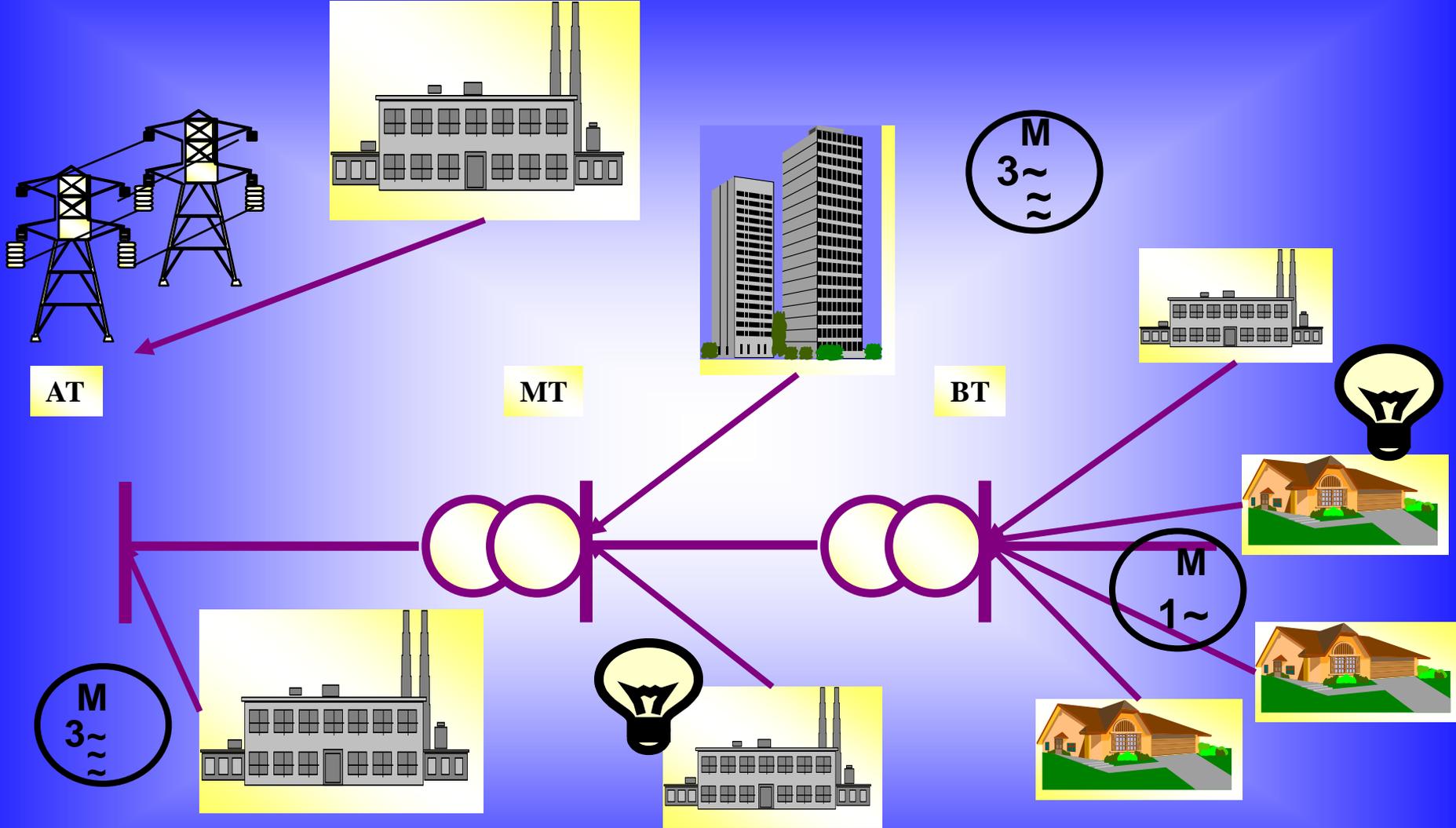


# COMPATIBILIDAD DE LOS SISTEMAS ELECTRICOS CON EL MEDIO AMBIENTE



CONSEJO PROFESIONAL DE  
ARQUITECTURA E INGENIERIA  
DE MISIONES



**EL DESARROLLO TECNOLÓGICO IMPLICA:  
ACCESO DE LA SOCIEDAD A LOS BENEFICIOS DE LA  
TECNOLOGÍA MODERNA.  
IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE NATURAL Y SOCIAL**

## **OBJETIVO:**

***PROMOVER CONDICIONES PARA  
HACER POSIBLE UNA MEJOR  
CALIDAD DE VIDA PARA  
NOSOTROS Y LAS GENERACIONES  
FUTURAS CONSIDERANDO QUE  
TODOS LOS RECURSOS SON  
LIMITADOS.***

## **OBJETIVO:**

***IDENTIFICAR LAS FUENTES  
PERTURBADORAS Y  
CUANTIFICAR SUS EFECTOS  
PARA ARMONIZAR LA  
PRESENCIA DE LOS SISTEMAS  
ELECTRICOS DE POTENCIA  
CON EL AMBIENTE.***

## **OBJETIVO:**

***SE CONSIDERARAN LOS  
POSIBLES EFECTOS  
PERTURBADORES QUE SE  
PUEDEN MANIFESTAR SOBRE LAS  
PERSONAS Y EQUIPOS, SIN QUE  
ELLOS SE ENCUENTREN  
EN CONTACTO DIRECTO CON LOS  
SISTEMAS ELECTRICOS.***

# LIMITES

**VARIABLE A LA CUAL ES SUSCEPTIBLE EL SISTEMA PERTURBADO:**

*Campos de baja y alta frecuencia,  
corrientes de contacto e inducidas,  
nivel sonoro.*

**TIPO DE CONSECUENCIAS:**

**Probables Problemas con los individuos,  
mal funcionamiento de equipos.**

**MARGENES**

**Incertidumbre en los efectos, imprecisión en las mediciones, tolerancias de fabricación.**

# SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

IMPACTO AMBIENTAL

PETURBACIONES

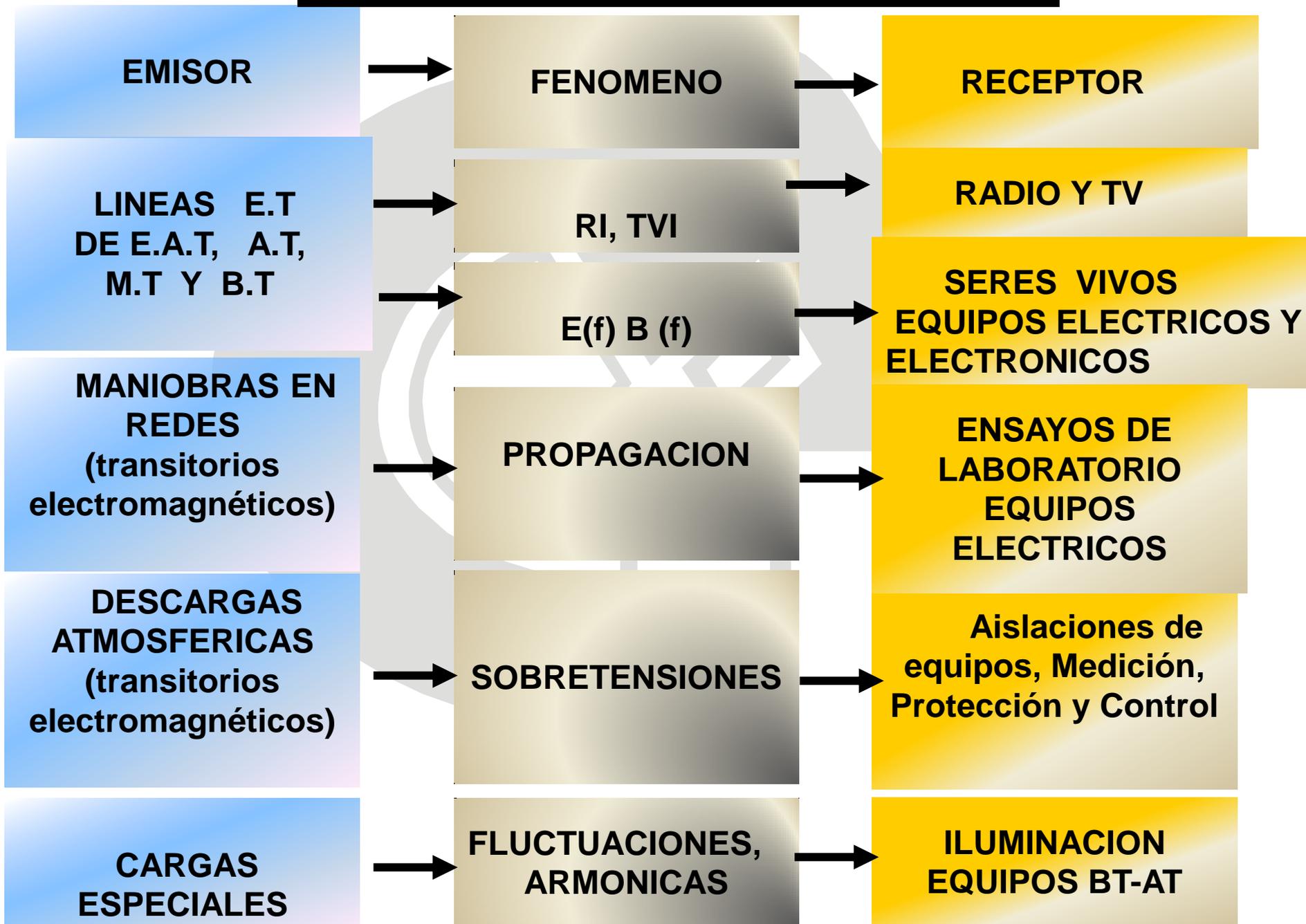
Instalaciones Eléctricas Vs  
Otras Instalaciones, Servicios y  
Personas

*Instalaciones Equipos o Sistema en  
la red  
Vs Producto Eléctrico*

Ej:  
Campo Eléctrico  
Campo Magnético  
RI, TVI  
Ruido audible  
Potenciales ( de contacto y de paso)

Ej:  
Flicker  
Armónicas  
Huecos

# COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA



# **CAMPOS DE FRECUENCIA INDUSTRIAL**

## **ORIGEN:**

**Potenciales y Corrientes Electricas de 50 / 60 Hz en líneas y equipos.**

## **EFECTO:**

**Campo Eléctrico y Magnético ( no relacionados entre si)**

## **PERTURBACION:**

**Potenciales, Tensiones de contacto y corrientes peligrosas para personas**

**Alteración en la operación de equipos eléctricos y electrónicos-**

# CAMPOS DE ALTA FRECUENCIA

## ORIGEN:

Descargas superficiales (efecto corona) en elementos con diferencias de potencial elevadas.

Descargas entre partes inmersas en campos eléctricos intensos.

Descargas internas en dieléctricos (descargas parciales)

## EFECTO:

**Generación de corrientes de alta frecuencia.**

## PERTURBACION:

Campos guiados/radiados que afectan a los servicios de radiodifusión en frecuencias de 0,5 a 1,7 MHz; Radiocomunicaciones en frecuencias de 3 a M30 MHz y Televisión frecuencias de 54 a 220 MHz.

# SONIDO

## ORIGEN:

**Vibración de las partes de los transformadores y reactores por los campos magnéticos alternos-  
Descargas superficiales entre conductores y equipo sometidos a elevados potenciales ( corona)**

## EFECTO:

**Generación de sonidos ( ruido audible)  
Fisuras en radiadores de transformadores por la vibración y cañerías de la misma maquina.**

## PERTURBACION:

**Ruidos molestos para las personas,  
Perdidas de aceite aislante refrigerante de los transformadores.**

# **LINEAS AEREAS**

**MENOR COSTO FRENTE A LAS LINEAS SUBTERRANEAS**

**MAYORES FACILIDADES CONSTRUCTIVAS.**

**FACILIDAD DE MANTENIMIENTO**

**MENOR TIEMPO DE REPOSICION DEL SERVICIO ANTE FALLAS**

**MAYOR IMPACTO VISUAL**

**MAYOR EXPOSICION AL VIENTO Y A LAS ALTAS Y BAJAS TEMPERATURAS.**

**MAYOR EXPOSICION A LAS DESCARGAS ATMOSFERICAS**

**MAYOR EXPOSICION A SITUACIONES DE VANDALISMO**

# LINEA DE 500 KV



**LINEA DE 500 KV**



# LINEA DE 500 KV



# LINEAS 132 KV



# ESTACION TRANSFORMADORA DE 500 KV



24 2 2008

# TRANSFORMADOR DE 132 KV



# TRANSFORMADOR DE 500 KV



21/04/2008



**LINEAS DE 132 KV**



**LINEAS DE 132 KV**



**LINEA DE 132 KV**



**LINEA DE 132 KV**



**LINEAS DE 132 KV EEUU**

# LINEAS DE 132 KV EEUU





26 3'00

**LINEAS DE 132 KV EEUU**



**LINEAS DE 220 KV ITALIA**

# **LINEAS SUBTERRANEAS**

## **VENTAJAS**

**Menor impacto visual, menor exposición y efectos de vientos, a descargas atmosféricas y a vandalismo.**

**Son muy usadas en MT y BT, fundamentalmente en zonas de alta densidad poblacional.**

**En AT se usan para cruzar cursos de agua y casos especiales.**

## **INCONVENIENTES, PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES:**

**Deterioro ambiental por instalación y operación, excavaciones y o voladuras en caso de que exista roca en el terreno, sobre los cables deben estar libres de vegetación.**

## **PROBLEMAS DE OPERACIÓN:**

**Menor confiabilidad por enlaces**

**Mayor tiempo de detección de la falla**

**Mayor tiempo de reparación ( deberían tener respaldo del 100% redundante)**

## **INCONVENIENTES**

**Superiores costos de construcción (zanjeo, voladuras, relleno)**

**Costos de 10 a 20 veces superiores a una línea Aérea.**

**Superiores costos de operación y mantenimiento ( tiempo de localización de la falla, tiempo de reparación, enlaces subterráneos).**

## **INCONVENIENTES, :**

**En AT se utilizan en distancias cortas (mayor numero de cables, en largas distancias hay que realizar compensación inductiva cada 20 Km, ya que los cables son altamente capacitivos.**

.

## **INCONVENIENTES**

**Menor disipación de calor**

**Mayor corrosión**

**Deterioro por estar en lugares de naturaleza agresiva.**

**Gran cantidad de empalmes especiales, con equipos de control y mantenimiento.**

3 7:29

**CABLES DE 13,2 kV**





3 12 20

**CABLES DE 13,2 kV**



**TRANSFERENCIA DE CABLES DE 7:31**  
**33 kV A LINEA AEREA 33 kV**



3 7:29

**TRANSFERENCIA DE CABLES DE  
13,2 kV A LINEA AEREA 13,2 kV**



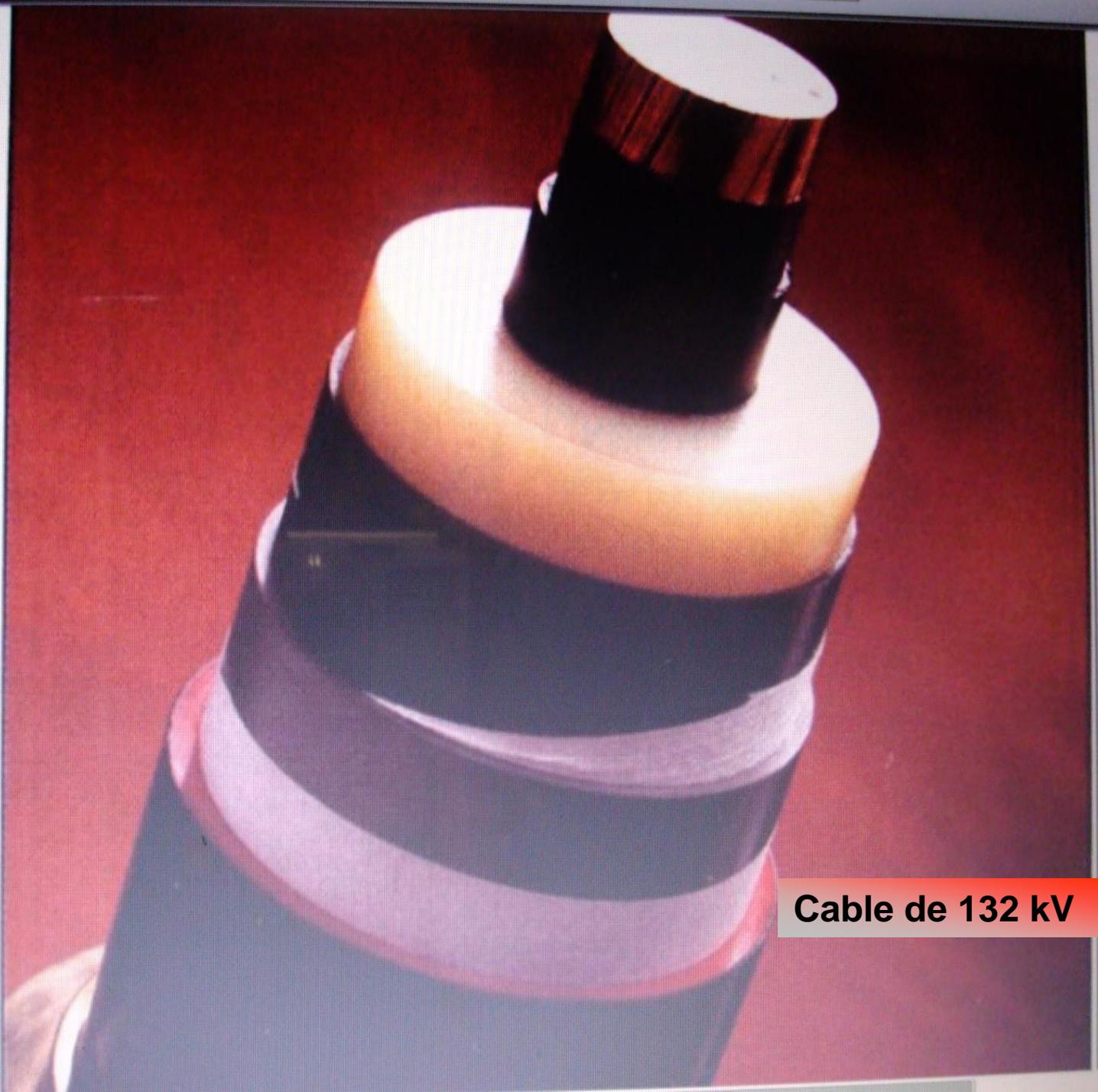
**Cable Tripolar, cobre 13,2 o 33 kV**



**Aluminio unipolar , 13,2 o 33 kV**

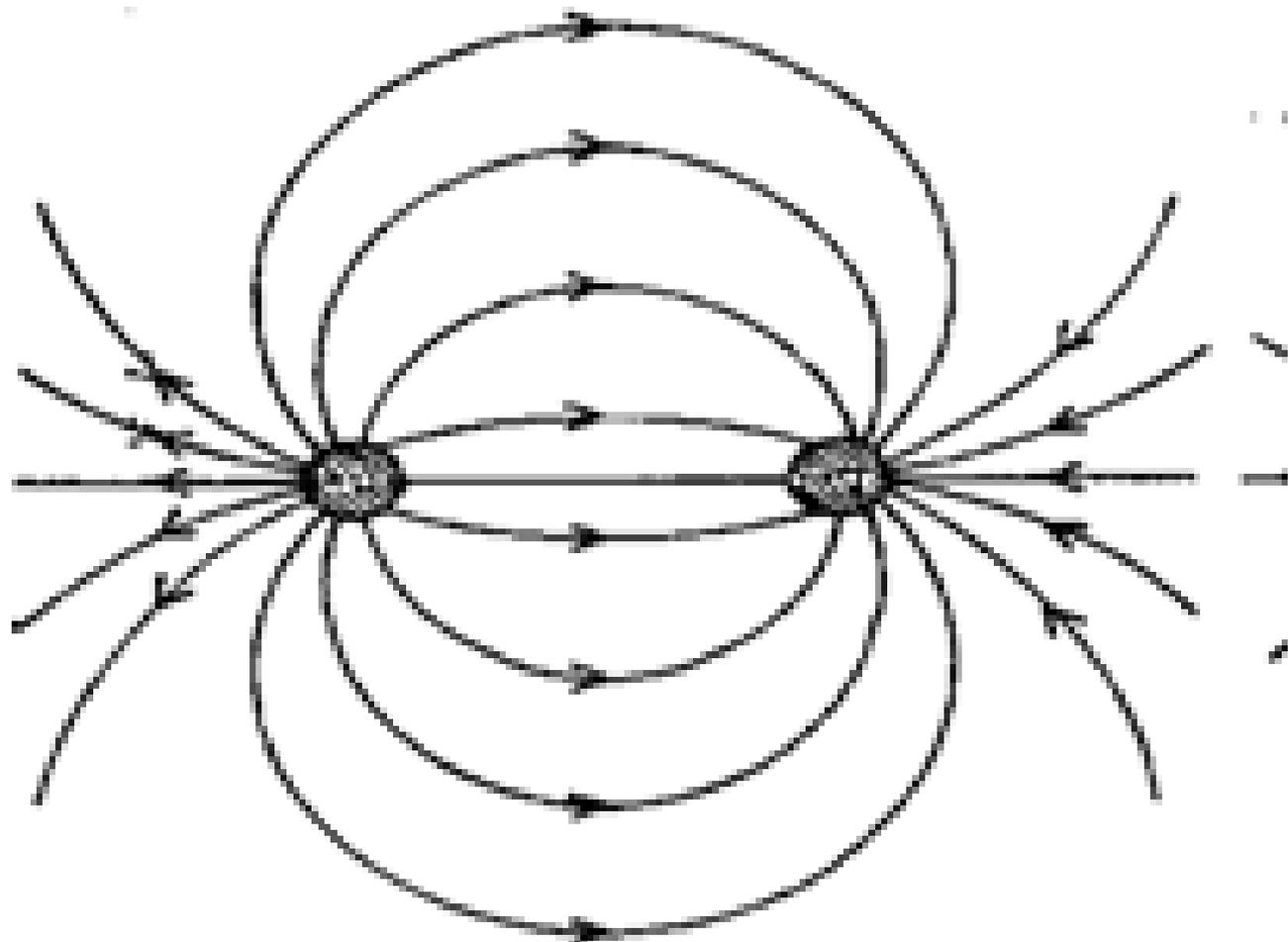
# DUCTO PARA LA COLOCACION DE UNA TERNA DE CABLES DE 132 kV



