



CARACTERIZACIÓN, ANÁLISIS ESPACIAL Y REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA UTILIZANDO SIG



Ing. Barón Marco Aspúrua y Karina Dos Ramos Teixeira
Instituto de Ingeniería – Laboratorio de Electromagnetismo Aplicado.

Lic. Gloria Yamileth Bolívar Durán y Ing. MSc. Rosa María Aguilar
Instituto de Ingeniería – Centro de Procesamiento Digital de Imágenes.



El Problema de las RNI

Espectro Radioeléctrico

Radiaciones
no ionizantes

Radiación
ionizante

Frecuencias utilizadas por los sistemas de telecomunicaciones.

Consecuencias: Pueden causar efectos térmicos e inducción de corrientes

ELF, Radiofrecuencias, microondas, luz visible

**Reactores nucleares.
Aplicaciones en la medicina.**

Rupturas de enlaces químicos y daños a la molécula de ADN

Rayos X, Rayos Gamma y radiación de mayor energía.



El Problema de las RNI

[La Web](#) [Imágenes](#) [Vídeos](#) [Noticias](#) [Grupos](#) [Libros](#) [Gmail](#) [Más](#) ▼

Google™

non ionizing radiation

Buscar en Noticias

Buscar en la Web

[Búsqueda avanzada de noticias](#)
[Preferencias](#)

Noticias

Resultados 1 –

› **Cualquier contenido**

[Imágenes](#)

› **Cualquier noticia reciente**

[Hora anterior](#)

[Día anterior](#)

[Última semana](#)

[Último mes](#)

› **Ordenados por relevancia**

[Ordenados por fecha](#)

[« Ver todos los resultados de búsqueda en la Web de non ionizing radiation](#)

[Leucemia infantil asociada al tendido de redes de alta tensión](#)

Infancia Hoy - 14/10/2009

UU. y la revisión de la International Commission on **Non-Ionizing Radiation** Protection (1998). Los resultados aportados por el conjunto de los estudios ...

[Bakgatla, BTA, **radiation** and public safety](#)

Sunday Standard - 15/10/2009

The concern of Bakgatla is not about **ionizing radiation** (eg from Uranium and other radio active substances) but rather about **non ionizing radiation** by ...

[Of cell phones and brain tumors](#)

Manila Bulletin - 28/09/2009

There are two forms of electromagnetic **radiation**, **ionizing** and **non-ionizing**. **Ionizing radiation**, which is exemplified by x-rays and gamma rays can dislodge ...



Green Prophet
(blog)

[Cell Phone Towers and the NIMBY Syndrome](#)

Green Prophet (blog) - 08/10/2009

The safety standards set for cell phone and cell phone tower emissions are based on ICNIRP (International Committee for **Non-ionizing Radiation** Protection ...

[Cell Phones and Cancer: How To Stay Safe](#) Huffington Post (blog)

[3 Questions About Cell Phone Radiation](#) Daily Green

[los 5 artículos informativos](#) » [Enviar noticia](#)





Crecimiento de sector de las Telecomunicaciones inalámbricas



- El sector de las telecomunicaciones ha experimentado un crecimiento continuo promedio de 20% anual durante los últimos 5 años (CANAEMTE).



- Aproximadamente existen 700 empresas de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico.

- Estas empresas manejan entre 6500 y 8000 estaciones de transmisión.

- A partir del 2009 se ha superado el 100% de penetración de la tecnología celular en Venezuela (CONATEL).





Marco Legal



- Resolución administrativa N° 581 de CONATEL publicada en la gaceta oficial n° 38201 el Viernes 3 de Junio de 2005.
- Norma Venezolana: “LÍMITES DE EXPOSICIÓN. MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y CONTROL” COVENIN 2238:2000.
- Recomendación de la ICNIRP: “Directrices para limitar la exposición de campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variantes en el tiempo (hasta 300 GHz)” publicadas en el año de 1998 por la ICNIRP.



