

### **2.3.3 Efectos fisiológicos:**

Los efectos de los CM sobre los tejidos vivos, son de tipo electrodinámico donde la fuerza de interacción con las cargas móviles responde a las leyes de Maxwell. Estos efectos consisten en la orientación de las grandes moléculas hacia una configuración de mínima energía. Los CM inducen tensiones y corrientes en los tejidos según las leyes de Faraday y Lenz, siendo precisamente la densidad de corriente inducida el parámetro que caracteriza los

principales efectos sobre los tejidos vivos. En cuanto al CE se pueden producir calentamiento de los tejidos por efecto Joule, el cual es directamente proporcional al cuadrado del campo y a la conductividad del medio.

El CE también puede producir el efecto llamado electrofóresis, que es el movimiento de partículas cargadas, iones inorgánicos o células vivas, en una solución. Y teniendo en cuenta que la importancia del campo bioeléctrico se manifiesta equilibrando la tendencia a la difusión. La magnitud de este campo podría afectar la velocidad de estas partículas y producir efectos en el metabolismo.

Los CEM pueden inducir corrientes en el cuerpo que dependen de la intensidad y de la frecuencia del campo, las mayores sensibilidades al campo se dan en frecuencias entre 10 Hz y 500 Hz, a partir de 1 KHz va disminuyendo la sensibilidad en términos del campo externo aproximadamente con el inverso de la frecuencia.

Entre 1 KHz hasta 100 KHz esta se mantiene aproximadamente constante. En términos de densidad de corriente los efectos en los nervios y estimulación muscular ocurren a densidades de  $1 \text{ A/m}^2$  a frecuencias industriales. A niveles más altos, del orden de  $3 \text{ A/m}^2$  se dan contracciones involuntarias de los músculos y la posibilidad de fibrilación cardíaca.

Se tomara la densidad de corriente o la corriente inducida como base, entonces hay diferencia fundamental entre los efectos producidos por el CE y el CM, ya que sólo se diferencia en este aspecto la distribución de las corrientes en el cuerpo.

#### **2.3.4 Efectos oculares:**

La corriente que fluye a través de la retina, es probablemente la causante de los magnetofosfenos, débil sensación de destellos

luminosos parpadeantes en los ojos, similar a cuando hacemos presión en los ojos. El umbral de generación de los magnetofosfenos a 50Hz se da con corrientes inducidas del orden de 50 mA/m<sup>2</sup>, a 60 Hz es un poco mayor. El CM correspondiente es del orden de 10mT o más.

### **2.3.5 Estudios en animales:**

En diferentes estudios realizados en EEUU y en el Japón con roedores expuestos a altas intensidades de CM propusieron que no hay una relación clara entre la exposición a CM y cáncer.

Pero se presentó una disminución en la secreción de melatonina.

### **2.3.6 Estudios relacionados con el cáncer:**

#### **¿Qué es el cáncer?**

Se puede entender el cáncer como una enfermedad del ciclo celular, donde el potencial de reposo transmembrana PRT está bajo. Un PRT bajo activa la mitosis celular.

- PRT entre -70 y -90 mV Célula normal
- PRT 40 mV Ciclo celular activado.
- PRT 20 mV Célula enferma (tejido lesionado)
- PRT 10 mV Célula cancerosa (miosarcoma).
- PRT 0
- mV Muerte celular

El cáncer está causado por alteraciones permanentes a nivel celular, debido a un exceso de cargas en la superficie externa de la membrana. (Curé, 1980 BSC p 29) y se producirá por una cadena de eventos genotóxicos: indicadores y modificadores epigénicos.

### **2.3.7 Estudios de laboratorio relacionados con el cáncer:**

Se han llevado a cabo numerosos estudios sobre diferentes sistemas biológicos con objeto de valorar experimentalmente la supuesta carcinogenicidad de las exposiciones a CEM FEB,

debiendo analizar e este punto la incidencia originada por la inducción.

### **2.3.8 Epidemiología del cáncer:**

Desde 1979 a través de los estudios de Wertheimer y Leeper, que detectaron una excesiva mortalidad de cáncer en niños que vivían en hogares expuestos a CM supuestamente altos, se sospechaba que la exposición débil a CM FEB podría ser importante en el origen del cáncer.

La mayor parte de los estudios se han centrado en demostrar el impacto de las líneas de alta tensión y los CEM 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 y las líneas de alta tensión. Por otra parte Feychting 1992 y Lin 1994 sí encuentran relación entre la leucemia infantil y los campos.

En función a los resultados indicados, se ampliara más la investigación, obteniéndose resultados recientes, para una mejor conclusión.

### **2.3.9 Mecanismos del cáncer**

El cáncer es un término que describe al menos 200 enfermedades diferentes todas ellas con la característica común de un crecimiento incontrolado de las células. El cáncer es un caso de mitosis incontrolada en el que las células se dividen de forma incontrolada y crecen fuera de todo control. Esencialmente, el cáncer es, por tanto, un desorden genético a nivel celular siendo un fallo en las propias células más que en el cuerpo entero. Las causas de muchos cánceres son desconocidas y muchos de los factores de influencia en el riesgo de contraer cáncer. Cada uno de los factores de riesgo conocidos tales como el tabaco, alcohol, radiación

ionizante y otros contribuyen a tipos de cáncer específicos. El riesgo de cáncer está relacionado con muchas causas. Así, el riesgo con amianto está relacionado con la longitud y dureza de las fibras. El riesgo con partículas en el aire está relacionado con su tamaño y su propensión para fijarse en los pulmones. La luz visible rompe enlaces en los procesos de fotosíntesis aunque ello no parece relacionado con el cáncer. La radiación de origen solar, como la radiación ultravioleta UV (especialmente la UVB, ver el espectro electromagnético en el gráfico 2) está asociada con el riesgo de contraer cáncer de piel y melanoma maligno. Sin embargo, ya sabemos que la energía de un fotón de campos de baja frecuencia es insuficiente para romper enlaces químicos. En general, los cánceres potencialmente asociados a exposición a campo electromagnético son leucemia y tumores de pecho y cerebrales.

### **2.3.10 Carcinogénesis**

La transformación de células sanas en células malignas es un proceso complejo, que incluye al menos tres etapas distintas debidas a deformaciones en el material genético de las células

El cáncer humano es el resultado de la acumulación de varios cambios genéticos y epigenéticos en una población de células dada y se inicia por un daño en la cadena de ADN. Al agente que causa tal efecto se le llama genotoxina. Es altamente improbable que un simple daño genético en las células cause cáncer. Para ello se necesita una serie de daños genéticos. La genotoxina puede afectar a más de un tipo de células y por tanto causar más de un tipo de cáncer. Un agente epigenético es algo que incrementa la probabilidad de causar cáncer por un agente genotóxico. No existen ensayos estándar para la actividad epigenética y por tanto

no hay una manera fácil de predecir si una agente presenta tal actividad.

Los efectos genotóxicos de campos de ELF han sido ampliamente estudiados. No se ha confirmado ningún cambio celular significativo bajo exposiciones a campos de ELF con niveles usuales. Sólo unos pocos estudios han comunicado genotoxicidad de estudios experimentales en animales, pero la mayoría no han reproducido fielmente las condiciones ambientales o no han sido replicados. Otros estudios han indicado que los campos de ELF podrían tener alguna actividad epigenética. Por otro lado, los resultados necesitan estar apoyados en mecanismos confirmados, lo que claramente no está todavía disponible.

#### **2.3.11 La Melatonina**

Una posible interacción bajo investigación es que la exposición a campos de ELF suprime la producción de melatonina, que es una hormona producida por la glándula pineal localizada en una zona profunda del cerebro.

Es conocido que la melatonina se ve afectada por la luz. Por ejemplo, las mujeres ciegas típicamente tienen más nivel de melatonina que las videntes y en ellas, las ciegas, la incidencia del cáncer de mama es mucho menor. Otras frecuencias de la energía electromagnética diferente a la del visible pueden también tener influencia en la generación de melatonina. El interés básico en la melatonina de muchos científicos es que podría servir de base para explicar algunos estudios epidemiológicos

#### **2.3.12 Estudios en células**

Las investigaciones de laboratorio sobre cultivos celulares, a los que se refiere como in vitro, son análisis experimentales o teóricos de efectos de CEM sobre células individuales o tejidos biológicos expuestos y evaluados fuera del cuerpo humano o de los

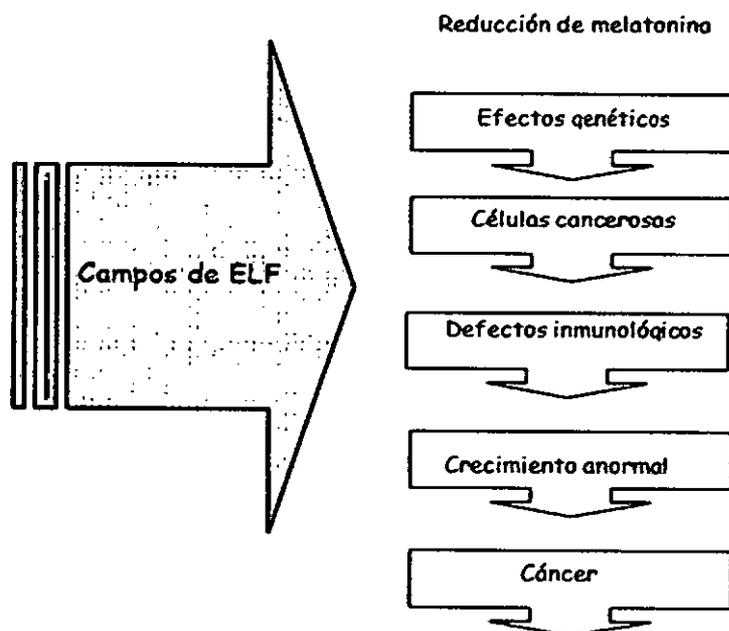
animales. Aunque estos estudios no pueden ser trasplantados en sus consecuencias directamente al cuerpo humano, son útiles como ayuda para entender los posibles efectos de los CEM en el cuerpo humano. La mayor ventaja de los estudios in vitro es que la geometría y las propiedades físicas de las muestras expuestas a CEM pueden ser muy bien controladas lo que permite su comparación entre los diferentes laboratorios. Existe una gran cantidad de estudios in vitro debido a la gran cantidad de procesos celulares que se pueden ver afectados por los campos de ELF.

### 2.3.13 Efectos relevantes en el cáncer

Algunos estudios han concluido que los campos de ELF pueden tener algún efecto relevante en el cáncer. Estos efectos se resumen en la siguiente figura

**Figura N° 2.1**

**EFFECTOS QUE PUEDEN LLEVAR AL CANCER DEBIDO A EXPOSICION A CAMPOS ELF**



**Fuente:** EFECTOS BIOLÓGICOS DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, GRUPO DE ELECTROMAGETISMO  
Autores: Miguel Ángel Solano Vérez - Juan Sais Ipiña, año 200

Tensiones inducidas – Campos Eléctricos y Magnéticos

En zonas de trabajo (exposición ocupacional), así como en lugares públicos (exposición poblacional), no se deben superar los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60 Hz dados en la siguiente tabla: En el caso de Exposición Ocupacional, la medición bajo las líneas eléctricas se debe realizar a un metro de altura sobre el nivel del piso, en sentido transversal al eje de la línea hasta el límite de la faja de servidumbre.

**Cuadro N° 2.3**

Tipo de Exposición	Intensidad de Campo Eléctrico (kV/m)	Densidad de Flujo Magnético (µT)
- Poblacional	4,2	83,3
- Ocupacional	8,3	416,7

En el caso de Exposición Poblacional, para la medición se debe tomar en cuenta las distancias de seguridad o los puntos críticos, tales como lugares habitados o edificaciones cercanas a la línea eléctrica.

**a.- Reglamento técnico para instalaciones eléctricas.**

**Cuadro N° 2.4**

Intensidad de campo eléctrico (kV/m)	Densidad de flujo magnético (mT)
10	25

Fuente: RETIE: artículo 14. Campos electromagnéticos (p.51).

IRPA (International Radiation Protection Association) y CENELEC (Comité Europeo de normalización electrotécnica)

## 2.4. BASES CIENTIFICAS

### 2.4.1 ELECTROSTÁTICA APLICADA

#### a.- Introducción

El conocimiento del campo eléctrico es necesario en numerosas aplicaciones en el diseño y operaciones de equipamientos eléctricos y electrónicos. Para nombrar algunos:

- a) Para el diseño de aislamiento y para fijar en el valor del campo eléctrico en fuentes de alto voltaje.
- b) En el estudio de descargas en gases.
- c) En el diseño de subestaciones de UHV y el estudio del campo eléctrico en sus vecindades.
- d) En aplicaciones industriales tales como filtros electrostáticos y xerografía. e manera que la fuerza es proporcional al producto de las cargas y al inverso del cuadrado de la distancia que las separa. El factor  $1/4\pi\epsilon_0$  es una constante de proporcionalidad cuyo valor depende del sistema de unidades.