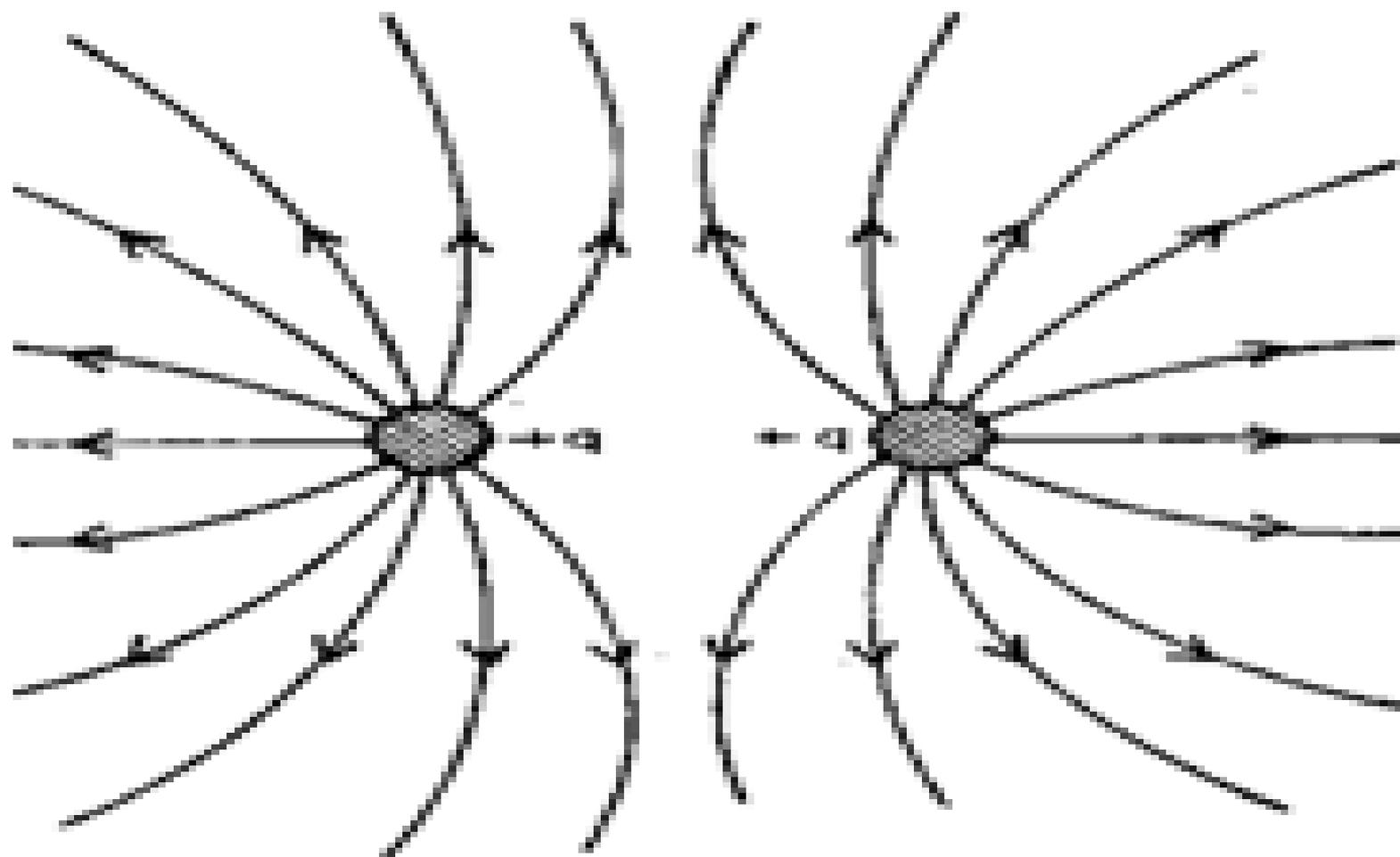


**Cable de 132 kV**

**CAMPO ELECTRICO**



ESFERITAS CONDUCTORAS  
CON CARGAS  $+q$ ,  $-q$



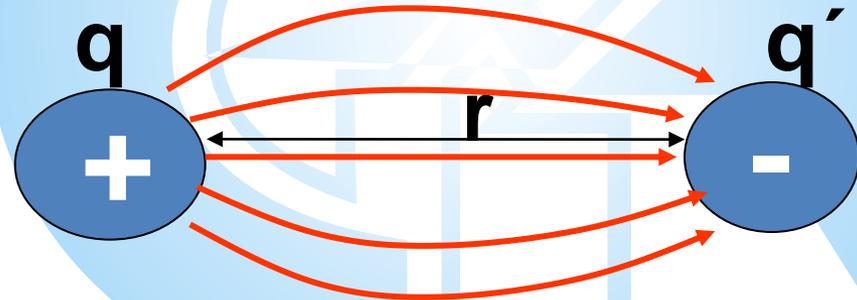
ESFERITAS CONDUCTORAS  
CON CARGAS  $+q$ ,  $+q$

# CAMPO ELECTRICO

**LEY DE COULOMB:** La fuerza ejercida  $F$  entre dos cargas eléctricas  $q$  y  $q'$  es directamente proporcional al producto de ambas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias que la separa

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot q'}{r^2} \quad [\text{Newton}]$$

$\epsilon_0$  permitividad de vacio.



**Campo de fuerzas de origen electrostático**

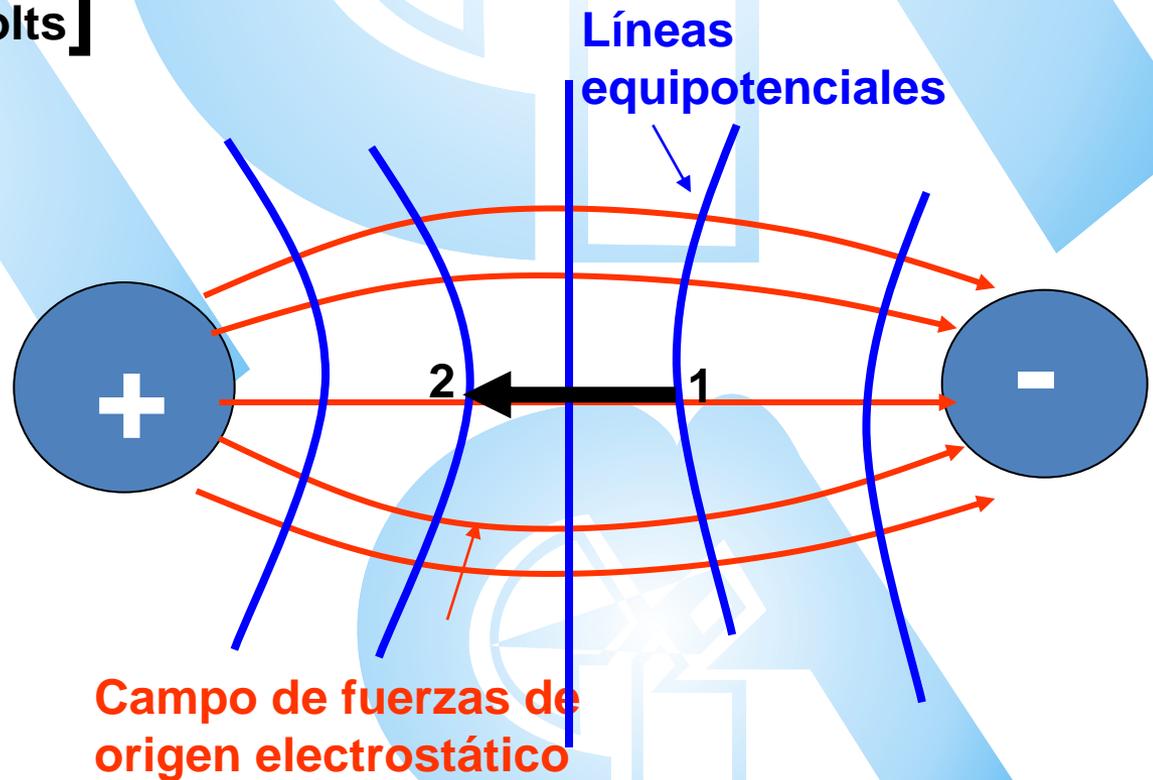
**CAMPO ELECTRICO:** Sumatoria de Fuerzas por unidad de carga, que actúan sobre una partícula cargada, en el interior del campo de fuerzas de origen electrostático..

$$E = \frac{F}{q'} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad [\text{Newton/ Culombio}] \rightarrow \text{V/m}$$

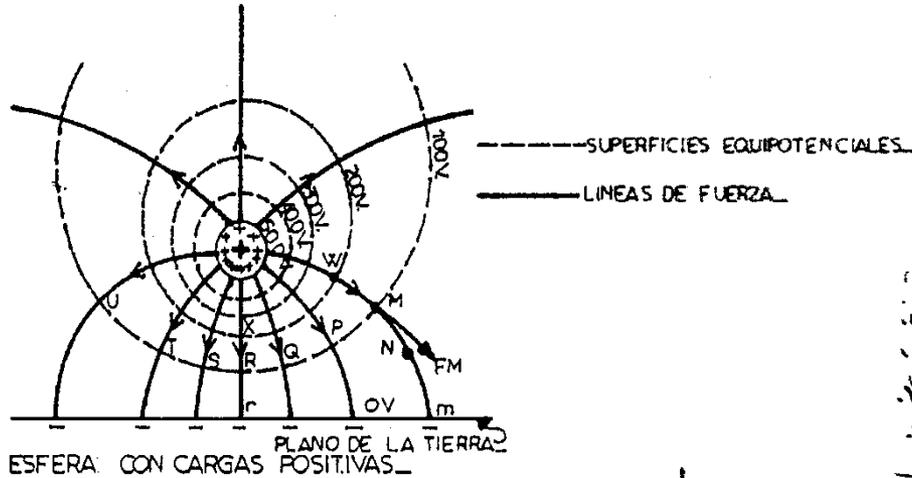
# CAMPO ELECTRICO

Diferencia de **POTENCIAL ELECTRICO**: es el trabajo necesario para desplazar una carga positiva desde un punto a otro ( dentro del campo) en contra las fuerzas del Campo Eléctrico

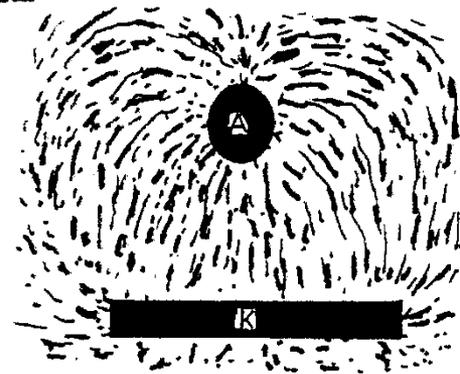
$$V_{12} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \frac{q}{r_{12}} \quad [\text{Volts}]$$



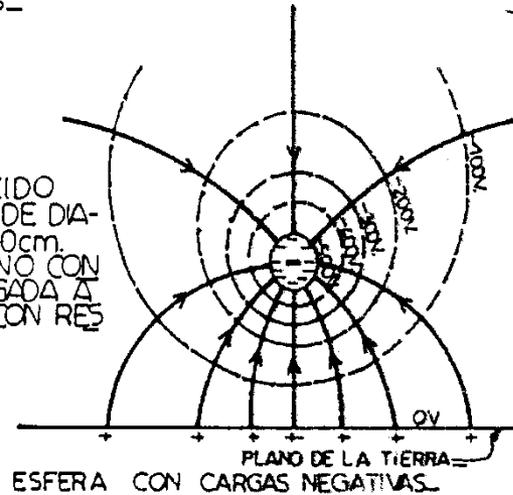
ESQUEMA PARA APLICAR EL  
CONCEPTO DE "POTENCIAL ELECTRICO"

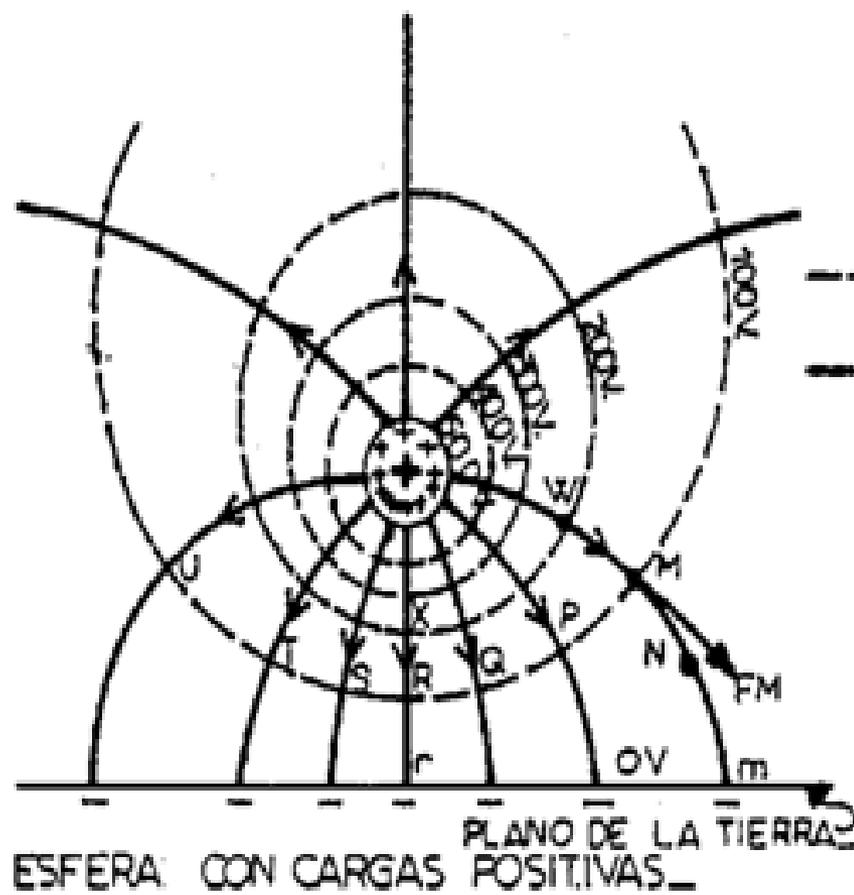


LINEAS DE FUERZA OBTENIDAS  
EXPERIMENTALMENTE



CAMPO MAGNETICO PRODUCIDO  
POR UNA ESFERA DE 15cm. DE DIA-  
METRO COLOCADA A UNOS 50cm.  
DE ALTURA SOBRE UN PLANO CON  
DUCTOR INDEFINIDO Y CARGADA A  
UN POTENCIAL DE 500 V. CON RES-  
PECTO A LA TIERRA.





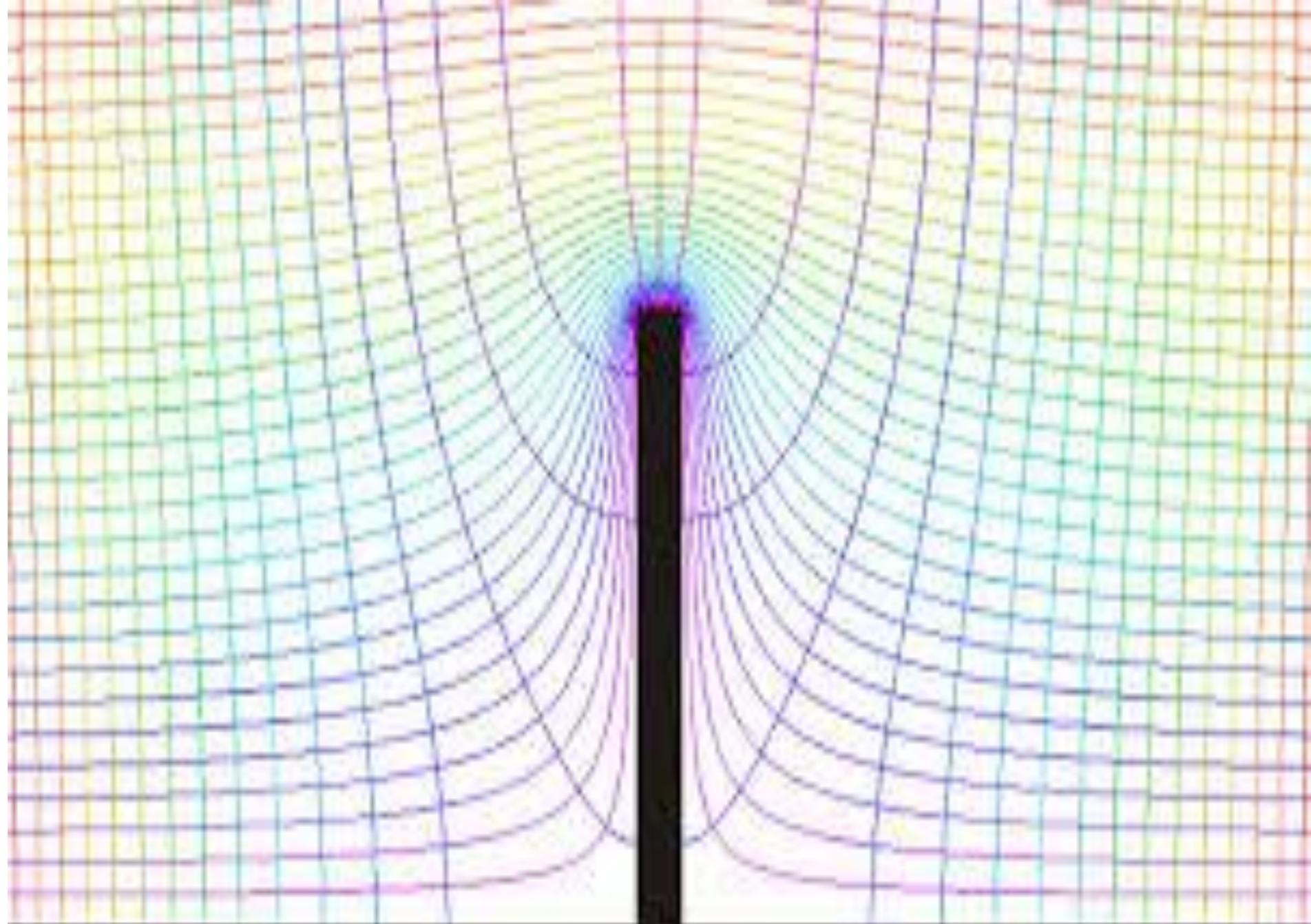
-----SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES  
 ————LINEAS DE FUERZA

ESFERA CON CARGAS POSITIVAS

PLANO DE LA TIERRA

CAMPO MAGNETICO PRODUCIDO  
POR UNA ESFERA DE 15cm. DE DIA-  
METRO COLOCADA A UNOS 50cm.  
DE ALTURA SOBRE UN PLANO CON  
DUCTOR INDEFINIDO Y CARGADA A  
UN POTENCIAL DE 500 V. CON RES-  
PECTO A LA TIERRA.







# Condensador o capacitor:

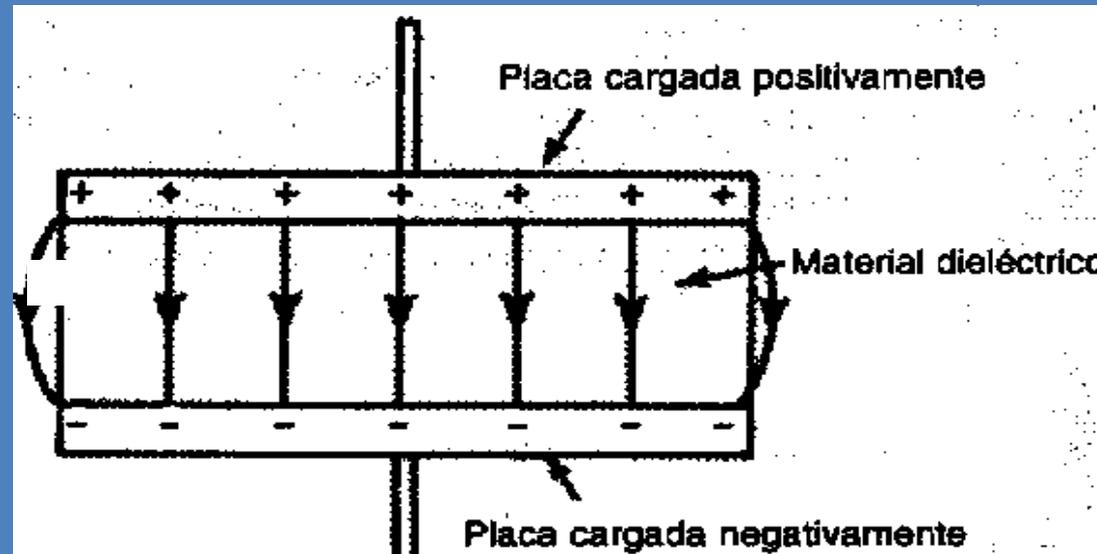
Dos placas paralelas, metálicas cargadas. establecen un campo de fuerzas de origen electrostático: Presentan el fenómeno de almacenar Energía, y su unidad es el Faradio

$q$  (Culombio)

$V_{12}$  (Volts) = -----

$C$  ( faradio)

Las líneas eléctricas al estar tensionadas presentan fenómenos capacitivos, campos de fuerza de origen electrostático y energía almacenada



# CAMPO ELECTRICO

**Para una determinada distancia el Campo eléctrico es directamente proporcional a la Potencial de la línea o cuerpo Cargado e inversamente proporcional a la distancia al cuadrado  $1/d^2$**

La distribución el mismo se altera fácilmente con la presencia de cualquier objeto conductor o dieléctrico

## Variables que afectan al Campo Eléctrico

Tensión de la línea ( proporcional)

Altura de los conductores sobre el Terreno

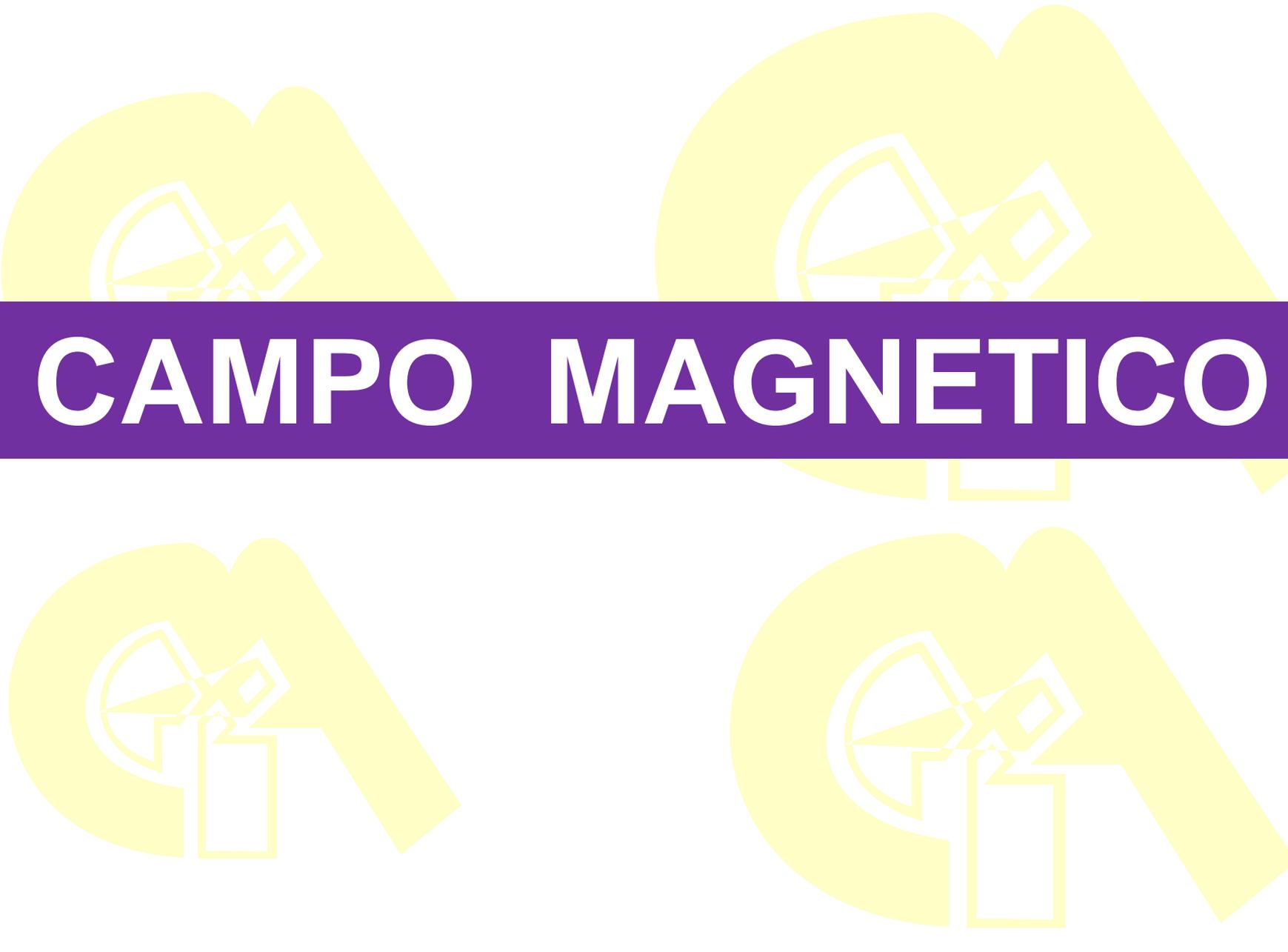
Configuración de la línea

Proximidad a objetos conductores ( cercos ,arboles)

Distancia lateral al centro  $1/d^2$

Son Fáciles de Blindar

Poca variabilidad ya que depende del nivel de tensión de la línea que es suficientemente constante +/- n %.



