

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE CONTAMINACIÓN ELÉCTRICA Y ELECTROMAGNÉTICA EN EL MUNICIPIO HABANA VIEJA.**

*Zaraith Pérez Pérez<sup>(1)</sup>, Maritza Emilia Llerena Portilla<sup>(1)</sup>, Laureano Orbera Hernández<sup>(2)</sup>, Dra. Dania Santos Silva<sup>(3)</sup>, Dr. Franklin Abreu Perdomo<sup>(3)</sup>, Carmen Julia Sánchez de la Torre<sup>(1)</sup>,*

(1) <sup>(1)</sup> **Instituto de Geografía Tropical**, 13 y F, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba. E-mail: [zaraithp@geotech.cu](mailto:zaraithp@geotech.cu)

(2) <sup>(2)</sup> **Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría**. Cuba. [lorbera@infomed.sld.cu](mailto:lorbera@infomed.sld.cu)

(3) <sup>(3)</sup> **Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología**. Cuba.

**RESUMEN:**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen herramientas muy valiosas y su uso se ha hecho frecuente en el campo de las investigaciones de las geociencias, los mismos permiten analizar integralmente informaciones multitemáticas, para tomar decisiones y definir estrategias. El desarrollo acelerado de la sociedad ha provocado que el hombre se encuentre cada día más expuesto a los efectos de la contaminación ambiental eléctrica y electromagnética, que proviene, generalmente, del transporte y uso de la energía eléctrica. Los niveles de exposición residencial a estos campos dependen de diversos factores como: la distancia a líneas eléctricas locales (ya sean aéreas o soterradas), el número y tipo de electrodoméstico empleado en las viviendas, la configuración del cableado eléctrico de la casa, el tipo de vivienda, casa o apartamento, la presencia de transformadores y antenas de telefonía móvil y televisivas, etc.

El siguiente trabajo consiste en la implementación de un SIG para la determinación de las áreas de contaminación eléctrica y electromagnética en el municipio Habana Vieja. En el mismo se realizaron las mediciones de los dos campos anteriormente mencionados en cada uno de los siete consejos populares de la Habana Vieja, se crearon las bases de datos espaciales con la información recogida en campo (mediciones) y se generaron los mapas temáticos tanto a nivel de consejo como de municipio, determinando así la existencia de contaminación de los campos eléctricos y electromagnéticos.

**Palabras Claves:** Ambiente, atmosféricas, contaminación, electromagnética, radiactivas.

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo acelerado de la sociedad actual ha provocado una mayor generación de campos eléctricos y electromagnéticos, que van desde los de alta frecuencia como antenas de radio y televisión, radar, microondas, telefonía celular, hasta los de muy baja frecuencia como las líneas de alta, media y baja tensión, en la distribución de la energía eléctrica. La influencia de estos campos y sus efectos sobre el medio ambiente de manera general y sobre la salud humana en particular, es uno de los temas de mayor discusión y estudio de la actualidad.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen herramientas muy valiosas y su uso se ha hecho frecuente en el campo de las investigaciones de las geociencias. El empleo de los mismos, nos permite analizar integralmente informaciones multitemáticas, para tomar decisiones y definir estrategias. Como es en este caso, que nos posibilita diagnosticar la contaminación eléctrica, y electromagnética presente en el municipio Habana Vieja.

En los SIG los datos geográficos están formados por componentes espaciales (datos gráficos) y temáticos (atributos).

Las componentes espaciales aluden a tres principios básicos:

**Localización:** La localización geográfica de los objetos en el espacio expresada mediante un sistema de coordenadas.

**Propiedades espaciales:** Se refiere a las propiedades de los objetos con que se representa a la realidad, o sea, por medio de líneas que pueden caracterizarse por su longitud, forma, pendiente y orientación, polígonos que pueden caracterizarse por su superficie, perímetro, forma y orientación y puntos utilizados para la representación de objetos en función de la escala y de la generalización cartográfica.

**Relaciones Espaciales:** Describe las relaciones que mantienen entre sí los objetos, pudiendo ser relaciones geométricas (de tipo cuantitativo. Ejemplo: distancia) y relaciones topológicas (de tipo cualitativo. Ejemplo: conectividad, contigüidad, inclusión, etc.)

