



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE TELECOMUNICACIONES

**DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA Y BÚSQUEDA DE PUNTOS DE
MEDIDA DE COBERTURA PARA PRUEBAS DE CAMPO DE
TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE**

***STATISTICAL DISTRIBUTION AND SEARCH OF COVERAGE MEASURE SITES FOR
TERRESTRIAL DIGITAL TELEVISION FIELD TEST***

Ing. Yandrié Oyarzábal Estopiñan¹, Dr. Ing. Glauco Guillén Nieto²

1 **LACETEL**, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones, yandrie@lacetel.cu, 6832814

2 **LACETEL**, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones, glauco@enet.cu, 6839180

La Habana, Septiembre 2013



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE TELECOMUNICACIONES

RESUMEN

En la Habana se desplegó a partir de mayo del 2013 una Zona de Demostración de Televisión Digital Terrestre de la norma DTMB, con el objetivo de implementar pruebas que mejoren la cobertura y la calidad de servicio durante el período de transición de la televisión analógica a la digital. Este trabajo pretende realizar una distribución de emplazamientos teniendo en cuenta las recomendaciones internacionales y consideraciones propias, que permita obtener mejores resultados estadísticos durante las pruebas de campo. Esto contribuirá a una evaluación más completa de la cobertura y calidad de servicio de televisión digital en la Zona de Demostración. Adicionalmente emplear la posibilidad de asociar localizaciones relevantes dentro de la Zona de Demostración a los puntos distribuidos de forma estadística alrededor de cada antena transmisora.

Palabras Clave: Laboratorio de Matrices, Televisión Digital Terrestre (TDT), Interfaz gráfica de usuario (GUI).

ABSTRACT

A DTMB standard digital terrestrial television Demonstration Zone was deployed in Havana since May 2013, the purpose was to develop tests who will improve the coverage and quality service during the transition time lapse from analog to digital television. The present article intend to give a statistical distribution sites based on international standards and my own approach, in order to get better statistical results during the field tests. This will lead to an improved digital terrestrial television coverage and quality service assessment in the Demonstration Zone. Further application could be used to associate relevant locations inside the Demonstration Zone to the proper distributive sites around the transmitter antenna.

KeyWords: Matrix Laboratory (Matlab), Digital Terrestrial Television, Graphical User Interface (GUI).

1. INTRODUCCIÓN

Determinar un mapa de cobertura de un transmisor de servicios de televisión es imprescindible para poder mejorar e incrementar el servicio de Televisión Digital Terrestre.

La recomendación de la UIT-R BT.2035-2-2008 presenta la metodología general para realizar pruebas de campo de sistemas de TDT en transmisión. Estos planes de prueba constituyen herramientas útiles para poder llegar a conclusiones sobre la cobertura de la señal de TDT, receptibilidad del servicio y las características del canal. Las medidas de cobertura se realizan en una serie de ubicaciones o emplazamientos de prueba. Este es uno de los elementos que se considera más importante a la hora de crear un plan de pruebas de campo de medida de la cobertura; la selección estadística de los emplazamientos.

El objetivo es analizar los parámetros de evaluación para la distribución de puntos de medida de cobertura y presentar una distribución en un mapa, empleando Matlab y registrando los puntos en una base de datos en Microsoft Excel. Adicionalmente brindar la posibilidad de realizar una búsqueda a través de los puntos generados para determinar la proximidad a localizaciones relevantes mediante una interfaz gráfica de usuario (GUI). Matlab nos permite realizar GUIs de una manera muy sencilla.

2. DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA DE PUNTOS DE MEDIDA DE COBERTURA.

El antecedente de este trabajo consistió en el plan de pruebas de campo de mediciones de cobertura realizados por RADIOCUBA y LACETEL en emplazamientos de prueba de la Zona de Demostración de La Habana. Para las pruebas se determinaron 138 localizaciones seleccionadas (Fig. 1) teniendo en cuenta puntos críticos de cobertura en el sistema de transmisión analógico y puntos de referencia de medición para el sistema de transmisión analógico.

