

# **APLICACIÓN DE MATLAB PARA GENERAR EL MAPA DE COBERTURA DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE**

## ***GENERATING DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION COVERAGE MAP WITH A MATLAB CODE***

Ing. Yandrié Oyarzábal Estopiñan<sup>1</sup>, Ing. Aurora Fernández Bezanilla<sup>2</sup>

1 **LACETEL**, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones, [yandrie@lacetel.cu](mailto:yandrie@lacetel.cu), 6832814

2 **LACETEL**, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones, [aurora@lacetel.cu](mailto:aurora@lacetel.cu), 6832814

La Habana, Julio 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 artículo pretende utilizar Matlab, poderosa herramienta de software que permite hacer múltiples análisis de procesamiento y representación de datos, para realizar el procesamiento de los datos medidos y registrados como parte de unas pruebas realizadas en diferentes emplazamientos dentro de la zona de demostración teniendo en cuenta la recomendación de la UIT-R BT.2035-2-2008. Esta especificación brinda directrices para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión terrenal incluyendo la determinación de sus zonas de cobertura, especificando los planes para las pruebas de campo y los procedimientos de medida de la cobertura. Mediante la implementación de funciones en Matlab se logrará obtener los mapas de cobertura con los valores de intensidad de campo calculados con la potencia de señal medida en los emplazamientos fijos, determinar zonas límites de cobertura, determinar valores específicos de intensidad de señal en puntos seleccionados y mucho más.

**Palabras Clave:** Laboratorio de Matrices, Televisión Digital Terrestre (TDT), Mapa de Cobertura.



## INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE TELECOMUNICACIONES

### **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. This article intent to use Matlab, powerful software tool that allows multiple processing analysis and data representation, in order to make the computation of measured and recorded data throughout a test carried out in different locations inside the demonstration zone based on UIT recommendation BT.2035-2-2008. This recommendation provide guidelines to assess terrestrial television systems including field test planning and coverage measure procedure. Implementing Matlab functions or scripts, we will generate coverage map based on field strength calculated with the signal power measured in fixed locations, define coverage boundaries and intensity signal values in selected locations, and so on.*

**KeyWords:** *MatrixLaboratory (Matlab), Digital Terrestrial Television, Coverage Map.*

## **1. INTRODUCCIÓN**

Matlab es una poderosa herramienta de software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado, con un lenguaje de programación propio (\*.m). Está disponible para múltiples plataformas entre ellas Windows y Linux. Entre las múltiples prestaciones que brinda se encuentra el procesamiento y representación de datos. El empleo de esta herramienta facilitará el procesamiento de los parámetros registrados en una base de datos en Microsoft Excel, que se recogieron en 70 emplazamientos en el Oeste de la Zona de Demostración de Televisión Digital de la norma DTMB en La Habana, el análisis permitirá evaluar calidad de servicio, determinar áreas de cobertura, análisis de límites de cobertura, entre otros parámetro. Se emplea como base para la realización de las mediciones la Recomendación UIT-R BT.2035-2-2008. La intención es contar con un software en Matlab que permita generar gráficos de cobertura de TDT a partir de datos registrados en diversos puntos de la zona de demostración, y corroborar las potencialidades de este código para ser reutilizado e incluir posteriores análisis, que contribuyan a mejorar y expandir el servicio.

## **2. NORMA DTMB DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE**

En Cuba se tomó la decisión de adoptar la norma DTMB para transmisión de Televisión Digital Terrestre. La norma DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast) es el estándar chino de televisión digital terrestre, GB20600-2006, para transmisión de definición estándar (SD) y alta definición (HD). El estándar GB20600-2006 define la estructura de trama, codificación de canal y modulación para la radiodifusión de televisión digital terrestre (TDT). La norma DTMB se emplea casi exclusivamente en China, Hong Kong y Macao. La adopción por parte de Cuba responde a los resultados de pruebas comparativas realizadas en todo el mundo, las cuales la señalan como la más completa técnicamente, las pruebas fueron realizadas en Diciembre 2007 en La Habana, Cuba; Mayo 2008 en Caracas, Venezuela; Noviembre 2008 en Perú; Mayo 2009 en Cuba y Julio 2009 en Quito, Ecuador, además de otras realizadas en Beijing.

