ANEXO C

ESTUDIO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

INFORME FINAL

ESTUDIO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

LÍNEA DE ALTA TENSIÓN S/E NELTUME - PULLINQUE

Realizado por el **Dr. Luis Ortiz N.**
Ingeniero Civil Electricista
Universidad de Santiago de Chile

Santiago, 27 de Mayo de 2009

INDICE

pág.

1. Introducción. 2

2. Parámetros de la línea. 3

3. Campo eléctrico y magnético a nivel del suelo. 3

4. Interferencias de radio y televisión y ruido audible. 4

5. Comparación de los valores calculados normas internacionales y de otros países. 5

6. Conclusiones. 10

ANEXOS

Anexo A Gráficos de campo magnético, campo eléctrico, interferencias de radio y televisión y ruido audible de la línea 2x220 kV Neltume-Pullinque

Anexo B Métodos de cálculo

Anexo C Normas de exposición a los campos eléctricos y magnéticos e interferencias de radio

Referencias

1. Introducción

Los campos electromagnéticos existen en el medio ambiente, y son de diverso tipo y origen (naturales y artificiales), siendo una característica importante si son ionizantes o no-ionizantes, debido a los efectos negativos sobre la salud que presentan los primeros. Los campos electromagnéticos naturales son eminentemente estáticos, como por el ejemplo el campo eléctrico estático en la superficie de la tierra, que tiene un valor promedio menor a 0,2 kV/m. El campo magnético estático tiene una intensidad promedio de 50 μTesla (500 mG).

Los campos artificiales son aquellos producidos por las fuentes creadas por el hombre, existiendo de distintas intensidades y frecuencias. Las radiaciones de tipo ionizantes tienen frecuencias en un rango de los 10^{16} hasta los 10^{20} Hertz (Hz), y en este grupo se encuentran los rayos x, γ y ultravioleta, los cuales tienen suficiente energía para producir daños en las células de los seres vivos. Las radiaciones de tipo no-ionizantes tienen una frecuencia menor a 10^{16} Hz, se caracterizan por producir calentamiento, efectos fotoquímicos y por transmitir información. Se encuentran en este grupo las frecuencias extremadamente bajas (ELF), las radiofrecuencias (AM, FM, TV), las microondas, los rayos infrarrojos y la luz visible.

Los campos electromagnéticos producidos por los sistemas de energía eléctrica son clasificados en: campos de extremadamente baja frecuencia (ELF) de 0 a 3000 Hz, y las interferencias electromagnéticas (EMI), que tienen un amplio espectro de frecuencia. Las ELF consideran los campos eléctricos y magnéticos de 50 o 60 Hz y sus armónicos. Las EMI tienen una ancho banda de frecuencia, desde los KHz hasta los GHz y están asociadas al efecto corona.

Los campos eléctrico y magnético de 50 o 60 Hz producidos por las líneas y subestaciones eléctricas, han tomado gran importancia en los últimos años, debido a la creciente preocupación por los posibles efectos de estos campos sobre la salud de las personas.

En las líneas de transmisión y subestaciones asociadas, el efecto del campo magnético en las personas es mayor que el campo eléctrico.

En todas las líneas y subestaciones eléctricas con niveles de tensión iguales o superiores a 66 kV el efecto corona comienza a tener importancia. El efecto corona es un fenómeno eléctrico que se produce en los conductores de las líneas de alta tensión y se manifiesta en forma de halo luminoso a su alrededor. Dado que los conductores suelen ser de sección circular, el halo adopta una forma de corona, de ahí el nombre del fenómeno. Las manifestaciones más importantes del fenómeno corona son la generación de ruido acústico y campos electromagnéticos. Estos campos electromagnéticos tienen un amplio espectro de frecuencia que va desde los pocos Hz a los GHz,

y su principal consecuencia son las interferencias en las telecomunicaciones. Esta interferencia es más evidente en la banda de radio AM (535-1.605 KHz) y de televisión (90 a 220 MHz).

2. Parámetros de la línea

Los valores nominales y los parámetros de la línea de transmisión Eléctrica 2x220 kV Neltume-Pullinque, se indican en la Tabla 1.

Tabla 1: Parámetros de la línea de Transmisión Eléctrica 2x220 kV Neltume-Pullinque, disposición vertical.

Voltaje entre fases	220 kV
Potencia por circuito	339 MVA
Altura mínima de los conductores al suelo (fases inferiores)	7,32 m
Altura de los conductores en la estructura (fases inferiores)	19,0 m
Distancia horizontal entre las fases inferiores	10,0 m
Distancia horizontal entre las fases del centro	14,0 m
Distancia horizontal entre las fases superiores	9,0 m
Distancia vertical entre las fases	6,5 m
Número de conductores por fase	2
Diámetro de los conductores de las fases:	30,6 mm
Ancho de la franja de servidumbre	40,0 m

Para el cálculo del campo eléctrico y magnético a 1 m del suelo, se considera la altura mínima de los conductores.

Para el cálculo de las interferencias de radio y televisión y ruido audible, se consideró la altura media de las fases. Esta altura se calcula como la altura mínima más un tercio de la flecha.

Los cables de guardia no fueron considerados, éstos no modifican más allá de un 1% los valores de campo eléctrico y magnético y las interferencias de radio y televisión y ruido audible.

3. Campo eléctrico y magnético a nivel del suelo

La Tabla 2 muestra el valor de campo eléctrico y magnético al borde de la franja de servidumbre (x = 20 m), para la línea de transmisión eléctrica 2x220 kV Neltume-Pullinque. El cálculo se realizó a 1 m del suelo y para la mínima altura de los conductores al suelo. En el Anexo A se muestran los perfiles transversales del campo eléctrico y magnético de 50 Hz, para esta línea.

El valor del campo eléctrico al borde de la franja de servidumbre, es de 0,45 kV/m y el valor del campo magnético al borde de la franja de servidumbre es de 3,5 μT (35 mili Gauss). Para el cálculo del campo magnético se consideraron las corrientes equilibradas.

Tabla 2: Campo eléctrico y magnético producido por la línea de transmisión eléctrica 2x220 kV Neltume-Pullinque, calculado al borde de la franja de servidumbre (x = 20 m).

Campo eléctrico (kV/m)	Densidad de campo magnético B (μT)
0,45	3,5

4. Interferencias de radio y televisión y ruido audible

Las interferencias radio y de televisión en la condición de buen tiempo a 15 m de la fase externa (x = 20 m), calculados a 1 m sobre el suelo, se entregan en la Tabla 3. Los perfiles transversales de las interferencias de radio y televisión para buen tiempo y mal tiempo, se incluyen en el Anexo A.

El ruido audible en la condición de mal tiempo (lluvia de 1 mm/h), calculado a 1 m del suelo, es mostrado en la Tabla 4. El perfil transversal del ruido audible, se incluyen en el Anexo A.

Tabla 3: Interferencias de radio y de televisión, producidos por la línea de transmisión eléctrica 2x220 kV Neltume-Pullinque, calculadas a 15 m de la fase externa (x = 20 m).