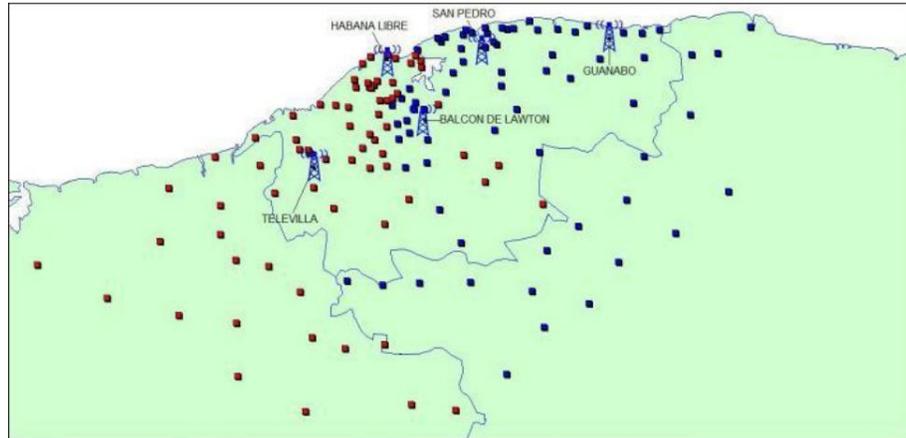


Fig. 1: Emplazamientos de prueba definidos en la Zona de Demostración de TDT

La recomendación UIT-R BT.2035-2-2008 en el acápite sobre la selección estadística de emplazamientos refiere que para obtener resultados estadísticamente significativos debe disponerse de suficientes muestras de datos medidos a fin de reflejar la calidad de funcionamiento real del sistema de transmisión de televisión digital. Consideraciones prácticas indican que el número de emplazamientos alrededor de la antena transmisora debe ser de 30 a 100, aunque para disponer de intervalos de confianza estadísticas razonables puede ser necesario un número significativamente superior de emplazamientos.

Los puntos de medición de cobertura se seleccionan comenzando a una distancia de 3 km del transmisor y repitiéndose a intervalos de 3 km hasta llegar a la distancia máxima a la que deben realizarse las mediciones. Estos puntos de medida deben ubicarse en arcos normalmente a 360° del emplazamiento de la antena transmisora a una distancia máxima entre sí de 20°.

Esta ubicación puede realizarse con Matlab aprovechando la posibilidad de exportar a un archivo kml con la información de latitud y longitud de los puntos, los cuales pueden ser visualizados posteriormente en Google Earth.

2.1 Alcance efectivo de la antena transmisora.

La siguiente fórmula nos permite calcular el alcance de una antena a otra en función de sus alturas:

$$D = 3,6(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (1)$$

Donde:

D : Distancia máxima de emisión en kilómetros.

h_1 : Altura de la antena transmisora en metros.

h_2 : Altura de la antena receptora en metros.

La transmisión de estas ondas desde la antena transmisora hasta la antena receptora tiene un alcance menor debido a la curvatura de la Tierra. Por tanto el alcance de una antena transmisora es un alcance óptico; hasta donde alcanza la vista, y de ahí que sea importante colocar las antenas, tanto emisoras como receptoras en los lugares más altos.

Esta ecuación nos muestra que el alcance crece proporcionalmente a la raíz cuadrada de la altura de la antena. Esto nos demuestra que la altura adquiere una importancia no desdeñable cuando se quiere aumentar la zona de influencia de una antena transmisora. La altura de la antena receptora influye también en la misma proporción que la transmisora.

Tabla I: Cálculo de distancia máxima de emisión de las antenas transmisoras

Antena transmisora	Altitud (m)	Altura antena transmisora (m)	Distancia emisión (kms)
Televilla	50	212	64.5
Habana Libre	130	18	50.03
Lawton	40	40	38.43
Guanabo	60	25	39.43
San Pedro	55	25	38.43

El cálculo se realizó considerando una antena receptora de 3 metros, coincidiendo con el tamaño del mástil de antena empleado en las pruebas de campo realizadas que sirvieron de antecedente a este trabajo.