# CAMPO MAGNETICO

# CAMPO MAGNETICO

Son directamente dependiente de la intensidad de corriente. Y con bajas tensiones pueden tener corrientes elevadas y campos magnéticos asociados también elevados, inclusive superiores a líneas de alta tensión.

H intensidad de campo magnético en A/m

B inducción e campo magnético en  $\mu$  Tesla

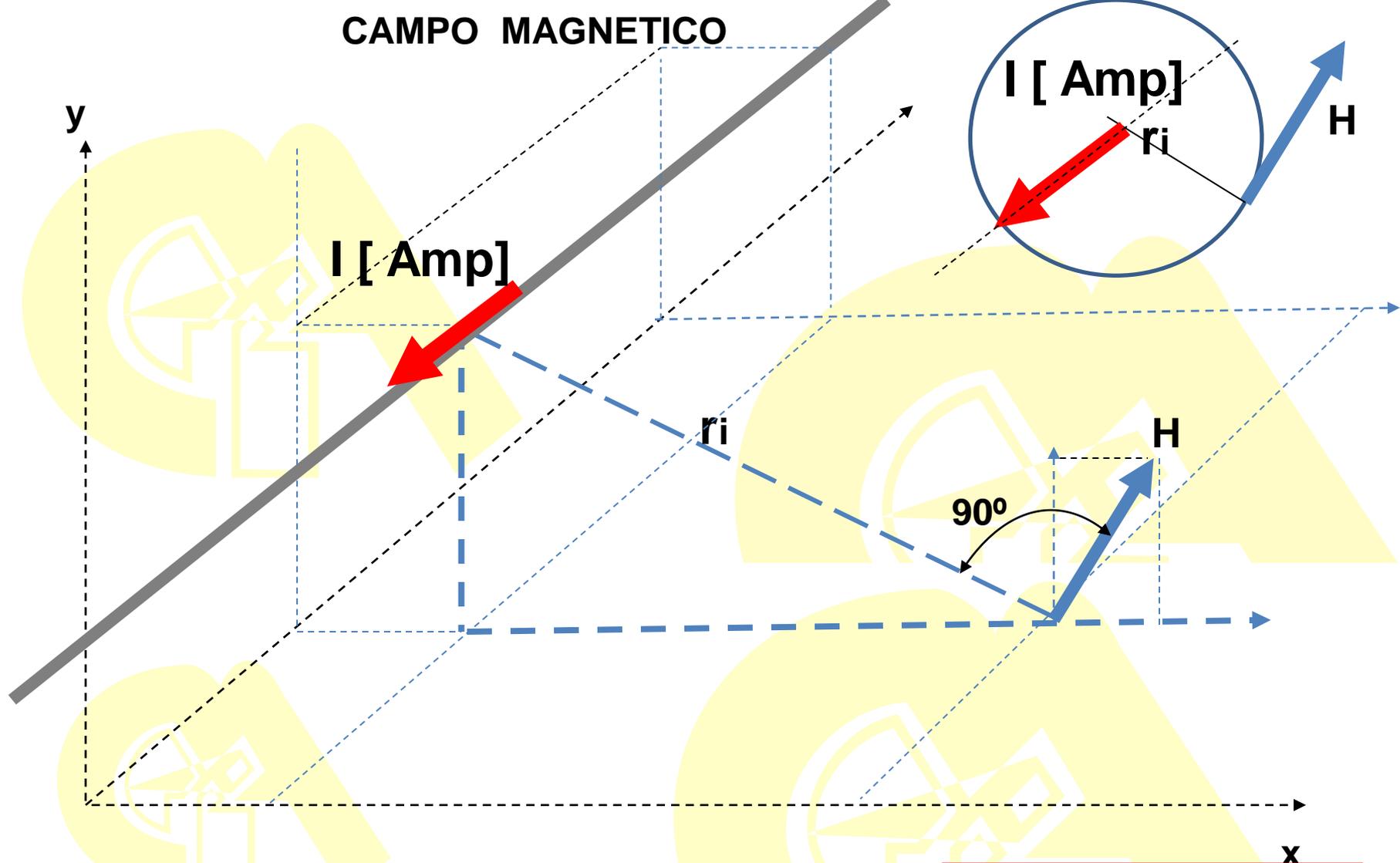
1  $\mu$ Tesla ( micro Tesla)= 10 mG( miligauss)

$$B = \mu H$$

$\mu$ = permeabilidad magnética  $12,56 \cdot 10^{-7}$  [ Wb/(A m)]

**Es directamente proporcional al valor de intensidad de corriente e inversamente proporcional a la distancia**

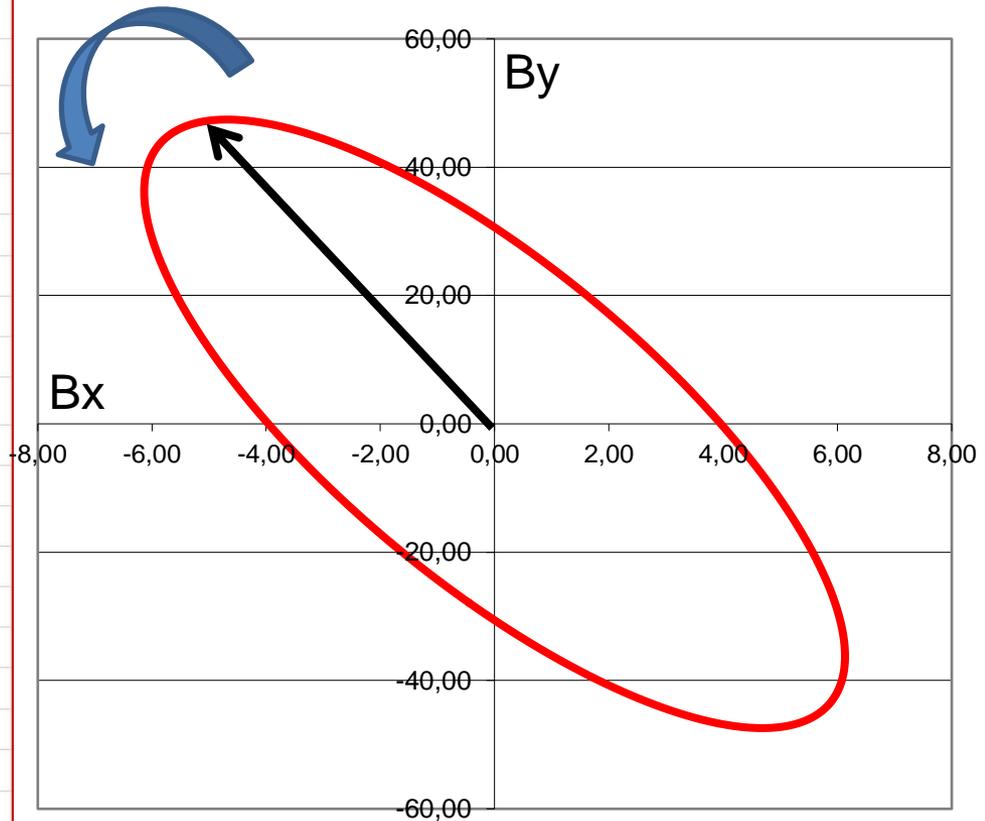
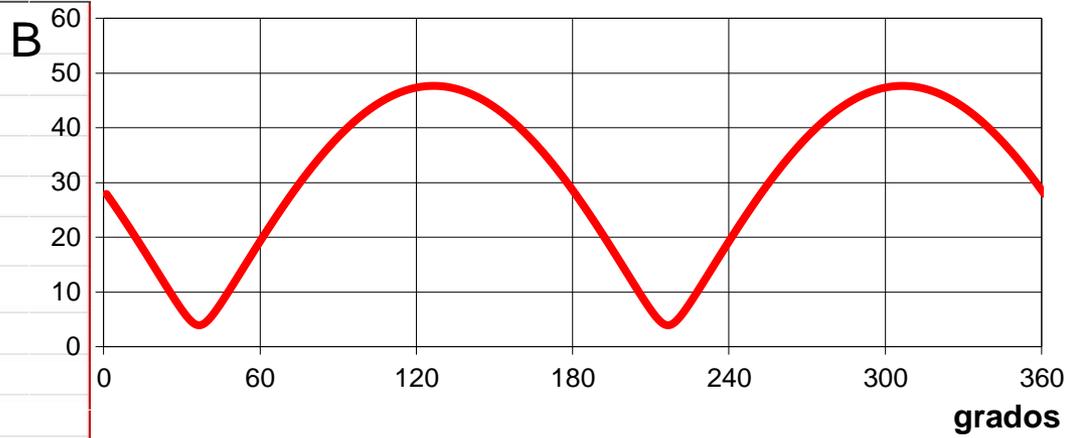
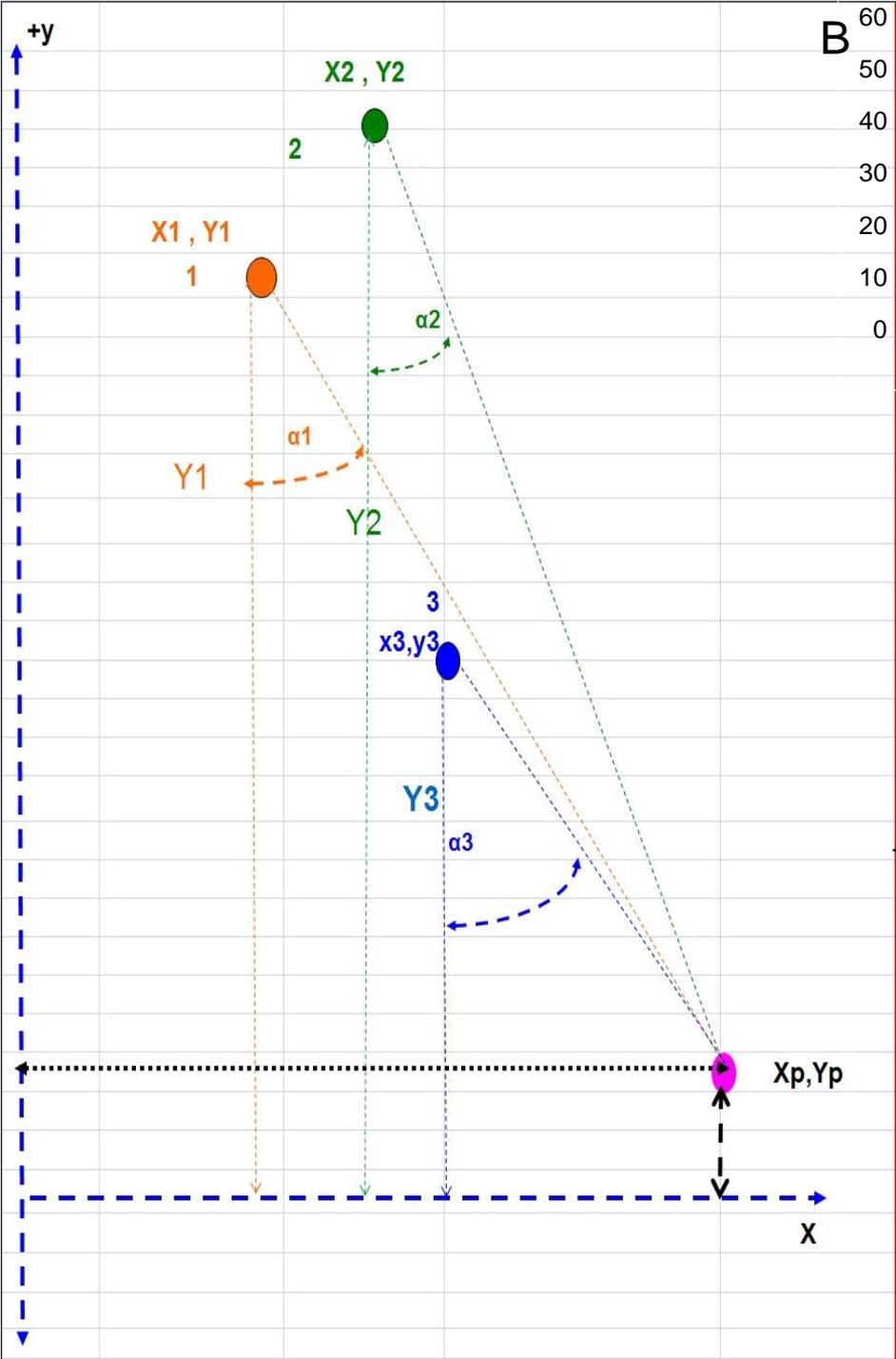
# CAMPO MAGNETICO



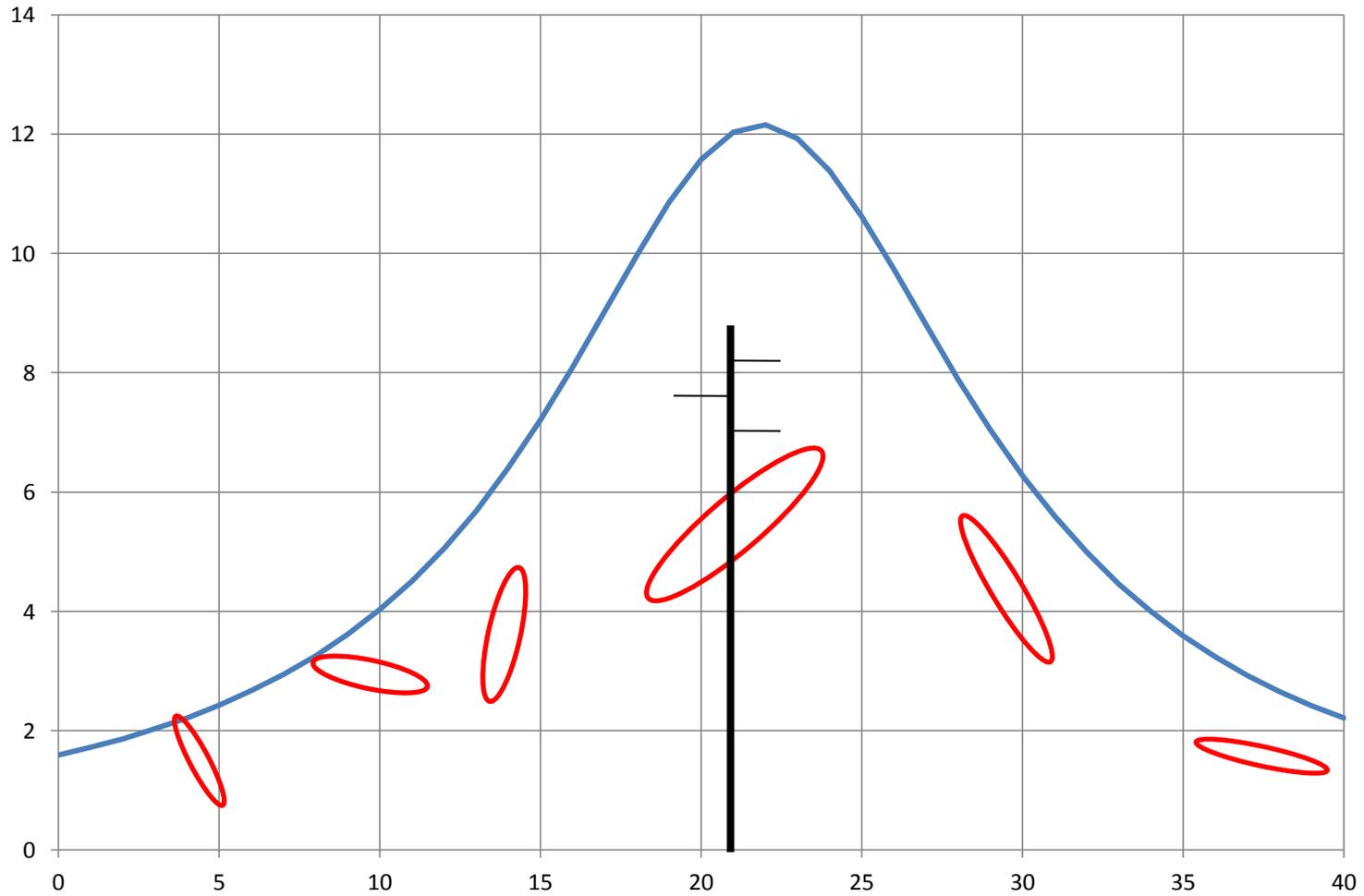
**H [A/m]**  
**intensidad**  
**de campo magnético**

**I (Amp)**  
$$H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r_i(m)}$$

$$B = \mu H \text{ (T) o } (\mu T)$$
  
**Inducción de**  
**campo magnético**



B mGaus



metros

# CAMPO MAGNETICO

Variabilidad en relación con la variación de la corriente, en función de la carga de la línea.

Depende de la altura de los conductores sobre el terreno

Si hay desbalance de corrientes, su valor decae más lentamente en la medida que nos alejamos del eje de la línea.

Efectos sobre los hilos de guardia

Su atenuación se consigue con placas de material ferro magnético de espesor importante , también placas de características conductivas por ejemplo lámina de aluminio.

**Son muy difíciles de blindar ya que atraviesan casi todo,  
Se debe aumentar la altura de las líneas**

**Se debe aumentar el Nivel de tensión, para transmitir con menor intensidad de corriente.**

**Uso de circuitos múltiples, con secuencia inversa de una terna respecto a la otra.**

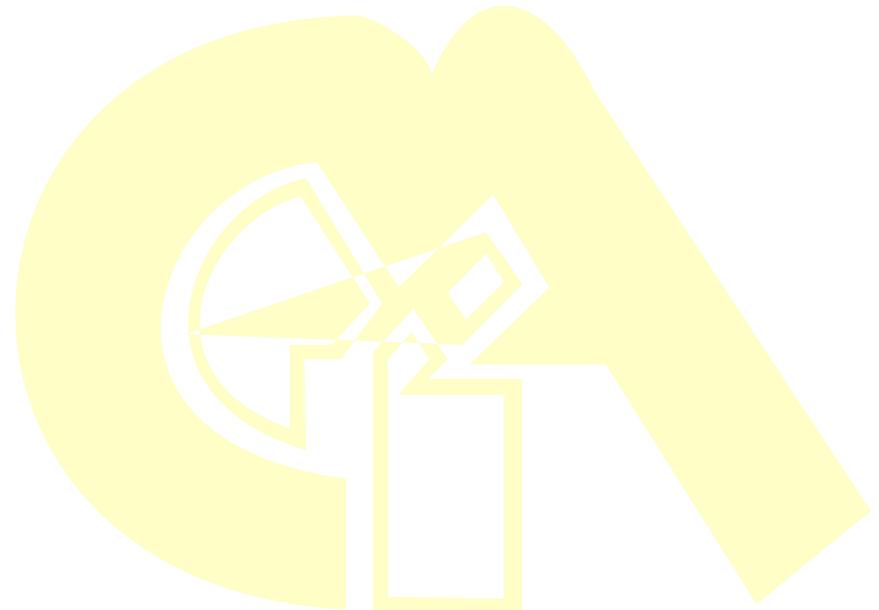
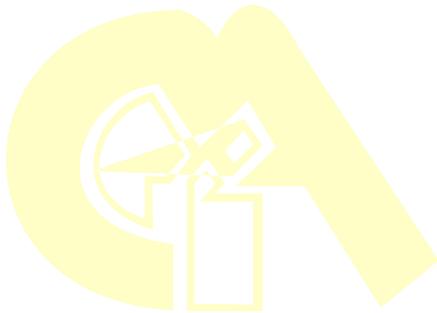
# CAMPO MAGNETICO

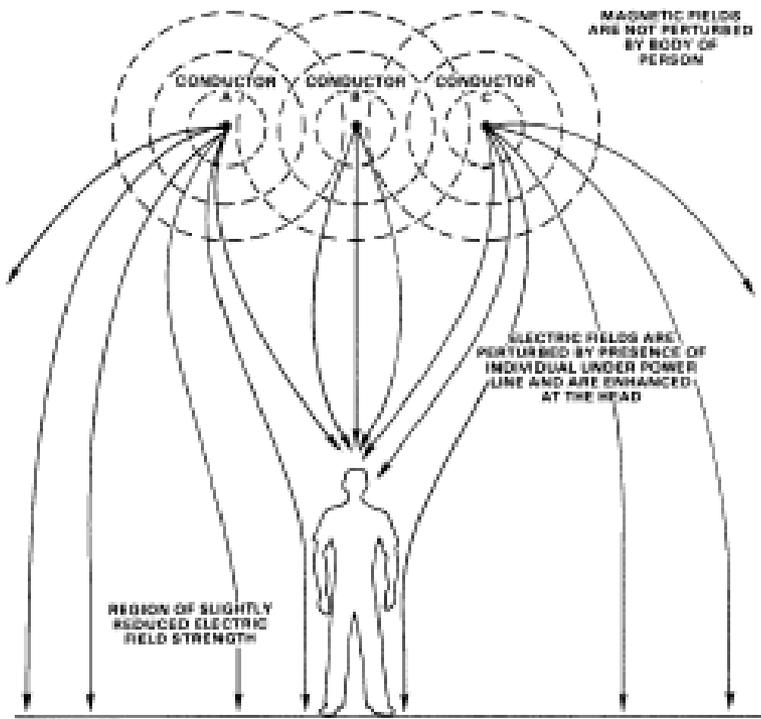
**Líneas compactas 13,2 KV y 33 KV, mejoran el impacto visual , menor reactancia inductiva.**

**Dificulta el mantenimiento con tensión.**

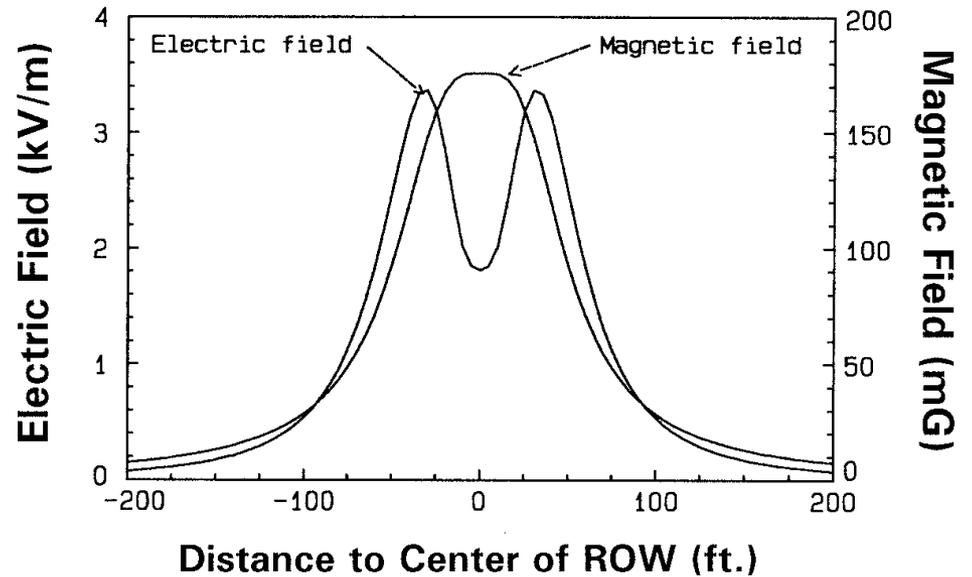
**Ante cortocircuitos aumenta la tensión en las fases sanas, 1,25 a 1,5**

**Con lo cual obliga a aumentar el BIL de la línea ( Basic Insulation Level)**





**Spatial Distribution of Electric and Magnetic Field Strength Beneath a 345 kV Transmission Line**





**\_Mu-metal es una aleación de níquel-hierro (aproximadamente 75% de níquel, 15% de hierro, además de cobre y molibdeno) que tiene una permeabilidad magnética muy alta. La alta permeabilidad hace al mu-metal muy eficaz en la detección de campos magnéticos estáticos o de baja frecuencia, que no puede ser atenuada por otros métodos**

# EFECTO CORONA

Si se somete a un dieléctrico( aire) a un campo eléctrico cuyo gradiente de potencial  $\Delta E/\Delta d$  va en aumento, se llegará a un valor del gradiente de potencial que exceda la rigidez dieléctrica máxima del dieléctrico, perforando al mismo

Este valor del gradiente se llama gradiente disruptivo.