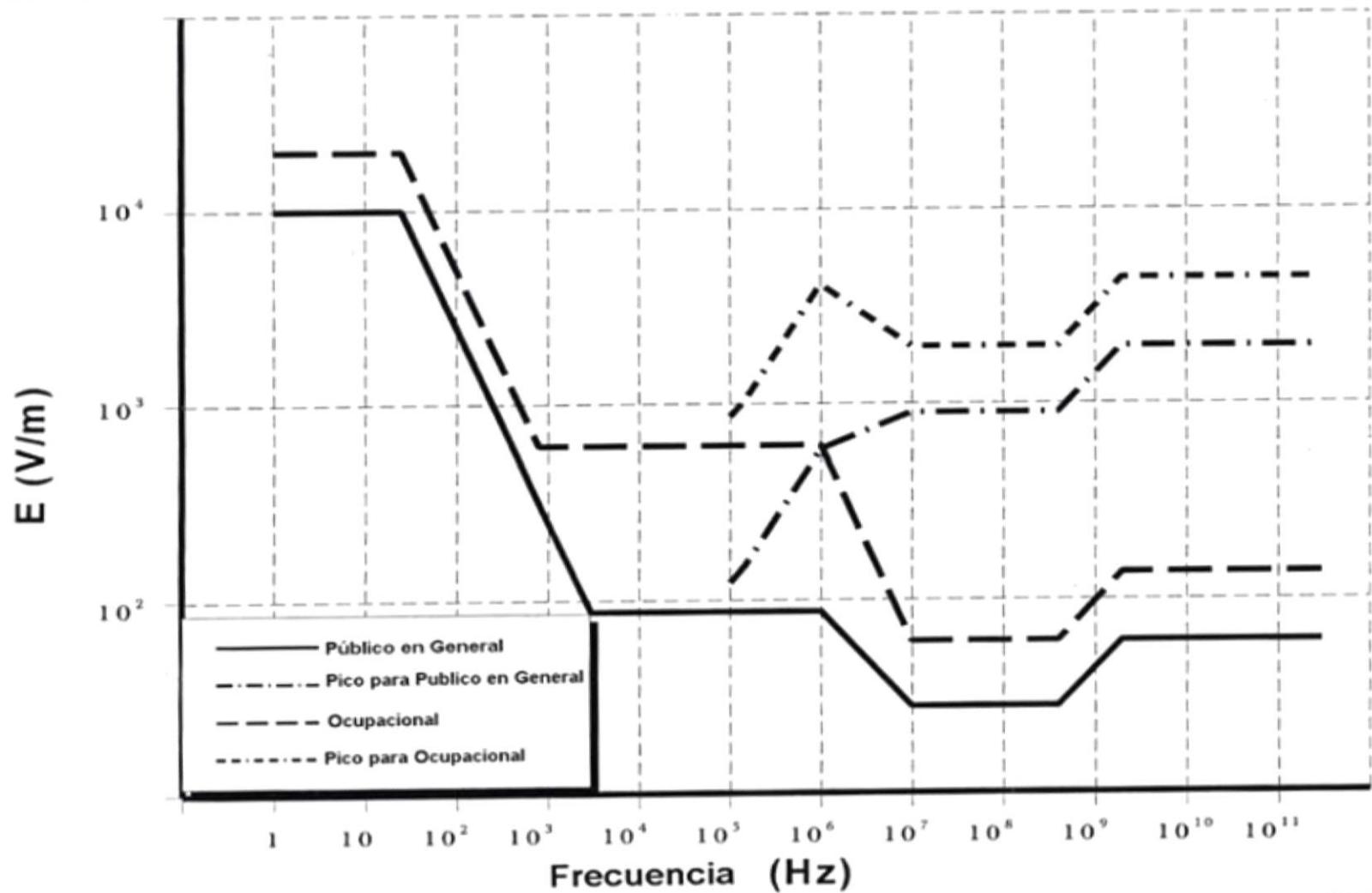


Limites de exposición para publico en general

Rango de frecuencia (MHz)	Intensidad de Campo Eléctrico (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (A/m)	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Densidad de potencia (W/m^2)
Hasta 1Hz	-	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	-
1-8 Hz	10000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	-
8-25 Hz	10000	$4000/f$	$5000/f$	-
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0,8-3 MHz	$250/f$	5	6,25	-
3-150 MHz	87	5	6,25	-
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	-
1-10 MHz	$87/f^{0,5}$	$0,73/f$	$0,92/f$	-
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2000 MHz	$1,375f^{0,5}$	$0,0037 f^{0,5}$	$0,0046 f^{0,5}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