La distancia calculada es el máximo alcance teórico de las antenas transmisoras desplegadas en la Zona de Demostración de Televisión Digital.

2.2 Criterios para la distribución de los puntos de medida de cobertura.

La directividad es una medida del poder de transmisión de una antena en determinada dirección. Con el objetivo de lograr un mejor análisis de directividad de la antena transmisora a lo largo de radiales en mayor cantidad de direcciones, se definió para la medición en arcos a 360° alrededor del emplazamiento de la antena transmisora, disminuir la distancia entre arcos a 5° . Basándose en el hecho de que en una distribución en arcos a 20° los puntos distribuidos en los círculos más lejanos van a estar situados significativamente lejos.

En la Tabla II se evidencia como la concentración de puntos disminuye exponencialmente en los círculos de emplazamientos exteriores. Por lo tanto realizar una distribución en arcos a 5° permite obtener una concentración de puntos superior y permite evaluar mayor cantidad de direcciones de directividad.

Tabla II: Distancia entre arcos distribuidos alrededor del transmisor a diferentes distancias del transmisor

Distancia entre el transmisor y los puntos distribuidos a 360° alrededor	Distancia entre puntos adyacentes (Arcos a 20°)	Distancia entre puntos adyacentes (Arcos a 5°)
5 kilómetros	1736 metros	436 metros
15 kilómetros	5209 metros	1309 metros
30 kilómetros	10419 metros	2617 metros

En el caso de una distribución de esta forma se aumenta el número de emplazamientos 4 veces por cada círculo de puntos distribuidos 360° alrededor de la antena transmisora. Este aumento de puntos se podrá disminuir en menor medida ampliando el intervalo de los puntos medición en los radiales a 5 km hasta llegar a la distancia máxima a la que deben realizarse las medidas que coincide con el alcance efectivo de cada antena transmisora determinado en el acápite anterior.

Teóricamente si tenemos cobertura a 5 km también la habrá a 3 km en el mismo radial, exceptuando los casos donde no lo permitan los fenómenos de multirayecto. Mientras que en si tenemos cobertura en un emplazamiento de un radial no asegura la existencia de cobertura en su radial o arco adyacente, otro criterio que apoya la

necesidad de acercar los puntos adyacentes en arcos de 5°.

Para calcular la localización de cada emplazamiento alrededor del transmisor se emplean dos fórmulas para obtener los datos de longitud y latitud del punto conociendo la distancia en kilómetros y los grados respecto al norte de la localización de la antena transmisora.

$$lat2 = \arcsen(\sen(lat1) * \cos(d/R) + \cos(lat1) * \sen(d/R) * \cos(brng)) \quad (2)$$

$$lon2 = lon1 + \arctan2(\cos(d/R) - \sen(lat1) * \sen(lat2), \sen(brng) * \sen(d/R) * \cos(lat1)) \quad (3)$$

Donde:

lat2 y *lon2*: Localización del punto determinado.

lat1 y *lon1*: Localización de la antena transmisora.

d: Distancia en Kilómetros respecto a la antena transmisora.

R: Radio de la Tierra ($R=6371$).

d/R: Distancia angular en radianes.

brng: Ángulo en radianes a favor de las manecillas del reloj desde el Norte respecto a la antena transmisora.

arctan2: arco tangente inversa de cuatro cuadrantes. La diferencia con la arco tangente convencional es que da los resultados de $[-\pi; \pi]$ mientras que los resultados de la arco tangente están limitados a $[-\pi/2; \pi/2]$.

Se creó un código en Matlab para leer los datos de los puntos de medida de cobertura generados y registrados en una base de datos en Microsoft Excel, así como para crear los archivos kml que pueden ser visualizados y editados en Google Earth. En los anexos se presentan las localizaciones de puntos de medida de cobertura obtenidas alrededor de los 5 transmisores que prestan servicio en la Zona de Demostración: Televilla (Fig. 3), Habana Libre (Fig. 4), Balcón de Lawton (Fig. 5), San Pedro (Fig. 6) y Guanabo (Fig. 7).

3. INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO (GUI) EN MATLAB

3.1 Generalidades

Las interfaces gráficas de usuario (GUI, del inglés Graphical User Interface), es la

forma en que el usuario interactúa con el programa residente en una computadora. Una GUI contiene diferentes elementos gráficos como: botones, campos de texto, menús, gráficos, etc.

Existen diferentes programas que permiten crear una GUI tales como: C, Visual Basic, Java, etc, solo por mencionar algunos. Todos permiten emplear distintos controles y tienen diferentes formas de programarlos. Matlab brinda una forma muy sencilla de realizar GUIs, a través de GUIDE (del inglés Graphical User Interface Development Environment).

Una de las tantas herramientas con las que cuenta Matlab es la creación de GUI. La forma de implementar las GUI con Matlab es crear los objetos y definir las acciones que cada uno va a realizar. Al usar GUIDE obtendremos dos archivos: un archivo **fig** que contiene la descripción de los componentes que contiene la interface y un archivo **m** que contiene las funciones y los controles del GUI así como la función de llamada (callback).

Una función callback se define como la acción que llevará a cabo un objeto de la GUI cuando el usuario lo active. Para ejemplificarlo, suponga que una ventana existe un botón el cual al presionarlo ejecutará una serie de acciones, a eso se le conoce como la función callback.

3.2 GUI para Búsqueda de emplazamientos cercanos.

Para poder asociar determinadas localizaciones con los emplazamientos distribuidos alrededor de cada una de las antenas transmisoras se programó una interfaz gráfica para interactuar con el usuario.

La Fig. 2 muestra una instantánea de la GUI diseñada. La misma cuenta con dos cuadros de edición para introducir los datos relacionados con la localización del punto, latitud y longitud, del cual se desea encontrar su proximidad a uno de los puntos distribuidos alrededor de las antenas trasmisoras. El tercer cuadro de edición se corresponde con el factor de proximidad en metros, que constituirá el rango de búsqueda y asociación de emplazamientos.

La GUI cuenta además con un botón de ejecutar el cual realiza una llamada a una función callback donde se implementa la funcionalidad de la interfaz. Las

potencialidades de realizar una GUI en Matlab se reflejan cuando es necesario realizar gran cantidad de cálculos matemáticos. Esta aplicación es uno de esos casos, pues se implementa una función que calcula todas las distancias entre el punto dado y todos los puntos distribuidos alrededor de los 5 transmisores y después se compara con el valor de proximidad dado. La función matemática capaz de calcular la distancia entre dos puntos dada la latitud y longitud de ambos es la siguiente:

$$d = \arccos(\text{sen}(\text{lat}1) * \text{sen}(\text{lat}2) + \text{cos}(\text{lat}1) * \text{cos}(\text{lat}2) * \text{cos}(\text{lon}2 - \text{lon}1)) * R \quad (4)$$

Donde:

lat1 y *lon1*: Localización del punto dado.

lat2 y *lon2*: Localización del punto distribuido alrededor de la antena transmisora.

d: Distancia en Kilómetros entre los dos puntos.

R: Radio de la Tierra ($R=6371$).