En particular si se somete a un conductor de una línea de transmisión a un voltaje creciente, también lo hará el gradiente de potencial y se llega a el momento en que supera al gradiente disruptivo del aire.

Se producen entonces la ionización del aire que rodea al conductor y que se manifiesta por una crepitación ( ruido a fritura) y una luminosidad azulada que se percibe de noche.

Si el campo eléctrico fuese uniforme alrededor de un conductor, la ionización aparecería a 25° C a 760 mm de mercurio, al alcanzar un  $\Delta E/\Delta d$  de pico de 30 kV/cm

# EFECTO CORONA

**Aparece en la superficie de los elementos que componen la línea y que se encuentran bajo tensión**

**Existen pequeñas descargas , el campo eléctrico  $E$  acelera los iones del aire y se producen perdidas energéticas ( línea aérea , sin pantalla electrostática)**

**Altamente dependiente de la concentración de campo eléctrico en la superficie del conductor y de las condiciones atmosféricas.**

**Dichas descargas emiten radiación en las inmediaciones que pueden perturbar las señales de comunicación ( radio interferencia RI)**

**En AT y EAT , el movimiento de los iones se transmite en el aire, y puede provocar ruido audible**

**Descargas eléctricas parciales en un medio dieléctrico gaseoso en regiones de alta intensidad de campo eléctrico, en el entorno de conductores-**

**Micro descargas que tienen lugar generalmente en la morseteria y que se deben a falsos contactos o a imperfecciones en el ensamble entre un aislador y su morseteria.**

# EFECTO CORONA

## RESUMIENDO

**Descargas corona:** dependen del diseño de la línea e interfieren en frecuencias inferiores a 30 MHz (radio Amplitud Modulada) fenómeno conocido como radio interferencia RI.

Se lo limita con conductores múltiples, en 220 kV 2 c/f, 500 kV 4 c/f, ya que cuanto menor en el diámetro del conductor aumenta el efecto corona, al colocar esa sección (área) en varios conductores múltiples, aumenta el RMG y disminuye el efecto corona. Y además baja la reactancia inductiva de la línea.

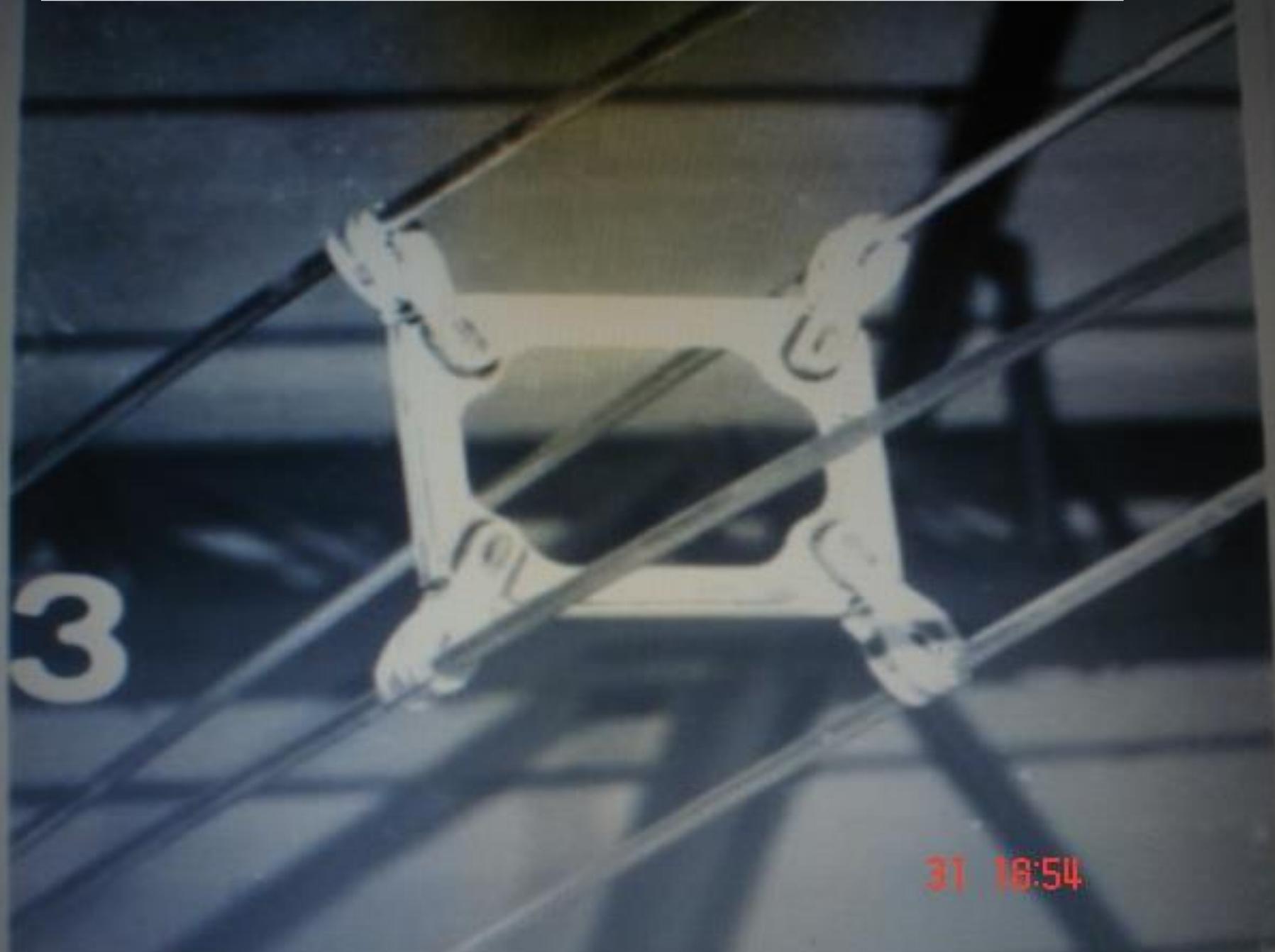
Presenta pérdidas de energía, que aumentan con condiciones desfavorables de la atmósfera, en caso de tiempo lluvioso puede aumentar las pérdidas unas 10 veces más que condiciones óptimas.

**Descargas disruptivas:** dependen de los aspectos constructivos de la línea e interfieren en los centenares de MHz (radio FM y TV).

ENSAYO DE LABORATORIO PARA ANALIZAR EL EFECTO CORONA



ENSAYO DE LABORATORIO PARA ANALIZAR EL EFECTO CORONA



3

31 16:54



ENSAYO DE LABORATORIO PARA ANALIZAR EL EFECTO CORONA

# RELACION CON LOS SERES HUMANOS

## RESUMIENDO

### CAMPOS ELECTRICOS

**E: ASOCIADO A LA PRESENCIA DE CARGA ELECTRICA ( V/m)**

**DEPENDEN DE LA TENSION  $U \approx \text{CTE}$**

**DISMINUYEN CON EL CUADRADO DE LA DISTANCIA**

**FACILES DE BLINDAR**

### CAMPOS MAGNETICOS

**H: ASOCIADO AL MOVIMIENTO DE CARGA ELECTICA ( A/m)**

**$B = \mu H$  ( Tesla )**

**$1 \mu T$  ( micro Tesla) = 10 mG ( miligauss)**

**DEPENDEN DE LA CORRIENTE (I VARIA DURANTE EL DIA)**

**DISMINUYEN CON LA DISTANCIA**

**DIFICILES DE BLINDAR**

# FUENTES ELECTROMAGNETICAS

## CAMPOS RADIANTES

SE PROPAGAN DESDE SU FUENTE, VINCULADOS E y B

IONIZANTE FRECUENCIAS SUPERIORES A  $10^{16}$  Hz -RAYOS X, DISRUPCION DE TEJIDOS MOLECULARES. LONGITUDES DE ONDAS CORTAS

SE PROPAGAN POR EL ESPACIO AUN CUANDO LA FUENTE HAYA DESAPARECIDO

## CAMPOS NO RADIANTES

A MUY BAJA FRECUENCIA LAS COMPONENTES ELECTRICA Y MAGNETICA ESTAN DESACOPLANOS Y SU ANALISIS ES INDEPENDIENTE.

NO SE REALIMENTAN, DESAPARECEN CUANDO LA FUENTE NO EMITE.

NO PUEDEN DESPLAZARSE EN EL VACIO.

DESAPARECEN A CIERTA DISTANCIA DE LA FUENTE

LONGITUDES DE ONDA ALTAS, A 60 Hz 5.000 Km Y 50 Hz 6.000 Km

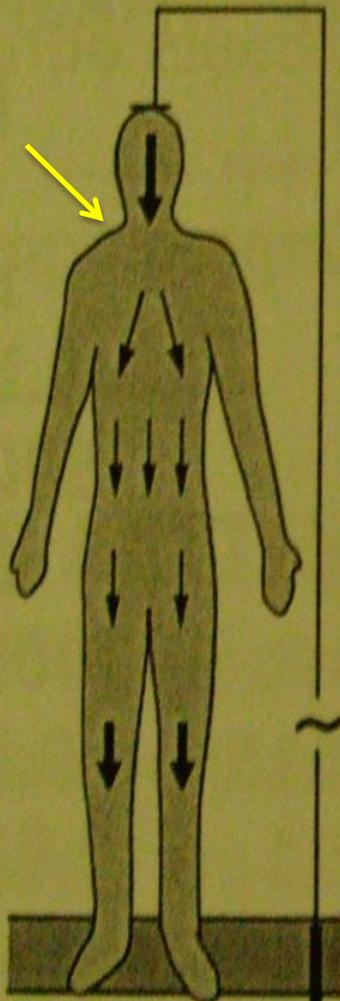
**CERCANOS- NO RADIANTES Y NO IONIZANTES**

**Líneas de campo eléctrico  
Superficiales no penetran  
el cuerpo humano**

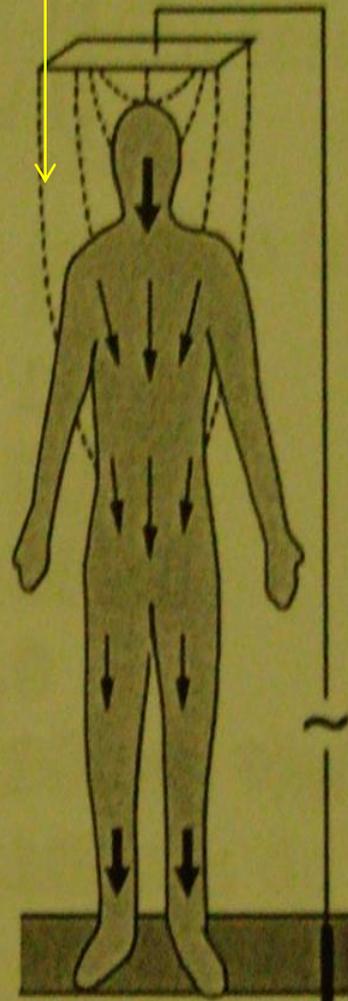
**THE PHYSICAL MECHANISM: INDUCTION OF ELECTRIC CURRENTS**

**Corrientes  
directas  
internas**

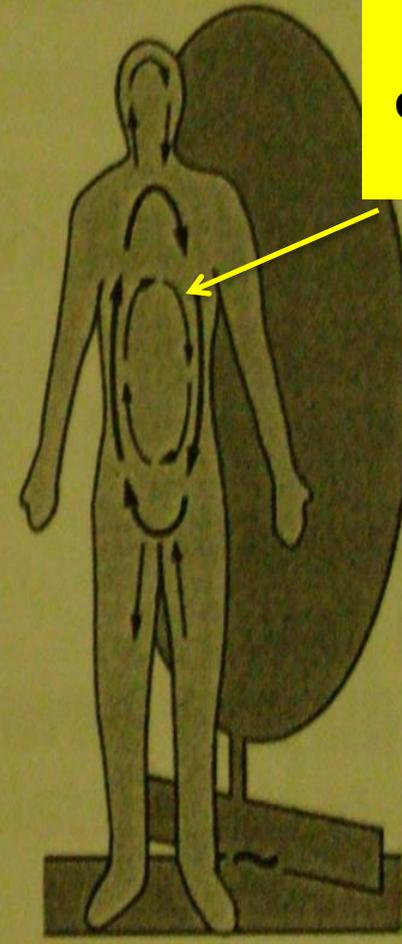
**Electric Voltage**



**Electric Field**



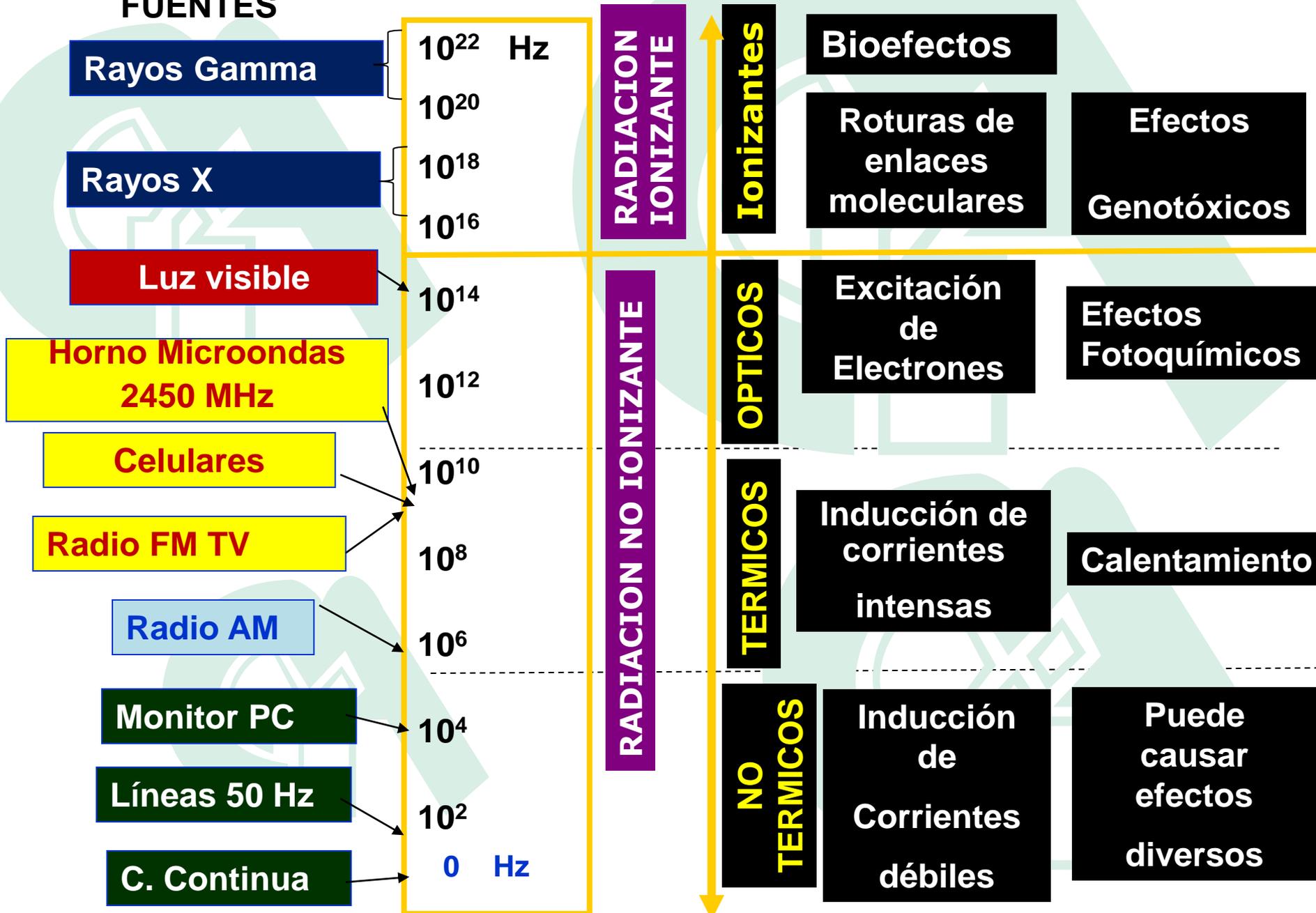
**Magnetic Field**



**Corrientes  
Inducidas  
de  
circulación  
internas**

# ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

## FUENTES



## **FUENTES NATURALES**

**Campo eléctrico estático terrestre  $\leq 0,2$  KV/m**

**en lugares desérticos y tormentosos  $\leq 50$  KV/m**

**Campo magnético estático terrestre  $\approx 50 \mu\text{T} = 500$  mG**

## **FUENTES ARTIFICIALES**

### **Instalaciones eléctricas**

**Líneas de transmisión de energía eléctrica**

**Líneas y transformadores de distribución**

**Equipos electrónicos**

**maquinaria eléctrica**

**aparatos electrodomésticos**

## **Aparatos electrodomésticos y equipos electrónicos**

**A pocos centímetros.**

$$B \leq 2500 \mu\text{T} = 25000 \text{ mG}$$

$$E \leq 0,2 \text{ kV/m}$$

**Campo eléctrico de fondo residencial en el centro de las habitaciones:**

$$E \leq 0,01 \text{ kV/m}$$

**Campo Magnético residencial de fondo en el centro de las habitaciones:**

$$0,05 \mu\text{T}(0,5\text{mG}) \leq B \leq 0,3 \mu\text{T} (3 \text{ mG})$$

**Otras fuentes de campos en hogares y oficinas:**

**Cableado domiciliario de alimentación eléctrica**

**Corrientes de neutro en cañerías puesta a tierra**

**Fuentes externas próximas ( líneas, trafos, etc)**

# Tabla de Intensidad de campo Eléctrico y densidad de campo magnético en electrodomésticos

## Campo eléctrico a 30 cm

Cocina eléctrica	130 V/m
Tostador de Pan	40 V/m
Refrigerador	50 V/m
Televisión	30 V/m
Lámpara incandescente	2 V/m

## Densidad de campo magnético ( mG)

	3 cm	30 cm	1m
Televisión	300	40	1
Batidora Eléctrica	500	10	0,5
Procesadora eléctrica	8000	30	1
Afeitadora eléctrica	10000	50	2
Secador de pelo	25000 a 10000		

## Densidad de campo magnético) en equipos de oficinas ( mG)

Maq. de escribir eléctrica	32
Monitor de red	12 a 14
Fotocopiadora	10 a 12
Microordenador	2 a 7
Impresora	6 a 14

## **Densidad de campo magnético) en equipos de aparatos de industrias ( mG)**

Soldaduras convencionales	50 a 3500
Soldaduras en líneas de producción en distintas frecuencias	1800 a 41000
Tornos	10
Fresadoras	5
Cizallas	210
Aparatos de erosión electrolítico	14
Sierras	2
Compresores	3
Agujereadoras y limadoras	8
Cortadoras	5 a 6

## **Otros, Densidad de campo magnético( mG)**

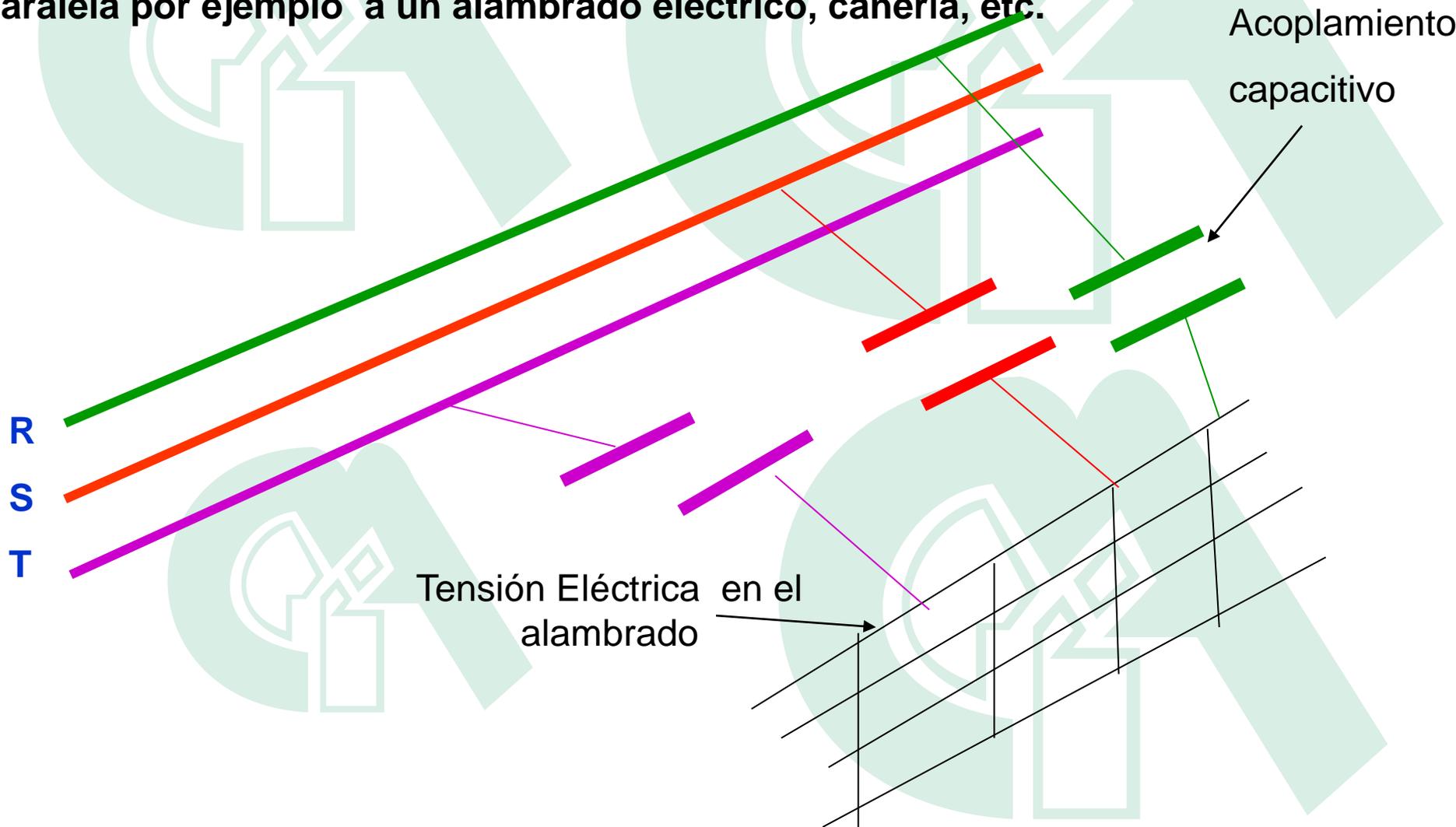
Resonancia Magnética	20.000.000
Marcapasos hasta	5000