#### b.- Campo eléctrico de una carga lineal de longitud infinita con densidad de carga constante

Solución según Ley de Coulomb:

$$E(h) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\lambda(r') R dr'}{R^3}$$

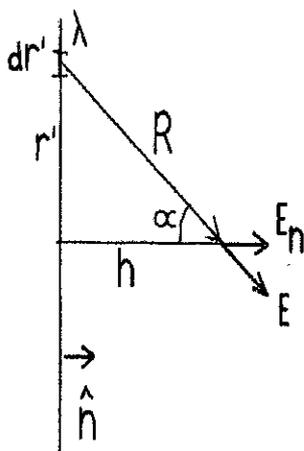
Por la simetría del problema, el campo existe solo en la dirección  $n$ , entonces:

$$E(h) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\lambda(r') R \hat{n} dr'}{R^3}$$

Por la geometría de la figura:

$$\frac{R}{h} = \sec \alpha \quad R \cdot \hat{n} = R \cos \alpha$$

**Grafico N° 2.1**



**Solución del campo de una línea cargada de longitud infinita**

$$\frac{R}{h} = \sec \alpha \quad R \hat{n} = R \cos \alpha$$

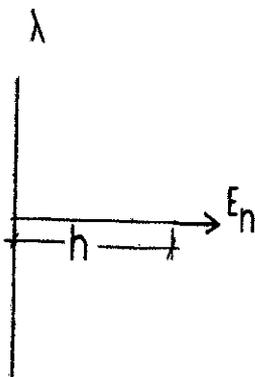
Y de

$$r' = h \tan \alpha \Rightarrow dr' = \frac{h d \alpha}{\cos^2 \alpha}$$

Reemplazando en  $E_n(h)$  se obtiene:

$$E_n = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 h} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos \alpha d\alpha = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 h}$$

**Grafico N° 2.2**



### c.- Línea de transmisión trifásica

Consideremos una línea de transmisión trifásica con potenciales en sus conductores  $V_i$  y las cargas  $\lambda_i$  por la unidad de longitud ( $i = 1, 2, 3$ ). Las líneas son paralelas al plano tierra (ver figura).

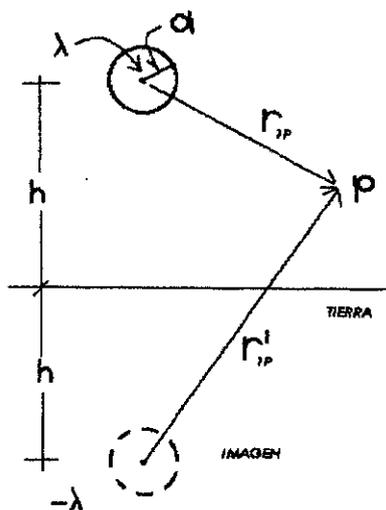
El efecto de la tierra es usualmente simulado por cargas reales  $\lambda_i$ . Así, se garantiza que el potencial en cualquier punto del plano es cero. **Relación entre el potencial y la carga en los conductores**

El potencial en un punto arbitrario  $P(x, y)$  debido al conductor 1 y su imagen está dado por

$$V_P = \frac{\lambda l}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{r_{1P}}{r_{01}}\right) + \frac{\lambda l}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{r'_{1P}}{r'_{01}}\right)$$

$$V_P = \frac{\lambda l}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{r'_{1P}}{r_{1P}}\right)$$

Grafico N° 2.3



Donde el punto de referencia donde el potencial es cero, es el plano ( $r_{01} = r'_{01}$ )

Si el punto P está localizado en el primer conductor, entonces

$V_p \equiv V_1$ ,  $r_{1p} \equiv a$ ,  $r'_{1p} \equiv 2h$ , donde  $a$  es el radio del conductor y  $h$  es la altura del conductor.

El potencial es debido a las cargas de todos los conductores, entonces

$$V_1 = \frac{\lambda_1}{2\pi\epsilon_0} \text{Ln} \left( \frac{2h}{a} \right) + \frac{\lambda_2}{2\pi\epsilon_0} \text{Ln} \left( \frac{r'_{21}}{r_{21}} \right) + \frac{\lambda_3}{2\pi\epsilon_0} \text{Ln} \left( \frac{r'_{31}}{r_{31}} \right)$$

### Coefficientes de potencial

En el conductor 2 y 3 se obtiene:

$$V_2 = \frac{\lambda_1}{2\pi\epsilon_0} \text{Ln} \left( \frac{r'_{12}}{r_{12}} \right) + \frac{\lambda_2}{2\pi\epsilon_0} \text{Ln} \left( \frac{2h}{a} \right) + \frac{\lambda_3}{2\pi\epsilon_0} \text{Ln} \left( \frac{r'_{32}}{r_{32}} \right)$$

$$V_3 = \frac{\lambda_1}{2\pi\epsilon_0} \text{Ln} \left( \frac{r'_{13}}{r_{13}} \right) + \frac{\lambda_2}{2\pi\epsilon_0} \text{Ln} \left( \frac{r'_{23}}{r_{23}} \right) + \frac{\lambda_3}{2\pi\epsilon_0} \text{Ln} \left( \frac{2h}{a} \right)$$

Puede escribirse en forma equivalente como una matriz

$$\{V\} = [P] \{Q\}$$

A la matriz  $[P]$  se le llama los coeficientes de potencial. El valor de las cargas  $\{Q\}$  se obtiene invirtiendo la matriz  $[P]$  del párrafo anterior como

$$\{Q\} = [P]^{-1} \{V\}$$

Por último, si en una región se encuentran presentes simultáneamente todos los tipos de distribución de carga, el campo eléctrico total en el punto  $r$  se obtendrá como la suma de todos los campos debido a las diversas distribuciones de carga.

Campo eléctrico de una línea infinita con densidad de carga lineal constante  $\lambda$

$$E(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\delta(\mathbf{r}') R ds'}{R^3}$$

Es el campo eléctrico a una distribución superficial continua de carga eléctrica, y

$$E(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int L' \frac{\lambda(\mathbf{r}') R dr'}{R^3}$$

Es el campo eléctrico debido a una distribución lineal continua de carga eléctrica.

**Solución según:**

$$E(h) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\lambda(r') R \cdot \vec{n} dr'}{R^3}$$

Por la geometría de la figura:

$$\frac{R}{h} = \sec \alpha \quad R \cdot \vec{n} = R \cos \alpha$$

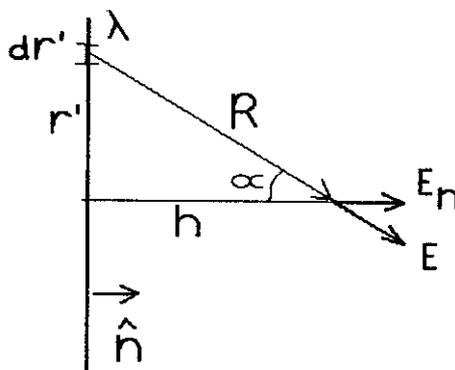
Y de

$$r' = h \tan \alpha \Rightarrow \quad dr' = \frac{h \sec^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} d\alpha$$

Reemplazando en  $E_n(h)$  se obtiene:

$$E_n = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 h} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos \alpha d\alpha = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 h}$$

**Grafico N° 2.4**



**Solución según:**

$$E(h) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\lambda(r) R dr'}{R^2}$$

Por la simetría del problema, el campo existe solo en la dirección  $n$ , entonces:

$$E_n(h) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\lambda(r) R \cdot \vec{n} dr'}{R^2}$$

Por la geometría de la figura:

$$\frac{R}{h} = \sec \alpha \quad R \cdot \vec{n} = R \cos \alpha$$

## 2.4.2 CAPACITANCIA.

### a. CAMPO ELECTRICO Y VOLTAJE EN UN CONDUCTOR CILINDRICO SOLIDO.

Otro parámetro en la línea de transmisión es la capacitancia. Este parámetro modela el campo eléctrico que se establece entre los conductores de la línea de transmisión, y entre los conductores y tierra, y que es debido a la presencia de carga en dichos conductores.

La capacitancia entre conductores en un medio de permitividad constante  $\epsilon$  se puede obtener como sigue:

1. A partir de la ley de Gauss obtenemos la intensidad de campo eléctrico  $E$ .
2. En función de la intensidad de campo eléctrico, obtenemos el voltaje entre conductores, y finalmente

3. Conocido el voltaje podemos obtener la capacitancia por unidad de voltaje

$$(C = q/V).$$

Antes de seguir con el procedimiento indicado arriba, es importante mencionar que el método descrito no es el único, pero uno de los más usados

La ley de Gauss establece que

$$\text{donde: } \iint D \cdot ds = \iint \epsilon E \cdot ds = Q_{\text{encerrada}} \quad (27)$$

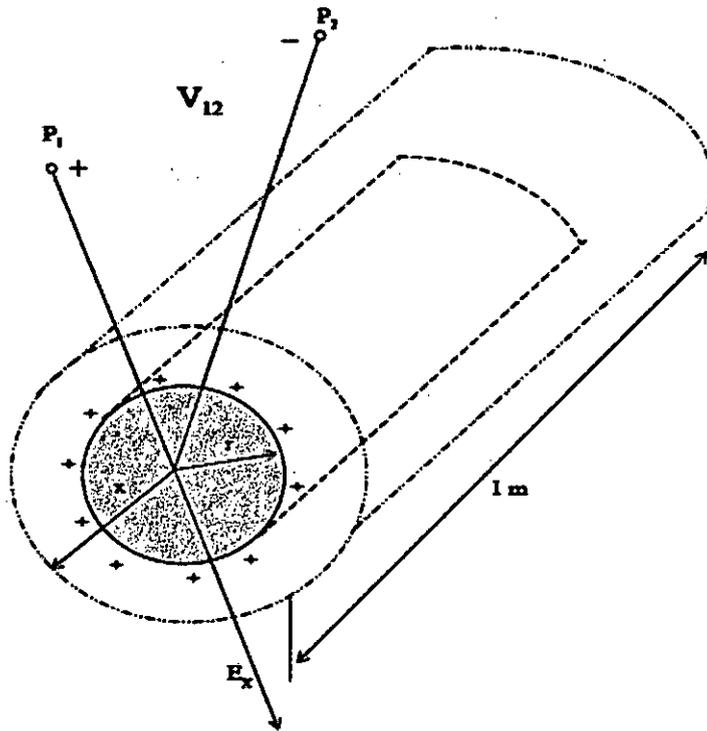
D: Densidad de flujo eléctrico

E: Intensidad de campo eléctrico

ds: Elemento diferencial de área.

Consideremos un conductor cilíndrico sólido, conductor perfecto, y el cual tiene una distribución uniforme de carga, tal como se muestra en la figura 2.2

Figura N° 2.2  
Conductor cilíndrico sólido



En este punto haremos algunas suposiciones, sin comprometer de manera notoria la precisión de los resultados que vamos a obtener:

1. La longitud del conductor es suficientemente grande para despreciar los llamados efectos finales.
2. Supondremos un conductor perfecto, es decir, resistividad igual a cero,  $\rho = 0$ . De acuerdo a la segunda suposición, la ley de Ohm nos permite concluir que el campo interior en el conductor es cero, dado por  $E_{int} = \rho J = 0$  (flujo interno cero).

Considerando la superficie gaussiana formada por el cilindro de 1 metro de longitud de la figura 2.2 (mostrada con trazos punteados), vemos que existe no componente tangencial de  $E$  y que la componente radial

EX es constante. Tomando en cuenta las observaciones arriba mencionadas en la ecuación (0.27) obtendremos.

$$\epsilon E_x (2\pi x)(1) = Q$$

Y a partir de esta ecuación obtenemos

$$E_x = \frac{Q}{2\pi\epsilon x} \quad V/m \quad (0.28)$$

donde  $\epsilon = \epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$  para conductores en el vacío.

Las superficies de potencial constante (superficies equipotenciales) son cilindros concéntricos al conductor. La diferencia de potencial entre dos cilindros concéntricos a distancias D1 y D2 está dada por:

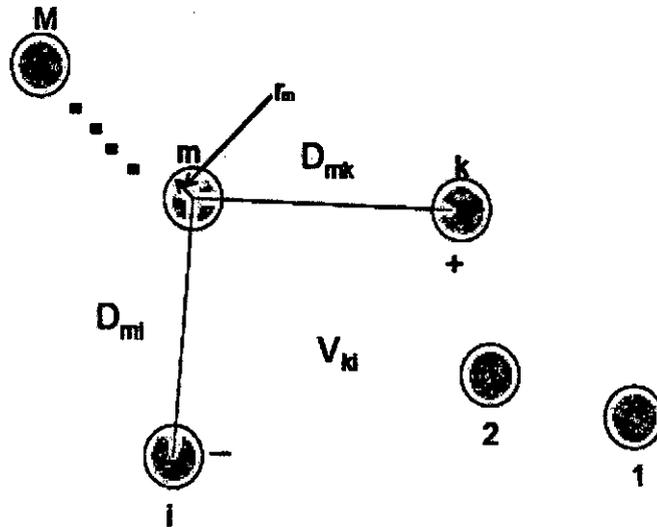
$$V_{12} = \int_{D_1}^{D_2} E_x dx \quad (0.29)$$

Sustituyendo (0.28) en (0.29)

$$V_{12} = \int_{D_1}^{D_2} \frac{Q}{2\pi\epsilon x} dx = \frac{Q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{D_2}{D_1} \quad \text{volts} \quad (0.30).$$

Este resultado, aunque restringido, es muy útil para obtener resultados más generales, lo cual haremos a continuación. Para esto considere un arreglo de M conductores cilíndricos como se muestra en la figura 2.3. Suponemos que cada conductor m tiene una carga de Q C/m uniformemente distribuida a lo largo del conductor.

Figura N° 2.3  
Arreglo de M conductores



Sea  $V_{kim}$  el voltaje entre los conductores k e i debido a la carga  $q_m$  actuando sola. Entonces el valor de este voltaje estará dado por la ecuación

aquí  $D_{mm} = r_m$  cuando  $k = m$  ó bien  $i = m$ .