**La componente temática:** Son atributos o datos alfanuméricos que son almacenados en forma de tablas de informaciones literales asociadas a las componentes espaciales.

Para nuestro caso la componente temática está dada por los valores de contaminación de los campos eléctricos y electromagnéticos.

En los núcleos urbanos de las sociedades industrializadas, existe una presencia creciente de los campos electromagnéticos (CEM), de frecuencia extremadamente baja (FEB), estos campos proviene mayoritariamente del transporte y uso de la energía eléctrica; a las llamadas frecuencias industriales (50-60Hz). Los niveles de exposición residencial a estos campos dependen de diversos factores como: la distancia a líneas eléctricas locales (ya sean aéreas o soterradas), el número y tipo de electrodoméstico empleado en las viviendas, la configuración del cableado eléctrico de la casa, el tipo de vivienda casa o apartamento, la presencia de transformadores y antenas de telefonía móvil y televisivas, etc.

Durante los últimos treinta años la densidad electromagnética del ambiente se ha multiplicado generando un nuevo tipo de polución, intangible e inmaterial, denominada "contaminación electromagnética". La acumulación de estas emisiones gene-

ra un fenómeno que se ha dado llamar "electrosmog", que algunos investigadores afirman que por arriba de un determinado umbral y por el efecto acumulativo, las radiaciones pueden desencadenar enfermedades auto inmunes, alergias, fatigas crónica, anemias, trastornos del sistema nervioso y hasta distintos tipos de cáncer. Es por ello que se implementa este SIG, donde inicialmente se realizan las mediciones físicas de cada uno de los campos eléctrico y electromagnético, en las intersecciones de todas las calles por cada consejo popular del municipio Habana Vieja, en los dos horarios picos definidos por la empresa eléctrica nacional, (6-10 am y 6-10 pm), de martes a sábado, en el caso de los campos electromagnéticos y eléctricos, para poder valorar su comportamiento, y conocer si existen variaciones.

Se selecciona el municipio Habana Vieja para realizar el estudio pues el mismo se encuentra densamente poblado, estimado en el año 2010 según la Oficina Nacional de Estadística, de 91 212 habitantes, cuenta con 2,03 km<sup>2</sup> de líneas de distribución de energía eléctrica soterradas y 2,30 km<sup>2</sup>, con líneas de distribución eléctrica aéreas, alta concentración de población y alto desarrollo tecnológico presente y futuro. Dicho municipio cuenta con siete consejos populares: Prado, Catedral, Plaza Vieja, Belén, San Isidro, Jesús María y Talla Piedra.

Finalmente, el SIG nos servirá para conocer dentro del municipio el comportamiento de los valores de las mediciones de los 2 campos y en los casos de contaminación, ayudar a la regulación de la ubicación de las nuevas líneas, su área de influencia y delimitar el perímetro de protección sanitaria.

Empleando las herramientas de los SIG, se comparan los valores obtenidos de los campos con los valores permisibles, establecidos en la Norma Sueca TCO 1999, debido a que Suecia, antes de que comenzara la industria minera de uranio, comprobó que era necesario imponer normas de seguridad para evitar que los trabajadores de las minas recibieran exceso de radiación emitida por los hijos del radón, por lo que la mayoría de las publicaciones serias dirigidas a esta temática, siendo evaluadas con esta norma. Por tal motivo los resultados alcanzados en esta investigación son comparados con los máximos permisibles y mínimos contenidos en la misma, para así determinar la existencia o no de contaminación eléctrica y electromagnética.

### ***Objetivo generales y específicos:***

Como objetivos nos proponemos implementar un SIG para diagnosticar el comportamiento de los campos eléctrico y electromagnético en el municipio Habana Vieja, realizar mediciones ambientales de dichos campos, por consejo popular en el municipio de Habana Vieja, crear las bases de datos espaciales con la información de las mediciones recogidas en campo, comparar los resultados de las mediciones con las normas internacionales y generar mapas temáticos para visualizar el comportamiento de los campos, a nivel de consejo popular y de municipio.