# CORRIENTES POR TENSIONES DE CONTACTO

## EFFECTO CAMPO ELECTRICO

Corrientes de Contacto Originadas por Inducción Electroestática

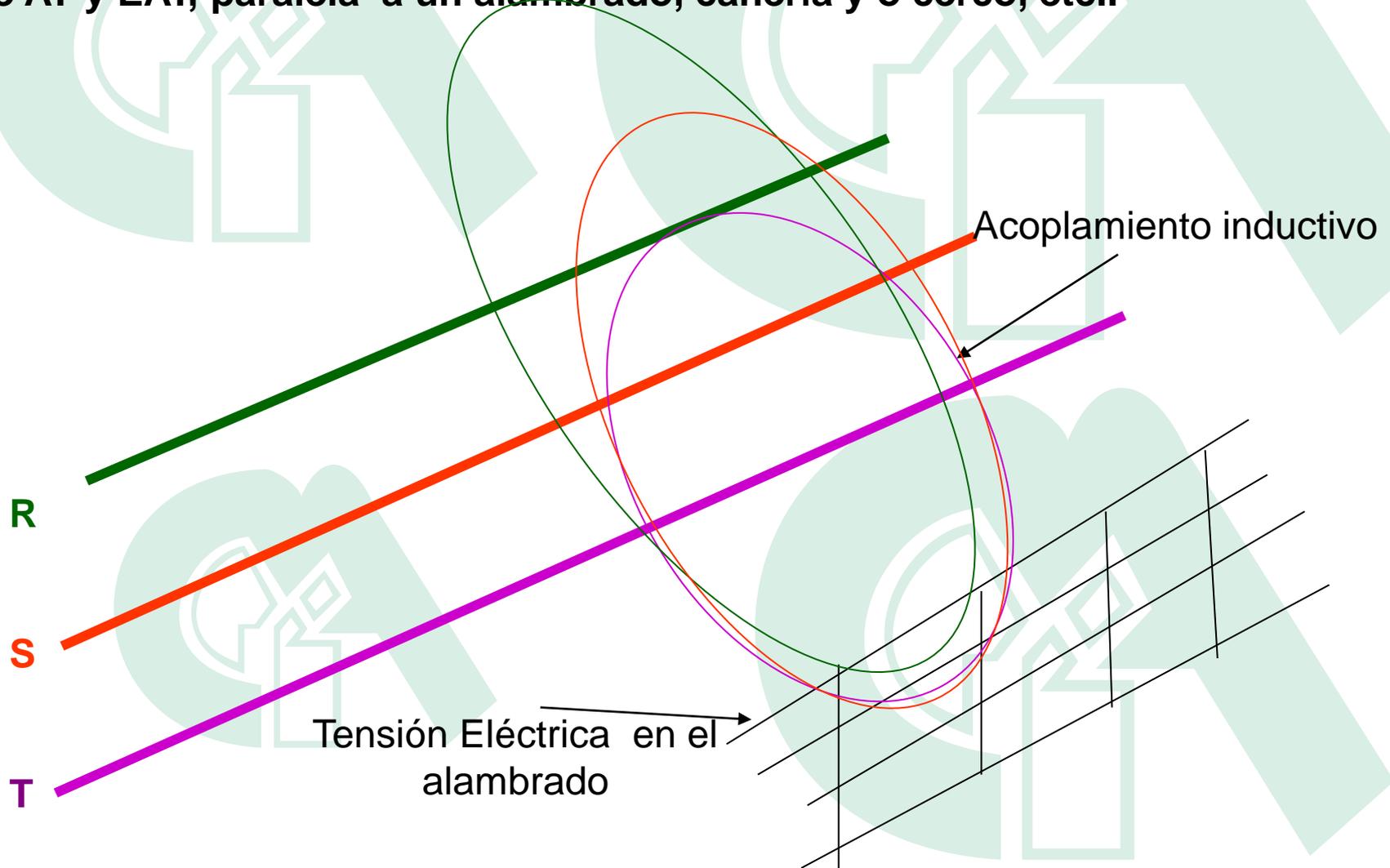
Se producen por Efecto capacitivo, en la cercanía de líneas de AT y EAT, paralela por ejemplo a un alambrado eléctrico, cañería, etc.



# CORRIENTES POR TENSIONES DE CONTACTO

## EFFECTO CAMPO MAGNETICO

Corrientes de Contacto Originadas por Inducción Magnética el Acoplamiento magnético, induce tensiones en el alambrado. siempre en cercanía de líneas de AT y EAT, paralela a un alambrado, cañería y o cerco, etc..



# CORRIENTES INDUCIDAS EN EL CUERPO

Valores limites

**Norma IRAM. 2371** :Efectos fisiológicos por el paso de la corriente alterna ( 15 a 100 Hz) por el cuerpo humano, basada en la norma IEC 479-1

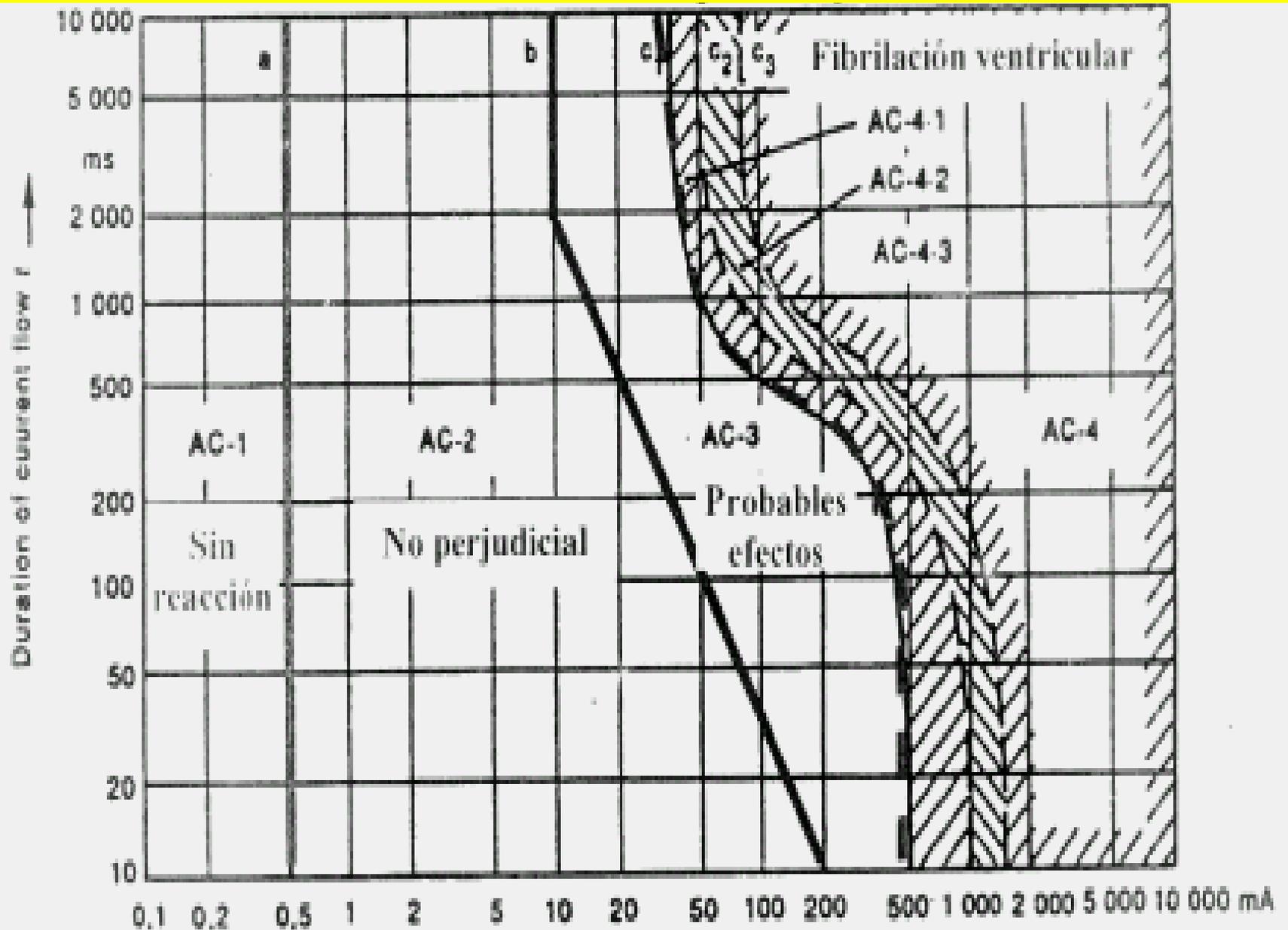
**I contacto limite: 5 mA**

**Umbral de sensibilidad 0,5 mA (sin reacción)**

**ICNIRP** ( Asociación Internacional Protección Contra Radiación)

**J Densidad de corriente admisible 10 mA/m<sup>2</sup> o 0,1 mA/cm<sup>2</sup>**

# IRAM 2371-1 efectos fisiológicos del paso de la corriente alterna (15 a 100 Hz) por el cuerpo humano IEC 479-1



# Descripción de la figura anterior

Zona de designación	Zona de Limites	Efectos Fisiológicos
AC-1	Hasta 0,5 mA Línea a	Generalmente no hay reacción
AC-2	Hasta 0,5 mA Línea b	Generalmente efecto fisiológicos no perjudiciales
AC-3	Línea b hasta curva c1	<p>Generalmente no es de esperar daño orgánico. Probabilidad de contracción muscular, calambres y dificultad en la respiración para corrientes de duración mayor a 2 seg. Alteraciones reversibles en la formación y conducción de impulsos del corazón, incluyendo la fibrilación arterial y paro cardiaco transitorio sin fibrilación ventricular que aumenta con la magnitud de la corriente y con el tiempo.</p>

# Descripción de la figura anterior

<b>Zona de designación</b>	<b>Zona de Limites</b>	<b>Efectos Fisiológicos</b>
<b>AC-4</b>	<b>Por encima de la curva c1</b>	<b>Efectos patofisiológicos peligrosos, creciente con la magnitud de la corriente y el tiempo, tales como paro cardiaco, paro respiratorio y quemaduras severas, sumados a los efectos de la zona 3</b>
<b>AC-4.1</b>	<b>Entre c1 y la la curva c2</b>	<b>Probabilidad de fibrilación ventricular creciendo hasta cerca del 5%</b>
<b>AC-4.2</b>	<b>Entre c2 y la la curva c3</b>	<b>Probabilidad de fibrilación ventricular creciendo hasta cerca del 50%</b>
<b>AC-4.3</b>	<b>Mas allá de la Curva C3</b>	<b>Probabilidad de fibrilación ventricular por encima del 50%</b>

# **NORMATIVA EN ARGENTINA**

**NORMA**



**ORGANISMO  
GUBERNAMENTAL**



**OBLIGATORIA Y  
RESTRICTIVA**

# NORMATIVA EN ARGENTINA

Resolución 295 ( 2003) Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social

## HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

### VALORES LIMITES DE CAMPO MAGNETICO ESTATICO

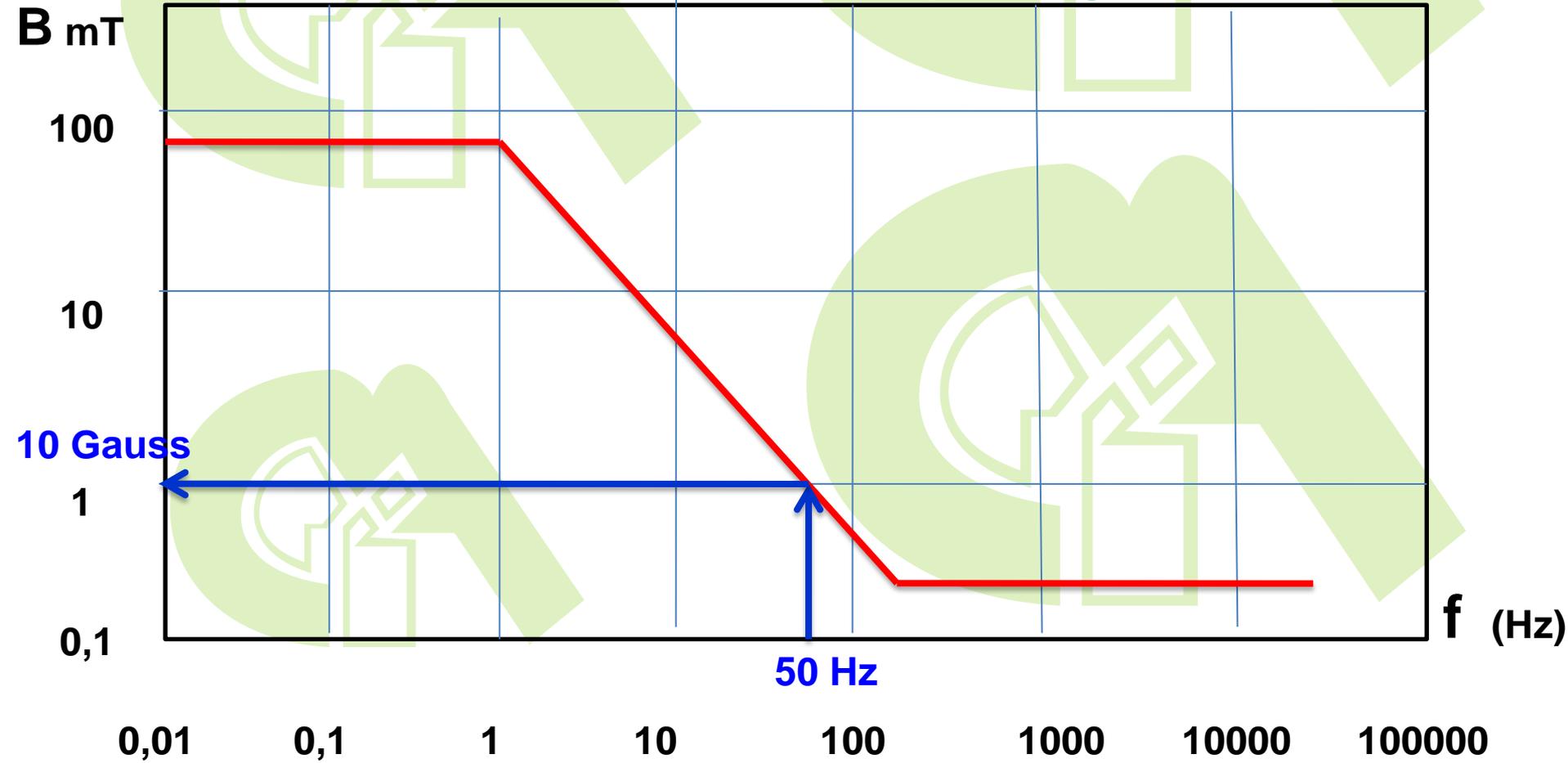
Condición	media ponderada en el tiempo tiempo 8 h	techo
Cuerpo.....	60 mT	2T
Extremidades.....	600 mT	5T
Personas con Dispositivos Médicos electrónicos.....		0,5mT

1  $\mu$ Tesla ( micro Tesla)= 10 mG( miligauss)

# NORMATIVA EN ARGENTINA

Resolución 295 ( 2003) Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social. HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. Rango de 0 a 30 kHz

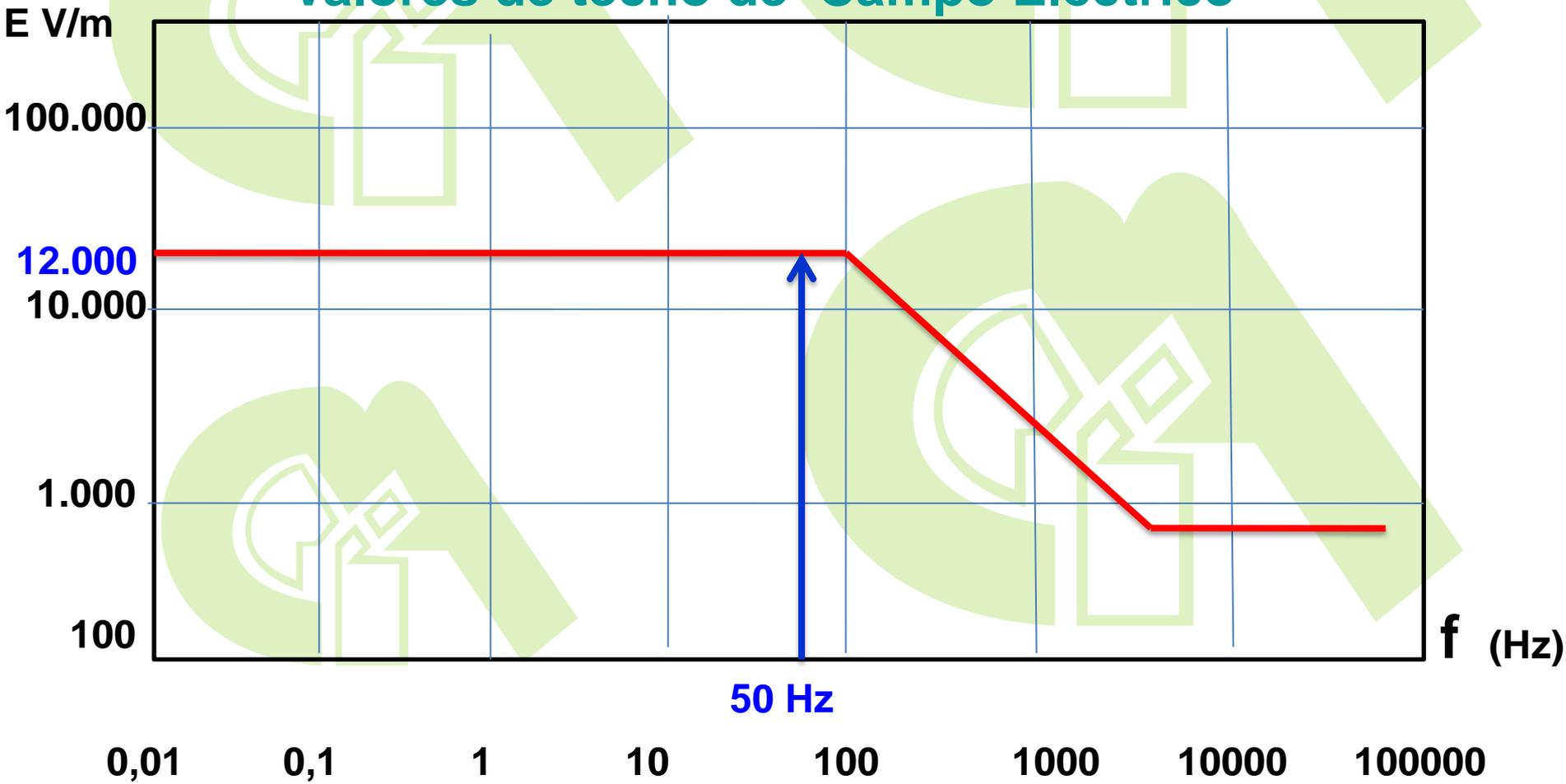
## Valores de techo de Campo Magnético



# NORMATIVA EN ARGENTINA

Resolución 295 ( 2003) Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social. HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. Rango de 0 a 30 kHz

## Valores de techo de Campo Eléctrico



## **Resolución 295 ( 2003) Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social. HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO.**

***Estos valores limite están basados en las corrientes que se producen en la superficie del cuerpo e inducen a corrientes internas a niveles bajo los cuales se cree producen efectos adversos para la salud***

***Las fuerzas de campo Eléctrico mayores de aproximadamente 5 a 7 kV/m pueden producir una gran variedad de peligros para la seguridad, tales como situaciones de alarma asociada con descargas disruptivas ( chispas) y corrientes de contacto procedentes de los conductores sin puesta a tierra.***

***Además pueden existir situaciones de peligro para la seguridad asociadas con la combustión, ignición de materiales inflamables y dispositivos eléctricos explosivos cuando existan campos eléctricos de alta intensidad.***

***Deben eliminarse los objetos no conectarlos a tierra, y cuando haya que manejar estos hay que conectarlos a tierra o utilizar guantes aislantes. Una medida de prudencia es usar medios de protección ( trajes dieléctricos, guantes y elementos de aislación) en los casos de que los campos eléctricos excedan los 15 kV/m***

# **SECRETARIA DE ENERGIA**

**fija medidas de protección y ambiental  
Estándares ambientales**



# **ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD**

**Procedimientos para el cumplimiento de normas**

**Auditorias ambientales**

**Autoridad de fiscalización**

**Resolución 77 / 1998 de la SECRETARIA DE  
ENERGIA DE LA NACION**



**Campo Eléctrico No perturbado para líneas en  
condiciones de  $U_n$ , y a temp max**

$$E = 3 \text{ kV/m}$$



**Densidad de flujo Magnético para líneas en  
condiciones limite térmico de los conductores**

$$B = 25 \text{ } \mu\text{T o } 250 \text{ mG}$$

**Estas consideraciones, tanto para E o B, proveerán una norma interina que evitara aumentos innecesarios de los niveles existentes de exposición a campos magnéticos**



**Tal norma se aplicará solamente a futuras instalaciones de transmisión, y no pretende indicar niveles de exposición seguros ni inseguros**

***REFERENCIA INTERNACIONAL***



# ***REFERENCIA INTERNACIONAL***

## **ICNIRP ( International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)**

**50 Hz      publico en general      ocupacional**

**J      2 mA/m<sup>2</sup>**

**10 mA/m<sup>2</sup>**

**E      5 kV/m**

**10 kV/m**

**B      100μT(1000 mG)**

**500μT(5000mG)**

# ***REFERENCIA INTERNACIONAL***

## **NRPB UK ( National Radiation Protection Board- United Kingdom)**

**publico en general**

**ocupacional**

<b>E</b>	<b>50 Hz</b>	<b>12 kV/m</b>	<b>12 kV/m</b>
<b>E</b>	<b>60 Hz</b>	<b>10 kV/m</b>	<b>10 kV/m</b>
<b>B</b>	<b>50 Hz</b>	<b>16.000 mG</b>	<b>16.000mG</b>
<b>B</b>	<b>60 Hz</b>	<b>13.300 mG</b>	<b>13.300mG</b>