Es

$$V_{kim} = \frac{1}{2\pi\epsilon} q_m Ln \frac{D_{mi}}{D_{mk}} \quad \text{volts} \quad (0.31)$$

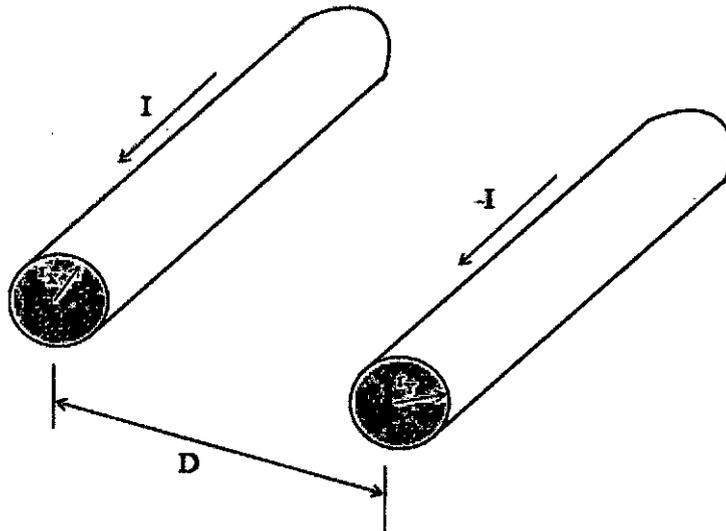
importante notar que se ha despreciado la distorsión del campo eléctrico en la vecindad de otros conductores. Usando el principio de superposición, el voltaje  $V_{ki}$  entre los conductores k e i debido a todas las cargas es

$$V_{ki} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \sum_{m=1}^M q_m Ln \frac{D_{mi}}{D_{mk}} \quad \text{voltios} \quad (0.32).$$

**b.- CAPACITANCIA DE UNA LINEA MONOFASICA.**

Consideremos la línea monofásica mostrada en la figura 2.4.

Figura N° 2.4  
Línea monofásica



El conductor x tiene una carga uniforme  $q$  C/m, y por conservación de carga, el conductor y tiene una carga  $-q$  C/m. Usando la ecuación (0.32) con  $k = x, i = y, m = x$

si usamos por otro lado,  $D_{xy} = D_{yx} = D$ ,  $D_{xx} = r_x$  y  $D_{yy} = r_y$  tendremos:

$$V_{xy} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left[ q \text{Ln} \frac{D_{yx}}{D_{xx}} - q \text{Ln} \frac{D_{xy}}{D_{yy}} \right] = \frac{q}{2\pi\epsilon} \text{Ln} \frac{D_{yx} D_{yy}}{D_{xx} D_{xy}} \quad (0.33)$$

$$V_{xy} = \frac{q}{\pi\epsilon} \text{Ln} \frac{D}{\sqrt{r_x r_y}} \quad \text{voltios} \quad (0.34).$$

Finalmente para una línea de 1 metro de longitud, la capacitancia entre conductores será:

Por otro lado

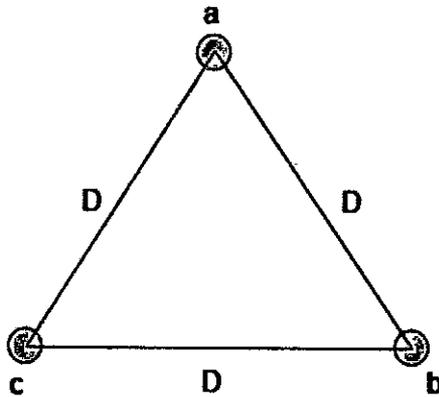
$$C_{xy} = \frac{q}{V_{xy}} = \frac{\pi\epsilon}{\text{Ln} \frac{D}{\sqrt{r_x r_y}}} \quad \text{F / m línea - línea} \quad (0.35).$$

### c.- LINEA TRIFASICA

Consideremos la línea trifásica mostrada en la figura 2.5.

$$C_{xy} = \frac{\pi\epsilon}{Ln - r} \quad F/m \text{ línea-línea} \quad (0.36).$$

Figura N° 2.5  
Línea de transmisión trifásica



Suponemos, por ahora, que el efecto de tierra se desprecia y que no hay conductor neutro, por lo que  $q_a + q_b + q_c = 0$  (cargas de secuencia positiva).

Usando la ecuación (0.33) con  $k = a$ ,  $i = b$ ,  $m = a, b, c$ , el voltaje  $V_{ab}$  entre los conductores a y b es:

$$V_{ab} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left[ q_a \operatorname{Ln} \frac{D_{ab}}{D_{aa}} + q_b \operatorname{Ln} \frac{D_{bb}}{D_{bb}} + q_c \operatorname{Ln} \frac{D_{bc}}{D_{ac}} \right]$$

con  $D_{aa} = D_{bb} = r$  y  $D_{ab} = D_{ba} = D_{ca} = D_{cb} = D$  tenemos:

$$V_{ab} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left[ q_a \operatorname{Ln} \frac{D}{r} + q_b \operatorname{Ln} \frac{r}{D} + q_c \operatorname{Ln} \frac{D}{D} \right] \quad (0.37)$$

por lo que, dado que  $\operatorname{Ln} 1 = 0$

$$V_{ab} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left[ q_a \operatorname{Ln} \frac{D}{r} + q_b \operatorname{Ln} \frac{r}{D} \right] \quad (0.37')$$

El tercer término  $q_c \operatorname{Ln} \frac{D}{D} = 0$  debido a que los conductores a y b son equidistantes del conductor c. Los conductores a y b están en un cilindro equipotencial para el campo eléctrico debido a  $q_c$ .

De manera similar de la ecuación (0.32) con  $k = a$ ,  $i = c$ ,  $m = a, b, c$ :

$$V_{ac} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left[ q_a \operatorname{Ln} \frac{D_{aa}}{D_{aa}} + q_b \operatorname{Ln} \frac{D_{cb}}{D_{cb}} + q_c \operatorname{Ln} \frac{D_{cc}}{D_{cc}} \right]$$

en donde, debido a que  $D_{bc} = D_{cb}$  y por lo tanto  $\operatorname{Ln} \frac{D}{D} = 0$ , obtenemos:

$$V_{ac} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left[ q_a \operatorname{Ln} \frac{D}{r} + q_c \operatorname{Ln} \frac{r}{D} \right] \quad \text{voltios} \quad (0.38)$$

Por otro lado recordamos que:

$$V_{ca} = \sqrt{3} V_m \angle 30^\circ = \sqrt{3} V_m \left[ \frac{\sqrt{3}}{2} + j \frac{1}{2} \right]$$

$$V_{ac} = -V_{ca} = -\sqrt{3} V_m \angle -30^\circ = \sqrt{3} V_m \left[ \frac{\sqrt{3}}{2} - j \frac{1}{2} \right]$$

De las expresiones anteriores:

$$V_{ab} + V_{ac} = 3V_{an} \quad (0.39)$$

de donde sustituyendo (0.37'), (0.38) en (0.39):

$$V_{an} = \frac{1}{3} \left( \frac{1}{2\pi\epsilon} \right) \left[ 2q_a \text{Ln} \frac{D}{r} + (q_b + q_c) \text{Ln} \frac{D}{D} \right]$$

pero dado que  $q_b + q_c = -q_a$ , sustituimos en la última ecuación y obtendremos:

$$V_{an} = \frac{1}{2\pi\epsilon} q_a \text{Ln} \frac{D}{r} \quad \text{voltios} \quad (0.40)$$

por lo que la capacitancia a neutro por longitud de línea será:

$$C_{an} = \frac{q_a}{V_{an}} = \frac{2\pi\epsilon}{\text{Ln} \left( \frac{D}{r} \right)} \quad \text{F/m línea - neutro} \quad (0.41).$$

Además debido a la simetría del caso, se obtienen los mismos resultados para las otras fases:

$$C_{bn} = \frac{q_b}{V_{bn}} \quad C_{cn} = \frac{q_c}{V_{cn}}$$

**d.- CAPACITANCIA DE UNA LINEA TRIFASICA CON ESPACIAMIENTO ASIMETRICO.**

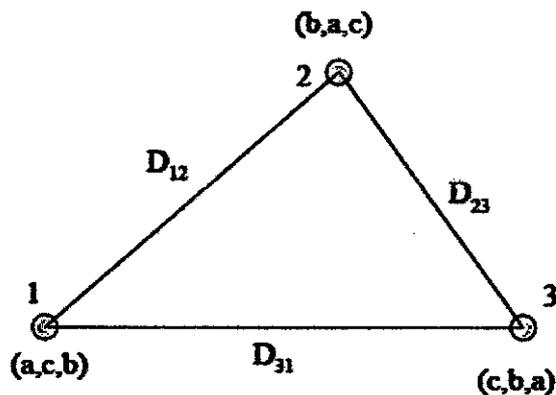
El resultado obtenido en la sección anterior, en el cual existe un desacoplamiento matemático en las expresiones de capacitancia, existe únicamente en la configuración tratada en esta sección, en la cual los conductores son equidistantes. Cualquier otra configuración conduce a una expresión imposible de simplificar en la forma como lo hicimos antes, lo cual está asociado con expresiones para la capacitancia en las cuales existe un acoplamiento matemático, producto de la asimetría de la configuración.

Una solución a este problema, la cual no se efectúa muy a menudo en la práctica actualmente por múltiples razones, es la transposición completa de los conductores, la cual fue discutida en el caso de la inductancia. El resultado de la transposición es el mismo que en el caso de la inductancia, o sea, eliminar la asimetría causada por el hecho de que las distancias entre conductores son diferentes, y se lleva a cabo bajo el principio de que cada conductor ocupa las tres (en el caso trifásico) diferentes posiciones posibles, por secciones de la misma longitud.

Con el fin de efectuar el análisis correspondiente al caso, nos referimos a la figura 14.

Figura N° 2.6

Transposición de una Línea Trifásica



Partimos de una línea completamente transpuesta, y para la primera sección del ciclo de transposición tenemos:

$$V_{a1} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left[ q_{a1} \text{Ln} \frac{D_{12}}{r} + q_{b1} \text{Ln} \frac{r}{D_{11}} + q_{c1} \text{Ln} \frac{D_{23}}{D_{13}} \right] \quad (0.42)$$

Para la

$$V_{a2} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left[ q_{a2} \text{Ln} \frac{D_{23}}{r} + q_{b2} \text{Ln} \frac{r}{D_{22}} + q_{c2} \text{Ln} \frac{D_{31}}{D_{21}} \right] \quad (0.43)$$

segunda sección de transposición:

finalmente para la tercera sección de transposición:

$$V_{a3} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left[ q_{a3} \text{Ln} \frac{D_{31}}{r} + q_{b3} \text{Ln} \frac{r}{D_{31}} + q_{c3} \text{Ln} \frac{D_{12}}{D_{32}} \right] \quad (0.44).$$

Si despreciamos la caída de voltaje en cada sección,  $V_{ab}$  será igual en todo el ciclo de transposición. Se puede escribir tres ecuaciones para  $V_{bc} = V_{ab} < -120^\circ$  y tres ecuaciones más que igualen a cero la suma de las cargas en cada sección del ciclo de transposición. Con esto obtenemos 9 ecuaciones en 9 incógnitas cuya solución nos conduce a la obtención de las 9 cargas  $q_{ai}$ ,  $q_{bi}$ ,  $q_{ci}$  para  $i = 1, 2, 3$ . Lo anterior, aunque posible, es muy complicado y optamos por una alternativa diferente para obtener la solución.

Supondremos, sin menoscabo de la validez de este análisis, que :

$$q_{a1} = q_{a2} = q_{a3} \quad q_{b1} = q_{b2} = q_{b3} \quad q_{c1} = q_{c2} = q_{c3} \quad (0.45).$$

la solución se puede simplificar si hacemos uso del valor promedio de  $V_{ab}$ :

$$V_{ab(\text{promedio})} = \frac{1}{3}(V_{ab1} + V_{ab2} + V_{ab3})$$

tomando en cuenta la ecuación (0.45) obtenemos:

$$V_{ab} = \frac{1}{6\pi\epsilon} \left[ q_a \operatorname{Ln} \left( \frac{D_{12} D_{23} D_{31}}{r^3} \right) + q_b \operatorname{Ln} \left( \frac{r^3}{D_{12} D_{23} D_{31}} \right) + q_c \operatorname{Ln} \left( \frac{D_{12} D_{23} D_{31}}{D_{12} D_{23} D_{31}} \right) \right]$$

Notar que el argumento del último término logarítmico de esta ecuación es igual a uno, por lo que esta expresión se reduce a:

$$V_{ab} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left( q_a \operatorname{Ln} \frac{D_{eq}}{r} + q_b \operatorname{Ln} \frac{r}{D_{eq}} \right) \quad (0.46)$$

donde  $D_{eq} = (D_{12} D_{23} D_{31})^{1/3}$ .

De manera similar podemos obtener  $V_{ac}$ , que resulta:

De manera similar podemos obtener  $V_{ac}$ , que resulta:

$$V_{ac} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left[ q_a \operatorname{Ln} \frac{D_{eq}}{r} + q_c \operatorname{Ln} \frac{r}{D_{eq}} \right] \quad (0.47)$$

Si sumamos las ecuaciones (0.46) y (0.47):  $V_{ab} + V_{ac} = 3V_a$ , y además

$(q_b + q_c) = -q_a$ , lo cual conduce a:

$$\text{De } 3V_a = V_{ab} + V_{ac} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left( 2q_a \operatorname{Ln} \frac{D_{eq}}{r} - q_a \operatorname{Ln} \frac{r}{D_{eq}} \right) = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left( 3q_a \operatorname{Ln} \frac{D_{eq}}{r} \right)$$

donde obtenemos

$$V_m = \frac{q_a}{2\pi\epsilon} \ln \frac{D_{ca}}{r} \quad (0.48)$$

De aquí que la capacitancia de línea a neutro de la línea transpuesta será:

$$C_m = \frac{q_a}{V_m} = \frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{D_{ca}}{r}} \text{ F/m a neutro} \quad (0.49).$$

## 2.5 Definiciones de términos básicos

- **Epistemología.**-Se ocupa de problemas tales como las circunstancias históricas, psicológicas y sociológicas que llevan a la obtención del conocimiento y los criterios por las cuales se le justifica o invalida.
- **Precaución.**- El principio de precaución es un concepto que respalda la adopción de medidas protectoras ante las sospechas fundadas de que ciertos productos o tecnologías crean un riesgo grave para la salud pública o el medio ambiente, pero sin que se cuente todavía con una prueba científica definitiva de tal riesgo.
- **Dosimetría.**- La Dosimetría de radiación es el cálculo de la dosis absorbida en tejidos y materia como resultado de la exposición a la radiación ionizante o no ionizante, tanto de manera directa como indirecta. Es una subespecialidad científica, en el campo de la física de la salud y la física médica, la cual se enfoca en el cálculo de las dosis internas y externas de la radiación ionizante o no ionizante.
- **Efecto biológico.**- Son los cambios importantes en células, tejidos, órganos, y en el individuo en su totalidad

### III VARIABLES E HIPOTESIS

#### 3.1 Definición de las variables

Para demostrar y comprobar posteriormente la Hipótesis, se definirán las variables e indicadores, como:

- a. Variable X = Conocimiento respecto a Campos Electromagnéticos
- b. Variable Y = Determinación de valores e intensidad de Campo Eléctrico y Campo Magnético sobre el ser humano
- c. Variable Z = Reducción de inseguridad frente a Líneas Invisibles No Ionizantes formados por Campos Electromagnéticos, instalándose el Principio de Precaución.