Interferencia de radio (dB)	Interferencia de televisión (dB)
23,9	-13,4

Tabla 4: Ruido audible producido por la línea de transmisión eléctrica 2x220 kV Neltume-Pullinque, en mal tiempo, calculadas al borde de la franja de servidumbre.

Ruido audible (dB)	Distancia del eje de la línea x(m)
41,1	20

Los métodos usados en el cálculo del campo magnético y eléctrico, interferencias de radio y televisión y ruido audible, han sido probados con mediciones en diversas líneas nacionales de tensiones de 110 kV hasta 500 kV. Estos métodos de cálculo, son entregados en el Anexo B.

5. Comparación de los valores calculados con normas internacionales y de otros países

La normas de la International Radiation Protection Association (IRPA) y la Comunidad Europea, indican como valores máximos de exposición a los campos magnéticos de 50 o 60 Hz: para público en general 100 μT y como exposición ocupacional 500 μT. Esta misma organización indica como valores máximos de exposición a los campos eléctricos de 50 o 60 Hz: para público en general 5 kV/m y como valor de exposición ocupacional 10 kV/m [1,2].

El estado de New York U.S.A., uno de los países con más estudios sobre los efectos de los campos electromagnéticos, especifica para las líneas de transmisión de corriente alterna, 20 μT como valor máximo de campo magnético al borde de la franja de servidumbre y de 1,6 kV/m para el campo eléctrico en líneas de 220 kV.

La línea de transmisión eléctrica 2x220 kV Neltume-Pullinque, produce valores de campo eléctrico y magnético, menores que los indicados por norma de la International Radiation Protection Association (IRPA) y la del estado de New York USA. Las Tablas 5 y 6, muestran los valores de campos producidos por la línea y los indicados por las normas.

Tabla 5: Comparación del campo eléctrico al borde de la franja de servidumbre producido por la línea de transmisión eléctrica 2x220 kV Neltume-Pullinque y normas internacionales que fijan valores máximos.

	Campo eléctrico (kV/m)
Valor máximo de exposición al campo eléctrico indicado por la norma de la International Radiation Protection Association (IRPA) para público en general	**5,0**
Valor máximo de campo eléctrico al borde de la franja de servidumbre de una línea de Alta Tensión, indicados por el Estado de New York USA	**1,6**
Campo eléctrico al borde de la franja de servidumbre	**0,45**

Nota: En los cálculos fue considerada una altura mínima de los conductores al suelo, la cual se da en la mitad del vano. Por lo tanto los valores de campo en otros puntos, serán menores.

Tabla 6: Comparación del campo magnético al borde de la franja de servidumbre producido por la línea de transmisión eléctrica 2x220 kV Neltume-Pullinque y normas internacionales que fijan valores máximos.

	Campo magnético (μT)
Valor máximo de exposición al campo magnético indicado por la norma de la International Radiation Protection Association (IRPA) para público en general	**100**
Valores máximos de campo magnético al borde de la franja de servidumbre de una línea de Alta Tensión, indicados por el Estado de New York USA	**20**
Campo magnético al borde de la franja de servidumbre	**3,5**

Nota: En los cálculos fue considerada una altura mínima de los conductores al suelo, la cual se da en la mitad del vano. Por lo tanto los valores de campo en otros puntos, serán menores.

Las Tablas 7 y 8 muestran la comparación de las interferencias de radio y televisión de la línea de transmisión eléctrica 2x220 kV Neltume-Pullinque y la norma canadiense. Esta línea, cumple cabalmente con esta norma.

Tabla 7: Comparación de las interferencias de radio a 15 m de la fase externa, producido por la línea de transmisión eléctrica 2x220 kV Neltume-Pullinque, y la norma canadiense que fija valores máximos.

	RI (dB)
Valor máximo recomendado por la norma canadiense para líneas de 220 kV	**53**
Interferencia de radio a 15 m de la fase externa (x = 20 m)	**23,9**

(*) Valores indicados a 15 m de la fase exterior. Si en la zona las emisoras de AM tienen una señal sobre 72 dB, estos valores se pueden incrementar en 10 dB.

Tabla 8: Comparación de las interferencias de televisión a 15 m de la fase externa, producido por la línea de transmisión eléctrica 2x220 kV Neltume-Pullinque, y la norma canadiense que fija valores máximos.

	TVI (dB)
Valor máximo recomendado por la norma canadiense	**17**
Interferencia de televisión a 15 m de la fase externa (x = 20 m)	**-13,4**

El ruido audible RA producido por la línea de 2x220 kV Neltume-Pullinque al borde de la franja de servidumbre (x = 10 m) es de 41,1 (dB). Este ruido es comparable al ruido emitido por cursos de agua.

La Fig. 1, muestra una comparación entre el campo eléctrico calculado al borde de la franja de servidumbre de la línea de transmisión eléctrica 2x220

kV Neltume-Pullinque, y el valor que indica la norma del estado de New York (USA) al borde de la franja de servidumbre para líneas de transmisión.

La Fig. 2, muestra una comparación entre el campo magnético calculado al borde de la franja de servidumbre de la línea de de transmisión 2x220 kV Neltume-Pullinque, y el valor que indica la norma del estado de New York (USA) al borde de la franja de servidumbre para líneas de transmisión.