## **3. ESPECIFICACIONES DE LA MEDICIÓN DE COBERTURA**

### **3.1. Medición de Cobertura**

Las mediciones de cobertura están programadas a realizarse en 138

emplazamientos de prueba de la zona de demostración, 70 en el Oeste y 68 en el Este, seleccionados atendiendo a experiencias de anteriores mediciones en televisión analógica y a la cobertura teórica estimada por el software EMLAB de cada transmisor. La (Fig. 1) muestra los 70 puntos de la zona Oeste en un mapa, se encuentran representados además los 5 transmisores que se encuentran operando en la zona de demostración de La Habana. Como se puede observar dos transmisores Guanabo y San Pedro cubren mayormente el Este por lo tanto no se registraron datos suficientes para generar su mapa de cobertura.

El trabajo solo muestra el procesamiento de los datos recogidos en el Oeste de la zona de demostración, por lo tanto los mapas de cobertura no representan toda la zona que es capaz de abarcar el transmisor, pero para comprobar la efectividad del software realizado es suficiente. En este caso se cuenta con datos registrados para generar mapas de cobertura parciales de los transmisores de Televilla, Habana Libre y Balcón de Lawton.



**Fig. 1: Emplazamientos medidos en el Oeste de la Zona de Demostración de TDT**

Los datos registrados se obtuvieron a partir de una medición precisa en el punto,

pero no se realizaron las mediciones adicionales por no contarse con el vehículo apropiado para las pruebas con un mástil telescópico a 10 m como se recoge en la Recomendación. En su lugar se empleó un mástil fijo de 3 m de altura, por lo cual el Mapa de Cobertura que se obtuvo está referido a 3 m y no a 10 m como se especifica en la Recomendación.

### **3.2. Equipamiento empleado**

1. Antenas de referencia calibradas: Dipolo ajustable para banda UHF de impedancia  $50 \Omega$  (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).



**Fig. 2: Dipolo ajustable empleado en las mediciones**

2. Un sistema de distribución en RF por coaxial calibrado que incluye: un combinador de 4 puertos para banda UHF (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.), y atenuadores para banda UHF.



**Fig. 3: Híbrida de 4 puertos 470-860 MHz**

3. Adaptador de impedancia  $50/75 \Omega$  (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).



**Fig. 4: Acoplador Resistivo 50/75Ω**

4. Receptor GPS (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).



**Fig. 5: Receptor GPS empleado en las mediciones**

5. Dispositivo Tidycast (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) para registro de parámetros DTMB y software para procesamiento de los datos en una laptop (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).



**Fig. 6: Dispositivo Tidycast empleado en las mediciones**



**Fig. 7: Conjunto de accesorios del Kit de mediciones Tidycast**

6. Receptor de televisión digital: Caja Decodificadora (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) conectada a un televisor analógico (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).



**Fig. 8: Caja decodificadora empleada en las mediciones**



**Fig. 9: Televisor analógico empleado en las mediciones**

7. Generador de ruido: Modulador DTMB (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).



**Fig. 10: Modulador DTMB empleado en las mediciones para generar ruido**

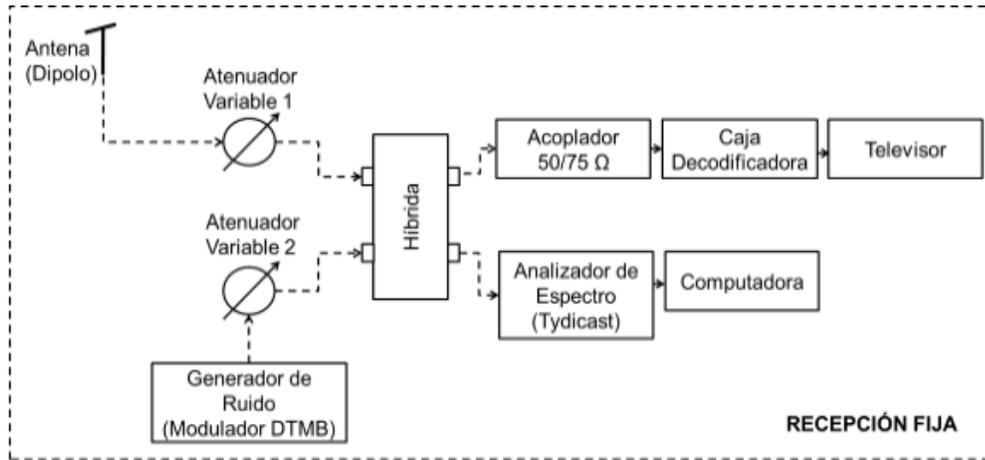
#### **4.1. Conjunto de datos registrados**