#### 3.2 Operacionalización de variables

La operacionalización de la hipótesis, es para elevar los referentes empíricos a un nivel de abstracción matematizado, desglosando cada variable en indicadores, midiendo los valores de los campos electromagnéticos, los cuales probarán la hipótesis

#### VARIABLE INDEPENDIENTE

##### VARIABLE X

- Intensidad de Campo Electromagnético
  - Campo Eléctrico..... X1
  - Campo Magnético..... X2
- Corriente ..... X3
- Efecto Corona..... X4
- Tensión de Paso ..... X5
  - Tensión de Toque ..... X6

#### VARIABLE DEPENDIENTE

##### VARIABLE Y

- Interferencia sobre equipos médicos..... Y1
- Leucemia ..... Y2

- Cáncer .....	Y3
- Efecto Neurovegetativos .....	Y4
- Efecto Biológico.....	Y5

**VARIABLE Z**

- Medidas de Protección.....	Z1
- Limitaciones de acuerdo a normas eléctricas.....	Z2
- Actualizar Procedimientos Operativos .....	Z3
- Relación de Causalidad.....	Z4
- Principio de Precaución .....	Z5
- Advertencias Audibles y Visibles.....	Z6
- Apantallamiento.....	Z7
- Aumento de distancia entre máquina y operador.....	Z8

**3.3 Hipótesis general e hipótesis específicas**

**Hipótesis general**

Se verifica mediante la Investigación con mediciones y la adecuación de sistemas eléctricos, la reducción de la incidencia de los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Transmisión y Distribución instaladas en el Perú que originan riesgos en el ser humano, denominándose **RIESGOS POR CAMPOS ELECTROMAGNETICOS EN LINEAS ELECTRICAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION EN EL PERU.**

Los seres humanos que viven cerca de las líneas eléctricas, así como los que cruzan estas líneas eléctricas, carecen de conocimientos básicos para determinar los Riesgos a lo que están expuestos por la cercanía a estos sistemas eléctricos, por lo que ha sido necesario determinar valores de CEM, para reducir los riesgos por incidencia y dosis que recibe el ser viviente

### **Hipótesis específicas.-**

De acuerdo a los análisis realizados fue posible plantear las siguientes hipótesis de carácter específico:

#### **Hipótesis específica 1.-**

Se verifica mediante la Investigación con mediciones y la adecuación de sistemas eléctricos, la reducción de la incidencia de los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Transmisión instaladas en el Perú que originan riesgos en el ser humano, denominándose **RIESGOS POR CAMPOS ELECTROMAGNETICOS EN LINEAS ELECTRICAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION EN EL PERU.**

#### **Hipótesis específica 2.-**

Se verifica mediante la Investigación con mediciones y la adecuación de sistemas eléctricos, la reducción de la incidencia de los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Distribución instaladas en el Perú que originan riesgos en el ser humano, denominándose **RIESGOS POR CAMPOS ELECTROMAGNETICOS EN LINEAS ELECTRICAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION EN EL PERU.**

### **Consideraciones**

Existen mecanismos de interacción bien definidos que muestran la interacción con los tejidos biológicos sin romper enlace alguno, por lo que sin ser ionizantes alteraran al ser humano

La determinación de los campos electromagnéticos dará lugar a la reducción de la magnitud, por lo tanto reduciéndose también los efectos

#### **IV- METODOLOGÍA**

Para alcanzar los objetivos, explicar, demostrar, probar y plantear la solución al problema objeto de estudio formulado en la hipótesis, se desarrolló las actividades principales siguientes:

- Concepción ontológica y formulación de los riesgos que producen los CEM sobre los seres humanos.
- Acopio de las informaciones científicas tecnológicas referentes a los riesgos producidos por CEM y valores de Campo Eléctrico y Campo Magnético
- Elaboración de gráficos de Líneas Equipotenciales, utilizando software en Matlab, determinando valores de Líneas Equipotenciales, con apoyo multidisciplinario de profesionales afines al problema objeto de investigación, prioritariamente con conocimiento de Líneas de Transmisión y Líneas de Distribución.
- Determinación de las Unidades de Análisis y cálculo estadístico del tamaño de la muestra.
- Instrumentos utilizados para medición de valores B, cuyos valores permitio encuestar con sustentación sólida, a lo cambios importantes en células, tejidos, órganos, y en el individuo en su totalidad, para los residentes y transeúntes próximos a las líneas de transmisión y líneas de Distribución.
- Utilización y aporte de la experiencia profesional adquirida en la elaboración de proyectos y ejecución de obras, en diferentes niveles de tensión a nivel de nacional..

##### **4.1 Tipo de investigación**

Debido a los trabajos del presente estudio, corresponde al tipo: Investigación Científica, Aplicada-Transversal, en la cual se realizaron mediciones, a líneas invisibles deduciéndose que es Experimental – Tecnológico, iniciándose el mes de Febrero del año 2017 y cuyo término será en Enero del año 2018.

Se utilizó Software en Matlab para determinar los valores de Campos Eléctricos.

#### **4.2 Diseño de la investigación**

Se realizó por etapas o pasos

- **Paso 1.-** Se buscó reducir en la presente investigación, la incidencia de la intensidad del Campo Electromagnético, sobre los seres humanos, contando con el apoyo de profesionales, como: Ingenieros Electricistas, Electrónicos, Médicos con experiencia en trabajos similares.
- **Paso 2.-** Se utilizó equipos de medición de Campo Eléctrico y Magnético, realizando mediciones en las Líneas de Transmisión y Distribución, seleccionados para este estudio, encuestas a los pobladores circundantes, por lo cual se tomo las medidas de protección.
- **Paso 3.-** Conociendo los resultados de las mediciones, se realizó las recomendaciones a las entidades afines a la electricidad, para que adecuen distancias, altura, tipo y forma de instalación de cables y conductores, con lo cual, la dosis de incidencia podrá ser aceptada por la población.

#### **4.3 Población y muestra**

Para aplicar los conocimientos técnicos, ha sido necesario tomar el criterio de precaución, por cuanto se trata de mediciones realizadas debajo de las instalaciones eléctricas existentes en operación o tensión, así como encuestas a personas con vivencia cercana y próximas a las Líneas Eléctricas. La muestra seleccionada próximo a las líneas de transmisión y línea de distribución seleccionada, cuyos niveles de tensión son indicadores del alto peligro a la cercanía de cada una de las instalaciones. En consideración a las mediciones realizadas, se alcanzó los objetivos para probar,

explicar y demostrar la hipótesis formulada; por lo cual fue necesario aplicar también las técnicas estadísticas determinándose el tamaño de la muestra de la población bajo muestreo de dichos usuarios, en las unidades de medida con los límites de confianza en función de la Distribución Normal Estándar.

#### **4.3.1 Características.-**

Para el presente análisis no se tomó en consideración el tipo de sexo y edad.

#### **4.3.2 Delimitación.-**

Se ha considerado el análisis de estudio a nivel nacional, motivado por la experiencia adquirida en sistemas eléctricos de Transmisión, Distribución y Subestaciones

#### **4.3.3 Ubicación y espacio.-**

- 1.- Línea de Transmisión Juliaca-Puno en 138 KV y Línea Primaria 22,9/13.2 KV a Saman. Departamento Puno.
- 2.- Línea de Transmisión 220 KV, Av. Elmer Faucett, tramo Av. Quilca-Av. La Chalaca, Provincia Callao, Región Callao.
- 3.- Línea de Transmisión 60 KV, Av. La Marina tramo Av. Rafael Escardo - Jr. Castilla, Distrito de San Miguel, Departamento Lima.
- 4.- Subestación 20/0.23KV y Línea Primaria, Calle Revolución, Distrito Ventanilla.
- 5.- PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO P.S.E. HUAROCHIRI  
SUBESTACION SURCO 60/10/22,9 KV, LINEA PRIMARIA  
22,9/13.2 KV, 106 Km- Lima
- 6.- ESTUDIO DE INTERFERENCIAS ELÉCTRICAS EN LA  
CARRETERA HUANUCO – LA UNIÓN-HUALLANCA 153 Km  
Interferencias Eléctricas y Telecomunicaciones  
Departamento Huánuco- Departamento Ancash

7.- PROYECTO DE INTEGRACION VIAL TACNA – LA PAZ 57 km  
Interferencias Eléctricas y Telecomunicaciones

8.- Diseño de Líneas y Subestaciones, 220/13.8 KV, Minas Gold  
Fields, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca

#### **4.3.4 Tamaño de la muestra**

Se realizó preguntas de dolencia o afectación a los pobladores, con proximidad a las instalaciones eléctricas ya indicadas.

##### **a. El diseño de la muestra probabilística**

El diseño de la muestra probabilística empleado es por sectores, dado que las líneas de Transmisión y líneas de Distribución se encuentran en diferentes puntos geográficos.

##### **b. Muestra Numérica**

Se determino la muestra numérica de una población infinita, tomando como universo a las personas que viven y circundan cerca de Líneas de Transmisión, líneas de Distribución y Subestaciones, que por razones de desplazamiento para trabajo, estudio, visita u otros motivos se aproximan a estas instalaciones eléctricas, siendo estos pobladores a seleccionar de los sectores indicadas anteriormente, con un valor estimado de 400 personas

**Cuadro N° 4.1**  
**SENSIBILIDAD ELECTRICA**

	CONOCIMIENTO DE CAMPO ELECTROMAGNETICO	TENSION DE TOQUE Y PASO	RADIACION IONIZANTE	EFEECTO NEUROVEGETATIVO	DOLOR DE CABEZA	LEUCEMIA	DIFICULTADIMIENTO DE RESPIRAR	ELECTROSMOG	TENSION DE TOQUE Y PASO	TOTAL
Línea de Transmisión Juliaca-Puno en 138 KV	13	5	5	5	12	2	2	4	5	53
Línea de Transmisión 220 KV, Av. Elmer Faucett	24	25	-	9	5	-	8	12	12	95
Línea de Transmisión 60 KV, Av. La Marina	22	15	12	-	6	1	2	4	-	62
Subestación 20/0.23KV y Línea Primaria, Calle Revolución, Distrito Ventanilla	18	-	8	-	10	-	4	2	3	45
P.S.E. HUAROCHIRI SUBESTACION SURCO 60/10/22,9 KV, LINEA PRIMARIA 22,9/13.2 KV 106 Km- lima	31	12	-	5	5	-	-	-	4	57
ESTUDIO DE INTERFERENCIAS ELECTRICAS EN LA CARRETERA HUANUCO – LA UNION-HUALLANCA 153 Km Interferencias Eléctricas y Telecomunicaciones	19	5	-	3	-	1	1	-	-	29
PROYECTO DE INTEGRACION VIAL TACNA - LAPAZ 57 km Interferencias Eléctricas y Telecomunicaciones	6	6	1	3	-	1	2	1	-	20
Línea 60 KV, HERVAY ALTO-CAÑETE-LIMA	16	-	-	5	15	-	2	-	1	39
<b>TOTAL</b>	<b>149</b>	<b>68</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	<b>53</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>400</b>

1. Línea de Transmisión Juliaca-Puno en 138 KV y Línea Primaria 22,9/13.2 KV a Saman. Departamento Puno.
2. Línea de Transmisión 220 KV, Av. Elmer Faucett, tramo Av. Quilca-Av. La Chalaca, Provincia Callao, Región Callao.
3. Línea de Transmisión 60 KV, Av. La Marina tramo Av. Rafael Escardo - Jr. Castilla, Distrito de San Miguel, Departamento Lima.
4. Subestación 20/0.23KV y Línea Primaria, Calle Revolución, Distrito Ventanilla
5. PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICOP.S.E. HUAROCHIRI SUBESTACION SURCO 60/10/22,9 KV, LINEA PRIMARIA 22,9/13.2 KV, 106 Km- Lima
6. ESTUDIO DE INTERFERENCIAS ELÉCTRICAS EN LA CARRETERA HUANUCO – LA UNIÓN-HUALLANCA 153 Km Interferencias Eléctricas y Telecomunicaciones Departamento Huánuco- Departamento Ancash
7. PROYECTO DE INTEGRACION VIAL TACNA – LA PAZ 57 km Interferencias Eléctricas y Telecomunicaciones
8. Diseño de Líneas y Subestaciones, 220/13.8 KV, Minas Gold Fields, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca

**c. Muestra Inicial.** Por ser una magnitud de población nacional y heterogénea con diversos sectores geográficos, sociales, económicos, educativos, etc, la muestra seleccionada se realizo por el método muestreo por racimos, aplicando la fórmula:

$$n = z^2 \frac{pq}{E^2}$$

$$p + q = 1.0 \text{ ó } 100\%$$

**Dónde:**

n = Tamaño de la muestra inicial

z = Límite de confianza para generalizar los resultados.

P = Campo de variabilidad de aciertos ó éxitos.