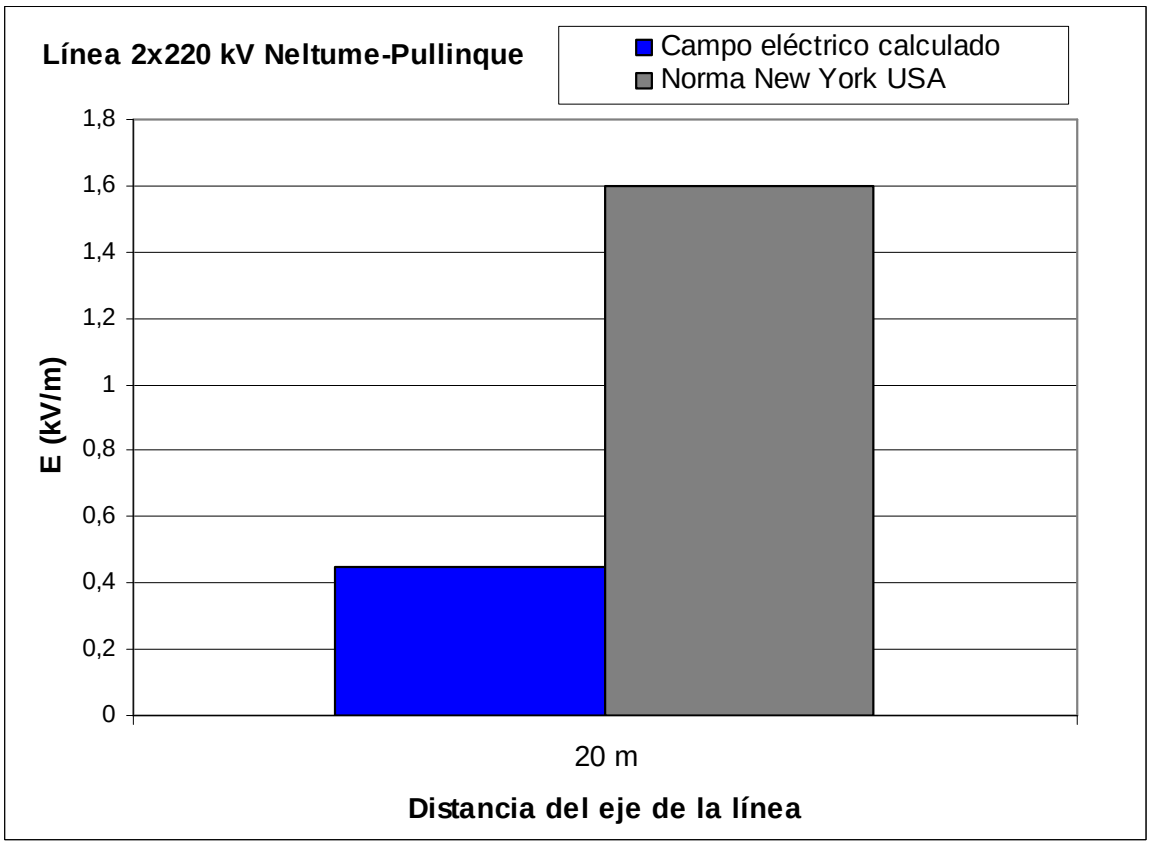


Fig. 1: Comparación del valor de campo eléctrico de la línea Neltume-Pullinque, calculado al borde de la franja de servidumbre con la norma del estado New York USA.

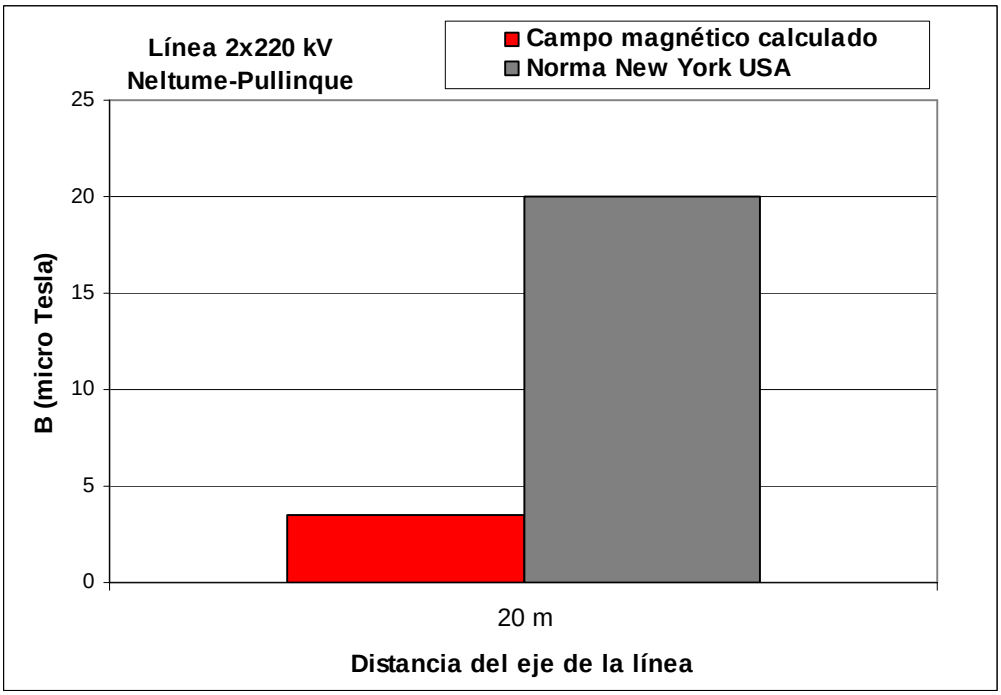


Fig. 2: Comparación del valor de campo magnético de la línea Neltume-Pullinque, calculado al borde de la franja de servidumbre con la norma del estado de New York USA.

Por su parte, las Figuras 3 y 4 muestran las interferencias de radio y televisión calculadas al borde de la franja de servidumbre, y su comparación con la norma canadiense. Se aprecia que los valores que emitiría la línea transmisión eléctrica de 2x220 kV Neltume-Pullinque, son bastante menores que los recomendados por esta norma.

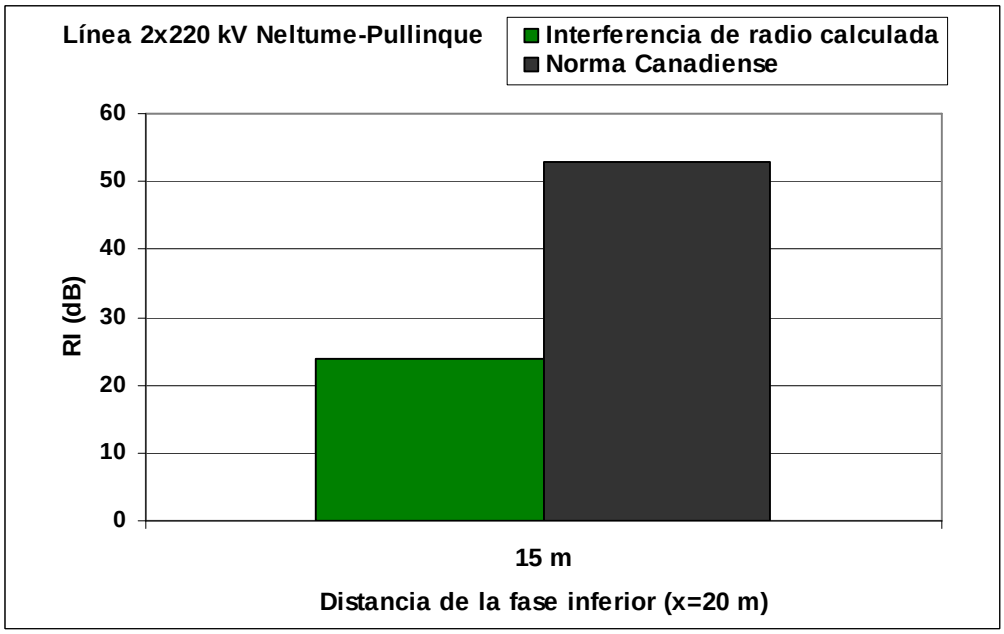


Fig. 3: Comparación del valor de la interferencia de radio de la línea Neltume-Pullinque, calculado a 15 m de la fase inferior, con la norma canadiense.