# ***REFERENCIA INTERNACIONAL***

**EC (European Commission 2004/40/CE)**

**Valores limites**

**50 Hz**

**J**

**10 mA/m<sup>2</sup>**

**E**

**10 kV/m**

**B**

**500  $\mu$ T (5000 mG))**

# ***REFERENCIA INTERNACIONAL***

**ACGIH(American Conference of Govern  
Industrial Commillee 1993)**

**60 Hz**

**OCUPACIONAL**

**E**

**25 kV/m**

**B**

**10.000 mG**

# ***REFERENCIA INTERNACIONAL***

## **ITALIA (decreto Presidente Consejo de Ministros)**

**Limites en áreas, con ocupación significativa**

**E 5 kV/m**

**B 1.000 mG**

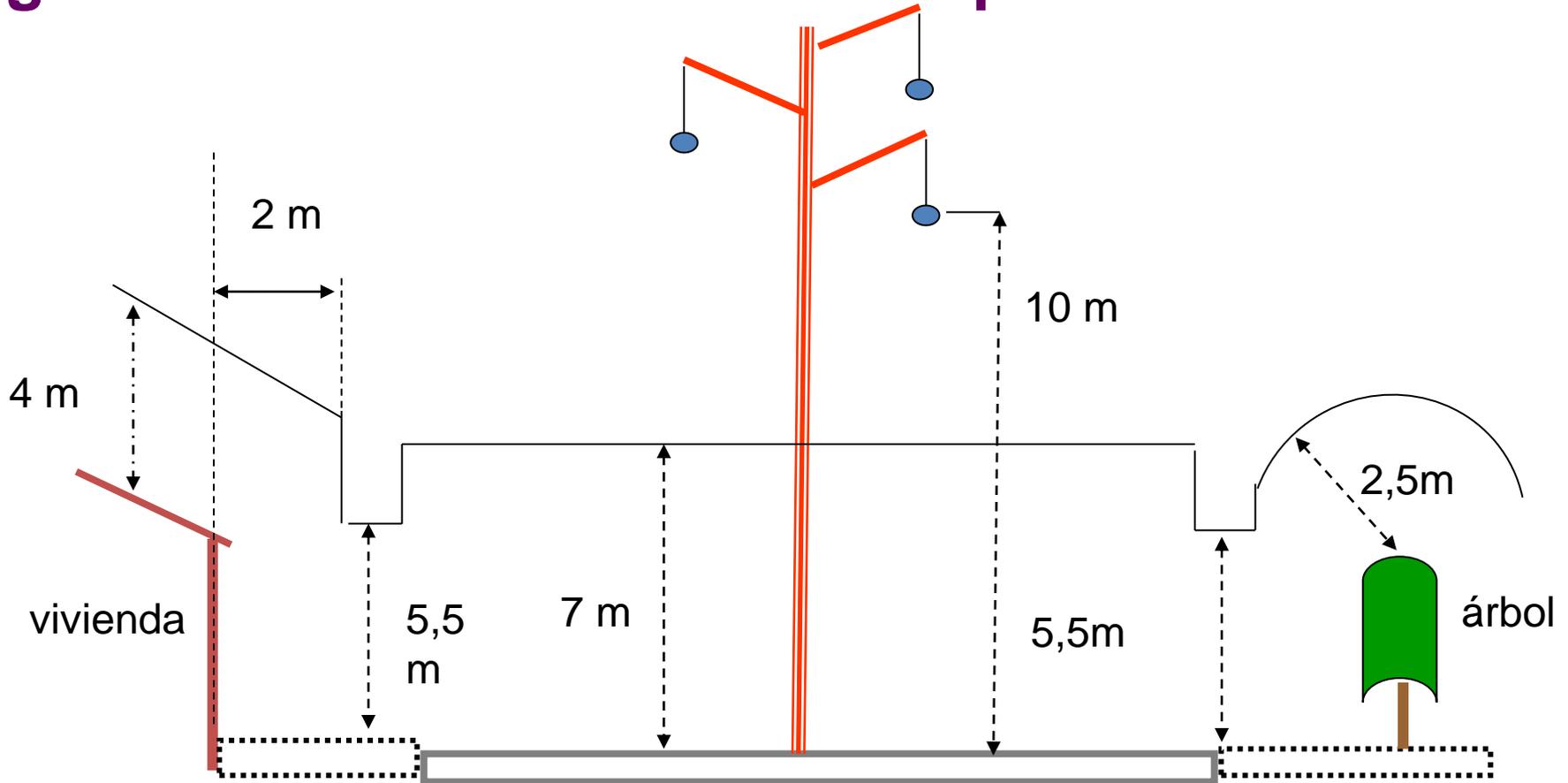
**En Zonas de exposición limitada**

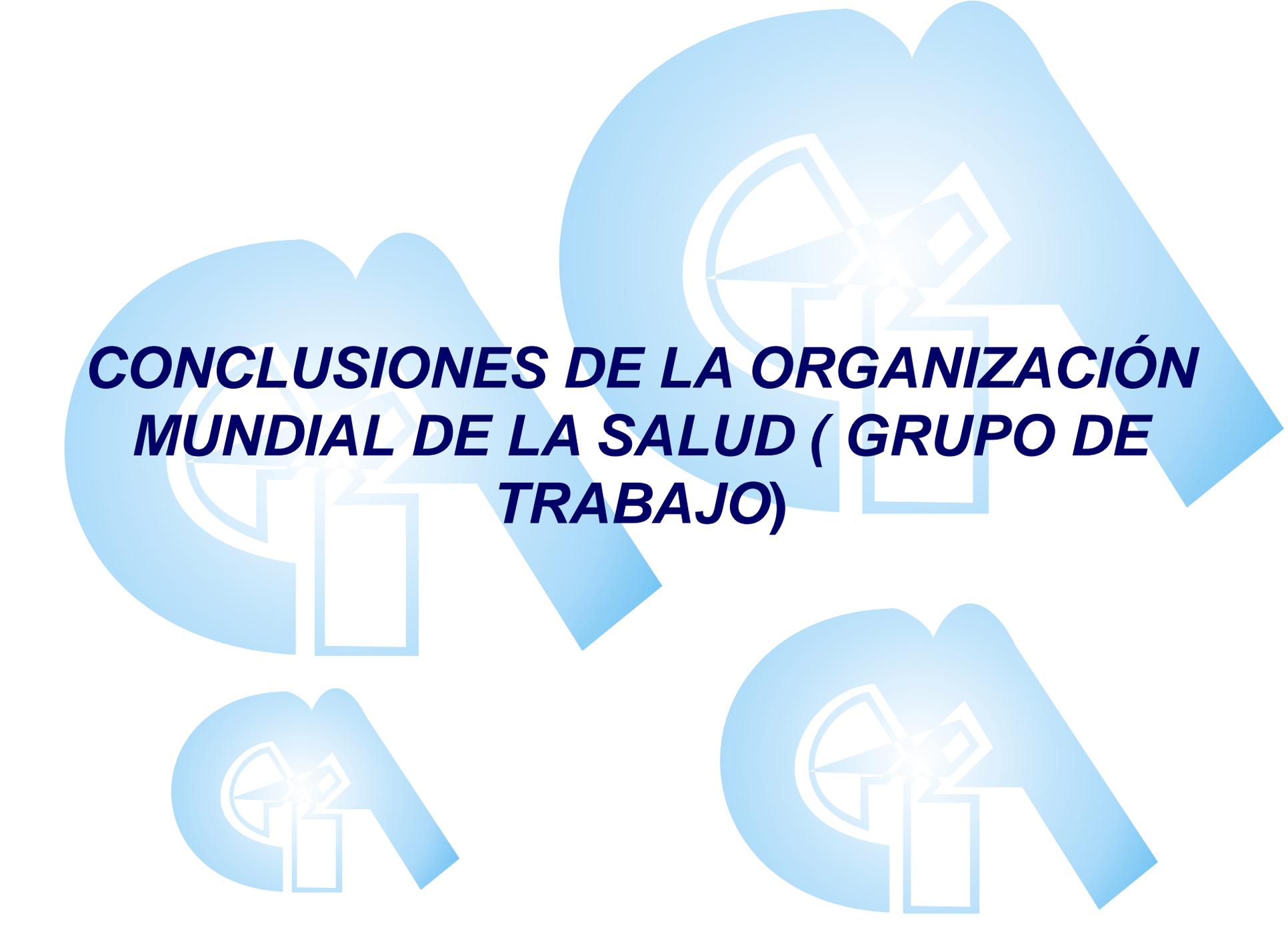
**E 10 kV/m**

**B 10.000 mG**



# Distancias mínimas de seguridad en zona urbana reglamento AEA . $>$ a 6 a 15 mm por cada kV de Un





**CONCLUSIONES DE LA ORGANIZACIÓN  
MUNDIAL DE LA SALUD (GRUPO DE  
TRABAJO)**

***Con respecto a E:***

**No existe ninguna cuestión sustantiva sanitaria relacionada**



***Con respecto a B en altas  
frecuencias  $10^{16}$  Hz. (campos ionizantes)***

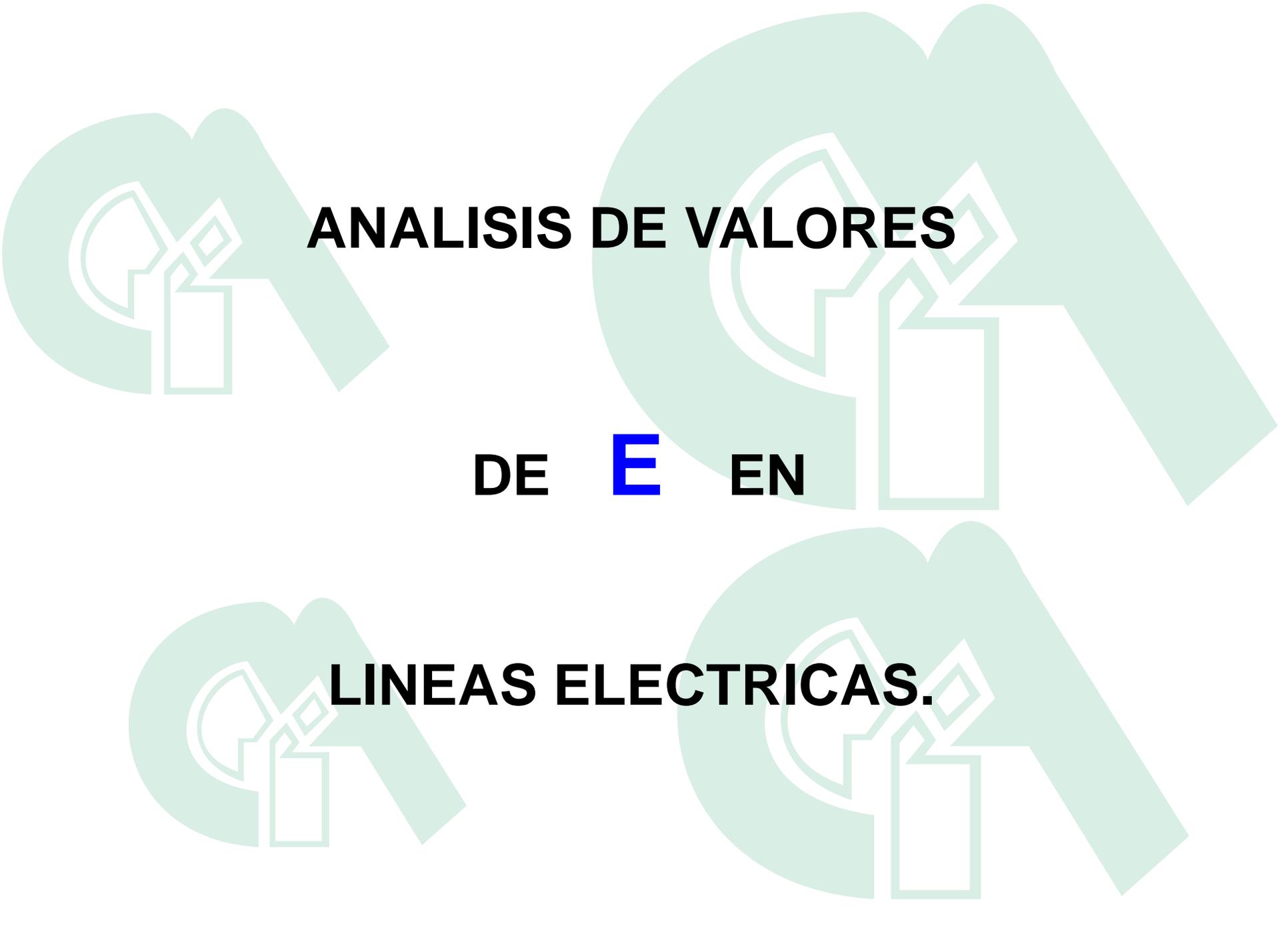
**Los efectos que la exposición a corto plazo a campos de frecuencia elevada tiene en la salud, han quedado demostrados y conforman la base de dos conjuntos de directrices internacionales sobre los límites de exposición ( ICNIRP 1998 y IEEE 2002)**

***Con respecto a B en bajas frecuencias:  
50 y 60 Hz ( no ionizantes)***

**Tanto el ICNIRP como IEEE, en la actualidad consideran que las pruebas científicas relacionadas con los posibles efectos sanitarios atribuibles a la exposición a largo plazo a CEM de baja frecuencia son insuficientes para justificar una reducción de estos límites de exposición cuantitativos.**

**La controversia entre líneas eléctricas y la salud continuara hasta que futuras investigaciones demuestren de forma concluyente que los campos son peligrosos, o hasta que el publico asuma que la ciencia no puede garantizar la seguridad absoluta, o hasta que el publico y los medios de comunicación consideren que no es un tema de importancia.**





**ANALISIS DE VALORES**

**DE E EN**

**LINEAS ELECTRICAS.**

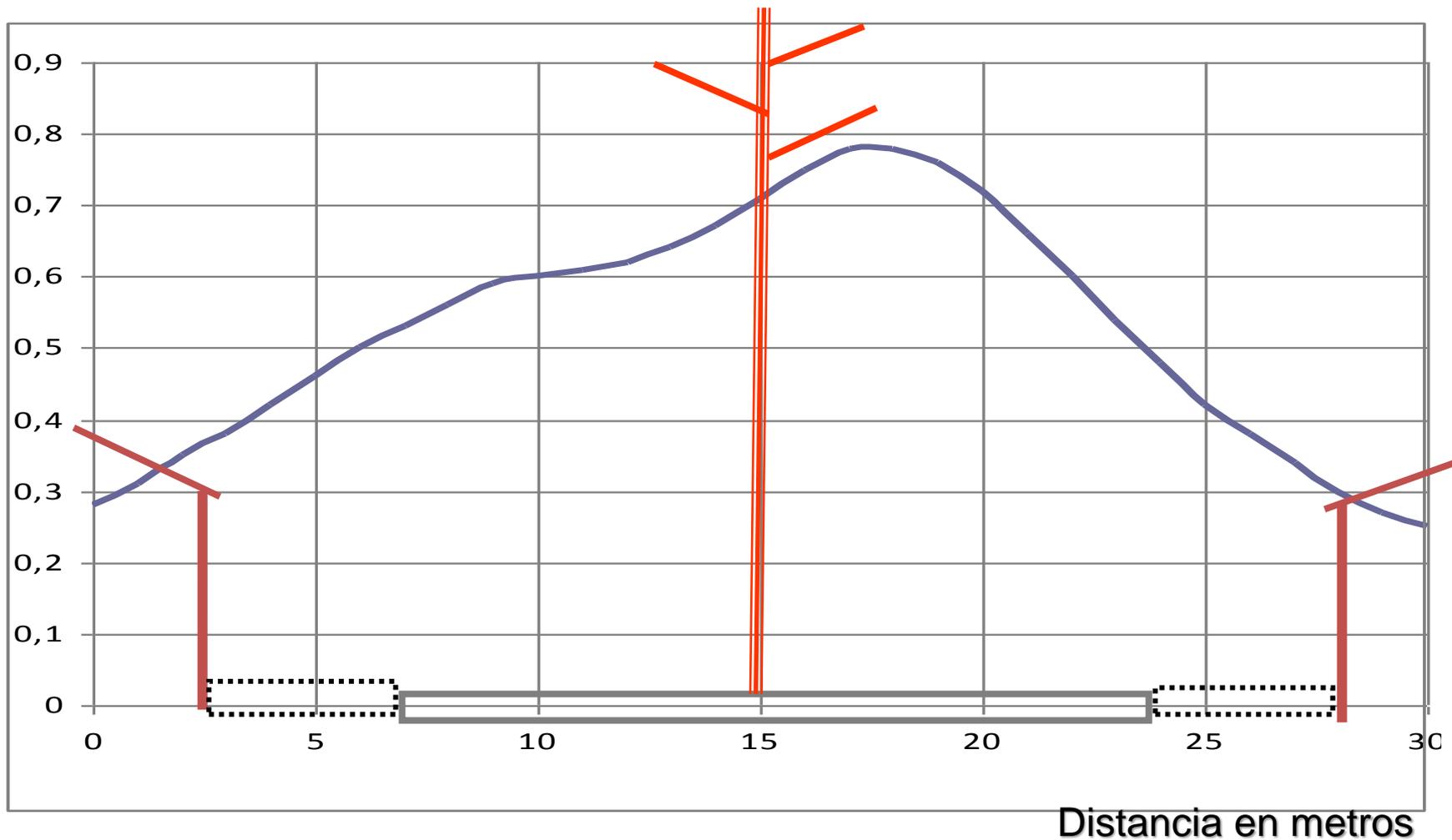
# Línea de 132 kV Urbana



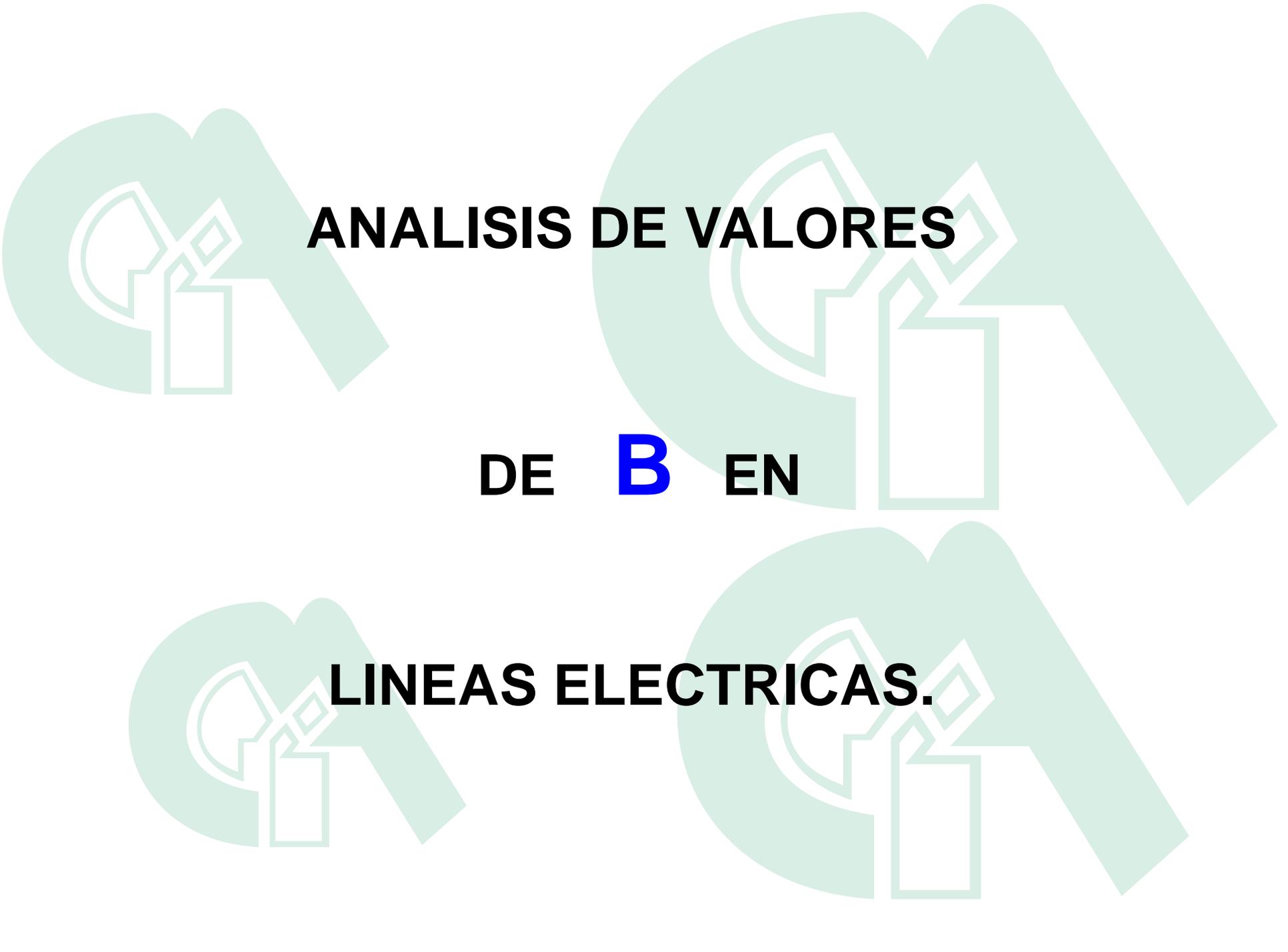
## Disposición LINE POST ( COMPACTA hmin 10m)