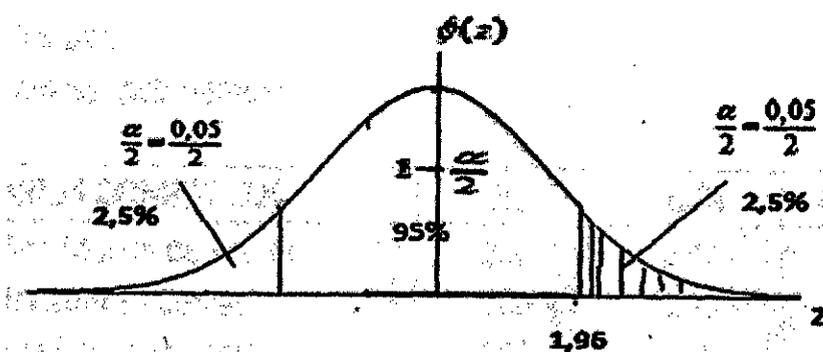
Q = Campo de variabilidad de desaciertos o fracasos.

E = Nivel de precisión para generalizar los resultados.

Relacionando los términos estadísticos con los instrumentos de recolección de datos para la determinación del tamaño de la muestra inicial con el 95% de límite de confianza y 5% de límite de desconfianza (error), ( $p + q = 95 \% + 5 \% = 100 \%$ ).

Los valores considerados fueron extraídos de la Tabla: "Distribución Normal Estándar de Áreas Bajo la Curva"<sup>14</sup> tipificada de cero a zeta (0 a "2", encontramos el valor de  $z = 1.96$  para los campos de variabilidad estimamos:

**Figura N° 4.1**  
**DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR**



Fuente UOC Proyecto e-Math Financiado por la Secretaria de Estado de Educación y Universitaria (MECD). Autor Angel A. Juan

Donde:

$$z = 1.96$$

$p = 0.60$  para los aciertos o éxitos

$q = 0.40$  para los errores o fracasos

$$E = 0.06$$

Reemplazando valores, tenemos:

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.60)(0.40)}{(0.06)^2} = 256.106 \cong 256 \text{ pobladores}$$

La muestra que fue considerada para llevar adelante el presente trabajo es de 256 pobladores

#### **d. Muestra Ajustada**

La muestra inicial (256) fue sometida al factor de corrección finita para obtener la muestra ajustada mediante la fórmula:

$$n_0 = \frac{n}{1 + \frac{n-1}{N}} = \frac{256}{1 + \frac{256-1}{400}}$$

Dónde:

$n_0$  = Muestra ajustada

$n$  = Valor de la muestra inicial (256)

$N$  = Población (400)

Reemplazando valores, tenemos:

$$n_0 = \frac{256}{1 + \frac{256-1}{400}} = \text{usuarios } 156.33 \approx 156$$

En este caso, sólo se investigó a 156 pobladores, que pueden ser o no usuarios y los resultados se generalizarán al número total de ellos.

#### **e. Proporcionalidad de la muestra**

Con el valor de la muestra ajustada ( $n_0 = 156$ ), se determinó la proporcionalidad de la misma, para lo cual se deberá conocer la cantidad de la población encuestada por sectores, posteriormente se aplicará la fórmula:

$$\frac{N_h}{N} (n_0)$$

Dónde:

$N_h$  = Sub población

$N$  = Población

$n_0$  = Muestra ajustada

Sustituyendo la relación de población se obtendrá nuevos valores.

#### **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **4.4.1 Técnicas de recolección de datos**

**Método General.** A través de este método general conocemos la evolución y comprendemos la interacción que han experimentado los seres humanos que transitan o viven próximos a las líneas de transmisión y líneas de distribución, los cuales reciben dosis de campo eléctrico y campo magnético.

##### **Métodos Específico.-**

- a. Experimental.- Durante el proceso experimental se utilizó un gausímetro, el cual determina los valores de campos magnéticos.
- b. Matematización.- La relación de los parámetros, ubicación de conductores, tensión, frecuencia, corriente, permite conocer los valores de incidencia electromagnética, en función a la carga eléctrica.

##### **4.4.2 Recolección de datos.**

Se realizó la recolección, encuestando a personas con vivencia cercana o próxima a las Líneas Eléctricas existentes:

1. Línea de Transmisión Juliaca-Puno en 138 KV y Línea Primaria 22,9/13.2 KV a Saman. Departamento Puno
2. Línea de Transmisión 220 KV, Av. Elmer Faucett, tramo Av. Quilca-Av. La Chalaca, Provincia Callao, Región Callao.

3. Línea de Transmisión 60 KV, Av. La Marina tramo Av. Rafael Escardo - Jr. Castilla, Distrito de San Miguel, Departamento Lima.
4. Subestación 20/0.23KV y Línea Primaria, Calle Revolución, Distrito Ventanilla
5. PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO P.S.E. HUAROCHIRI
6. SUBESTACION SURCO 60/10/22,9 KV, LINEA PRIMARIA 22,9/13.2 KV, 106 Km – Lima
7. ESTUDIO DE INTERFERENCIAS ELÉCTRICAS EN LA CARRETERA HUANUCO – LA UNIÓN-HUALLANCA 153 Km
8. Interferencias Eléctricas y Telecomunicaciones Departamento Huánuco- Departamento Ancash PROYECTO DE INTEGRACION VIAL TACNA = LA PAZ 57 km Interferencias Eléctricas y Telecomunicaciones
9. Diseño de Líneas y Subestaciones, 220/13.8 KV, Minas Gold Fields, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca

Las personas que cruzan estas líneas, muchos de los cuales carecen de conocimientos básicos para determinar los riesgos a los que están expuestos por la cercanía a estos sistemas eléctricos, fueron encuestadas respecto a los valores de CEM y se comparara con las recomendaciones.

#### **4.5 Procedimientos de recolección de datos**

##### **4.5.1 Instrumentos de Recolección de datos.**

El procedimiento estadístico aplicado en esta investigación para explicar, demostrar y verificar lo que se plantea en la hipótesis, consistió primeramente en el desarrollo de encuestas a los seres humanos que viven cerca de las líneas eléctricas indicadas líneas arriba.

Además de las encuestas forman parte parte de los datos los resultados de las mediciones realizadas, como los valores de

inducción en cada una de las líneas eléctricas, los cuales han sido corroborados con un software de aplicación en Matlab.

Se tomó también referencialmente las indicaciones de la Rev Perú Med Exp Salud Publica 2009, 26(1): 104-112. RIESGO PARA LA SALUD POR RADIACIONES NO IONIZANTE DE LAS REDES DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PERÚ, la cual indica en pag. 108:

#### **4.5.2 Exposición poblacional**

Se realizó mediciones en 1429 puntos de medición, 1284 para exposición al público en general y 145 exposición ocupacional. Los límites ICNIRP solamente fueron **sobrepasados** para el campo eléctrico en **22(1.7%)** lugares de exposición del público en general cercanos a líneas de 220 kV y un (0.7%) lugar de exposición ocupacional

#### **4.5.3 Plan de análisis estadísticos de datos**

Para alcanzar los objetivos, explicar, demostrar, probar y plantear la solución al problema objeto de estudio formulado en la hipótesis, se desarrolló las siguientes actividades principales:

Acopio de las informaciones científicas tecnológicas referentes a los riesgos producidos por CEM y valores de Campo Eléctrico y Campo Magnético

- Construcción de gráficos con valores de  $E$  y  $B$  con apoyo multidisciplinario de profesionales afines al problema objeto de investigación, prioritariamente con conocimiento de Líneas de Transmisión y Líneas de Distribución.
- Determinación de las Unidades de Análisis y cálculo estadístico del tamaño de la muestra.
- Instrumentos a utilizar para medición de valores de  $E$  y  $B$ , cuyos valores permitirá encuestar con sustentación sólida, a lo cambios importantes en células, tejidos, órganos, y en el individuo en su

totalidad, para los residentes y transeúntes próximos a las líneas de transmisión y líneas de Distribución.

#### **4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos**

Se procedió al ordenamiento y clasificación de datos mediante técnicas

## **V. RESULTADOS**

**5.1** Se ha determinado mediante encuestas en sitio (cuadro N° 4.1) y el procesamiento de datos a NIVEL NACIONAL, el desconocimiento de los pobladores respecto a CAMPOS ELECTROMAGNETICOS, a pesar de la residencia entre 5 y 50m de las Instalaciones eléctricas en servicio.

Manifiestan en la encuesta, cierto malestar, sin respuesta del mismo, dando lugar a RIESGOS por la cercanía a Líneas Eléctricas, con similitud a localidades distantes, donde también existen instalaciones eléctricas.

- Indica el cuadro N° 2.8, que no hay uniformidad en criterios técnicos, motivado por la baja importancia a los Riesgos originados por las Instalaciones eléctrica.
- Algunos cálculos descritos en la literatura muestran que un campo de 100  $\mu$ Teslas produce una densidad de corrientes de 2mA/m<sup>2</sup>. Por tanto, en el interior de un medio biológico se inducen corrientes y campos eléctricos debido al campo magnético.
- Debido a sus características morfológicas, las células presentan, por debajo de 100 Hz un comportamiento básicamente resistivo y muy poco inductivo
- La carga eléctrica alterna inducida en la superficie del cuerpo, causa que los vellos del cuerpo vibren.

Las instalaciones de transmisión, distribución de electricidad, el cableado y aparatos eléctricos domésticos generan el nivel de fondo de CEM-FEB en el hogar.

**5.2** Cuando la evidencia del daño de la exposición a un agente ambiental es inequívoca, se toman medidas preventivas aun cuando se tenga poco conocimiento de cómo "funciona" el mecanismo

**5.3** Los efectos de un agente físico o químico sobre un organismo dependen en gran medida de la dosis de incidencia generada por las

### Líneas de Transmisión Eléctrica.

- La correcta evaluación de los efectos sobre la salud de los CEM exige establecer la relación dosis-respuesta, y por lo tanto, una caracterización adecuada y completa de la exposición.
- El campo eléctrico en el interior de un tejido biológico es mucho menor que fuera, habitualmente en varios órdenes de magnitud. Eso significa que, por ejemplo, el cuerpo humano es un buen apantallamiento del campo eléctrico, es decir, no lo deja "pasar".
- Es muy común "oir" que no se conocen los mecanismos de interacción entre el campo electromagnético y un medio biológico. Esto es sencillamente falso. Los mecanismos de interacción se conocen en su mayoría desde hace mucho tiempo. Otra cosa es que se conozcan todos o que se hayan descrito efectos que no son explicables en su totalidad, bien por falta de conocimiento en las características electromagnéticas de los tejidos o bien porque los efectos descritos no son todo lo fiables que pudieran parecer.
- Las microestructuras del cuerpo humano se comportan como pequeños imanes que están influenciados por campos externos que modifican su contenido de energía. Estas microestructuras se encuentran en bacterias y otros elementos biológicos pequeños. Se cree que el cerebro humano contiene estos elementos que responden al campo magnético aplicado orientándose con él y creando algún efecto biológico. Los campos de ELF pueden crear efectos biológicos actuando como se ha descrito, pero para ello se necesitan campos magnéticos muy grandes de al menos 2 a 5  $\mu\text{T}$ .
- Se necesita conocer más sobre cómo el campo de ELF afecta a los procesos de la vida. Los investigadores creen que hay que hacer una clara distinción entre esos tres bioefectos y el proceso de efectos bio-electro-químicos de manera que el efecto de campos ELF débiles hay que encontrarlo fuera del ámbito de la física convencional.

- 5.4 Alrededor de las infraestructuras eléctricas se tiene una consecuencia de la ionización del aire producida por el *efecto corona*. Este efecto corona puede contribuir al aumento de los niveles de ozono troposférico generado por otras actividades industriales y de producción de energía eléctrica. El ozono troposférico, en concentraciones de 240  $\mu\text{mg}/\text{m}^3$ , produce efectos sobre la salud pública y en concentraciones del orden 120  $\mu\text{mg}/\text{m}^3$  puede tener incidencia sobre determinados cultivos.
- 5.5 En el 2005, el estudio del Grupo de Investigación sobre **Cáncer Infantil de la Universidad de Oxford**, realizado sobre 29.081 niños/as con cáncer (incluidos 9.700 con leucemia) señala un **aumento significativo del riesgo de cánceres en relación a la distancia de líneas eléctricas**

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.-**

### **6.1 Contratación de hipótesis con los resultados**

Se verifica mediante la Investigación, realizadas en el Peru, con mediciones y adecuación de sistemas eléctricos, la reducción de la incidencia de los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Transmisión y Distribución instaladas en el Perú que originan riesgos en el ser humano, denominándose **RIESGOS POR CAMPOS ELECTROMAGNETICOS EN LINEAS ELECTRICAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION EN EL PERU.**

- a. Se puede verificar mediante mediciones de Intensidad de Campo Magnético y los gráficos de Líneas Equipotenciales y Campo Eléctrico, 2.1 y 2.2 para Líneas Primarias y del 2.3 al 2.10, obtenidos en función a la Tensión de Operación, ubicación de conductores, la existencia de valores CEM, que se deberán tener presente durante el diseño, instalación y operación de Sistemas Eléctricos
- b. Se ha comprobado en las encuestas realizadas, que el poblador con permanencia cerca de Líneas de transmisión y Líneas de Distribución, tiene un desconocimiento total de la terminología y los riesgos a la que están expuestos, por lo que el conocimiento de la población permitirá tomar las precauciones del caso.
- c. De igual forma se midió en redes de baja tensión, al interior de la UNAC, valores de CEM con resultados altos, debido a la corriente transmitida. (foto N° 1).
- d. Se puede observar en la figura N° 1.2 la existencia de una diferencia de potencial en el medio ambiente, originado por la operación de las Líneas Eléctricas, el cual da lugar a la luminiscencia de la lámpara, sin conexión directa. Confirmando la

existencia de campo electromagnético que no es detectado por la visión normal, pero calculado por equipos como teluometro y software de aplicación. El presente ha sido confirmado por el tesista del presente trabajo

- e. Se puede observar en la foto N° 14 el uso de equipos eléctricos para medición, debajo de la línea de transmisión en 220 KV, **dando como resultado efectos de Resonancia en el multímetro, comprobando en sitio y con la veracidad puesta en la presente tesis, efectos por CEM**, verificando estos efectos por incidencia invisible de campo electromagnético (líneas equipotenciales y líneas de campo eléctrico). El presente ha sido confirmado por el tesista del presente trabajo

## **6.2 Contratación de resultados con otros estudios similares**

En las mediciones realizadas en cada una de las Líneas Eléctricas, mencionadas anteriormente, se ha podido comprobar valores mayores a los recomendados, los cuales se contrastaron con resultados de estudios similares.