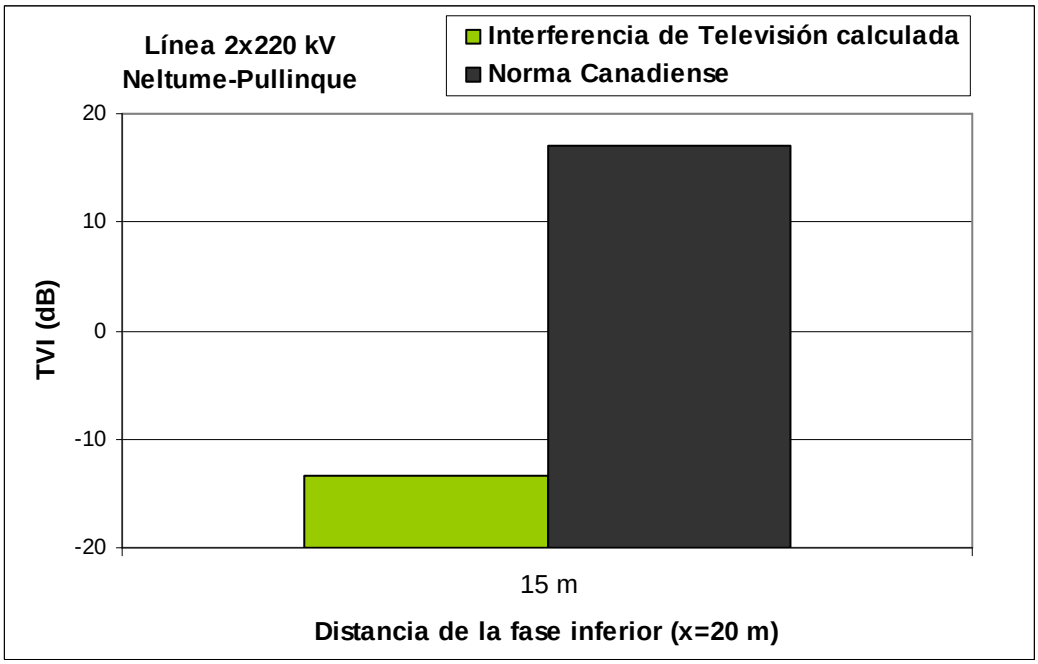


Fig. 4: Comparación del valor de la interferencia de televisión de la línea Neltume-Pullinque, calculada 15 m de la fase inferior con la norma canadiense

6. Conclusiones

El valor de campo magnético producido por la línea 2x220 kV Neltume-Pullinque, al borde de la franja de servidumbre, es de 3,5 μT, bastante menor que lo indicado por norma del estado de New York, USA, cuyo valor es de 20 μT.

El valor de campo eléctrico producido por la línea 2x220 kV Neltume-Pullinque, al borde de la franja de servidumbre es 0,45 kV/m, menor que lo indicado por la norma del estado de New York, U.S.A., cuyo valor es 1,6 kV/m.

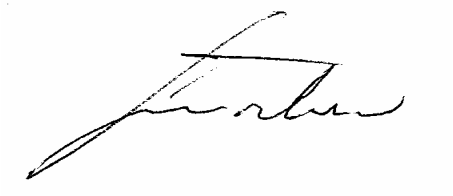
La interferencia de radio, producida por la línea 2x220 kV Neltume-Pullinque, a 15 m de la fase inferior es 23,9 dB, este valor es menor que el indicado por la norma canadiense que es de 53 dB para líneas de 220 kV.

Las interferencias de televisión, producidas por la línea 2x220 kV Neltume-Pullinque, a 15 m de la fase externa es -13,4 dB, valor mucho menor que lo indicado por la norma canadiense, que es 17 dB.

Es importante destacar que todas las manifestaciones del efecto corona, como lo son las interferencias de radio y televisión y el ruido audible, son muy bajas

debido a que la línea 2x220 kV Neltume-Pullinque tiene dos conductores por fase y además el diámetro de los conductores es grande 30,6 mm.

Santiago, 27 de Mayo de 2009.



Dr. Luis Ortiz Navarrete
Ingeniero Civil Electricista
Universidad de Santiago de Chile

ANEXO A

GRÁFICOS DE CAMPO MAGNÉTICO, CAMPO ELÉCTRICO, INTERFERENCIAS DE RADIO TELEVISIÓN Y RUIDO AUDIBLE DE LA LÍNEA 2x220 KV NELTUME-PULLINQUE

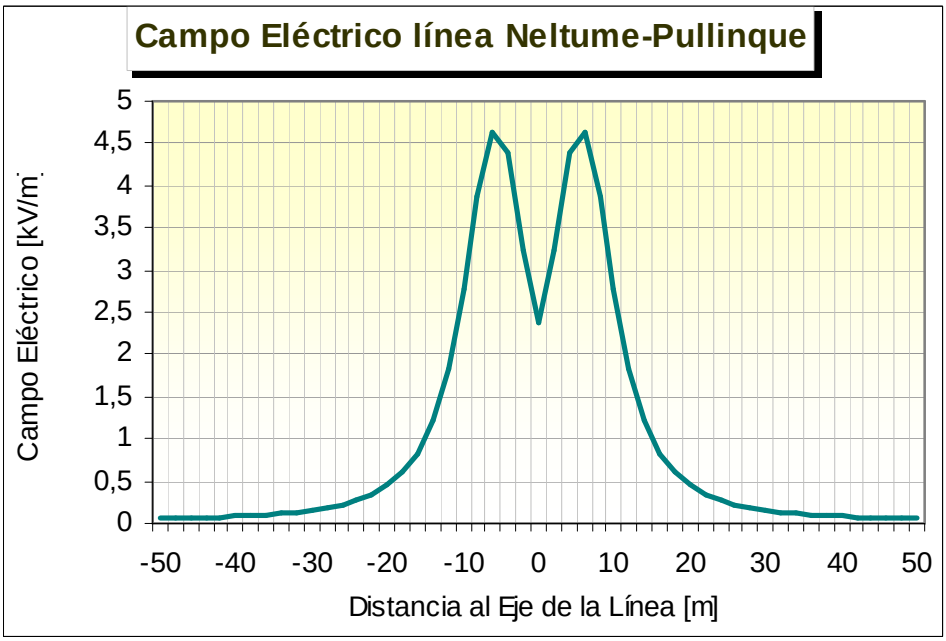


Fig. A.1: Perfil transversal del campo eléctrico de la línea 2x220 kV Neltume-Pullinque.