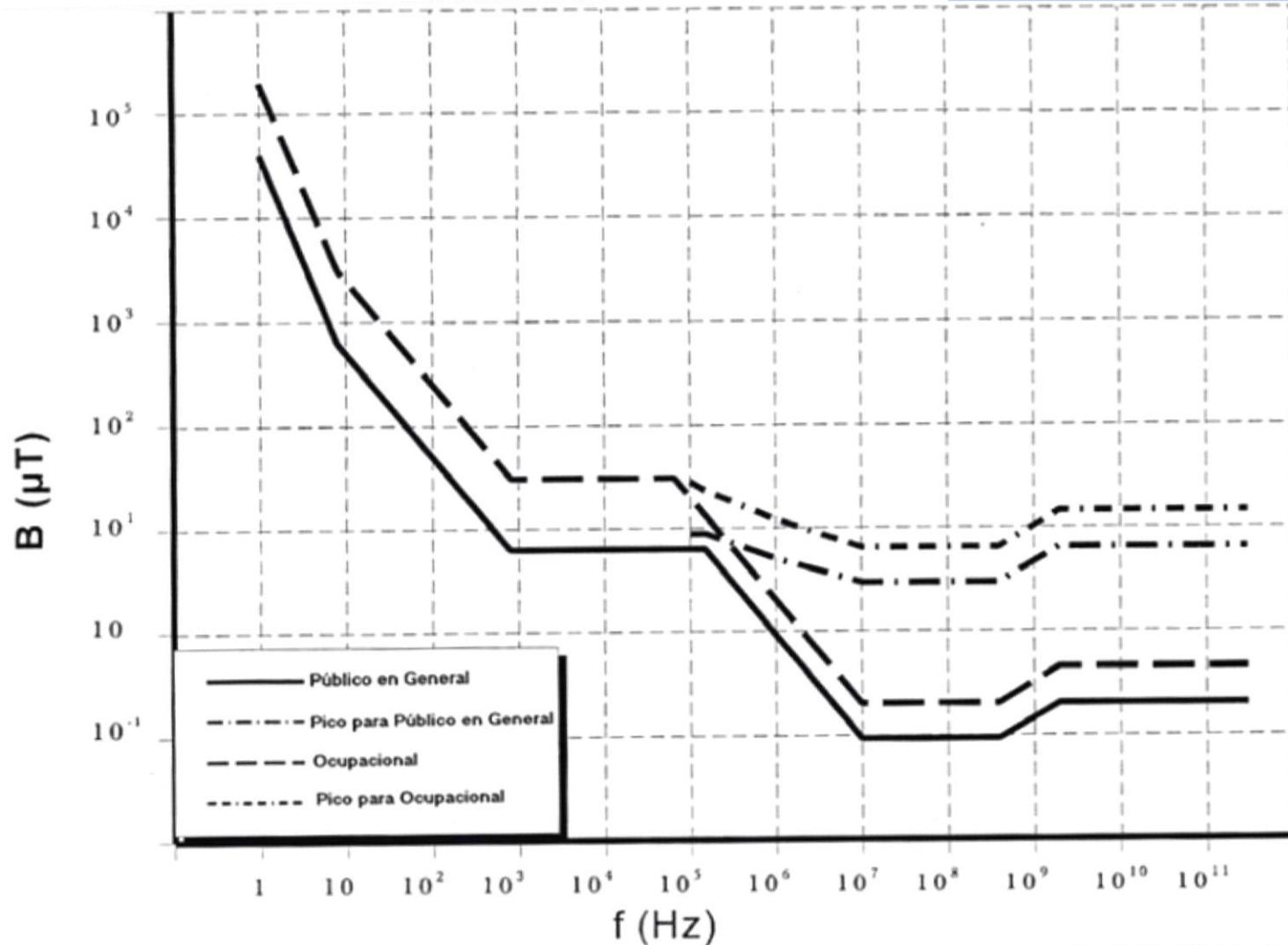


Limites de exposición





Limites de exposición





Estudios antecedentes



“Medidas de niveles de radiación no ionizante en entornos urbanos” [17], de la Universidad de Cantabria, realizaron la medición de radiación electromagnética en un entorno urbano de la Ciudad de Santander, España