## 2. CONTENIDO

Para cumplimentar los objetivos se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva, tanto nacional, como internacional, sobre los campos atmosféricos electromagnéticos y eléctricos, posteriormente se realizaron trabajos de campo para la ubicación de los puntos de medición, antenas de telefonía móvil y televisiva. En el levantamiento de los puntos de medición se utilizó un GPS manual, marca GARMIN e Trex, con un rango de error de  $\pm 3$  m, por cada consejo popular del área de estudio. Para realizar las mediciones del campo electromagnético se utilizó un Gausímetro marca Trifield Meter, USA; el equipo combina las medidas magnéticas de radio onda y eléctrica con una precisión  $\pm$  un 20). Las mediciones se realizaron colocando el Gausímetro a un metro de altura desde el nivel del suelo.

Para medir el campo eléctrico se utilizó el equipo Electric Field, que expresa los valores en V/m, este fue colocado igualmente a un metro de altura del nivel del suelo.

Los puntos para realizar las mediciones se ubicaron en las intersecciones de todas las cuadras y en un mismo punto se midieron los tres parámetros en los diferentes horarios picos (6:00-10:00 am y 6:00-10:00 pm) de martes – sábado y a veces domingo. Los equipos con que se realizaron las mediciones de campo electromagnético y eléctrico fueron calibrados en el centro de Bioelectromagnetismo (Santiago de Cuba), y el equipo para realizar las mediciones de radiactividad fue calibrado en el Centro nacional de Protección Radiológica (CPHR), los mismos poseen su certificado de calidad y precisión.

Se creó la base planimétrica del municipio utilizando como plataforma de trabajo el software Mapinfo, Versión 10.5, que nos brinda todas las herramientas necesarias para lograr los objetivos propuestos y asegurar una adecuada capacidad de asimilación (importación–exportación) de datos en diferentes formatos, utilizando la proyección Longitud /Latitud WGS 84.

El diseño de las bases de datos se realizó teniendo en cuenta la información espacial (datos cartográficos) y la información alfanumérica (atributos temáticos), la cual fue captada directamente sobre la tabla (*capa*) del mapa específico, construyendo así la base de datos alfanumérica y quedando de esta forma los atributos desde el principio unidos a su componente gráfico espacial. Se crearon las bases de datos a partir de toda la información recopilada y los valores de las mediciones de los tres campos que se obtuvieron en el terreno.

La estructura de la base de datos empleada fue diseñada teniendo en cuenta el objetivo y contenido del SIG y en la misma se determinó una estructura del contenido y elementos afines a cada temática y dentro de éstas, las tablas correspondientes a cada tema. Los campos que contienen las tablas son: Dirección, Número de orden (punto), valor del campo medido, para el caso del eléctrico y electromagnético es AM y PM, y el valor de la norma establecida (5 v y 200nT respectivamente).

Cada tabla tiene una estructura de base de datos, que muestran todos los campos que comprenden cada una de ellas, es decir, todos los datos o atributos que caracterizan cada uno de los elementos cartografiados y a la vez, se determinó: tipo de

texto, cantidad y tipo de caracteres correspondientes a cada uno de los campos que caracterizan los elementos de los mapas, como soporte gráfico de la información.

A partir de esta base de datos se generaron diferentes tipos de mapas temáticos, lográndose una uniformidad en cuanto a la forma de representación de sus datos gráficos y el contenido de la base de datos.

El manejo de la información se utilizó para representar los elementos que aparecen en los mapas, datos gráficos (cartográficos) y sus atributos (características), estos han sido estructurados por temáticas, creándose una base de datos digital que contiene la información sobre la problemática que abarca el SIG. A partir de esta base de datos se crearon diferentes tipos de mapas temáticos, empleando fundamentalmente el tipo de Rangos, utilizando diferentes tamaños y colores en dependencia del grado de contaminación existente en cada punto medido, lográndose una uniformidad en cuanto a la forma de representación de sus datos gráficos y el contenido de la base de datos. La composición gráfica del rotulado, colores y símbolos del contenido, se determinó buscando una correspondencia visual entre la simbología y la temática de los mismos. El contenido del Sistema de Información Geográfico(SIG), parte de los elementos representados en las base cartográficas seleccionadas por los autores, la cual sirve de soporte gráfico para la implementación de las salidas de las diferentes temáticas, abarca las siguientes tablas:

- Superficie del municipio.
- Área de los diferentes Consejos Populares.
- Mapa planimétrico del municipio, dividido por Consejos Populares.
- Rotulado de las calles.
- Puntos de medición del campo eléctrico, en las intersecciones de todas las calles por consejos populares, (6:00-10:00 am y 6:00-10:00 pm).
- Puntos de medición del campo electromagnético en las intersecciones de todas las calles, por consejos populares (6:00-10:00 am y 6:00-10:00 pm).