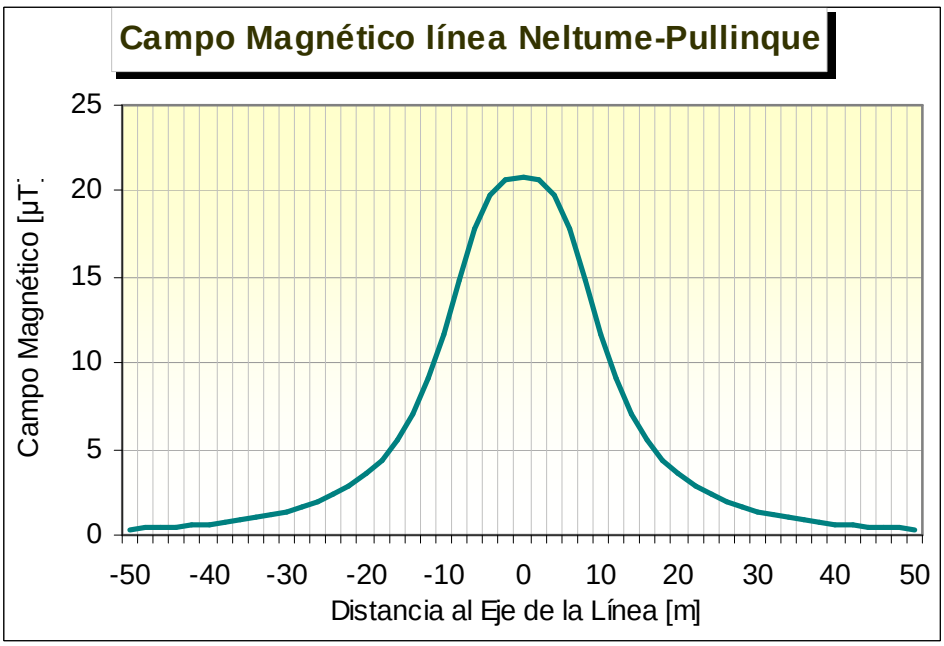


Fig. A.2: Perfil transversal del campo magnético producido por la línea 2x220 kV Neltume-Pullinque, para 339 MVA por circuito.

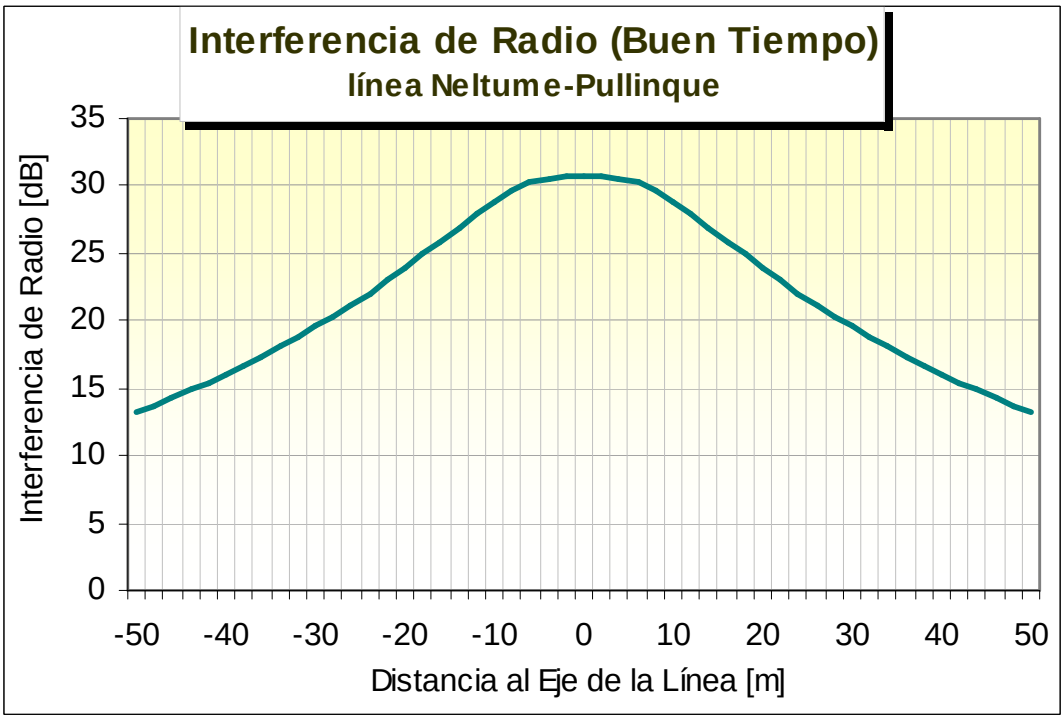


Fig. A.3: Perfil transversal de interferencias de radio en buen tiempo producidas por la línea 2x220 kV Neltume-Pullinque

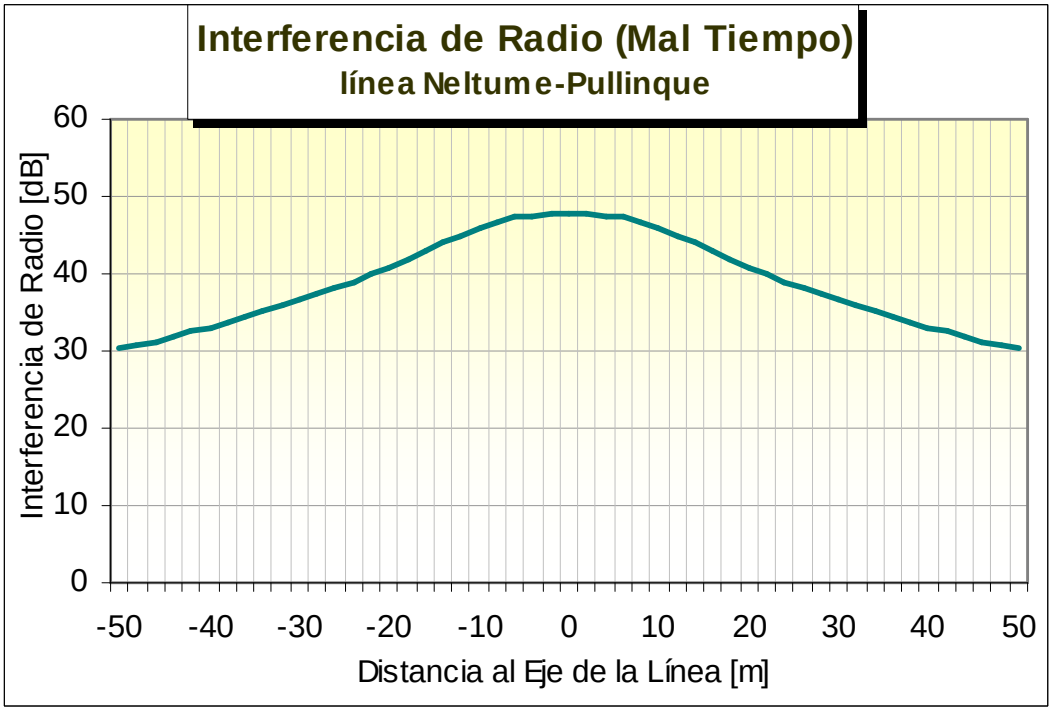


Fig. A.4: Perfil transversal de interferencias de radio en mal tiempo producidas por la línea 2x220 kV Neltume-Pullinque.