“Medición de los campos electromagnéticos en la Ciudad de Cali, Colombia” Universidad del Valle y el Departamento Administrativo del Medio Ambiente



“Diagnóstico Nacional Integral de las Radiaciones no Ionizantes 2006”, de Laboratorios INICTEL, en Perú,



“Mapa de Radiaciones no Ionizantes de la Ciudad de León” [20] del Laboratorio de Acústica del área de Física Aplicada de la Universidad de León y de la Alcaldía de la Ciudad de León.



Objetivos y Alcance

Objetivos:

- CARACTERIZAR CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE UNA ZONA PILOTO REPRESENTATIVA DE LA CIUDAD DE CARACAS
- ANALIZAR ES ESPACIALMENTE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DENTRO DE LA ZONA PILOTO SELECCIONADA.
- REPRESENTAR CARTOGRÁFICAMENTE LA MAGNITUD DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Alcance:

- Bandas de Frecuencia: 30 Hz – 2 kHz y 100 kHz – 6 GHz
- Mediciones realizadas entre 8:00 am y 4 pm.
- Mediciones realizadas de a Lunes – Viernes, entre 15-02-2010 y 15-03-2010.



La Zona Piloto

Descripción de la zona piloto:

-Área: 2,64 Km²

-Porcentaje del área Caracas: 0,609%





El Sistema de Medición

■ Instrumentación:

- *Sonda isotrópica de Campo Eléctrico:*

- Fabricante: ETS-Lindgren.
- Modelo: HI-6105.
- Rango de frecuencia: 100 kHz – 6 GHz.
- Rango dinámico: 0,1- 800 V/m.
- Resolución: 0,01 V/m.



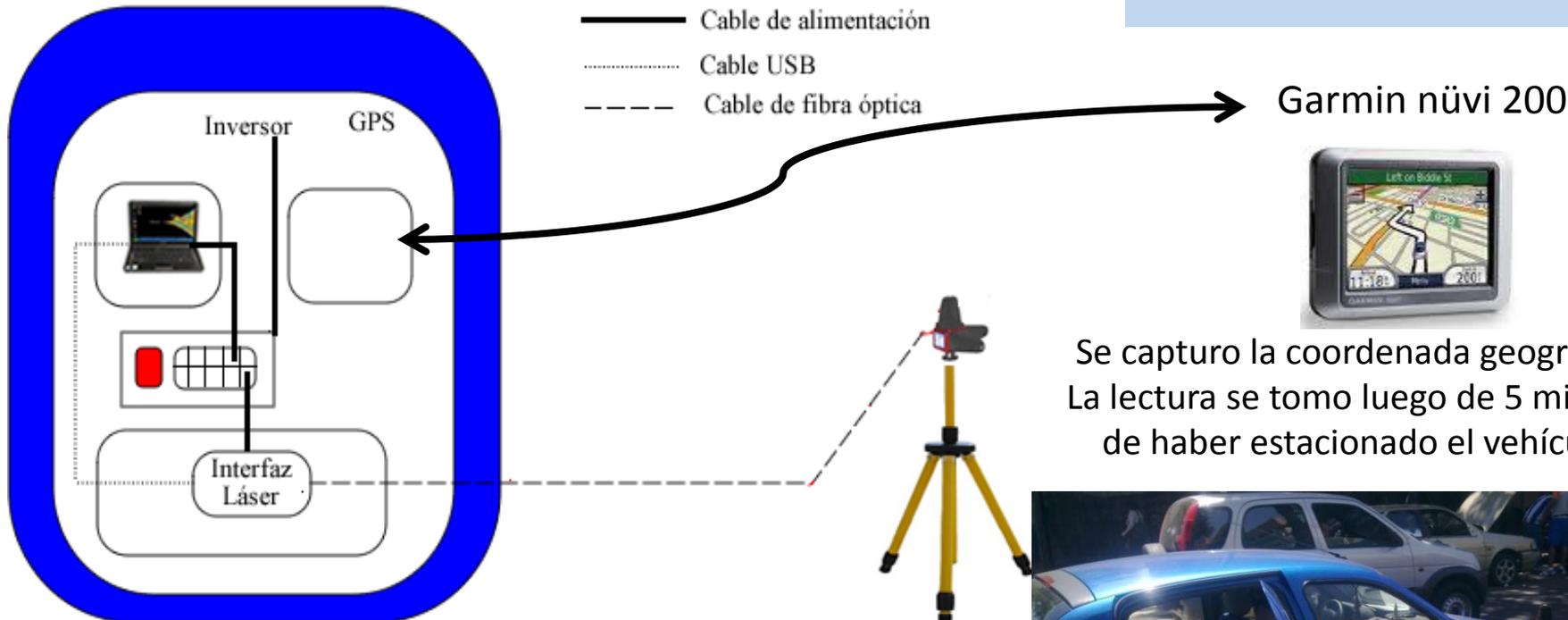
- *Medidor de Campo de baja frecuencia:*