1. Potencia del canal, en dBm, a partir de la cual se calculó la intensidad de campo, en dB $\mu$ V/m. Adicionalmente se registraron el MER (dB) y el SNR (dB).
2. Margen del sistema. Adicionalmente se registró el Margen de Ruido.
3. Marcación de cada emplazamiento y distancia respecto a la antena transmisora.
4. Fecha, hora del día, topografía, tráfico y observaciones meteorológicas.
5. Acimut de la antena receptora para el cual se registró mayor potencia de canal.
6. Lista de equipamiento detallada.
7. Diagrama en bloques del sistema de determinación de la cobertura.
8. Descripción del procedimiento de medición.
9. Calidad subjetiva de los canales analógicos, en la dirección óptima de mayor potencia del canal digital y con la antena sintonizada a la frecuencia de este canal.

Estos datos se registraron para la recepción fija. En el caso de la recepción móvil se registraron solo los datos de los incisos: 1, 7, 8 y 9.

#### **4.1. Set de mediciones**

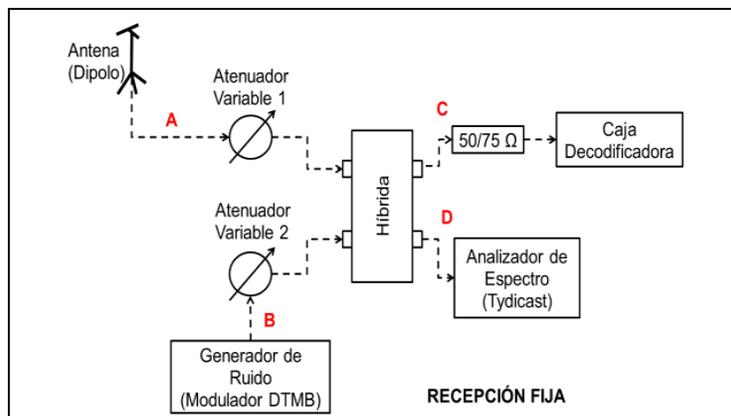
Para la recepción fija se empleó un dipolo de impedancia 50  $\Omega$ , y como todos los dispositivos, excepto la caja decodificadora y el TV, poseen interfaces de 50  $\Omega$ , todo el coaxial empleado en el sistema de distribución en RF tiene esta impedancia.



**Fig. 11: Esquema del set de mediciones empleado para recepción fija**

El coaxial de 75  $\Omega$  se utilizó solo para la conexión por RF entre la caja decodificadora y el TV, la cual fue necesaria para la visualización de los canales analógicos en el TV. Para convertir el sistema de 50 a 75  $\Omega$ , se utilizó un acoplador resistivo a la entrada de la caja decodificadora. Los atenuadores variables se emplearon para medir el margen de la señal (atenuador 1) y el margen de ruido (atenuador 2). Para generar el ruido dentro del canal se utilizó un modulador DTMB. Para el análisis espectral y procesamiento de la señal DTMB se utilizó el dispositivo Tidycast y una PC.

**Tabla I: Pérdidas del sistema de recepción fija producto de la híbrida**



Frec (MHz)	Pérdidas		
	A-C (dB)	A-D (dB)	B-D (dB)
527	3.8	4.2	5.7
575	3.9	4.1	5.8
617	4.3	4.4	5.8

	677	4.1	4.1	6.0	
	695	4.7	4.5	6.4	

La Tabla muestra las pérdidas de la señal en distintos puntos del set de medición para la recepción fija y a las frecuencias de trabajo. Estas pérdidas se utilizaron para hacer la corrección de los valores de potencia de señal medidos con el Tidycast.