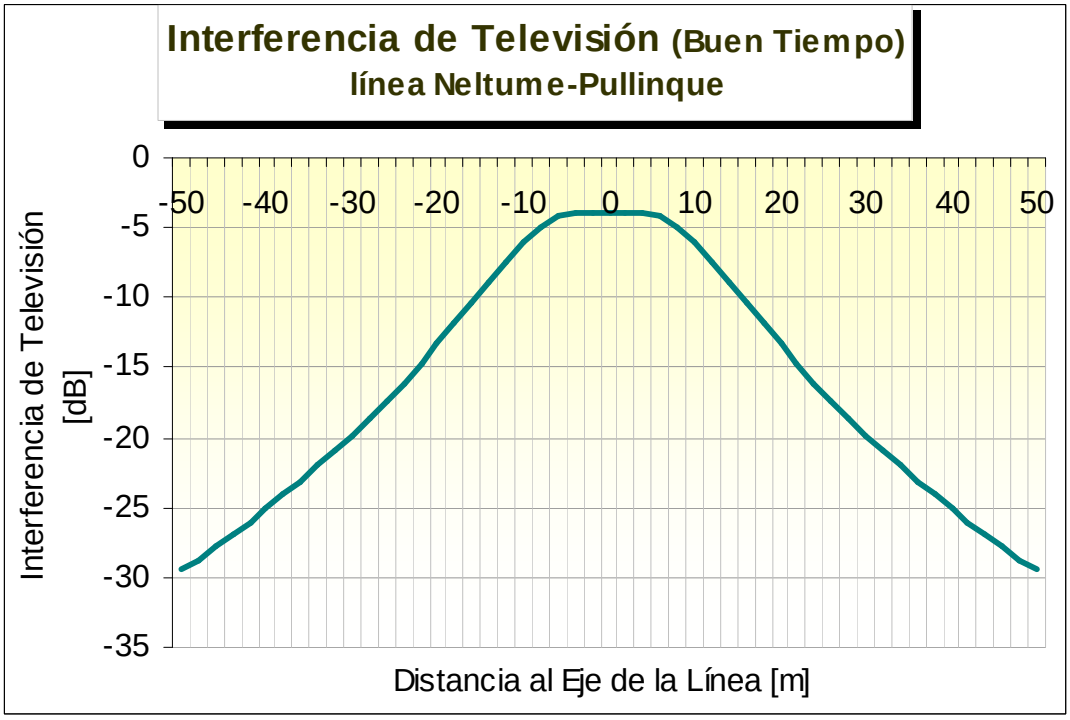


Fig. A.5: Perfil transversal de las interferencias de televisión en buen tiempo producidas por la línea 2x220 kV Neltume-Pullinque.

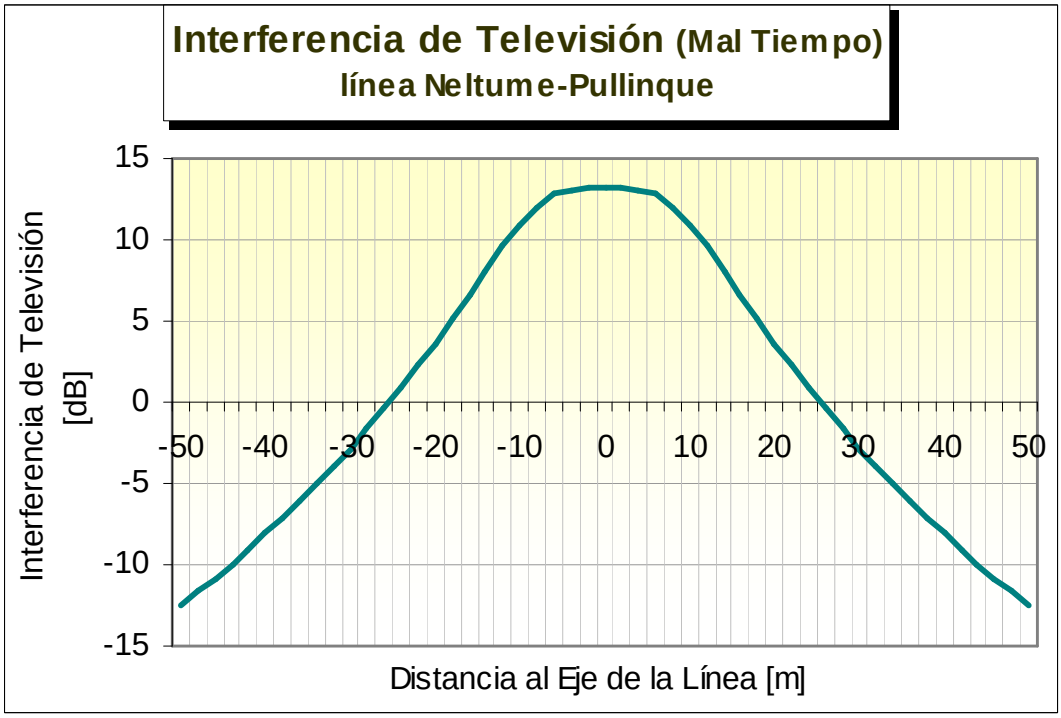


Fig. A.6: Perfil transversal de las interferencias de televisión en mal tiempo producidas por la línea 2x220 kV Neltume-Pullinque.

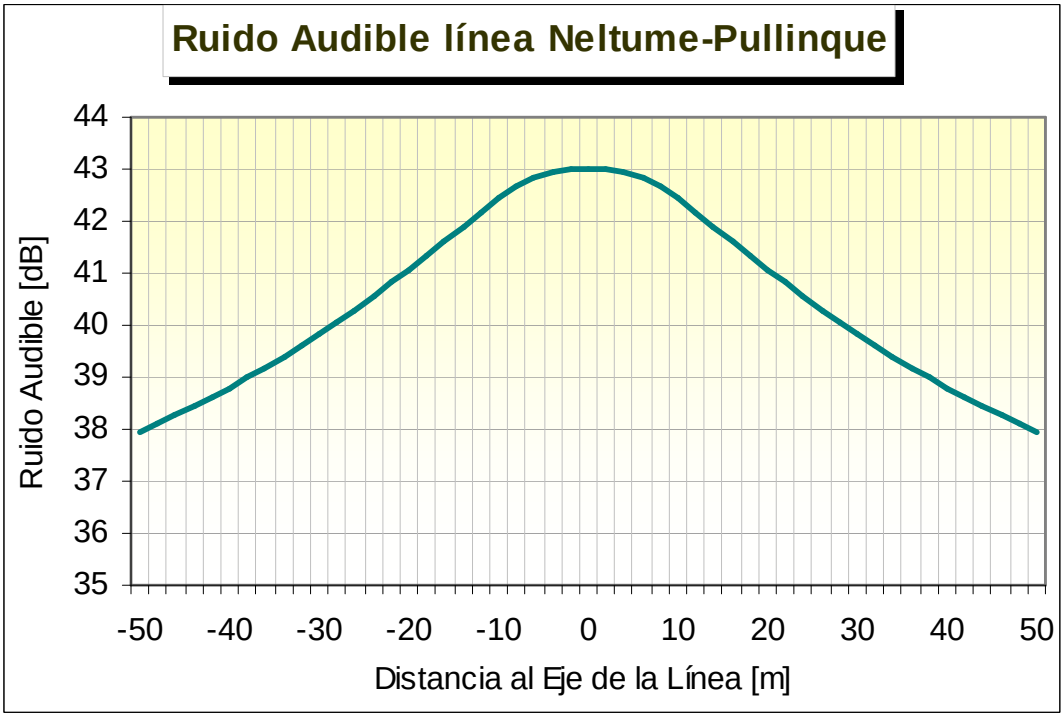


Fig. A.7: Perfil transversal del ruido audible producido por la línea 2x220 kV Neltume-Pullinque.