- a) En el **2005**, el estudio del **Grupo de Investigación sobre Cáncer Infantil de la Universidad de Oxford**, realizado sobre 29.081 niños/as con cáncer (incluidos 9.700 con leucemia) señala un **aumento significativo del riesgo de cánceres en relación a la distancia de líneas eléctricas**
- b) Este mismo año la revisión epidemiológica de Leeká K héifets, Michael Repacholi, et al (OMS) *.The Sensitivity of Children to Electromagnetic Fields PEDIATRICS Vol. 116 No. 2 August 2005, pp.e303-e313* ) señalan que, con los rápidos avances en tecnologías se, expone a los niños cada vez más a campos electromagnéticos en edades tempranas y que existe una **evidencia epidemiológica consistente de una asociación entre**

**la leucemia infantil y la exposición a los campos magnéticos de baja frecuencia y concluyen con la necesidad de una recomendación para la investigación adicional y el desarrollo de políticas preventivas .**

- c) **Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) y el Ministerio de Sanidad recomendaron que “deben fomentarse estudios epidemiológicos en poblaciones expuestas por encima de 0’4  $\mu$ T.(microteslas)” , sin que hasta la fecha se haya llevado a cabo estudio epidemiológico alguno**
- d) **También un estudio realizado en Alemania ha sido reportado después de la terminación de la revisión de la NAS (Michaelis y col. 1997). Este fue un estudio caso-control de la leucemia de la niñez basada en 129 casos y 328 controles. La tasa de exposición abarcó mediciones del campo magnético en un periodo de 24 horas en el dormitorio del niño en la residencia donde el niño había estado viviendo por el periodo más largo antes de la fecha del diagnóstico. Un riesgo relativo elevado de 3,2 fue observado para niveles mayores a 0,2  $\mu$ T.**
- e) **El estudio del Instituto Karonliska de Estocolmo, dirigido por M. Feychting y A. Ahlbom: Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high-voltage Power Lines. Am J Epidem 7:467-481, 1993, mostró un incremento en la incidencia de leucemia infantil en viviendas situadas a menos de 50 m de las líneas de transporte a alta tensión y un aumento del riesgo por encima de niveles de 0’2 microteslas de campo magnético.**
- f) **En 1997 un estudio en adultos de C.Y. Li y col.(: Residential exposure to 60-Hertz magnetic fields and adult cancers in Taiwan. Epidemiology 8:25-30, 1997) mostró un incremento en la incidencia de leucemia en viviendas situadas a menos de 100 metros de líneas de transporte a alta tensión.**
- g) **En noviembre de 2008, un nuevo estudio residencial de la**

Universidad de Berna (Suiza) de los investigadores Huss, Anke y otros, concluye que las personas que viven en un radio de 50 metros de una línea de alta tensión tenían más probabilidades de morir con la enfermedad de Alzheimer: Cuanto más tiempo vivían cerca de una línea eléctrica de 220 -380kV, mayor es el riesgo: Después de 15 años, las probabilidades de morir de la enfermedad de Alzheimer se dobla en porcentaje (Huss, Anke et alii: Residence Near Power Lines and Mortality From Neurodegenerative Diseases: Longitudinal Study of the Swiss Population. American Journal of Epidemiology 2009 169 (2):167-175 )

- h) En Italia, un reciente estudio de Lucia Fazzo et al. (2009) sobre la morbilidad en un distrito de Roma señala que los cánceres primarios aumentaron significativamente entre los sujetos con más de 30 años de residencia y latencia. Se observó en los sujetos en la sub-zona de mayor exposición a CEM un aumento significativo para todos los cánceres, primarios y secundarios, y un aumento del doble en las enfermedades isquémicas

## **VII. CONCLUSIONES**

La evaluación de la exposición es uno de los aspectos más controvertidos en el análisis de la evidencia científica de los efectos sobre la salud, dado que la validez de los hallazgos de enfermedad asociados a CEM depende en gran medida de la correcta valoración de dicha exposición.

Actualmente, la implementación de normas en el Perú, que regulen la emisión de instalaciones eléctricas son escasas, esto debido a que no se ha creado conciencia para considerar seriamente los RIESGOS por Campos Electromagnéticos.

La gravedad de la lesión depende del tipo de radiación, de la dosis absorbida, de la velocidad de absorción y de la sensibilidad del tejido frente a la radiación

### **7.1 Conclusiones generales**

Como conclusiones generales indico que existe Inducción por CEM, los cuales han sido comprobados por mediciones en sitio y mediante aplicación de Software, concluyendo que estas curvas invisibles hacen activar equipos de iluminación, movimiento de vellos de los seres humanos, resonancia en equipos eléctricos, aumento de temperatura en los seres humanos, formación de ozono en área del efecto corona, riesgo relativo alto de contraer enfermedades como la Leucemia, Alzheimer, cáncer, con origen en Líneas Eléctricas de Transmisión y Líneas Primarias

### **7.2 Conclusiones Específicas de riesgos por inducción debido a CEM originados por Líneas de Transmisión en el Perú**

Se puede observar el encendido de la lámpara por inducción CEM, el cual es un indicador real de la actuación por radiación, con origen en la Línea de Transmisión.

La gravedad de la lesión depende del tipo de radiación, de la dosis absorbida, de la velocidad de absorción y de la sensibilidad del tejido frente a la radiación

En la Línea de 60KV de la Av. La Marina, foto N° 6, un valor de 117  $\mu$ T, mayor a los recomendados técnicamente y con riesgo para el ser humano, de igual forma para tensiones mayores, valores de CEM mayores, debiendo diseñar e instalar estructuras con mayor altura, para líneas aéreas con tensiones de 60, 138, 220 y 500 KV.

En caso de Líneas de Transmisión en Alta Tensión del tipo subterráneo, deberá utilizarse la pantalla metálica, con un material para confinar el campo magnético. Es posible un blindaje exterior a los cables, reduciendo el efecto capacitivo, bajo el concepto de tendencia cero

Las Líneas de Transmisión deberán de contar con mayor altura respecto a las estructuras convencionales utilizadas en el Perú, buscando obtener valores de CEM, menores a la unidad, reduciendo los riesgos en el ser humano.

### **7.3 Conclusiones Específicas de riesgos por inducción debido a CEM originados por Líneas de Distribución en el Perú**

Se ha comprobado al interior de la Subestación N° 2 de la UNAC, foto N° 1, valores de inducción mayor a las recomendaciones del MEM, 1750 mg equivalente a 175  $\mu$ T, los cuales originan riesgos altos al interior y exterior de la subestación, debiendo blindarse las paredes de la Subestación, con el concepto de uso de barras eléctricas al centro de la Subestación, reduciendo de esta manera la inducción CEM.

Las Líneas de Distribución deberán de contar con mayor altura respecto a las estructuras convencionales utilizadas en el Perú, buscando obtener valores de CEM, menores a la unidad, reduciendo los riesgos en el ser humano.

## **VIII RECOMENDACIONES**

### **8.1 Recomendaciones generales**

Después de los análisis, cálculos, mediciones y habiendo comprobado valores altos de CEM y la actuación de estas líneas invisibles, originados por las Líneas de Transmisión y Distribución en el Perú, deberá de mejorarse los códigos eléctricos, reduciendo los valores actualmente indicados, considerando seriamente los RIESGOS por Campos Electromagnéticos.

### **8.2 Recomendaciones Específicas para reducción de incidencia de CEM originados por Líneas de Transmisión en el Perú.**

- a) Las nuevas Líneas eléctricas de Transmisión, del tipo aéreo deberán ser ejecutadas del tipo subterráneo para el sector urbano, con blindaje metálico adicional, exterior al conductor. Instalar las Líneas Eléctricas Aéreas sobre estructuras con mayor altura a las convencionales y siguiendo las recomendaciones de países con experiencia en estudios de campos electromagnéticos en Líneas de Transmisión en el Perú, buscando el apantallamiento y la acción de estas líneas invisibles
- b) Las Líneas de Transmisión y Líneas Primarias en el Perú deberán considerar las recomendaciones de , Instituciones de investigación sobre Campos electromagnéticos como el Instituto de Bioelectromagnetismo Alonso de Santa Cruz y la Fundación Europea de Bioelectromagnetismo, los cuales plantearon el establecimiento de una distancia de seguridad de **1 metro por cada kilovoltio** de tensión de la línea eléctrica. Considerar también lo indicado por el parlamento italiano, el cual aprobó la denominada Ley Marco sobre a Contaminación Electromagnética, donde se plantea el establecimiento del valor máximo de **0'2 microteslas** de campo electromagnético como objetivo de calidad. Las regiones de Toscana, Emilia-Romagna y Veneto han adoptado como valor límite para nuevas

instalaciones **0'2 microteslas** para campo magnético y **0'5 kV/m** de campo eléctrico.

- c) La transmisión de energía Eléctrica en la mayoría de países industrializados es en Tensión Continua, debiendo utilizarse este criterio en el Perú.
- d) Deberá considerarse las recomendaciones de otros países con estudios de CEM como Alemania, donde una nueva ley en 2007, impone las líneas eléctricas subterráneas en todos los trazados que estén a menos de **200 metros de casas unifamiliares** y a **400 m** de todas las zonas urbanas o protegidas  
Algunos **ayuntamientos pioneros, como el de Jumilla, han establecido un criterio mayor de seguridad de 1 metro a edificios por cada kilovoltio (1.000 voltios) de tensión nominal de la línea**, como desde diversas instancias investigadoras se habían señalado.

### **8.3 Recomendaciones Específicas para reducción de incidencia de CEM originados por Líneas de Distribución en el Perú.**

- a) El diseño de ingeniería en Subestaciones y Líneas de Distribución deberá considerar la instalación de circuitos con alto amperaje, alejado de la pared, debido al débil apantallamiento de materiales de concreto
- b) Los estudios de CEM, deben realizarse en el punto más bajo de la Catenaria.
- c) Los Sistemas Eléctricos Rurales y Urbanos deberán mantener distancias de seguridad no solo por acercamiento de personas, sino también por incidencia de CEM.
- d) Los Códigos Eléctricos deberán realizar recomendaciones buscando no solo la coordinación de protección, sino también la **COORDINACION DE AISLAMIENTO PLENO**
- e) Estructuras para soporte de conductores eléctricos con mayor altura

- f) Capacitar a los Arquitectos respecto a la necesidad de contar con áreas para la transmisión y Distribución de Energía Eléctrica
- g) Utilizar las Bermas Centrales para instalación de Subestaciones Líneas primarias del tipo Subterráneo, para urbanizaciones del sector publico
- h) El MEM indica en la Norma Bases para el Diseño de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural, diseño de Líneas Primarias, 25 m a Carreteras Importantes y 15 m a carreteras no importantes, debiendo considerarse este criterio manera general para todas las redes eléctricas de M.T.

CUADRO N° 8.1

**RESULTADOS DE MEDICIONES DE CAMPO ELECTROMAGNETICO, LÍNEAS EQUIPOTENCIALES Y LÍNEAS DE CAMPOS ELÉCTRICOS EN EL PERU Y RECOMENDACIONES A SER APLICADAS**

<b>RESULTADOS DE MEDICIONES DE CAMPO ELECTROMAGNETICO EN EL PERU Y RECOMENDACIONES DEL TESISTA</b>						
<b>Tensión (Kv) de la Línea Eléctrica</b>	<b>Líneas equipotenciales (Kv)</b>	<b>Campo Eléctrico E(KV/m)</b>		<b>B(ut)</b>	<b>Distancia de seguridad (Recomendaciones)</b>	<b>Recomendación del Tesista Ing. Ernesto Ramos T.</b>
22.9/13.2	0.383	0.12		155		Tendencia cero
60	1.40	1.5		136		Tendencia cero
138	2.34	2.20		139		Tendencia cero
220	2.47	4.20		200		Tendencia cero
500	3.34	4.80		280		Tendencia cero
<b>INDICACIONES DEL CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD 2011 Y RECOMENDACIONES DEL TESISTA</b>						
<b>Tipo de exposición</b>						
Poblacional		4.2		83.3		Tendencia cero
Ocupacional		8.3		416.7		Tendencia cero
<b>RECOMENDACIONES INTERNACIONALES CEM Y RECOMENDACIÓN DEL TESISTA</b>						
Recomendaciones Italia				0.4		Tendencia cero
Ley marco del Parlamento Italiano				0.2		Tendencia cero
Recomendaciones Alemania				0.2	> 200 m a 400 m	Tendencia cero
Instituto Karoliska de Estocolmo				0.2		Tendencia cero
Federación Española de Municipios y Provincias				0.4		Tendencia cero
<b>RECOMENDACIONES POR DISTANCIA DE SEGURIDAD</b>						
Argentina				25	> 100m	Tendencia cero
Ayuntamiento de Jumilla - España					1m /Kv	Tendencia cero
Fundación Europea de electromagnetismo, Inst. de Investigación de Bioelectromagnetismo					1m /Kv	Tendencia cero
EE.UU Florida		5.0				Tendencia cero

**Fuente: elaborado por Ing. Ernesto Ramos Torres - 2018**

## **IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

A través de las referencias, el investigador dará a conocer las fuentes bibliográficas utilizadas para la elaboración y ejecución.