#### **4.1. Procedimiento de medición**

En cada punto de prueba se estableció un procedimiento de medición para la recogida de los datos:

1. Sintonizar el dipolo a la frecuencia de la antena transmisora.
2. Orientar la antena en la dirección de óptima calidad determinado por el nivel de señal medido en el STB y el mejor valor de potencia de canal registrado en el dispositivo Tidycast conectado al dipolo.
3. Registrar los valores de Nivel de señal, Calidad y C/N que mide el STB.
4. Registrar en el software Measurement Studio, aproximadamente 60 muestras de los valores de Potencia de Canal, MER y SNR que mide el dispositivo Tidycast.
5. Realizar una búsqueda automática de los canales analógicos y registrar la calidad subjetiva de los canales captados.
6. Atenuar la señal de RF de entrada de forma controlada hasta alcanzar el Umbral de visibilidad (TOV). Registrar el valor del atenuador y el margen del sistema medido en el dispositivo Tidycast.
7. Encender el generador de ruido, modulador DTMB, atenuar la señal de RF de entrada de forma controlada hasta alcanzar el TOV. Registrar el nivel de señal del modulador (-9 dB por defecto), registrar el valor del atenuador y registrar el margen de ruido medido en el dispositivo Tidycast.

En el caso de los emplazamientos donde la señal no se vio o se vio pixelada no se realizó los registros de los pasos 5, 6 o 7.

Todos los datos medidos fueron registrados en una base de datos en Microsoft Excel para cada emplazamiento medido.

#### **4. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y GENERACIÓN DEL MAPA DE COBERTURA.**

Una vez desarrolladas estas mediciones se van a emplear para obtener el mapa de cobertura de cada antena transmisora situada en la zona de demostración.

Para el registro de los datos se empleó el software Measurement Studio que se integra con el dispositivo Tidycast capaz de medir y registrar los siguientes parámetros:

- Potencia de la Señal. (Umbral de -100 dBm)
- Block Error Rate.
- SNR.
- MER.
- Análisis en tiempo real. (Conteo de los caminos de multitrayecto)

La potencia de señal medida en cada uno de los emplazamientos queda posicionada en un mapa de Google Map gracias al GPS que se integra con el software a través de un dispositivo USB de Bluetooth y los datos se registran en un proyecto que se salva en el software. Como parte de este software también viene incluido el software CoverMap, que genera el Mapa de Cobertura a partir de las mediciones realizadas en distintos puntos y almacenadas en un proyecto.

El Mapa de Cobertura obtenido con este software tiene limitaciones. En primer lugar, el valor de Potencia de señal incluye las pérdidas producto del set de medición utilizado y el paso de la señal recibida en la antena por la híbrida de 4 puertos antes de ser registrado el valor con el dispositivo Tidycast. En segundo lugar, en la recomendación de la UIT-R que sirvió como base para la implementación de las mediciones se define la cobertura como la determinación de las intensidades de campo reales medidas para una facilidad de transmisión dada. Por lo tanto el mapa de cobertura debe realizarse con los valores de intensidad de campo no con los valores de intensidad de señal registrados en los diferentes puntos.

A partir de la potencia de señal el factor K de la antena y las pérdidas del cable podemos calcular la intensidad de campo mediante la siguiente fórmula:

$$E(dB\mu V/m) = ChannelPower(dBm) + 107dB + AF(dB) + CL(dB) \quad (1)$$

Donde:

$E(dB\mu V/m)$ , Intensidad de campo.

$AF(dB)$ ; Factor K de la antena.

$CL(dB)$ ; Pérdidas del cable.

Con los valores medidos de intensidad de señal con el Tidycast, se pueden primeramente corregir las pérdidas del sistema de medición y después calcular la intensidad de campo. Estos valores quedaron registrados en una base de datos en Excel. Ahora es necesario contar con una herramienta que sea capaz de generar el mapa de cobertura a partir de los valores de intensidad de campo almacenados.