Los métodos de cálculo del campo eléctrico, magnético, las interferencias de radio, y televisión y ruido audible, producidos por las líneas de alta tensión, se exponen en el Apéndice B.

ANEXO B

MÉTODOS DE CÁLCULO

B.1. Método de Cálculo del Campo Eléctrico.

El campo eléctrico es calculado por el Método de Simulación de Carga (MSC), donde la carga distribuida en la superficie de los conductores es sustituida por líneas de carga. Para el cálculo, se supone que no hay carga libre en el espacio, la permitividad del aire es uniforme y su conductividad es cero, y la tierra es plana y perfectamente conductora. El plano del suelo es tomado en cuenta introduciendo cargas imágenes. La magnitud de estas cargas es determinada por la conocida ecuación siguiente [3,4]:

$$[P][Q]=[V] \tag{B.1}$$

donde [P] es la matriz de los coeficientes de potencial, [Q] el vector columna de las cargas a calcular y [V] el vector columna de los potenciales conocidos de los puntos de frontera.

Una vez resuelta la ecuación (B.1) y conocidas las cargas, el campo eléctrico E_i en un punto de coordenadas (x, y) en el espacio bidimensional, es:

$$E_x = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{2\pi\varepsilon_o}\left(\frac{x-x_i}{D_i^2} - \frac{x-x_i}{D_i'^2}\right) \tag{B.2}$$

$$E_y = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{2\pi\varepsilon_o}\left(\frac{y-y_i}{D_i^2} - \frac{y+y_i}{D_i'^2}\right) \tag{B.3}$$

Donde $\mathbf{E_x}$, $\mathbf{E_y}$ son las componentes horizontal y vertical del campo eléctrico, **(x,y)** el punto de cálculo, **(x_i,y_i)** localización del conductor i, D_i y D'_i distancia del conductor y del conductor imagen respectivamente al punto de cálculo, $\boldsymbol{\varepsilon_o}$ permitividad del vacío 8.85×10^{-12} F/m y $\mathbf{q_i}$ carga del conductor i.

El campo eléctrico es un vector definido por sus componentes a lo largo de los dos ejes ortogonales. Para un régimen sinusoidal estacionario cada componente en el espacio bidimensional es un fasor (en la representación compleja de cantidades de variación en forma sinusoidal en el dominio del tiempo). Puede demostrarse que la extremidad de este vector (en el espacio en una representación real de sus componentes espaciales) describe una

elipse. El campo máximo en función del tiempo (en módulo) ocurre a lo largo del eje mayor de la elipse. La longitud del semi-eje mayor representa el valor máximo del campo.

B.2. Método de Cálculo del Campo Magnético

El campo magnético de 50 o 60 Hz de los sistemas eléctricos de potencia es calculado usando el Método Corregido de la Imagen a una Distancia Compleja. Este método es derivado del método de imagen a una distancia compleja agregándole un término de una adecuada truncación de la serie de Carson. La teoría de este método está basada en sustituir el suelo resistivo por una corriente imagen de dirección inversa a la corriente fuente, colocada a una distancia compleja. Las componentes de las densidades de campo magnético en Tesla, en el punto (x,y), se calculan por las siguientes expresiones [5,6]:

$$B_x = -\sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_o I_i}{2\pi} \left\{ \frac{y - h_i}{R_i^2} - \frac{y - h_i + \alpha}{R_i''^2} \cdot \beta \right\} \qquad \text{(B.4)}$$

$$B_y = \sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_o I_i}{2\pi} \left\{ \frac{x - d_i}{R_i^2} - \frac{x - d_i}{R_i''^2} \cdot \beta \right\} \qquad \text{(B.5)}$$

donde:

$$R_i = \left[(x_i - d_i)^2 + (y_i - h_i)^2 \right]^{1/2}$$

$$R_i'' = \left[(x_i - d_i)^2 + (y_i - h_i + \alpha)^2 \right]^{1/2} \qquad \text{(B.6)}$$

$$\alpha = \delta(1 - j); \quad \beta = 1 + (1/3)\left(\alpha / R_i''\right)^4; \quad \delta = 2/\sqrt{\mu_o \sigma \omega} \approx 503\sqrt{\rho / f}$$

$\mathbf{h_i}$ es la altura del conductor al suelo, $\mathbf{d_i}$ distancia horizontal del conductor al eje de la línea, $\mathbf{I_i}$ corriente que circula por el conductor (Amperes rms), $\boldsymbol{\mu_o}$ permeabilidad del vacío, $\boldsymbol{\rho}$ resistividad de la tierra (Ωm), $\boldsymbol{\omega = 2\pi f}$ siendo **f** la frecuencia Hz.

B.3. Método de cálculo del Ruido Audible.

El método de cálculo del Ruido Audible (RA), con mal tiempo, propuesto por la FGH de Alemania, puede aplicarse a cualquiera línea de transmisión que tenga menos de 6 conductores por fase y un diámetro de entre 2 y 7 cm. El nivel de Ruido Audible $\mathbf{RA_i}$ para la fase i, está dado por [7]:

$$RA_i = 2E_i + 45\log(d) + 18\log(N) - 0.3 - 10\log(R_i) \qquad \text{(B.7)}$$

donde $\mathbf{E_i}$ es el campo eléctrico en la superficie del conductor en kV/cm, **d** diámetro del conductor en cm, **N** número de conductores por fase, $\mathbf{R_i}$ distancia del conductor al punto de cálculo en m.

El ruido audible para una línea, es:

$$RA = 10\ell og\sum_{i=1}^{n} 10^{(RA_i/10)} \qquad \text{(B.8)}$$

Donde **n** es número total de fases.

B.4. Método de cálculo de la Interferencia de Radio

Las interferencias de radio generadas por las líneas eléctricas de alta tensión pueden ser calculadas con una buena precisión por el método de la FG alemana. Este método está basado en una fórmula comparativa, que usa la Interferencia de Radio (RI) producida por un haz de conductores como referencia. La radio interferencia producida por cada fase, es [8]:

$$RI = 53.7 \pm 5 + k(E - 16.95) + 40\ell og\frac{d}{3.93} + 20K_D\ell og\frac{20}{D} + \Delta N + \Delta f + \Delta t \qquad \text{(B.9)}$$

Donde:
K = 3 línea clase 750 kV y K = 3.5 para otras líneas con campo eléctrico entre 15 y 19 kV/cm
E = campo eléctrico en el conductor en kV/cm, valor rms,
d = diámetro del conductor en cm,
K_D = 1.6±0.1 para f = 0.5 a 1.0 MHz
D = distancia de la fase al punto de cálculo,
$\Delta N = 10\ell og(N/4)$ para N > 1 y ΔN = -4dB para N = 1, N = número de conductores por fase,
Δt = 17±3 para condiciones de lluvia

$$\Delta f = 20\ell og\frac{1+0.5^2}{1+f^2} \quad \text{, donde f es la frecuencia en MHz} \qquad \text{(B.10)}$$