- Fabricante: ETS-Lindgren.
- Modelo: HI-3604.
- Respuesta en frecuencia: 30 Hz – 2 kHz.
- Sensibilidad: Intensidad de campo eléctrico (1 V/m – 199 kV/m) /
Densidad de flujo magnético (0,1 mG – 20 G).





El Sistema de Medición



Se capturo la coordenada geográfica.
La lectura se tomo luego de 5 minutos
de haber estacionado el vehículo.



**Medición de intensidad de campo eléctrico (RF):
Promedio de las magnitudes medidas durante 6
min a 35 muestras/s.**



**Medición de la intensidad de campo eléctrico y
densidad de flujo magnético a 60 Hz. Se tomó la
lectura pico, observada en 1 min.**



Puntos medidos

206 Puntos medidos.

Grilla de aproximadamente
100 m x 100 m.

Radio de inspección: 25 m.

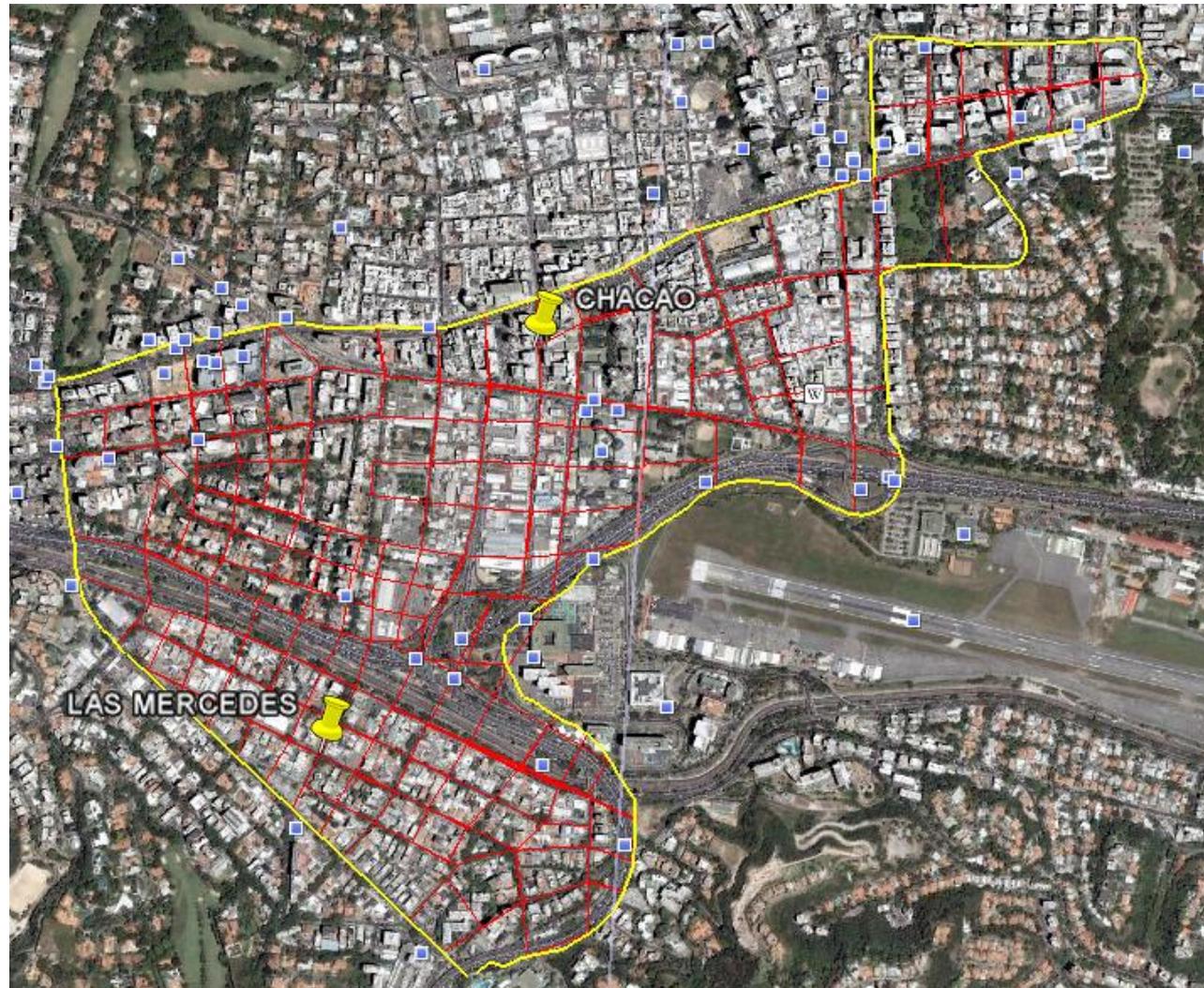
Los puntos se ubicaron
sobre la vía pública.