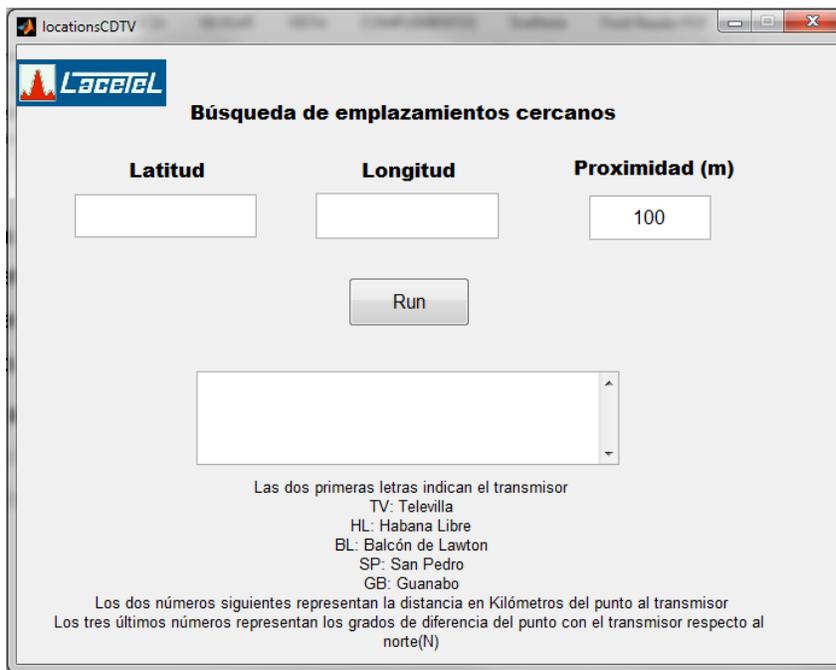
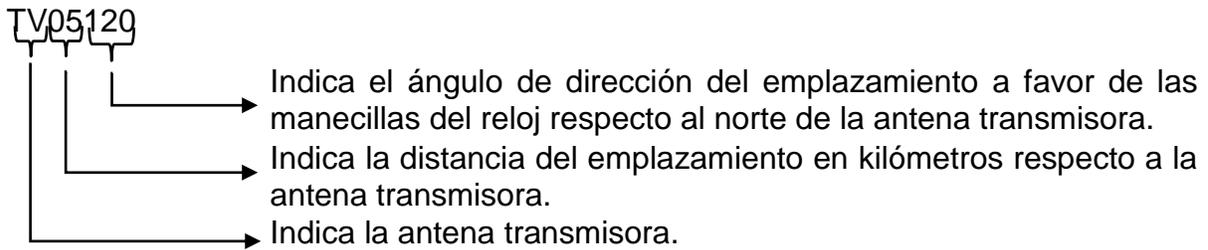


Fig. 2: Interfaz gráfica del programa para la búsqueda de emplazamientos cercanos

El último cuadro de texto entrega el resultado posterior a la ejecución del programa. El resultado de los puntos cercanos se entrega con una etiqueta de la forma siguiente:



Este punto mostrado se encuentra a 5 kilómetros y a 120° a favor de las manecillas del reloj y respecto al norte del transmisor de Televilla (TV).

La GUI durante su ejecución también puede determinar si no se encuentra ninguna localización próxima al punto dado o si se encontraron demasiadas localizaciones y es necesario reducir la búsqueda disminuyendo la proximidad.

4. CONCLUSIONES

Se logró registrar y graficar un conjunto de puntos de medida de cobertura distribuidos alrededor de cada antena transmisora que opera en la Zona de Demostración de La Habana. Se expuso y evidenció los criterios de distribución empleados. Se obtuvieron archivos kml que permitirán la visualización y edición de los puntos en programas como Google Earth o Google Map. Estos emplazamientos contribuirán a una mejor evaluación de la medida de cobertura y la calidad de servicio en la Zona de Demostración. Recoger medidas de cobertura en estos puntos permitirá generar un mapa de cobertura de la antena transmisora más acorde con la realidad.

Adicionalmente se creó una interfaz GUI y se aprovechó las potencialidades de Matlab para el cálculo matemático. Logrando una interfaz GUI que asocia en un tiempo razonable determinados puntos con los puntos de medida de cobertura distribuidos alrededor de cada una de las antenas transmisoras. La herramienta nos permitirá asociar emplazamientos medidos con anterioridad a los puntos de medida de cobertura distribuidos de forma estadística alrededor de cada antena transmisora.