El Sistema de Información abarca los 7 consejos populares de la Habana Vieja, aunque se determinó ejemplificar solamente 2 de ellos (Catedral y Belén).

A continuación se representan los resultados de las mediciones de los campos eléctricos y electromagnéticos en 2 consejos populares del municipio Habana Vieja.

## **2.1 Consejo Popular Catedral**

Pérez Pérez Zaráith; Colectivo de autores. "Implementación de un Sistema de Información Geográfica para la determinación de las áreas de contaminación eléctrica y electromagnética en el municipio Habana Vieja."



**Fig. 1.** Variación del campo eléctrico en el consejo popular Catedral en el horario de 6.00 a 10.00 AM.



**Fig. 2 .** Variación del campo eléctrico en el consejo popular Catedral en el horario de 6.00 a 10.00 PM.



**Fig. 3.** Variación del campo electromagnético el consejo popular Catedral en el horario de 6.00 a 10.00 AM.

Pérez Pérez Zaráith; Colectivo de autores. "Implementación de un Sistema de Información Geográfica para la determinación de las áreas de contaminación eléctrica y electromagnética en el municipio Habana Vieja."



**Fig. 4.** Variación del campo electromagnético el consejo popular Catedral en el horario de 6.00 a 10.00 PM.

Como se puede apreciar en las figuras anteriores, en el consejo popular Catedral por el análisis realizado no existe contaminación eléctrica en ninguno de los puntos medidos, no siendo así en el campo electromagnético donde tanto en el horario de 6-10 am, y de 6-10 pm se midieron 73 puntos y la mayoría de los puntos se encuentran muy por encima de la norma, siendo los más alterados los que se encuentran en Obispo –Aguar-, Obispo-Villegas, O’Relly –Aguacate, con 2198,885 nT y O’Relly-Bernaza, con 2844,485 nT, el valor más alterado se ubica en las intersecciones de O’Relly –Villegas y Obispo-Habana, 5426,885 nT.

## 2.2 Consejo Popular Belén.



**Fig. 5.** Variación del campo eléctrico en el consejo popular Belén en el horario de 6.00 a 10.00 AM.

Pérez Pérez Zaráith; Colectivo de autores. "Implementación de un Sistema de Información Geográfica para la determinación de las áreas de contaminación eléctrica y electromagnética en el municipio Habana Vieja."



Fig. 6. Variación del campo eléctrico en el consejo popular Belén en el horario de 6.00 a 10.00 PM



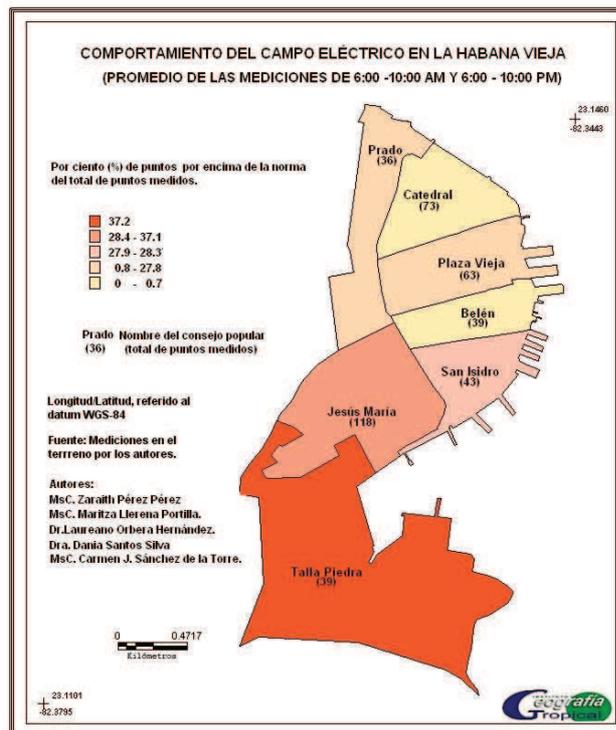
Fig. 7. Variación del campo electromagnético en el consejo popular Belén en el horario de 6.00 a 10.00 AM.