E kV/m

### Campo Eléctrico Análisis a 145 kV



**Campo Eléctrico** Resolución SE 77/98 3 kV/m



**ANALISIS DE VALORES**

**DE B EN**

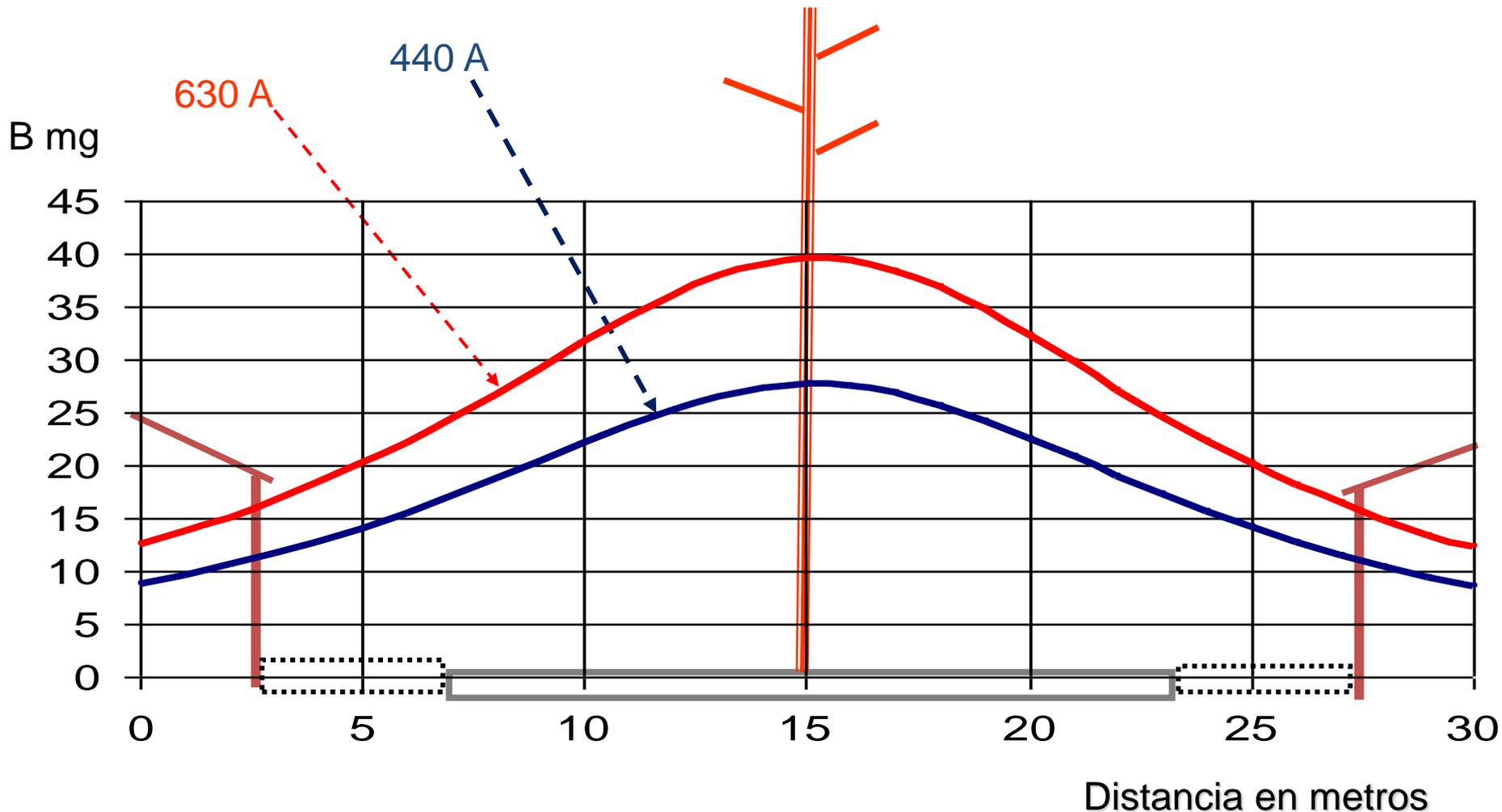
**LINEAS ELECTRICAS.**

# Línea de 132 kV Urbana



## Disposición LINE POST ( COMPACTA hmin 10m)

### Análisis a Ith: 630 A Y 440 A 100 MVA



# Campo Magnético

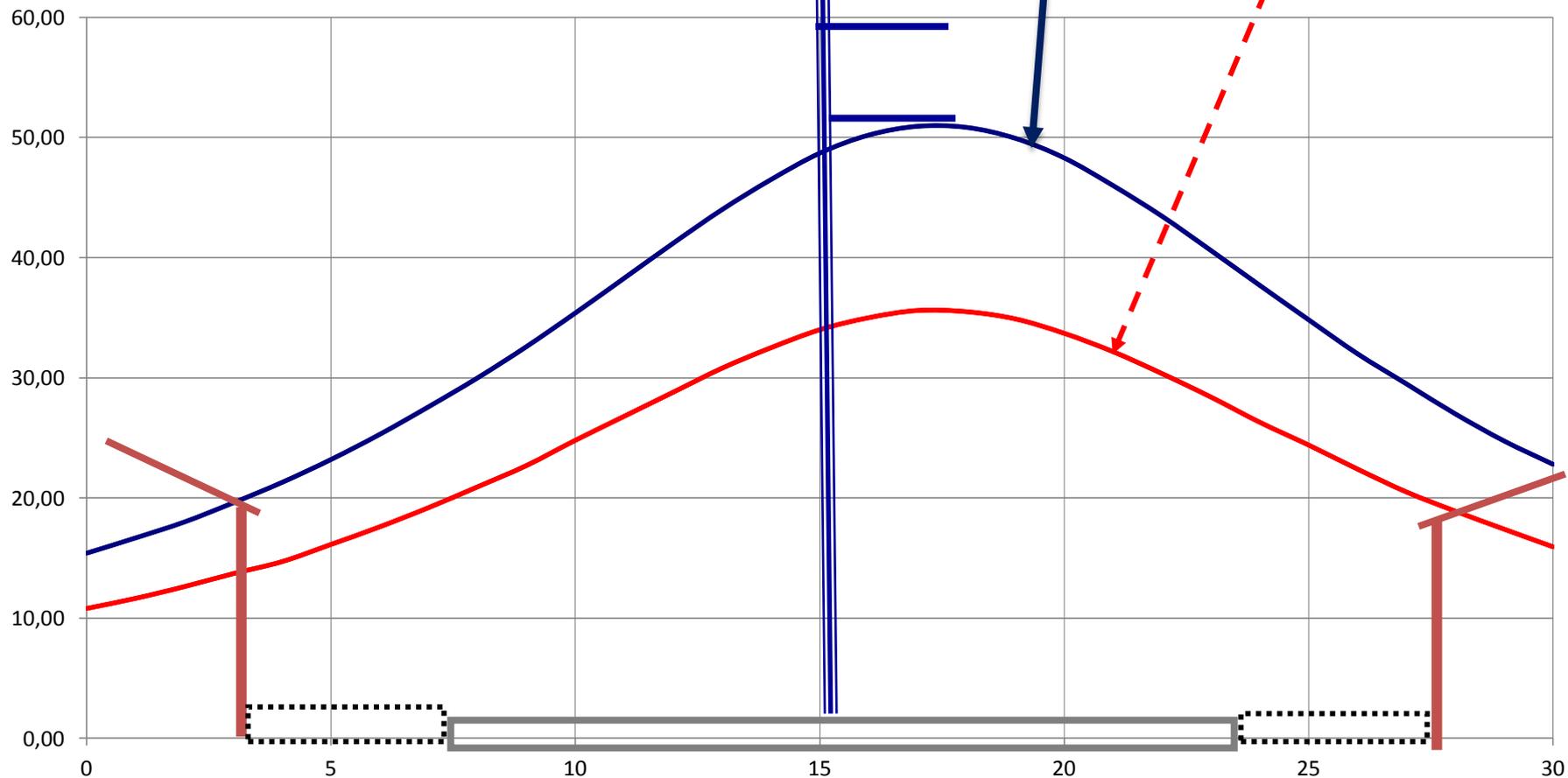
Resolución SE 77/98 250 mg



# Línea de 132 kV Urbana

Disp. Bandera hmin 10 m

Análisis a 630 A y 440 A 100 MVA



**Campo Magnético** Resolución SE 77/98 250 mg

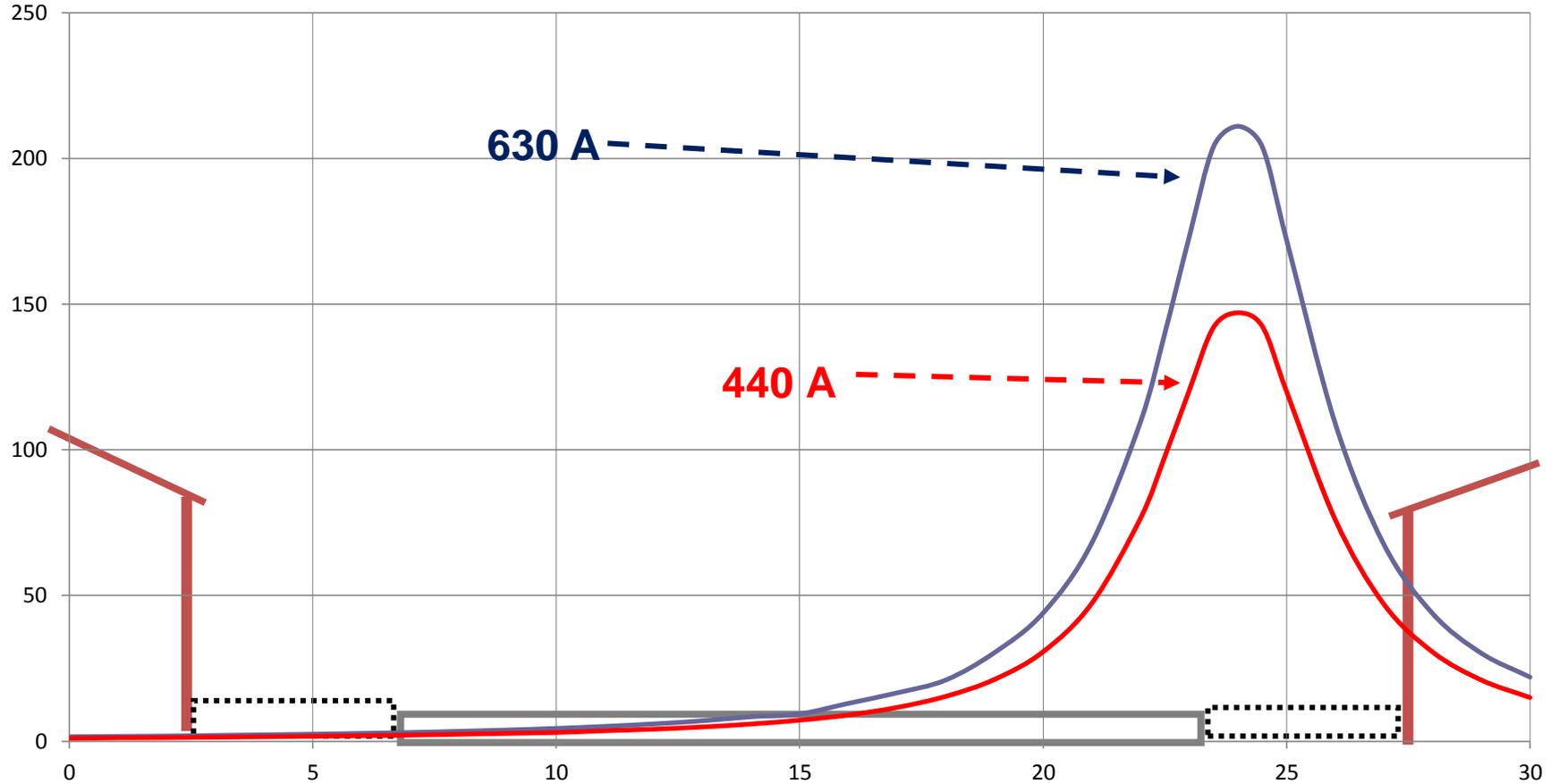
# Línea de 132 kV Urbana



Subterránea a – 1m. de profundidad.

Análisis a 630 A y 440 MVA 100 MVA

B mg



Cable Subterráneo a -1 m



metros

**Campo Magnético** Resolución SE 77/98 250 mg

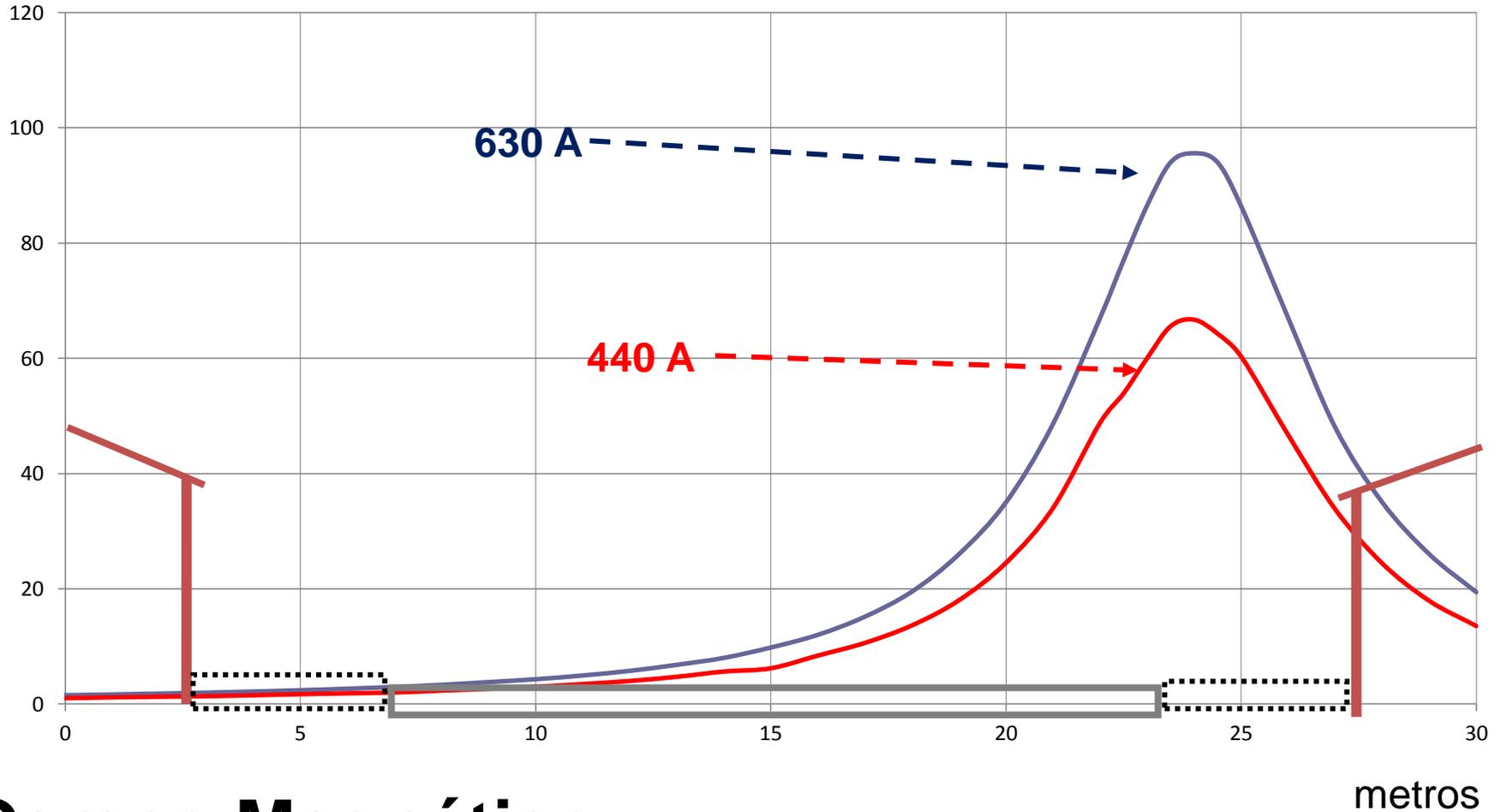
# Línea de 132 kV Urbana



Subterránea a – 2m. de profundidad.

Análisis a 630 A y 440 MVA 100 MVA

B mg



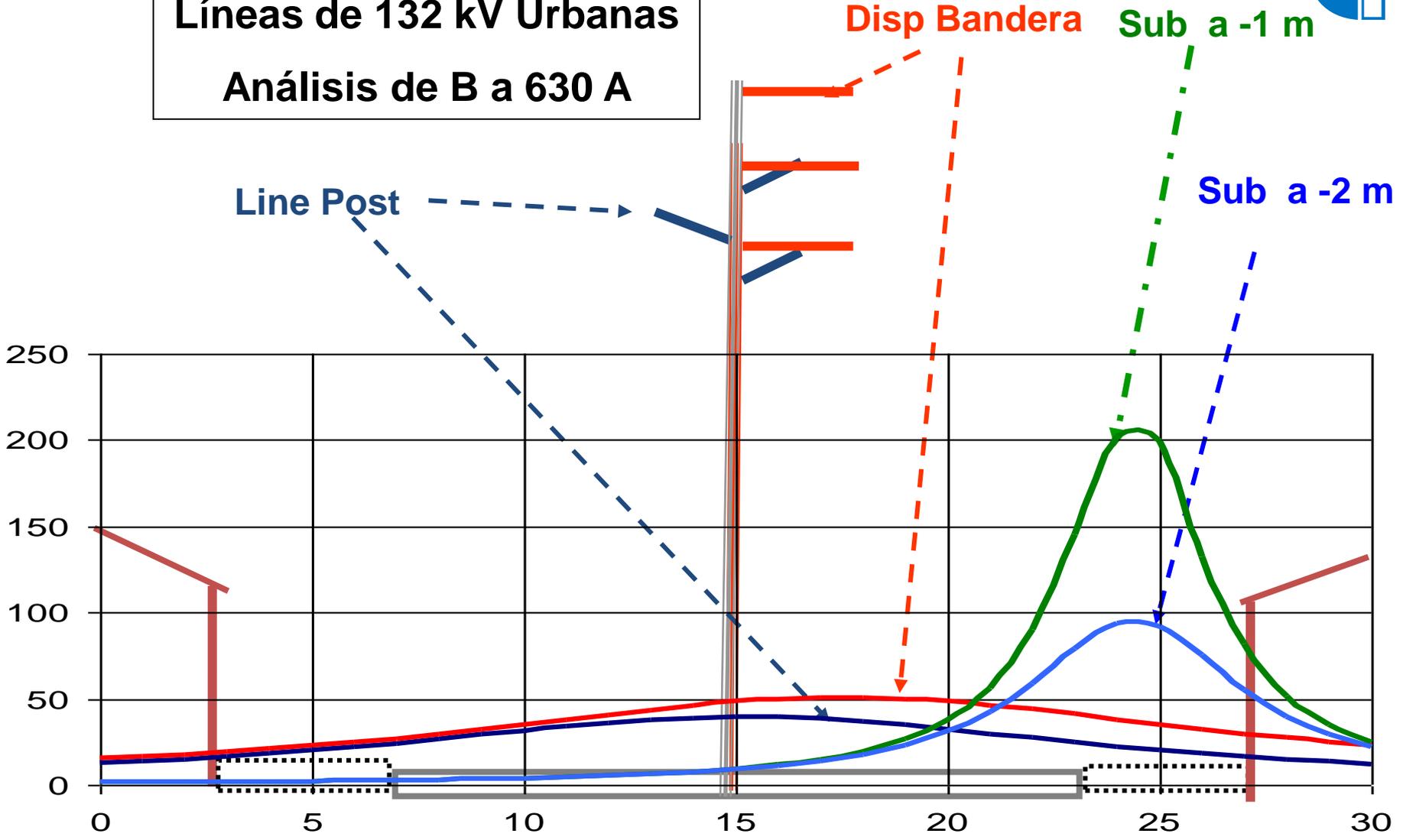
**Campo Magnético** Resolución SE 77/98 250 mg

Cable Subterráneo a -2m





**Líneas de 132 kV Urbanas**  
**Análisis de B a 630 A**



**Resolución SE 77/98**

**250 mg**

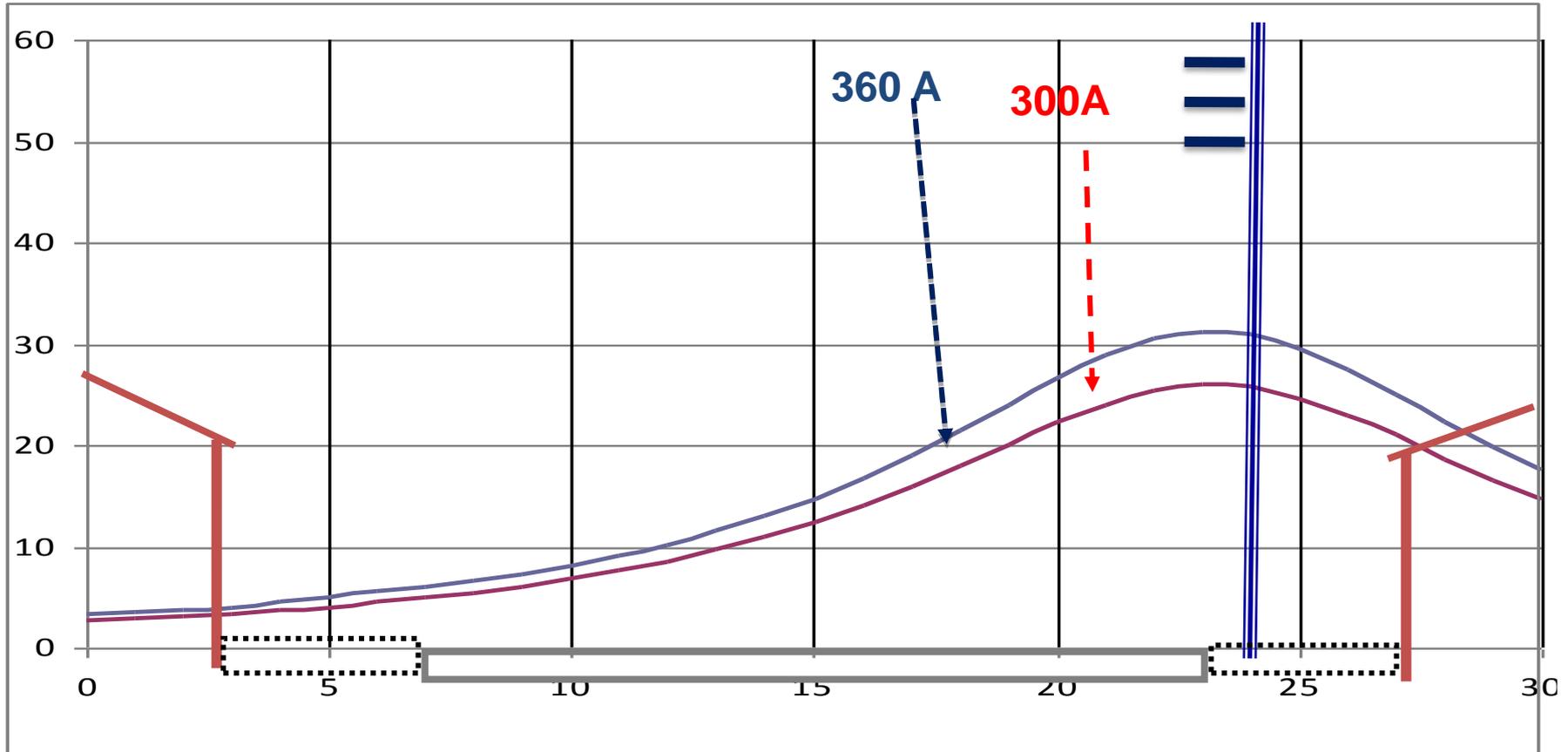
- Cable Subterráneo a -1 m  
- Cable Subterráneo a -2 m  

# Línea de 33 kV Urbana

Disp. Bandera hmin 7,5 m



## Análisis de B a Ith 360 A y 300 A 17 MVA



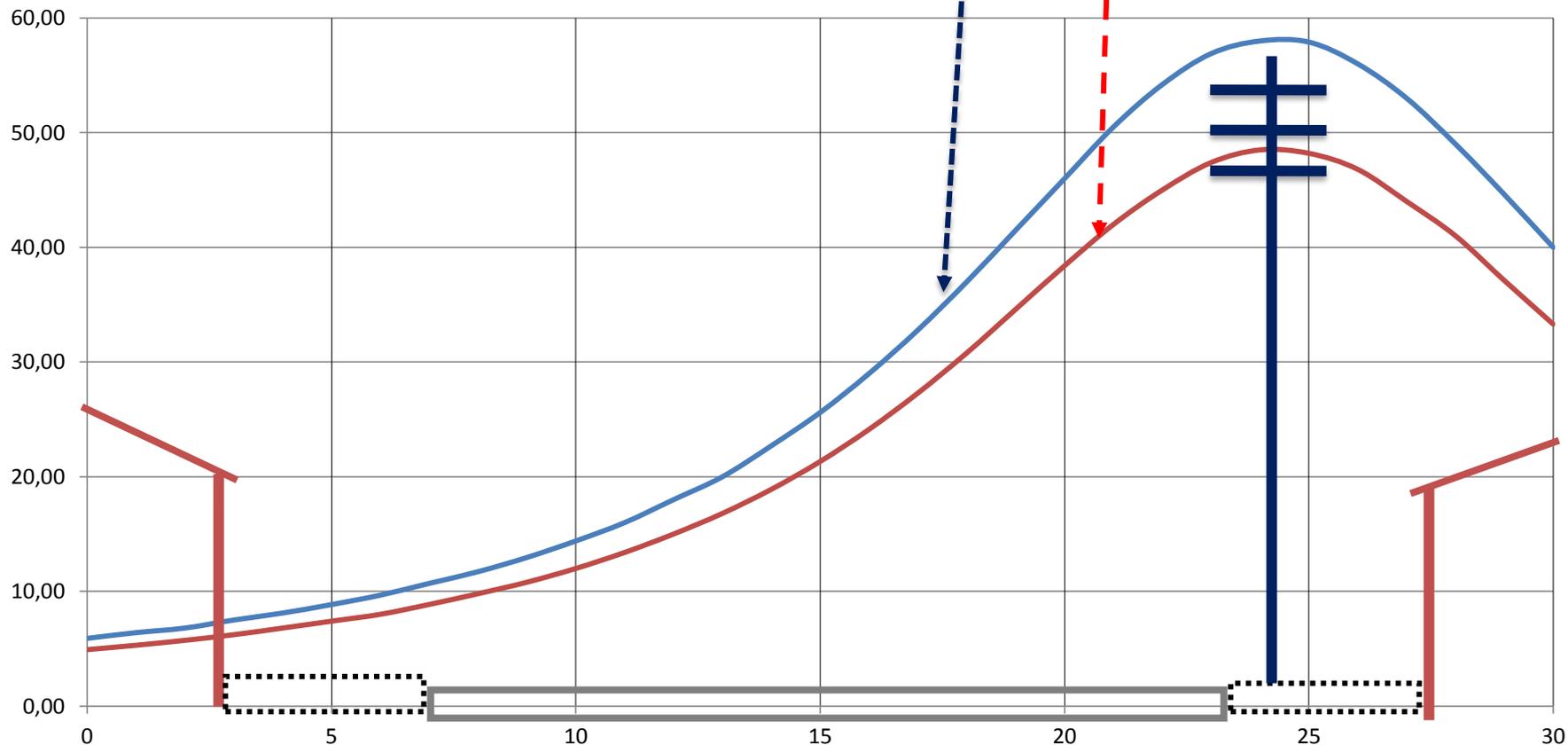
**Campo Magnético** Resolución SE 77/98 250 mg