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE TELECOMUNICACIONES

El resultado de este trabajo puede complementar un resultado obtenido y expuesto en un estudio anterior donde se presentó una aplicación en Matlab para generar el mapa de cobertura de un determinado transmisor a partir de un conjunto de datos medidos y registrados en determinados emplazamientos dentro de la Zona de Demostración.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Veness, «Movable Type Scripts,» 2002-2012. [En línea]. Available: <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>.
- [2] UIT-R BT.2035-2, «Directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión terrenal incluida la determinación de sus zonas de cobertura.,» Unión Internacional de Telecomunicaciones, 11/2008.
- [3] R. Dominguez, «Nociones de propagación,» [En línea]. Available: http://www.brazilfw.com.br/tutorials/torres_pdf/Torres.pdf.

6. ANEXOS



Fig. 3: Puntos de medida de cobertura distribuidos alrededor de la antena transmisora Televilla

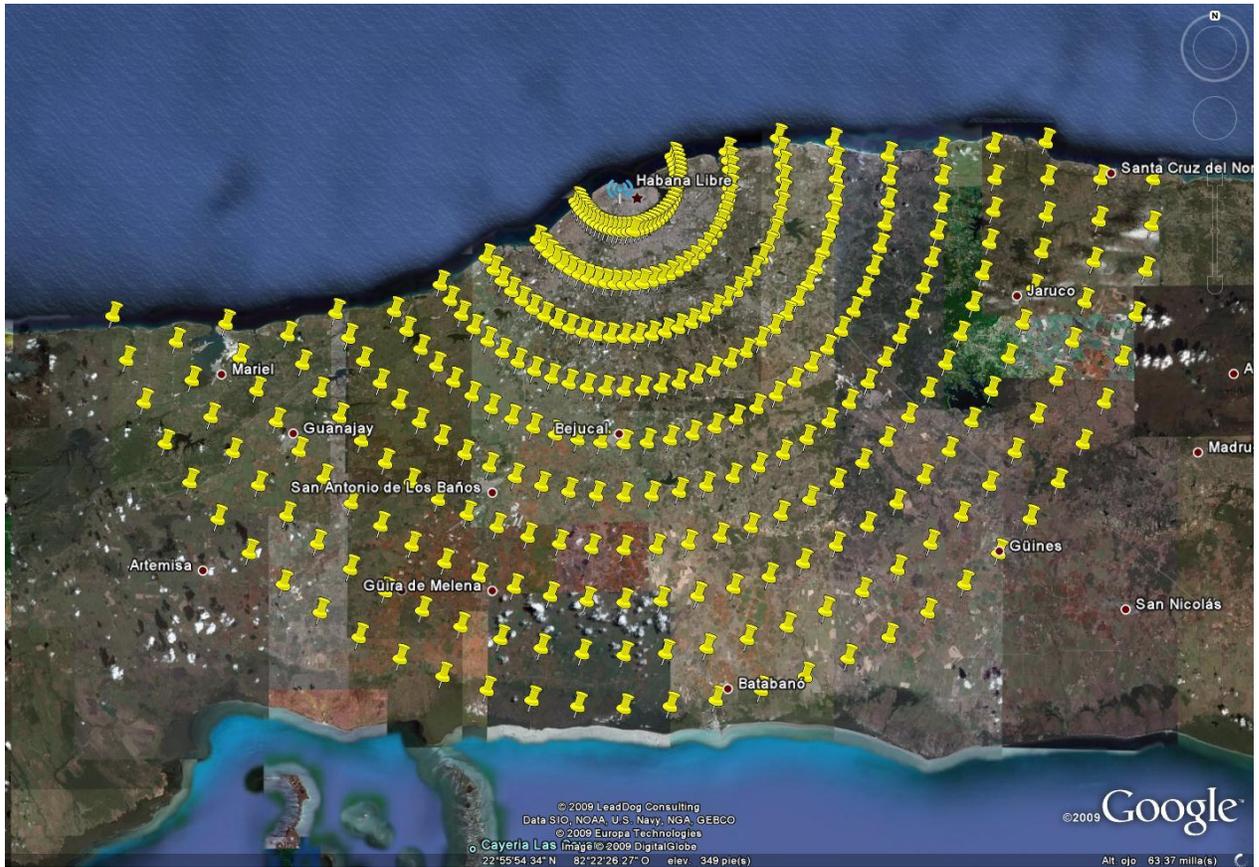


Fig. 4: Puntos de medida de cobertura distribuidos alrededor de la antena transmisora Habana Libre