Se procura que las mediciones
se realicen en la zona de
campo lejano.

2 m entre vehículo y sondas.

Eje "x" norte, "y" este y "z"
vertical.

Mantener teléfonos celulares
y/o similares apagados.



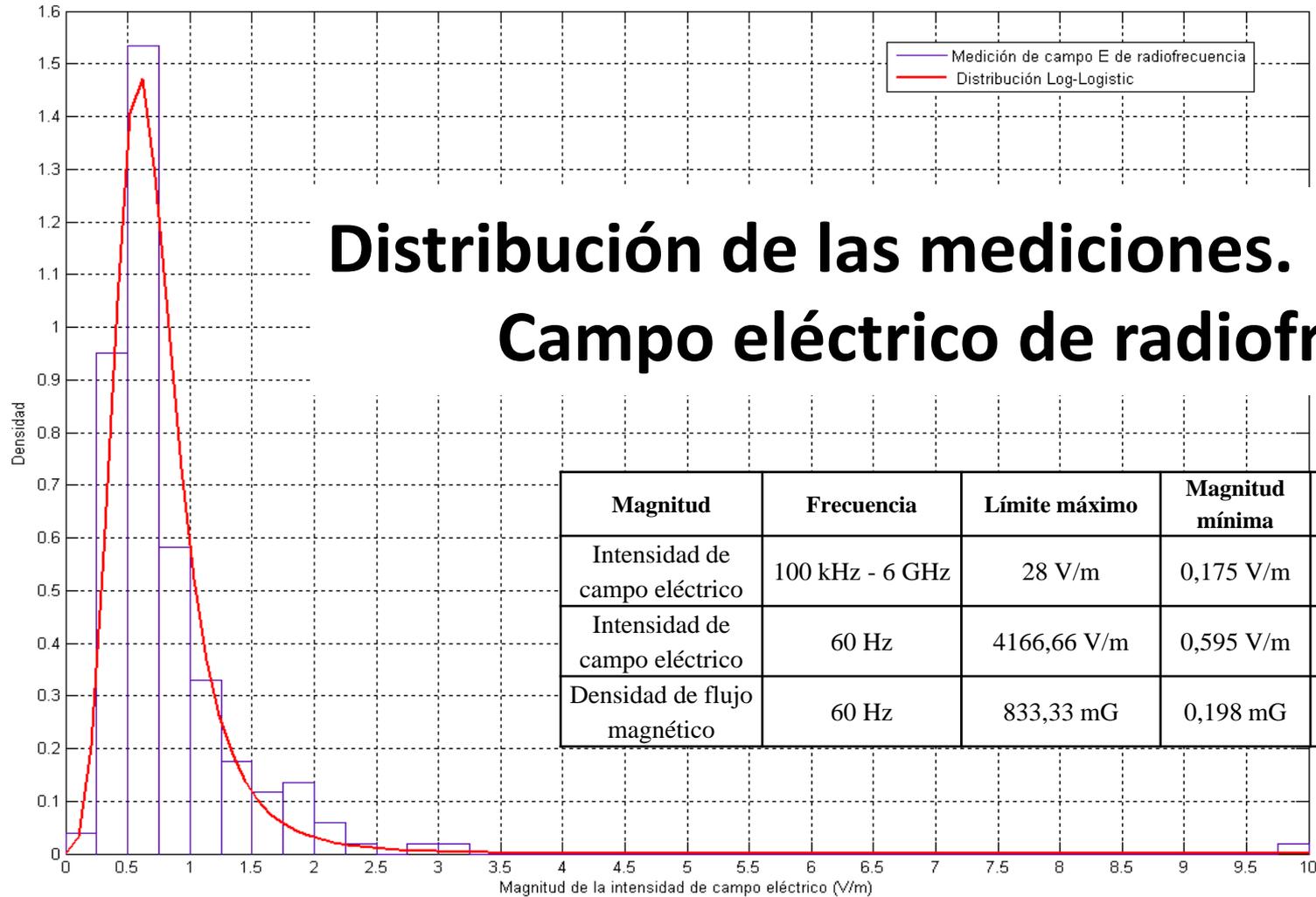


Elaboración de Mapas

1. Creación de una capa de puntos con las coordenadas obtenidas en campo y los datos asociados a las mediciones de campo electromagnético.
2. Interpolación de la magnitud de intensidad de campo eléctrico a radiofrecuencia mediante tres métodos:
 - IDW (Inverse Distance Weighting)
 - Spline
 - Kriging
3. Comparación de resultados para seleccionar el de mejor ajuste, utilizando:
 - Error absoluto medio
 - Error cuadrático medio
 - Distancia euclidiana
4. Configuración de Clases
 - Alta concentración de los datos en un rango muy estrecho (0 y 3.5 V/m)
 - Empleo de intervalos iguales, que deriva en 15 clases para una mejor discriminación visual de las mediciones.



Resultados



Magnitud	Frecuencia	Límite máximo	Magnitud mínima	Magnitud máxima	% del límite máximo
Intensidad de campo eléctrico	100 kHz - 6 GHz	28 V/m	0,175 V/m	9,836 V/m	35,13 %
Intensidad de campo eléctrico	60 Hz	4166,66 V/m	0,595 V/m	236,49 V/m	5,67 %
Densidad de flujo magnético	60 Hz	833,33 mG	0,198 mG	439,12 mG	52,69%