La Interferencia de Radio de la línea $RI_{línea}$ es obtenida por la contribución de todas las fases, por:

$$RI_{línea} = 10\ell og\sum_{i=1}^{n} 10^{RI_i/10} \qquad \text{(B.11)}$$

B.5. Interferencia de Televisión (TVI)

El método del EPRI determina la Interferencia de Televisión (TVI) con una gran exactitud y simplicidad a partir de la Interferencia de Radio medida o calculada de una línea de transmisión conocida, tomada como referencia. Esta relación es [3]:

$$TVI = RI - \Delta f + \Delta bw - \Delta D \qquad \text{(B.12)}$$

Donde:

TVI: es la Interferencia de Televisión, en dB (quasi-peak) sobre 1 μV/m, a la frecuencia f en MHz, y a una distancia lateral R de la fase más externa de la línea;

RI: es la Interferencia de Radio en dB (quasi-peak) sobre 1 μV/m, a 1 MHz, y a la localización de referencia de 15 m medida de la fase más externa;

Δf: es una cantidad en dB, en la cual la EMI se atenúa en el espectro de frecuencia desde la frecuencia de radio de 1 MHz a la frecuencia de televisión f in MHz;

Δbw: es un factor en dB que toma en cuenta la diferencia entre el ancho de banda la RI de 5 kHz al ancho de banda de TVI de 150 kHz;

ΔD: es el ajuste en dB que toma en cuenta la distancia lateral de referencia de 15 m a la distancia lateral D.

Los factores Δf, Δbw y ΔD, son:

$$\Delta f = 52 + 20\ell og\frac{f}{75}$$

$$\Delta bw = 12\ell og(150/5) = 17.7 \qquad \text{(B.13)}$$

$$\Delta D = 20\ell og\frac{\sqrt{h^2 + D_x^2}}{\sqrt{h^2 + 15^2}}$$

Donde h, es la altura de la fase más cercana y D la distancia en m.

ANEXO C

NORMAS DE EXPOSICIÓN A LOS CAMPOS ELECTRICO Y MAGNÉTICO E INTERFERENCIAS DE RADIO

Tabla C.1: Niveles máximos tolerables de exposición del público en general a los campos eléctricos y magnéticos de 50 Hz

INSTITUCIÓN	CAMPO ELÉCTRICO (kV/m)	CAMPO MAGNÉTICO (micro Tesla)
IRPA/INIRC[1] (1998)	5 (Todo el día)	100 (Todo el día)
Unión Europea (1999)	5	100
Argentina	3	25 (borde de franja de servidumbre)
Australia	5	100
Estados Unidos: Florida New York	2 1,6	15-20[(2)] 20
Italia	5	100
SUIZA	No lo indica	1[(3)]-100
ESTADOS DE NEW YORK Y FLORIDA DE (U.S.A.)	1-3 (borde de la faja de servidumbre)	100-200 (borde de la faja de servidumbre)

(1) IRPA/INIRC (International Radiation Protection Association / International Non-Ionizing Radiation Committee), NRPB UK (National Radiation Protection Board-United Kingdom).
(2) Líneas de 230 kV y 500 kV respectivamente
(3) Se aplica a nuevas instalaciones, aunque es posible hacer excepciones si se han tomado medidas adecuadas para reducir el campo

La norma suiza del año 2000, indica 1μT (10 mG) el valor de la densidad de campo magnético máximo producido por líneas de Alta Tensión. Para la frecuencia de 50 Hz no indica el campo eléctrico. Debe considerarse que este valor es del orden de 100 veces menor que recomendaciones de organismos internacionales

Tabla C.2: Valores de Interferencias de Radio, recomendados por Asociación de Normas Canadienses y acogida como Regulación del Gobierno Federal [8].

VOLTAJE NOMINAL FASE-FASE (KV)	NIVEL DE INTERFERENCIA DE RADIO (dB SOBRE 1μV/m)
Menos de 70	43
70 – 200	49
200 – 300	53
400 – 600	60
Sobre 600	63

(*) Valores indicados a 15 m de la fase exterior. Si en la zona las emisoras de AM tienen una señal sobre 72 dB, estos valores se pueden incrementar en 10 dB.

(**) Para subestaciones, valores medidos 15 m del cerco del recinto de la subestación (no del patio de la subestación).

Tabla C.3: Valores de Interferencias de Televisión, recomendados por Asociación de Normas Canadienses y acogida como Regulación del Gobierno Federal [10].

	Calidad de recepción		
Canal	Grado A (dB)	Grado B (dB)	Interferencia permitida (dB)
2 – 6 (54-88 MHz)	68	47	17
7 – 13 (174-216 MHz)	71	56	12

REFERENCIAS

[1] **K. Fitzgerald**, "Electromagnetic fields the jury's still out", IEEE Spectrum, August 1990, p: 22-35.

[2] **J.Vernieri y J. Riubrugent**, "Efectos de los campos electromagnéticos alternos producidos por líneas de transmisión en los seres humanos", VII Encuentro Regional Latinoamericano de la CIGRE, Puerto Iguazú, Argentina, 18-22 de Mayo de 1997, pub. CE 36-04.

[3] **Electric Power Research Institute,** "Transmission Line Reference Book 345 kV and above", Second Edition, Palo Alto California, 1982, sección 5.5

[4] **L. Ortiz N., R. Figueroa B.**, "Medición y cálculo del campo eléctrico y magnético de 50 Hz en la línea de 220 kV Alto Jahuel-Los Almendros", III Jornadas Hispano-Lusas de Ingeniería Eléctrica, Universitat Politecnica de Cataluña, Barcelona, Julio 1993.

[5] **L. Ortiz, R. Figueroa**, "Two-dimensional Methods for Calculation of Magnetic Field Transmission line and Comparison with Measurement Values", EUROEM International Symposium on Electromagnetic Environments and Consequences, Bordeaux, France, May 31-June 3, 1994.

[6] **IEEE**, "Magnetic Field from Electric Power Lines-Theory and Comparison Measurements", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 3, Nº 4, October 1988.

[7] **IEEE Subcommitte Report**,"A comparison of methods for calculating audible noise of high voltage treansmission lines", IEEE Trans. PAS. Vol.101, Nº 10, October 1982, pp.4090-4099

[8] **S. Maruvada**, "Consideration of radio interference and audible noise in the design of high-voltage transmission lines", 14th Congreso Panamericano de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Ramas Afines COPIMERA, San Juan, Puerto Rico, Octubre 1993.

[9] **IEEE Radio Noise Subcommittee**, "Comparison of radio noise predictions methods with CIGRE/IEEE survey results", IEEE Trans. PAS Vol.92, May/June, 1973.

[10] **IEEE Subcommittee**, "Review of Technical Consideration on Limit to Interference from Power Lines and Stations", IEEE Trans. PAS Vol. 99, Jan/Feb, 1980, P. 365-388.

Santiago, 27 de Mayo de 2009.

Dr. Luis Ortiz Navarrete
Ingeniero Civil Electricista
Universidad de Santiago de Chile