Fig. 5: Puntos de medida de cobertura distribuidos alrededor de la antena transmisora Balcón de Lawton

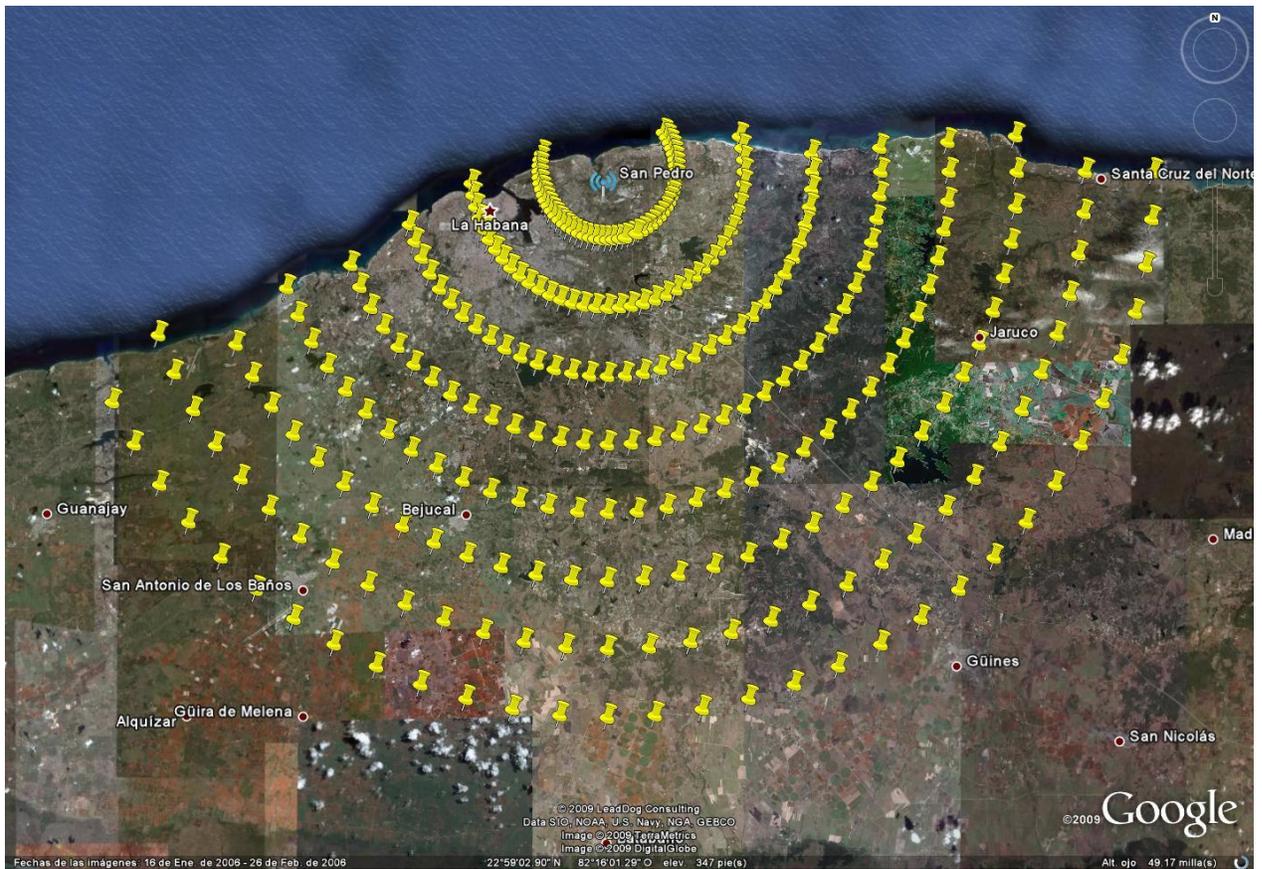


Fig. 6: Puntos de medida de cobertura distribuidos alrededor de la antena transmisora San Pedro