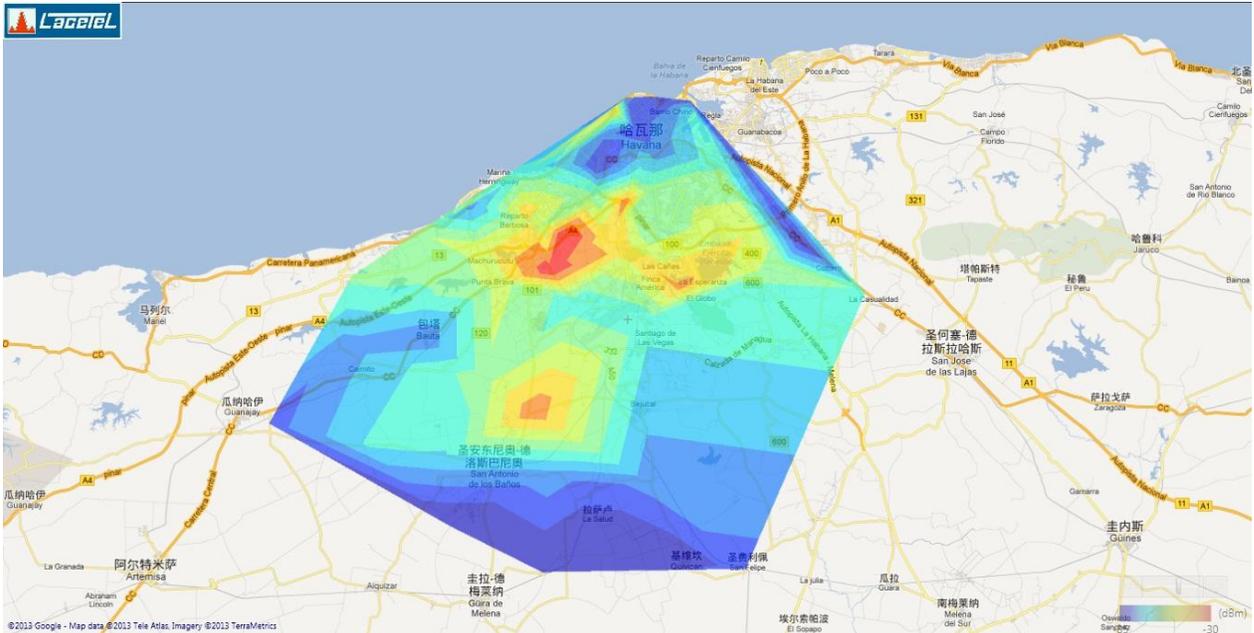
Matlab es la herramienta ideal para el procesamiento de estos datos, ya que es capaz de realizar cálculo numérico rápido y con alta precisión, implementa gráficos y modos de visualización avanzados, permite el empleo de un lenguaje de programación de alto nivel mediante funciones y programas, contiene una extensa biblioteca de funciones, entre muchas otras características. Entre dichas funciones se encuentran instrucciones para lectura y escritura de datos en Microsoft Excel y funciones de interpolación imprescindibles para la obtención de mapas de cobertura a partir de datos registrados en puntos determinados.

En los anexos se presentan los mapas de cobertura de la Zona Oeste en intensidad de campo, obtenidos con el empleo de Matlab.