- a. Contaminación Electromagnética Escrito por Lorenzo Lunes, 24 de mayo de 2010 20:02.
- b. Anexo 7: Campos electromagnéticos. Productos por líneas de transmisión *Declaración de Impacto Ambiental "Modificación Línea existente 66 Kv. Charrúa Cabrero"*.
- c. Campos electromagnéticos y Cáncer. Preguntas y Respuestas
- d. Asociación Española contra el cáncer.
- e. Estudio de Campos electromagnéticos Generados por Equipos Eléctricos .Carlos Garrido, Antonio F. Otero, Camilo Carrillo y José Cidrás. Dpto. de ingeniería eléctrica (E.T.S.I.I).
- f. Campos electromagnéticos en líneas Aéreas de baja frecuencia. Modelo y simulación. Cidel Argentina 2010.
- g. Red Eléctrica de España. Resumen sobre los campos eléctricos y magnéticos generados por las instalaciones eléctricas de alta tensión. Mayo 2003.
- h. Impactos de las líneas de transporte eléctrico y de sus campos electromagnéticos
- i. Problemas de la alta tensión. 13 de Septiembre, 2009 Pedro Belmonte, Revista El Ecologista.
- j. ¿Hay que temer a los campos electromagnéticos? Por Piere Lutgen, Luxemburgo - 25 de agosto, 2008.
- k. Estudio de incidencia Ambiental del Avance de Planeamiento de la Revisión del Plan General de Ordenación de Alcalá de Henares: Anexo II Estudio de la Contaminación Electromagnética.
- l. Los Campos electromagnéticos y la salud pública. Las frecuencias extremadamente bajas (ELF).

CUADRO N° 8.1

**RESULTADOS DE MEDICIONES DE CAMPO ELECTROMAGNETICO, LÍNEAS EQUIPOTENCIALES Y LÍNEAS DE CAMPOS ELÉCTRICOS EN EL PERU Y RECOMENDACIONES A SER APLICADAS**

<b>RESULTADOS DE MEDICIONES DE CAMPO ELECTROMAGNETICO EN EL PERU Y RECOMENDACIONES DEL TESISTA</b>						
<b>Tensión (Kv) de la Línea Eléctrica</b>	<b>Líneas equipotenciales (Kv)</b>	<b>Campo Eléctrico E(KV/m)</b>	<b>B(ut)</b>	<b>Distancia de seguridad (Recomendaciones)</b>		<b>Recomendación del Tesista Ing. Ernesto Ramos T.</b>
22.9/13.2	0.383	0.12	155			Tendencia cero
60	1.40	1.5	136			Tendencia cero
138	2.34	2.20	139			Tendencia cero
220	2.47	4.20	200			Tendencia cero
500	3.34	4.80	280			Tendencia cero
<b>INDICACIONES DEL CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD 2011 Y RECOMENDACIONES DEL TESISTA</b>						
<b>Tipo de exposición</b>						
Poblacional		4.2	83.3			Tendencia cero
Ocupacional		8.3	416.7			Tendencia cero
<b>RECOMENDACIONES INTERNACIONALES CEM Y RECOMENDACIÓN DEL TESISTA</b>						
Recomendaciones Italia			0.4			Tendencia cero
Ley marco del Parlamento Italiano			0.2			Tendencia cero
Recomendaciones Alemania			0.2	> 200 m a 400 m		Tendencia cero
Instituto Karolinska de Estocolmo			0.2			Tendencia cero
Federación Española de Municipios y Provincias			0.4			Tendencia cero
<b>RECOMENDACIONES POR DISTANCIA DE SEGURIDAD</b>						
Argentina			25	> 100m		Tendencia cero
Ayuntamiento de Jumilla - España				1m /Kv		Tendencia cero
Fundación Europea de electromagnetismo, Inst. de Investigación de Bioelectromagnetismo				1m /Kv		Tendencia cero
EE.UU Florida		5.0				Tendencia cero

**Fuente: elaborado por Ing. Ernesto Ramos Torres - 2018**

## **IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

A través de las referencias, el investigador dará a conocer las fuentes bibliográficas utilizadas para la elaboración y ejecución.

- a. Contaminación Electromagnética Escrito por Lorenzo Lunes, 24 de mayo de 2010 20:02.
- b. Anexo 7: Campos electromagnéticos. Productos por líneas de transmisión *Declaración de Impacto Ambiental "Modificación Línea existente 66 Kv. Charrúa Cabrero"*.
- c. Campos electromagnéticos y Cáncer. Preguntas y Respuestas
- d. Asociación Española contra el cáncer.
- e. Estudio de Campos electromagnéticos Generados por Equipos Eléctricos .Carlos Garrido, Antonio F. Otero, Camilo Carrillo y José Cidrás. Dpto. de ingeniería eléctrica (E.T.S.I.I).
- f. Campos electromagnéticos en líneas Aéreas de baja frecuencia. Modelo y simulación. Cidel Argentina 2010.
- g. Red Eléctrica de España. Resumen sobre los campos eléctricos y magnéticos generados por las instalaciones eléctricas de alta tensión. Mayo 2003.
- h. Impactos de las líneas de transporte eléctrico y de sus campos electromagnéticos
- i. Problemas de la alta tensión. 13 de Septiembre, 2009 Pedro Belmonte, Revista El Ecologista.
- j. ¿Hay que temer a los campos electromagnéticos? Por Piere Lutgen, Luxemburgo - 25 de agosto, 2008.
- k. Estudio de incidencia Ambiental del Avance de Planeamiento de la Revisión del Plan General de Ordenación de Alcalá de Henares: Anexo II Estudio de la Contaminación Electromagnética.
- l. Los Campos electromagnéticos y la salud pública. Las frecuencias extremadamente bajas (ELF).

- m. Campos electromagnéticos. Actualización 2009 ScientificCommittees. Fuente: CCRSERI (2009).
- n. Radiaciones Electromagnéticas, Telefonía móvil y líneas eléctricas Las radiaciones de los teléfonos móviles y de las líneas de transmisión eléctrica rompen el ADN en los cultivos celulares, 1 de julio del 2005.
- o. La salud Humana y los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (CEM-FEB) Dra. Susana I. García, Abril 2005.
- p. Anexo III : Evaluación de la agencia Internacional para la investigación del Cáncer (IARC) del riesgo de causar Cáncer de los campos eléctricos y magnéticos estáticos y de extremadamente baja frecuencia. Resumen de datos reportados y Evaluación. Informe de la asociación toxicológica Argentina.
- q. Atenuación de Campos magnéticos de estaciones Transformadores y Centros de transformación Cidel Argentina 2010, Congreso Internacional de Distribución Eléctrica.
- r. Campos electromagnéticos y la salud pública. Informe técnico elaborado por el comité de expertos, Subdirección General de sanidad Ambiental y Salud Laboral, Dirección General de Salud Pública y consumo, Ministerio de Sanidad y consumo.
- s. INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.
- t. Campos Electromagneticos y Salud Humana
- u. C.Cabal – G. Otero – J. Acuña.
- v. ELECTROTECNIA APLICADA por Msc. Miguel Delgado.
- w. Cet ISSN 1662-8910 2008 Ricardo Díaz
- x. La Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria del Parlamento Europeo

## **ANEXOS:**

### **A) Matriz de consistencia**

Los componentes básicos de la Matriz de Consistencia en esta investigación aplicada son:

- Título
- Problema: General y Específico
- Objetivos: General y Específico
- Hipótesis
- Variables
- Métodos

### **B) Abreviaturas utilizadas**

**C) Tablas 232-1, 232-1 a De Distancia verticales de seguridad – Código Nacional de Electricidad – Suministro.**

**D) Relación de Fotos**

**E) Fotos N°1 al N°42**

TITULO DEL PLAN DE TESIS: "RIESGOS POR CAMPOS ELECTROMAGNETICOS EN LAS LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION EN EL PERU"				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOS
<p><b>Problema general.</b> ¿Los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Transmisión y Distribución instaladas en el Perú, originan riesgos en el ser humano?</p>	<p><b>Objetivo general.</b> Fijar mediante la Investigación con mediciones y adecuación de sistemas eléctricos, la reducción de la incidencia de los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Transmisión y Distribución instaladas en el Perú que originan riesgos en el ser humano</p>	<p><b>Hipótesis general.</b> Se verifica mediante la Investigación con mediciones y adecuación de sistemas eléctricos, la reducción de la incidencia de los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Transmisión y Distribución instaladas en el Perú que originan riesgos en el ser humano, denominándose <b>RIESGOS POR CAMPOS ELECTROMAGNETICOS EN LINEAS ELECTRICAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION EN EL PERU.</b></p>	<p><b>Variable independiente</b> <b>VARIABLE X</b> Intensidad de Campo Electromagnético Campo Eléctrico.....X1 Campo Magnético.....X2 Corriente.....X3 Efecto Corona.....X4 Tensión de Paso.....X5 Tensión de Toque .....X6</p>	<p><b>Método general.</b> A través de este método general conocemos la evolución y comprendemos la interacción que han experimentado los seres humanos que transitan o viven próximo a la línea de transmisión y líneas de distribución, los cuales reciben dosis de campo eléctrico y campo magnético.</p>
<p><b>Problemas específicos</b> 1. ¿Los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Transmisión instaladas en el Perú, originan riesgos en el ser humano?</p>	<p><b>Objetivos Especificas</b> 1. Fijar mediante la Investigación con mediciones y adecuación de sistemas eléctricos, la reducción de la incidencia de los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Transmisión instaladas en el Perú que originan riesgos en el ser humano</p>	<p><b>Hipótesis Especificas</b> 1. Se verifica mediante la Investigación con mediciones y la adecuación de sistemas eléctricos; la reducción de la incidencia de los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Transmisión instaladas en el Perú que originan riesgos en el ser humano, denominándose <b>RIESGOS POR CAMPOS ELECTROMAGNETICOS EN LINEAS ELECTRICAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION EN EL PERU.</b></p>	<p><b>Variable dependiente</b> <b>VARIABLE Y</b> Interferencia sobre equipos médicos .. Y1 Leucemia..... Y2 Cáncer..... Y3 Efecto Neurovegetativos..... Y4 Efecto Biológico..... Y5</p> <p><b>VARIABLE Z</b> Medidas de Protección..... Z1 Limitaciones de acuerdo a normas eléctricas ..... Z2 Actualizar Procedimientos Operativos... Z3 Relación de Causalidad..... Z4 Principio de Precaución..... Z5 Advertencias Audibles y Visibles..... Z6 Apantallamiento..... Z7 Aumento de distancia entre máquina y operador..... Z8</p>	<p><b>todos específicos.-</b> a.- Experimental.- Durante el proceso experimental se utilizó un gausimtro el cual determina los valores campos magnéticos.  b. Matemización.- La relación de los parámetros, ubicación de conductores, tensión, frecuencia, corriente, permite conocer los valores de incidencia electromagnética, en función a la carga eléctrica.</p>
<p>2. ¿Los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Distribución instaladas en el Perú, originan riesgos en el ser humano?</p>	<p>2. Fijar mediante la Investigación con mediciones y adecuación de sistemas eléctricos, la reducción de la incidencia de los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Distribución instaladas en el Perú que originan riesgos en el ser humano</p>	<p>2. Se verifica mediante la Investigación con mediciones y la adecuación de sistemas eléctricos, la reducción de la incidencia de los campos electromagnéticos originados por las Líneas Eléctricas de Distribución instaladas en el Perú que originan riesgos en el ser humano, denominándose <b>RIESGOS POR CAMPOS ELECTROMAGNETICOS EN LINEAS ELECTRICAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION EN EL PERU.</b></p>		

Graduando: Ernesto Ramos Torres

## **Abreviaturas utilizadas**

ACGIH	Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales
ALARA	As Low As Reasonably Achievable; es decir, 'Tan Bajo como sea posible'
CEM	Campos electromagnéticos
CEM-FEB	Campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja
CM	Campo magnético
EA	Enfermedad de Alzehemir
ELA	Esclerosis lateral amiotrófica
IARC	Agencia Internacional de Investigación del Cáncer
ICNIRP	Comisión Internacional para la protección frente a la radiación No Ionizante
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IRPA	Asociación Internacional de Protección de los efectos de la Radiaciones Ionizantes
LLA	Leucemia Linfocíticas aguda
LLC	Leucemia linfocítica crónica
LMA	Leucemia mioleide crónica

<b>NRPB</b>	<b>Consejo Nacional de Protección Radiológica del Reino Unido</b>
<b>OMS</b>	<b>Organización Mundial de la salud</b>
<b>RF</b>	<b>Radio Frecuencia</b>
<b>RR</b>	<b>Riesgo relativo.</b>

**Tabla 232-1**

**Distancias verticales de seguridad de alambres, conductores y cables sobre el nivel del piso, camino, riel o superficie de agua**

(Las tensiones son fase a fase, para circuitos no conectados a tierra - aislados, para circuitos puestos a tierra de manera efectiva y para aquellos otros circuitos donde todas las fallas a tierra son suprimidas mediante la pronta desactivación de la sección donde ocurrió la falla, tanto inicialmente como luego de las operaciones subsiguientes del interruptor.

Véase la sección de definiciones para las tensiones de otros sistemas.