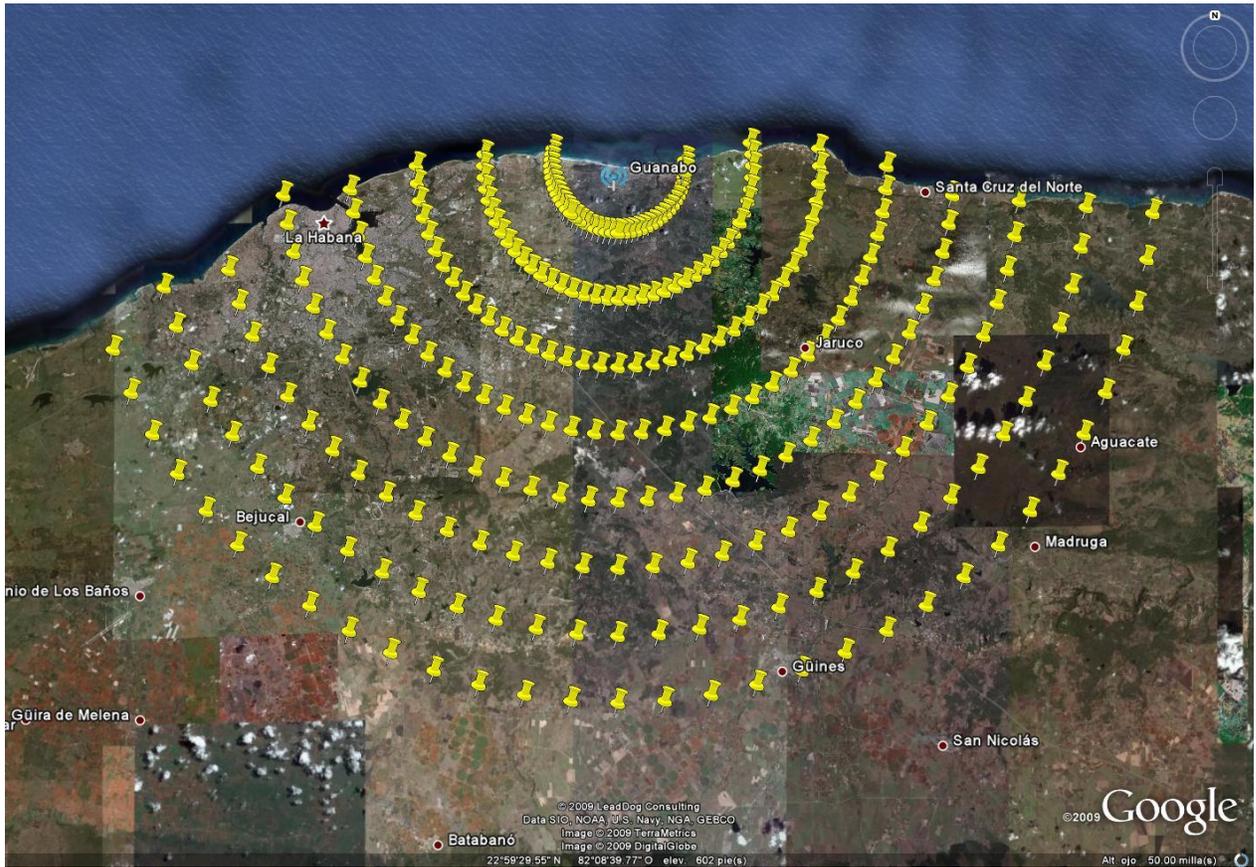


Fig. 7: Puntos de medida de cobertura distribuidos alrededor de la antena transmisora Guanabo