#### **4.1. Análisis de resultados**

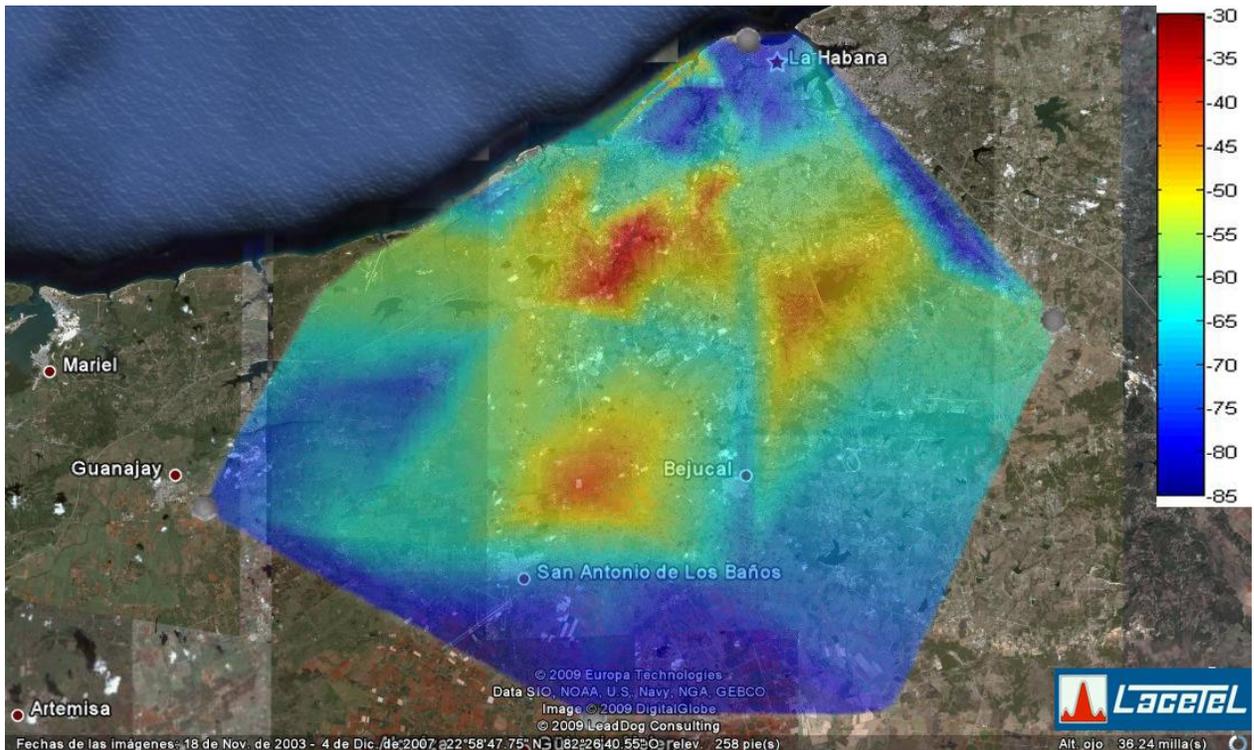
Los resultados obtenidos demuestran que es necesario ampliar la cantidad de emplazamientos medidos y realizar una distribución más acorde con la especificada en la recomendación para obtener resultados más precisos en el mapa de cobertura de TDT. En el mapa la tendencia tiene que ser a zonas límites de cobertura concéntricas. En los resultados en determinadas zonas esta no fue la tendencia debido fundamentalmente a zonas con baja concentración de puntos, lo que no permitió un

resultado totalmente preciso cuando se empleó el método de interpolación mediante software.



**Fig. 12: Mapa de cobertura de la Zona Oeste de la antena transmisora Televilla obtenido con el software Measurement Studio**

Para demostrar la eficacia de este programa se procede a presentar dos figuras a modo de comparación. La primera contiene el mapa obtenido en el software CoverMap integrado al software Measurement Studio (Fig. 12) el cual registra los valores medidos por el dispositivo Tidycast empleado en las pruebas de campo. Este valor está referido a intensidad de señal y contiene las pérdidas del sistema de medición empleado. Para realizar una comparación apropiada se genera el mapa de cobertura de intensidad de señal con la aplicación de Matlab desarrollada (Fig. 13) y se emplean los datos que incluyen las pérdidas del sistema de recepción empleado. Ambos mapas tienen la misma escala de valores de  $-85$  dBm a  $-30$  dBm. Esta es una posibilidad adicional de la aplicación en Matlab que permite establecer el valor máximo y mínimo del mapa de colores.



**Fig. 13: Mapa de cobertura de la Zona Oeste de la antena transmisora Televilla obtenido con la aplicación en Matlab desarrollada**

Se observa que el patrón de cobertura en ambas figuras es idéntico, evidenciando el excelente resultado que se obtiene en la generación de un mapa de cobertura con la aplicación propuesta en este trabajo.

En el caso de la distribución apropiada de los emplazamientos de medida de cobertura. La recomendación 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. Los puntos de medición 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 a una distancia máxima entre sí de 20°.