Fig. 8 Variación del campo electromagnético en el consejo popular Belén en el horario de 6.00 a 10.00 PM.

Como se puede apreciar en el consejo popular Belén, por el análisis realizado no existe contaminación eléctrica en ninguno de los 39 puntos medidos, no siendo así en el campo electromagnético donde en el horario de 6-10 am existe solamente 1 punto dentro de los valores que establece la norma, el resto de los puntos la sobrepasan. Entre ellos tenemos la intercepción de Luz-San Pedro con 2198,885 nT, Sol- Inquisidor con 2467,885 nT, Sol- San Ignacio con 2736,885 nT, y el valor más alterado lo encontramos en Acosta-Damas con 9730,885 nT. En el horario de 6-10 pm todos sobrepasan los valores que establece la norma. Existen 25 puntos con valores por encima de 1 000 nT, entre ellos tenemos las intersecciones de Acosta-Oficio - San Pedro, y Acosta -Habana con 2736,885 nT, le siguen Sol-Inquisidor, Sol-San Pedro con 3274,885 nT, a continuación Sol -San Ignacio, Luz-Oficio, Acosta-Ejido con 3812,885 nT y el mayor valor se encuentra en Luz -Damas con 10806,885 nT .

Una vez realizado dicho estudio para los siete consejos populares, a modo de comparación y como resultado final se realizaron los mapas temáticos a nivel de municipio donde se emplearon los valores del promedio de contaminación del total de los puntos medidos para cada uno de los consejos.

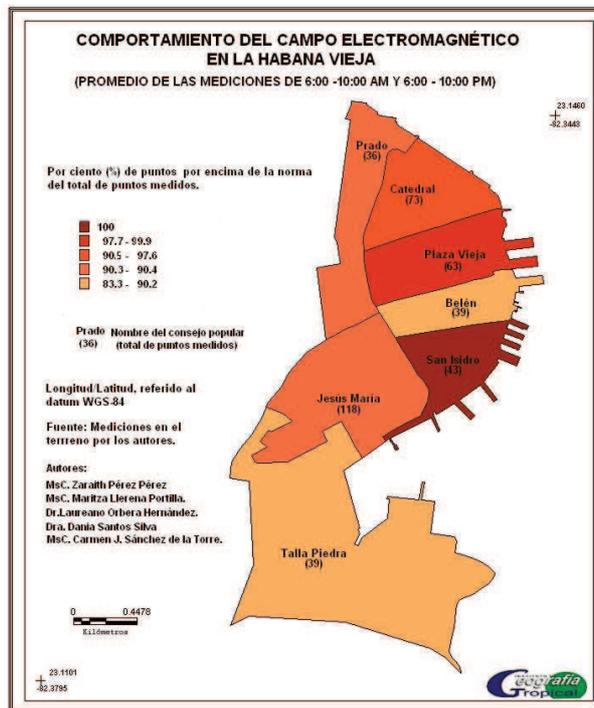


**Fig.9.** Comportamiento del campo eléctrico en el municipio Habana Vieja.

En cuanto al comportamiento del campo eléctrico por consejo popular en el municipio de Habana Vieja, el por ciento mayor de contaminación se encuentra en el consejo popular Talla Piedra con 37.2 % (39) puntos medidos, seguido de Jesús

Pérez Pérez Zaraith; Colectivo de autores. "Implementación de un Sistema de Información Geográfica para la determinación de las áreas de contaminación eléctrica y electromagnética en el municipio Habana Vieja."

María con 28.4% de(118) puntos medidos , San Isidro con 27.9% de 43 puntos medidos , Prado con 1.4% (36) puntos, Plaza Vieja con 0.8% (63) puntos medidos, no presentan contaminación con 0%, los consejos populares Catedral (63) puntos y Belén(39).