# Línea de 33 kV Urbana



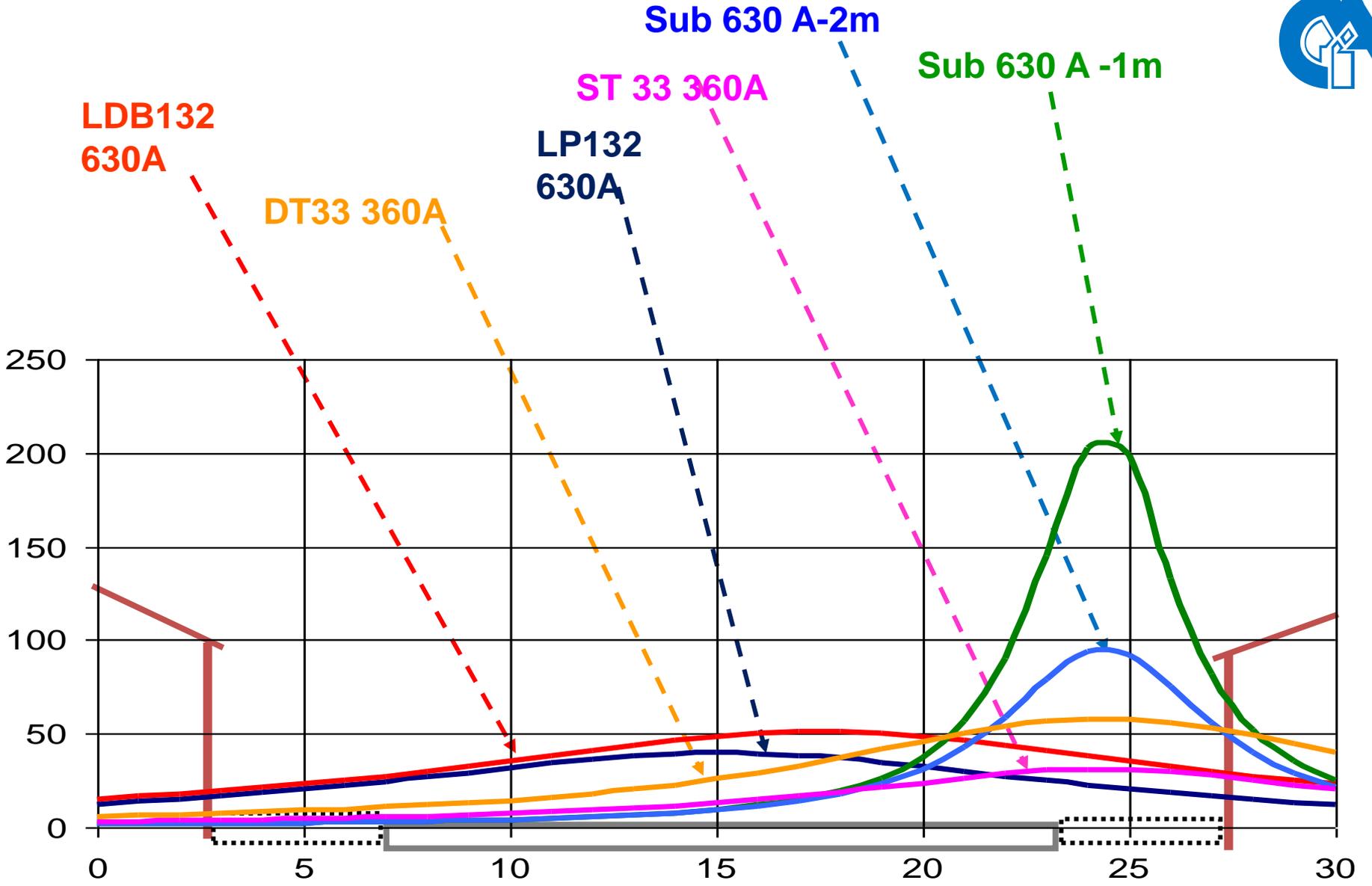
Disp. Bandera doble terna hmin 7,5 m

Análisis de B a Ith 360 A y 300 A 17 MVA



## Campo Magnético

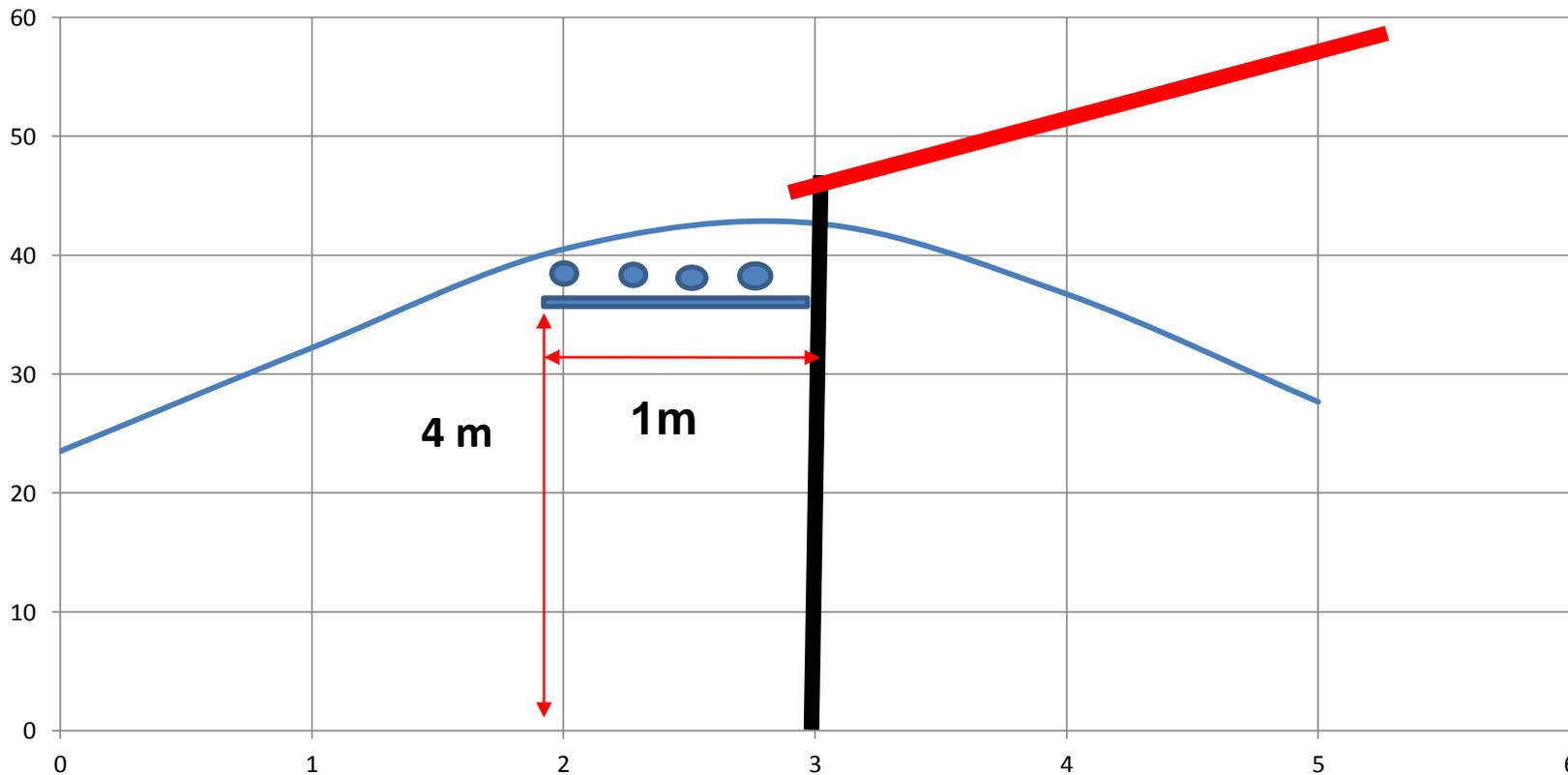
Resolución SE 77/98 250 mg



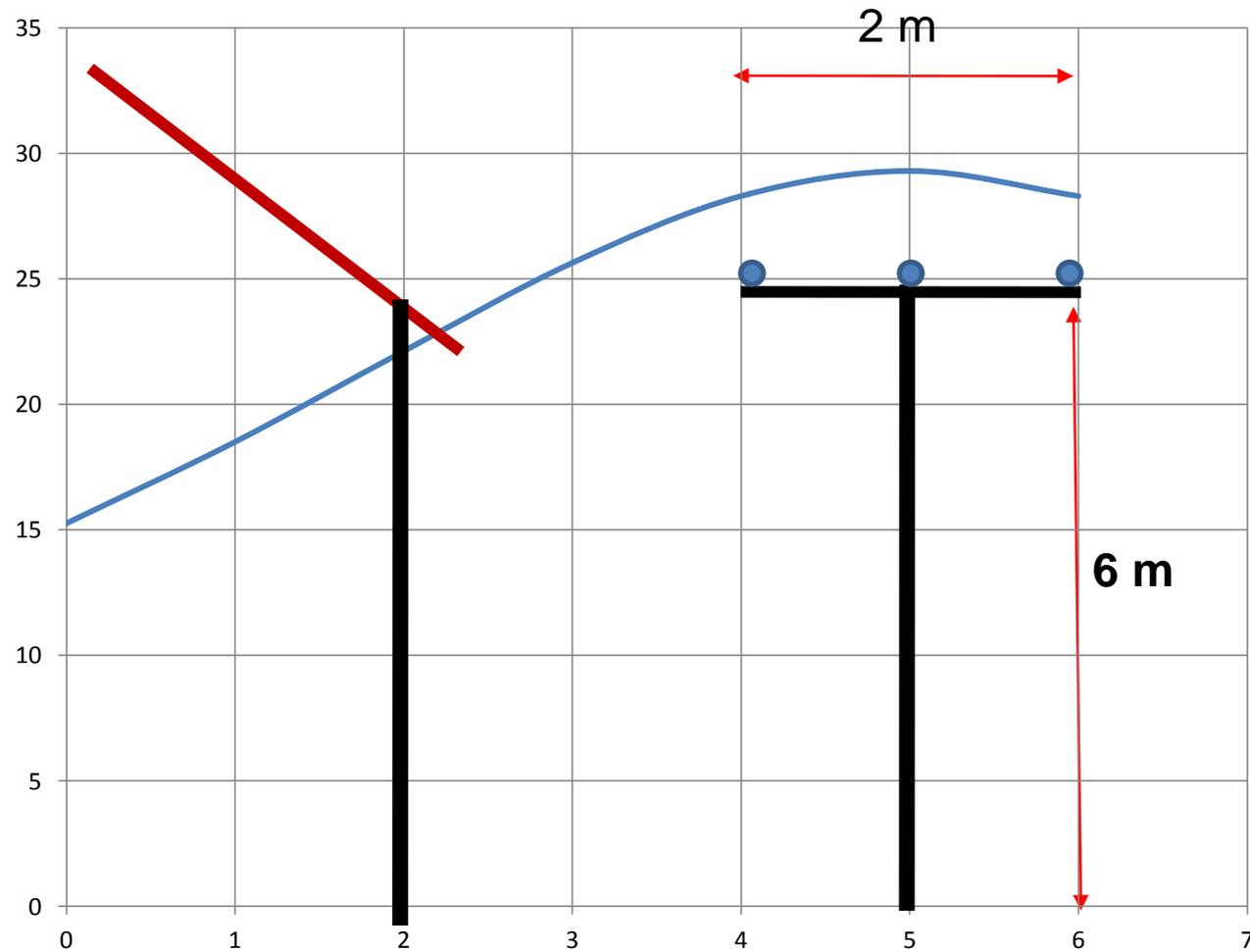
Resolución SE 77/98 250 mg

metros

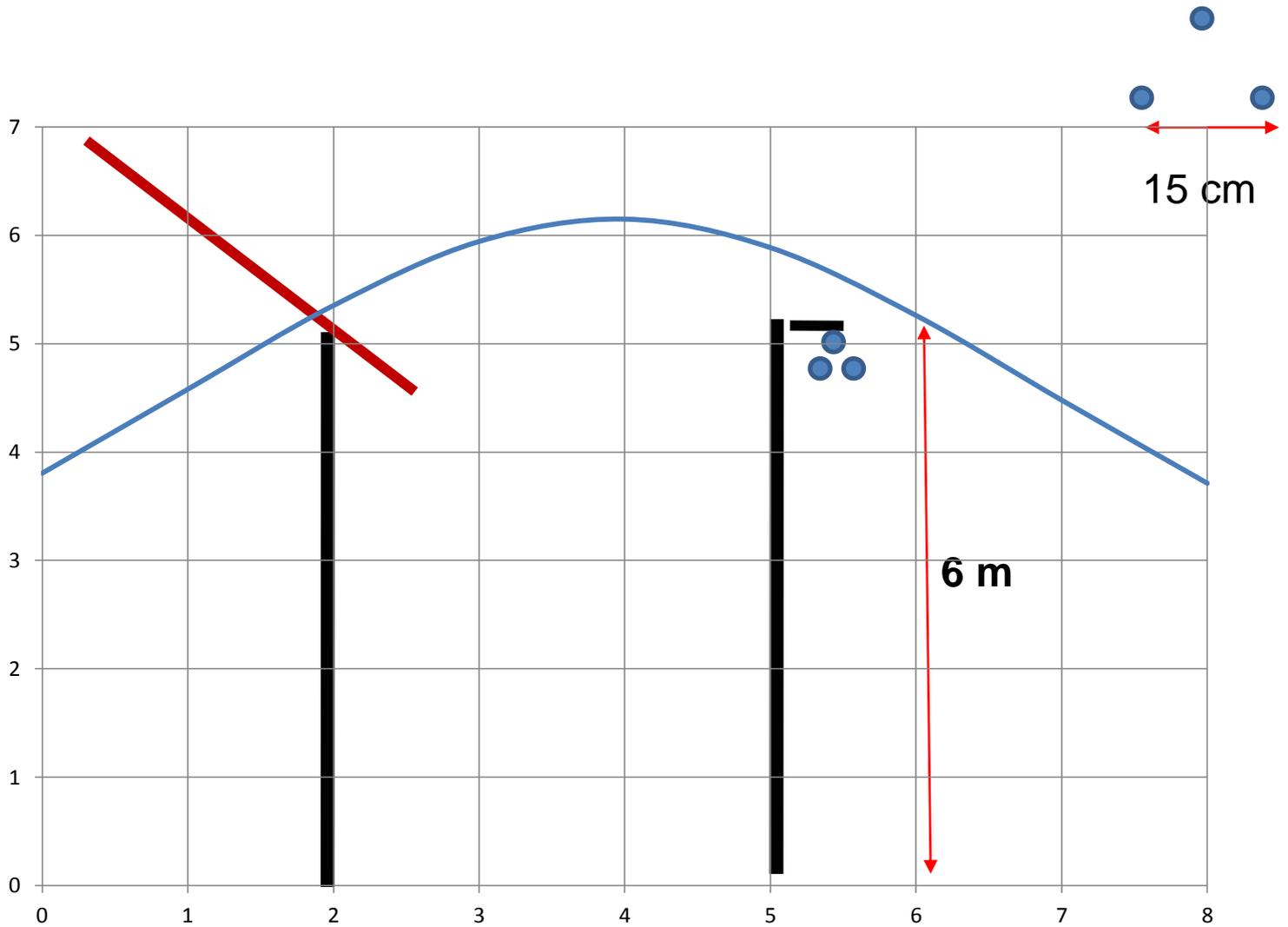
# ANALISIS DE Campo Magnético **B** EN mg



**Línea de baja tensión, conductores desnudos , salida trafo 500 kVA  
13,2/0,38/0,22 kV. corrientes desequilibradas en Angulo, 450 Amp.**



**Línea de media tensión 13,2 kV , conductores desnudos , 220 Amp.**



**Línea de media tensión 13,2 kV , conductor protegido, 220 Amp.**

**Las exigencias de la Secretaría de Energía de la República Argentina de acuerdo a la Resolución N° 77/98 para instalaciones Eléctricas de Alta Tensión, son :**

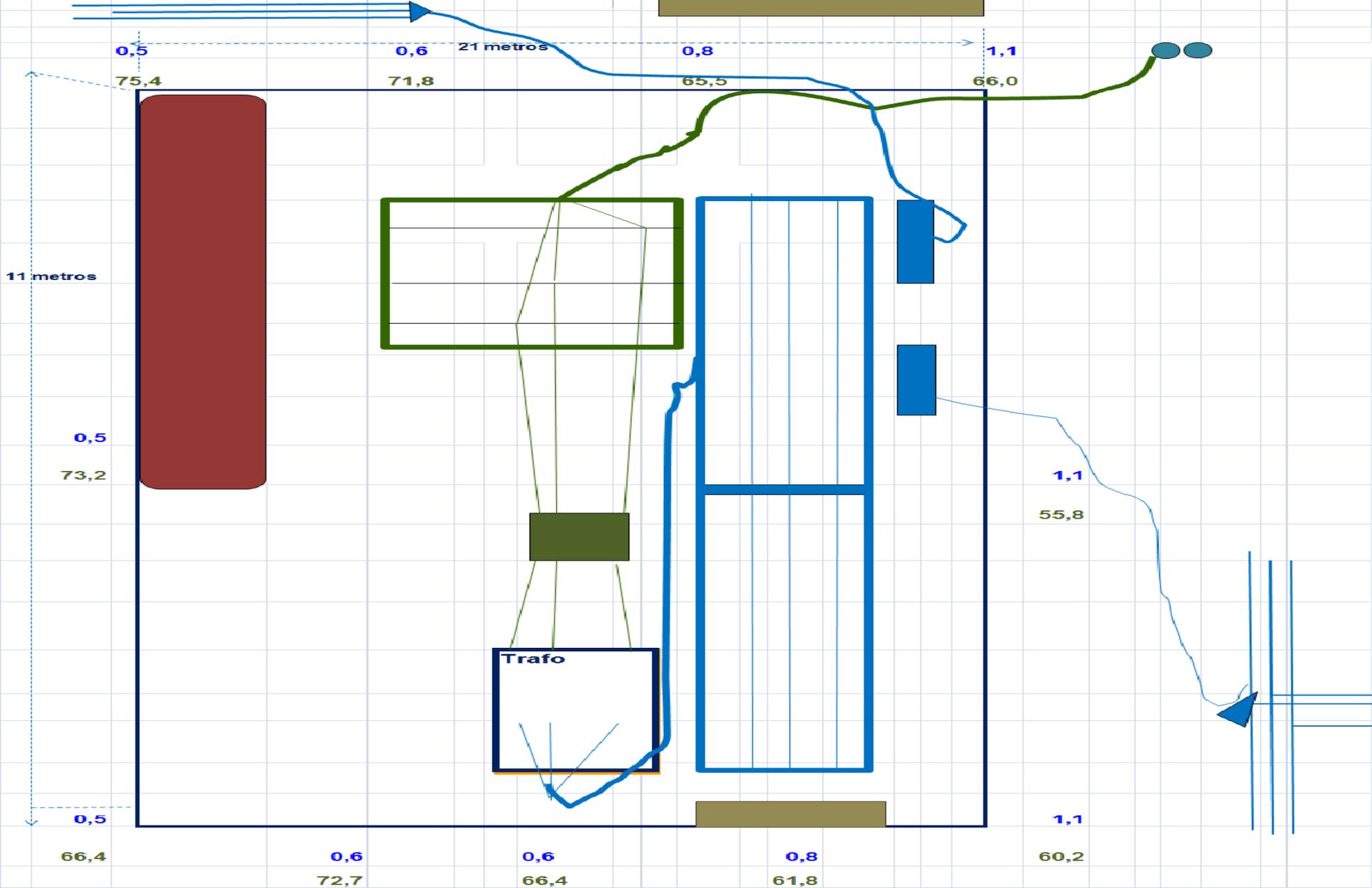
- Campo Magnético máximo 250 mG. –**
- Campo Eléctrico máximo 3 kV/m.( 3.000 V/m)–**

# **Resultados de Mediciones de Campo en una SET de 33/13,2 KV de 8,5 MVA**

# MEDICION DE CAMPO MAGNETICO Y CAMPO ELECTRICO

S(MW) 3,69  
 U13(kV) 165,0  
 I13(A) 165,0  
 U33(kV) 13,38  
 I33(A) 13,38

VIVIENDA



# **CALCULO DE VALORES DE CAMPO MAGNETICO EN INSTALACIONES DE AT/MT**

Proyecto ET GIS 40 MVA

132kV/13,2kV

Ingreso 175 A en 132 kV.

7 salidas en 13,2 kV. de 250 A

Perímetro: 23mX19m

Valor máximo calculado 2,5  $\mu$ T (25 mG)

**Fuente IITREE-LAT-FI-UNLP**



**PROGRAMAS DE CALCULO Y CONCLUSIONES  
FUENTES PROPIAS**

**BIBLIOGRAFIA:**

**CURSO DE POST GRADO**

**COMPATIBILIDAD DE INSTALACIONES ELECTRICAS CON  
EL AMBIENTE (IAE)**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS PARA  
REDES Y EQUIPOS ELECTRICOS. IITREE-LAT**

**FACULTAD DE INGENIERIA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
LA PLATA .REPUBLICA ARGENTINA**

# **Ingeniero Eduardo A Soracco.**

**Ingeniero Electricista Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.  
Miembro del Comité Técnico Nacional de Energía de Unión Argentina de  
Asociaciones de Ingenieros (UADI)  
Coordinador de la comisión de Energía y Medio Ambiente del Consejo Profesional  
de Arquitectura e Ingeniería de Misiones (CPAIM).  
Vicepresidente Consejo Profesional de Arquitectura e Ingeniería de Misiones**



***EL CPAIM LES AGRADECE SU  
ATENCIÓN***



***Comisión de Política Energética Planeamiento y Medio  
Ambiente del CPAIM***