Resultados

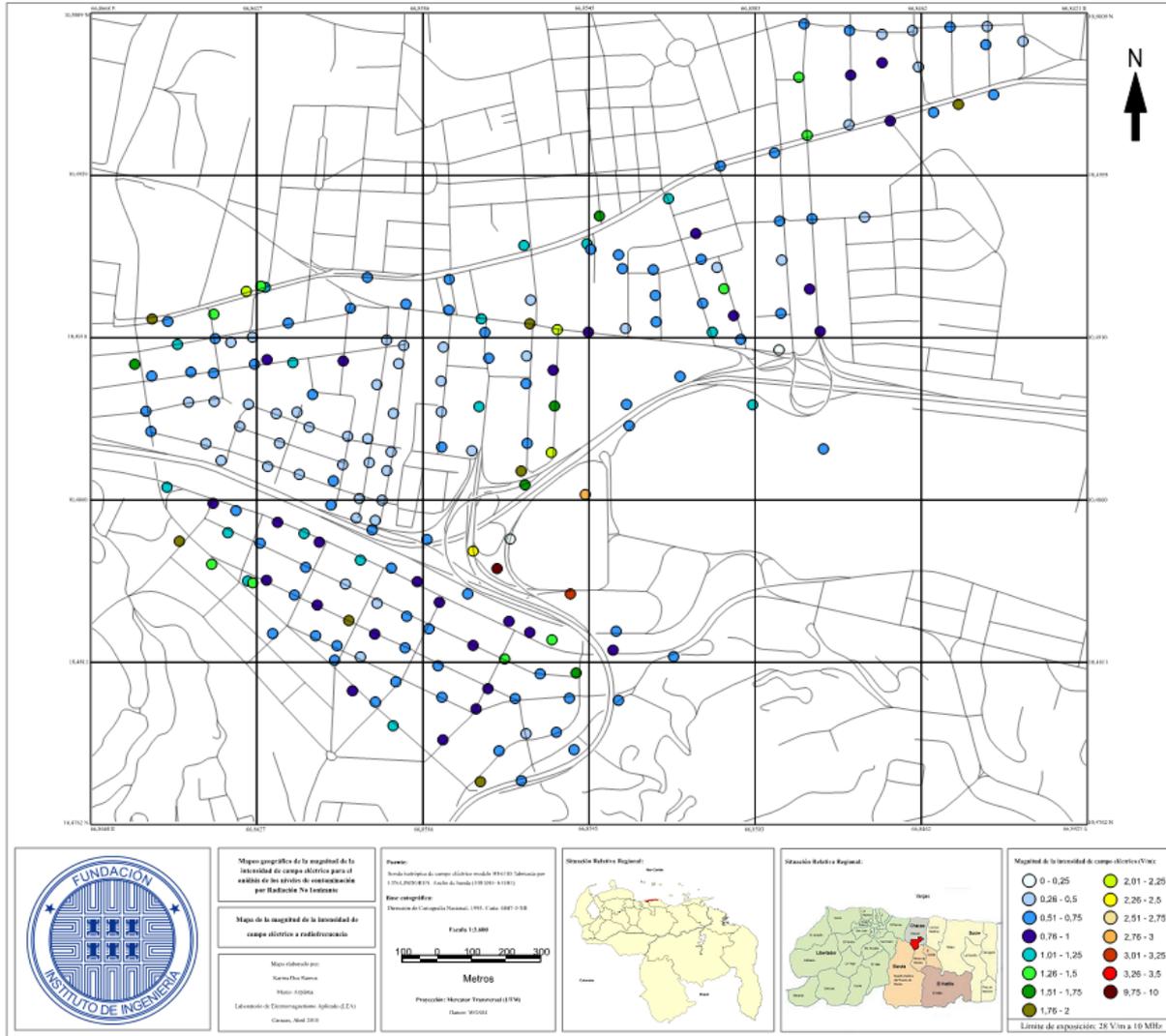
Selección del método de interpolación

	IDW	Kringing esférico	Kringing exponencial	Spline
Puntos con error mayor al permitido (0,5 V/m)	10 %	55 %	35 %	75 %
Puntos con error aceptable (Menor a 0,5 V/m)	90 %	45 %	65 %	25 %

Medidas de bondad del ajuste			Dist.		
	MAE	MSE	Euclidiana	Max Error	Min Error
IDW	0,384	0,294374779	2,43	1,737	0,015
Kringing esférico	0,742	0,727305736	3,81	1,664	0,111
Kringing exponencial	0,551	0,531672197	3,26	1,986	0,077
Spline	0,888	1,109954372	4,71	1,980	0,034



Resultados





Resultados





CARACTERIZACIÓN, ANÁLISIS ESPACIAL Y REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA UTILIZANDO SIG

Gracias por su atención.

Para mas información visite: www.eninsel.org



Ing. Barón Marco Azpúrua y Karina Dos Ramos Teixeira
Instituto de Ingeniería – Laboratorio de Electromagnetismo Aplicado.

Lic. Gloria Yamileth Bolívar Durán y Ing. MSc. Rosa María Aguilar
Instituto de Ingeniería – Centro de Procesamiento Digital de Imágenes.