**Fig.10.** Comportamiento del campo electromagnético en el municipio Habana Vieja

Como resultado de las mediciones de campo electromagnético por consejo popular en el municipio de Habana Vieja, se obtuvo que la mayor cantidad de puntos que sobrepasan la norma se encuentran en primer lugar los ubicados en el consejo popular San Isidro, con un 100% del total de puntos medidos (43), le sigue Plaza Vieja con 97,6% de 63 puntos medidos, Prado con 90.25% de (36), Catedral con 90.4% de (73) y Jesús María con 90.25, Talla Piedra con 87,2% de (39) y finalmente Belén con 83.35% de 39 puntos medidos.

### 3. CONCLUSIONES

Es primera vez que se realiza un Sistema de Información Geográfica en la temática del comportamiento de los campos eléctricos y electromagnéticos en el municipio Habana Vieja, el mismo posibilitó conocer el grado de contaminación existente en dicho municipio y específicamente en cada uno de los siete consejos populares existentes en comparación con las normas y estándares establecidos a nivel internacional.

Según las normas internacionales, los valores obtenidos de las mediciones realizadas sobre los campos atmosféricos electromagnéticos y eléctricos en el

municipio de Habana Vieja, sobrepasan los valores máximos permisibles que establece la norma Sueca TCO, por los diferentes campos, en casi todos los consejos populares, tanto en los que poseen líneas soterradas como aéreas, lo que nos hace pensar en un aumento del riesgo de padecer enfermedades de linfoma, leucemia y otras en la población de dicho municipio.

Dichos resultados permitirán tomar las medidas de mitigación necesarias por parte de los organismos pertinentes para disminuir los efectos que provocan la contaminación eléctrica y electromagnética, que aunque no sean perceptibles a corto plazo, si van influyendo en la salud humana a largo plazo. De ahí, que se debe tener presente por los decisores, el estado de conservación de las líneas de distribución de energía eléctrica, calidad del material utilizado, forma del cableado, procedimientos empleados y otros requerimientos que se establecen para disminuir o eliminar la contaminación por los campos objeto de estudio.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. rinas, Santamaría, René Javier (1994): Contaminación electromagnética y derecho ambiental: Las pautas de la política comunitaria y el modelo italiano: [http://www: norma de Suecia](http://www.norma.de), contaminación electromagnética. A
2. aeso, Úbeda Alejandro. Bases Biológicas para Normativas de Protección ante Radiaciones no Ionizantes .servicio BEM-Investigación, Hospital Ramón y Cajal <http://www.who.ch/peh-emf/>. M
3. NE,(2010). Una Mirada a Cuba. Oficina Nacional de Estadística, República de Cuba. O
4. SOE, (1999): La contaminación electromagnética provocada por las infraestructuras de telefonía móvil. Situación actual y propuestas de actuación. Informe de la Secretaría Federal de Medio Ambiente y Ordenamiento del Territorio P
5. epacholi, M.H.(1996): Proyecto Internacional CEM. Efectos sanitarios y Ambientales de la exposición a campos eléctricos y magnéticos variables con el tiempo.(<http://www.Who.int/peh-emf>),OMS. R
6. ega, Aguilera, Alfredo, Janys, (2009): Efectos de los campos electromagnéticos no ionizantes sobre el cuerpo humano. Trabajo de optante de título de Máster, Empresa Constructora de la Industria Eléctrica, Holguín. V
7. <http://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/campo-electrico.htm>.Conceptos y definiciones del campo eléctrico.
8. [http://www.movistar.es/telefoniamovilysalud/acuerdos\\_sectoriales.html](http://www.movistar.es/telefoniamovilysalud/acuerdos_sectoriales.html)
9. FAO. Manual de SIG.1999,.
10. Bosque Sendra Joaquín, Sistemas de Información Geográfica, Ediciones Rialp, S.A., Madrid, 1992, 440.
11. [http://www.ecured.cu/index.php/Sistema de Informaci%C3%B3n Geogr%C3](http://www.ecured.cu/index.php/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3)

Pérez Pérez Zaraith; Colectivo de autores. "Implementación de un Sistema de Información Geográfica para la determinación de las áreas de contaminación eléctrica y electromagnética en el municipio Habana Vieja."

[%A1fica#Historia](#)