Véanse las Reglas: 230.A.2, 232.B.1, 232.C.1.a y 232.D.4)

Naturaleza de la superficie que se encuentra debajo de los alambres, conductores o cables	Conductores y cables de comunicación aislados; cables mensajeros; cables de guarda; retenida puesta a tierra y retenidas no puestas a tierra expuestas hasta 300 V <sup>11, 15</sup> ; conductores neutros que cumplen con la Regla 230.E.1; cables de suministro que cumplen con la Regla 230.C.1 (m)	Conductores de comunicación no aislados; cables autoportantes de suministro hasta 750 V que cumplen con las Reglas 230.C.2 o 230.C.3 (m)	Cables de suministro de más de 750 V que cumplen con las Reglas 230.C.2 o 230.C.3; conductores de suministro expuestos, hasta 750 V; retenidas no puestas a tierra expuestas a más de 300 V a 750 V <sup>14</sup> (m)	Conductores de suministro expuestos, de más de 750 V a 23 kV; retenidas no puestas a tierra expuestas de 750 V a 23 kV <sup>14</sup> (m)	Conductores de contacto de vías férreas electrificadas y trole; y cables mensajeros	
	Cables para retenidas, mensajeros, guarda o neutros	Conductor o cable aislado de BT	Conductor protegido de BT Conductor o cable aislado de MT	Conductor desnudo de MT	Hasta 750 V a tierra (m)	Más de 750 V a 23 kV a tierra (m)
<b>Quando los alambres, conductores o cables cruzan o sobresalen</b>						
1. Vías Férreas de ferrocarriles (excepto ferrovías electrificadas que utilizan conductores de trole aéreos) <sup>2, 16, 22</sup>	7,3	7,3	7,5	8,0	7,0 <sup>4</sup>	7,0 <sup>4</sup>
2.a. Carreteras y avenidas sujetas al tráfico de camiones <sup>23</sup>	6,5	6,5	6,5	7,0	5,5 <sup>5</sup>	6,1 <sup>5</sup>
2.b. Caminos, calles y otras áreas sujetas al tráfico de camiones <sup>23</sup>	5,5	5,5	5,5	6,5	5,5 <sup>5</sup>	6,1 <sup>5</sup>
3. Calzadas, zonas de parqueo, y callejones	5,5 <sup>7, 13</sup>	5,5 <sup>7, 13</sup>	5,5 <sup>7</sup>	6,5	5,5 <sup>5</sup>	6,1 <sup>5</sup>
4. Otros terrenos recorridos por vehículos, tales como cultivos, pastos, bosques, huertos, etc.	5,5	5,5	5,5	6,5	-	-
5.a. Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículos <sup>9</sup>	4,0	4,0 <sup>8</sup>	4,0 <sup>8</sup>	5,0	5,0	5,5
5.b. Calles y caminos en zonas rurales	5,5	5,5 <sup>8</sup>	5,5 <sup>8</sup>	6,5	5,5	6,1

**Continuación**

<b>Cuando los alambres, conductores o cables cruzan o sobresalen</b>						
6. Áreas de agua no adecuadas para barcos de vela o donde su navegación está prohibida <sup>21</sup>	5,5	5,5	5,5	7,0	-	-
7. Áreas de agua para barcos de vela incluyendo lagos, charcas, represas, aguas de marea, ríos, corrientes y canales con un área superficial no obstruida de: <sup>19, 20, 21</sup>						
a. Menos de 8 hectáreas	7,5	7,5	7,5	7,5	-	-
b. Más de 8 a 80 hectáreas	8,0	8,0	8,0	9,0	-	-
c. Más de 80 a 800 hectáreas	10,0	10,0	10,0	11,0	-	-
d. Más de 800 hectáreas	12,0	12,0	12,0	12,5	-	-
8. Rampas para barcos y áreas asociadas para aparejar; áreas destinadas para aparejar o botar barcos de vela	La distancia de seguridad sobre el nivel del piso será de 1,5 m mayor que en 7 anteriormente indicado, para el tipo de áreas de agua servidas por sitios de botadura					
9.a. Carreteras y avenidas	5,5 <sup>24</sup>	5,5	5,5	6,5	5,5 <sup>5</sup>	6,1 <sup>5</sup>
9.b. Caminos, calles o callejones	5,0 <sup>24</sup>	5,0	5,0	6,0	5,5 <sup>5</sup>	6,1 <sup>5</sup>
9.c. Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículo	4,0	4,0 <sup>8</sup>	4,0 <sup>8</sup>	5,0	5,0	5,5
10.a. Calles y caminos en zonas rurales	5,0 <sup>24</sup>	5,0 <sup>13</sup>	5,0	6,0	5,5 <sup>5</sup>	6,1 <sup>5</sup>
10.b. Caminos no carrozables en zonas rurales	4,5 <sup>12</sup>	4,5	4,5	5,0	5,5 <sup>5</sup>	6,1 <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Donde los pasos subterráneos, túneles o puentes lo requieren, se puede utilizar localmente menor distancia de seguridad sobre el nivel del piso o rieles que la exigida por la Tabla 232-1. El conductor de contacto de la vía férrea electrificada y del trole deberá ser nivelado de manera muy gradual a partir de la construcción regular hasta la elevación reducida.

<sup>2</sup> Los alambres, conductores o cables que crucen minas, explotaciones forestales y vías férreas similares que utilizan sólo vagones más bajos que los vagones de carga estándares, la distancia de seguridad puede reducirse en una cantidad equitativa a la diferencia de altura entre el vagón cargado más alto manejado y 6,1 m, pero la distancia no será reducida por debajo de las exigencias para los cruces de calles.

<sup>3</sup> Esta nota no está considerada en esta edición.

**Tabla 232-1a**

**Mínimas Distancias Verticales de Seguridad de alambres, conductores y cables sobre el nivel del piso, camino, riel o superficie de agua**  
(Véase la Regla 232.B.1)  
(en metros)

DESCRIPCION	NIVEL DE TENSIÓN			
	50 kV - 60 kV	138 kV	220 kV	500 kV
	Altitud 3 000 m.s.n.m.			Altitud 1 000 m.s.n.m.
Al cruce de vías de ferrocarril al canto superior del riel	9,4	10,50	11,0	13,5
Al cruce de carreteras y avenidas	7,6	8,1	8,5	12,0
Al cruce de calles	7,6	8,1	8,5	12,0
Al cruce de calles y caminos rurales	7,6	8,1	8,5	11,0
A lo largo de carreteras y avenidas	7,0	8,1	8,5	12,0
A lo largo de calles	7,0	8,1	8,5	12,0
A lo largo de calles y caminos rurales	7,0	8,1	8,5	11,0
A áreas no transitadas por vehículo	5,5	6,6	7,0	9,0
Sobre el nivel más alto de río no navegable	7,0	7,5	8,0	11,5
A terrenos recorridos por vehículos, tales como cultivos; pastos, bosques, huertos, etc.	7,0	8,1	8,5	11,0

**NOTA 1:** Estas son las distancias mínimas que deben emplearse, sin embargo, si al aplicar los demás criterios indicados en esta Sección para determinar las distancias, se obtuvieran valores distintos a los indicados en esta tabla, deberá utilizarse el valor mayor. Véase también la Regla 230.A.2.

**NOTA2:** Esta tabla es válida hasta 3 000 m.s.n.m. para niveles de tensión menores o iguales a 220 kV y hasta 1 000 m.s.n.m. para nivel de tensión de 500 kV. Para elevaciones mayores se deben aplicar los criterios correspondientes de esta Sección.

## **RELACION DE FOTOS DE MEDICION DE RADIACION CEM**

1. Medición al interior de la SUBESTACION N° 2 DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO.
2. Medición al interior de la SUBESTACIÓN Fabrica Envases Metálicos – Ventanilla.
3. Medición de CEM LINEA DE TRANSMISION 220 KV SALIDA DE CENTRAL HUALLANCA – ANCASH.  
INTERFERENCIAS ELECTRICAS Y DE TELECOMUNICACIONES para “Estudio Definitivo del Mejoramiento de la Carretera: Huánuco - Conococha, Sector: Huánuco — La Unión - Huallanca”, Tramo: Km. 0+000 al Km. 150+421, de Interferencias Eléctricas y de Telecomunicaciones”, elaborado por la Empresa Consultora Consorcio Vial Huallanca (Alpha Consult S, A. y R & Q - Ingenieros S.A.)
4. Medición de CEM LINEA DE TRANSMISION 220 KV SALIDA DE CENTRAL HUALLANCA – ANCASH.
5. Medición de CEM SUBESTACION 13.8 KV al interior e MINA GOL FIELD, CAJAMARCA.
6. Medición de CEM LINEA DE TRANSMISION 60 KV, Aéreo - Subterráneo, Av. La Marina, distrito San Miguel, Lima.
7. Medición de CEM LINEA DE TRANSMISION 60 KV, Aéreo, Av. La Marina, distrito San Miguel, Lima.
8. Medición de CEM LINEA DE TRANSMISION 22,9/13,2 KV, INTERIOR DE LA EMBAJADA DE COREA – 1ER PISO, DISTRITO DE SAN ISIDRO – LIMA.

9. Medición de CEM LINEA DE TRANSMISION 22,9/13,2 KV, INTERIOR DE LA EMBAJADA DE COREA – SOTANO, DISTRITO DE SAN ISIDRO – LIMA.
10. Línea primaria 22.9 KV. P.S.E. HUAROCHIRI.
11. Línea primaria 22.9 KV. P.S.E. HUAROCHIRI.
12. Medición de CEM SALA DE PRUEBAS ELECTRICAS DE ELECIN.
13. Medición de CEM LINEA 13.8 KV TACNA, FRONTERA –BOLIVIA-CHILE.
14. INTERFERENCIAS ELECTRICAS Y DE TELECOMUNICACIONES para el Estudio definitivo del PROYECTO INTEGRACION VIAL TACNA- LA PAZ, TRAMO TACNA-COLLPA (frontera con Bolivia) Sub Tramo II: km. 94+000 al 146+180  
Medición de CEM LINEA 13.8 KV TACNA, FRONTERA –BOLIVIA-CHILE – C.P. ALTO PERÚ.
15. Medición de CEM LINEA DE TRANSMISION 220 KV LA ENSENADA-CHILLON LIMA.
16. MEDICIÓN 1 DE LA SUB ESTACIÓN SURCO 60/10/22.9-13.2 KV.
17. MEDICIÓN 2 DE LA SUB ESTACIÓN SURCO 60/10/22.9-13.2 KV.
18. SUBESTACIÓN TARMA – 60KV – MEDICIÓN DE AISLAMIENTO Y CAMPO ELECTROMAGNETICO.
19. LÍNEA PRIMARIA 22.9 KV. P.S.E. HUAROCHIRI – localidad de CHORRILLOS – adecuación de fases para reducción de CEM.
20. LÍNEA PRIMARIA 22.9 KV. P.S.E. HUAROCHIRI – SAN PEDRO - adecuación de fases para reducción de CEM.

21. LÍNEA PRIMARIA 22.9 KV. P.S.E. HUAROCHIRI – SAN DAMIAN.
22. LÍNEA PRIMARIA 22.9 KV. P.S.E. HUAROCHIRI – SANTA ANA.
23. LÍNEA PRIMARIA 22.9 KV. P.S.E. HUAROCHIRI – SANTA ANA.
24. LÍNEA PRIMARIA 22.9 KV. P.S.E. HUAROCHIRI – SANTA ANA
25. LÍNEA PRIMARIA 22.9 KV. P.S.E. HUAROCHIRI – TRAMO SAN PEDRO – CHORRILLOS.
26. LÍNEA PRIMARIA 20 KV. PARA FALUMSA – VENTANILLA. Diseño, Ejecución de montaje y Puesta en Servicio de PROYECTO DEL SISTEMA DE UTILIZACION 20KV (Operación Inicial 10 KV) PARA FALUMSA S.R.L., ubicado en Calle la Pampilla N° 138 Mz I-3, Lote 20 Zona Industrial de Ventanilla, distrito de Ventanilla, Provincia Constitucional del Callao.
27. INSTALACIÓN DE SISTEMA DE MEDICIÓN Y PROTECCIÓN EN 20 KV. PARA FALUMSA – VENTANILLA.
28. MEDICIÓN DE DISTANCIÁ DE SEGURIDAD POR CEM – HUANUCO HUALLANCA.
29. MEDICIÓN DE DISTANCIÁ DE SEGURIDAD POR CEM – HUANUCO HUALLANCA
30. MEDICIÓN DE DISTANCIÁ DE SEGURIDAD POR CEM – HUANUCO HUALLANCA
31. MEDICIÓN DE DISTANCIÁ DE SEGURIDAD POR CEM – HUANUCO HUALLANCA

32. MEDICIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS Y ENCUESTAS A POBLADORES TRAMO HUANUCO- HUALLANCA (INTERFERENCIAS ELECTRICAS Y TELECOMUNICACIONES).
33. MEDICIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS TRAMO HUANUCO- HUALLANCA (INTERFERENCIAS ELECTRICAS Y TELECOMUNICACIONES).
34. MEDICIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS EN SUBESTACIONES ELECTRICAS, TRAMO HUANUCO- HUALLANCA (INTERFERENCIAS ELECTRICAS Y TELECOMUNICACIONES).
35. CAMBIO DE CONDUCTOR LINEA 60KV – CIRCUNVALACIÓN – PANAMERICA SUR – LIMA.
36. INSTALACIÓN DE ALIMENTADOR 33KV SUBESTACIÓN EL ALTO – TALARA – PIURA (MEDICIÓN DE AISLAMIENTO E INDUCCIÓN).
37. INSTALACIÓN DE LINEAS PRIMARIAS DE LA CIUDAD DEL ALTO – TALARA – PIURA (VERIFICACIÓN DE DISTANCIA DE SEGURIDAD, AISLAMIENTO E INDUCCIÓN ELECTROMAGNETICA).
38. INSTALACIÓN DE SUBESTACIÓN – PATIO DE LLAVES MINAS YAULIYACU, 5200 MSNM, LIMA.
39. SUBESTACIÓN 220-60KV PARQUE INDUSTRIAL HUANCAYO – JUNIN – SENSIBILIZACIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS.
40. SENSIBILIZACIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS EN FUTURAS LÍNEAS A INSTALAR EN LOCALIDADES RURALES. OMAS- PROVINCIA DE YAUYOS – DEPARTAMENTO DE LIMA
41. VERIFICACIÓN DE PROTECCIÓN DE CCA PARA INSTALACIÓN DE LINEAS PRIMARIAS – EMPRESA WISE AYACUCO.

42. DISTRIBUCIÓN DE FASES – 2T DOBLE TERNA – LÍNEA ELÉCTRICA SURCO HUAROCHIRI 60/10/22.9KV.
43. PROTECCIÓN DE INCIDENCIAS DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICAS SOBRE AVES DEL ENTORNO DE LINEAS PRIMARIAS HUAROCHIRI – LIMA.
44. VERIFICACIÓN DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD A FIN DE EVITAR LA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA. SECTOR RURAL DE PERÚ.
45. PATIO DE LLAVES 60KV CON ALTA INDUCCIÓN SOBRE NIVEL DE SUELO.
46. VERIFICACIÓN DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD A FIN DE EVITAR LA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA. SECTOR RURAL DE PERÚ.