## **5. CONCLUSIONES**

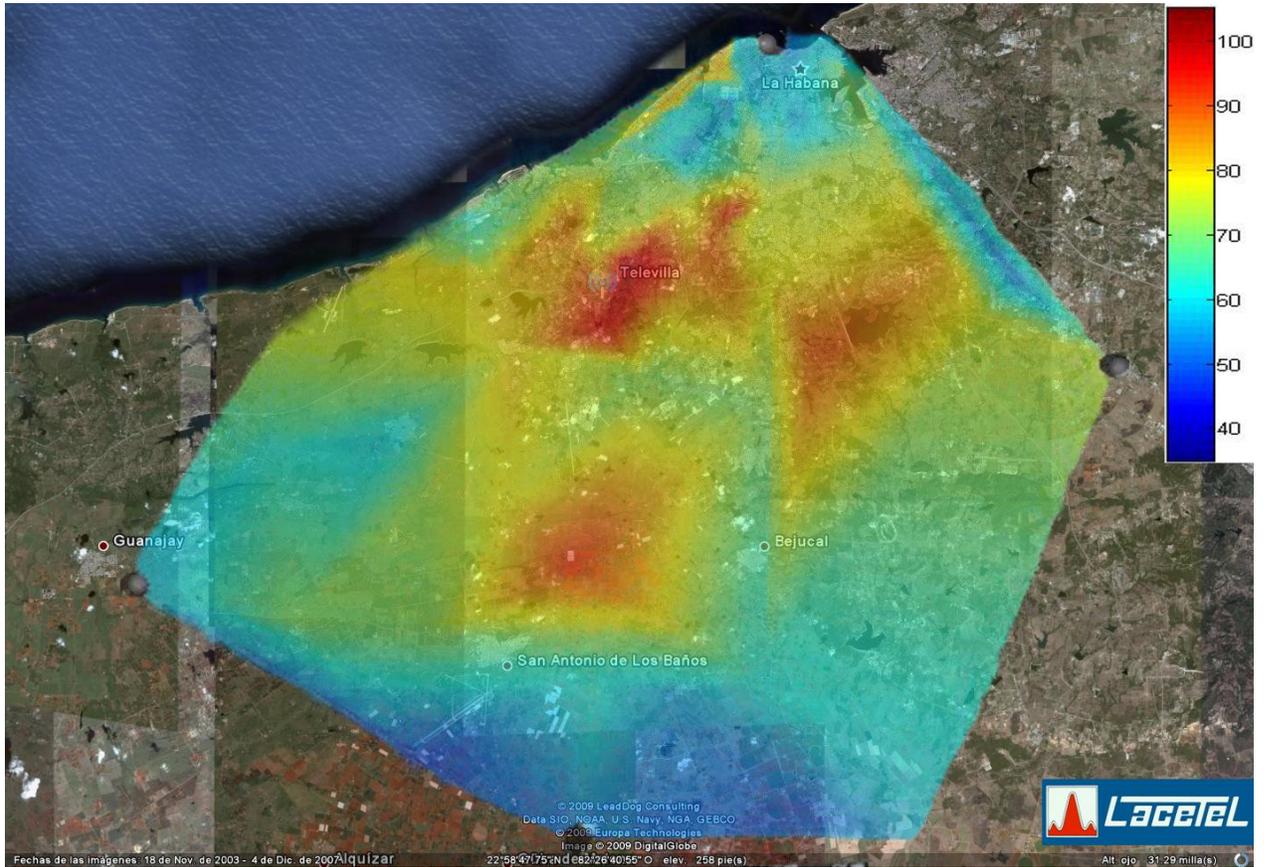
Este trabajo concluyó con la obtención de los mapas de cobertura de televisión digital terrestre para los distintos transmisores que brindan servicio hacia el oeste de la zona de demostración. Se demostró que Matlab es la herramienta ideal para realizar el procesamiento de los datos y las representaciones gráficas de los datos registrados en el proceso de pruebas de campo. Se cuenta con un programa capaz de generar el mapa de cobertura a partir del registro de los datos de potencia de canal y/o intensidad de campo. Este programa permitirá obtener los mapas de cobertura de los transmisores en la zona de demostración una vez registrados los datos en todos los puntos de la zona, este resultado puede mejorar ostensiblemente con la incorporación de nuevos puntos estadísticamente distribuidos alrededor de cada transmisor.

La importancia de este código en Matlab es mayor aún, si tenemos en cuenta que se puede reutilizar para incluir análisis posteriores a los incluidos una vez concluida las pruebas, sin necesidad de tener que desarrollar nuevas mediciones en las localizaciones.

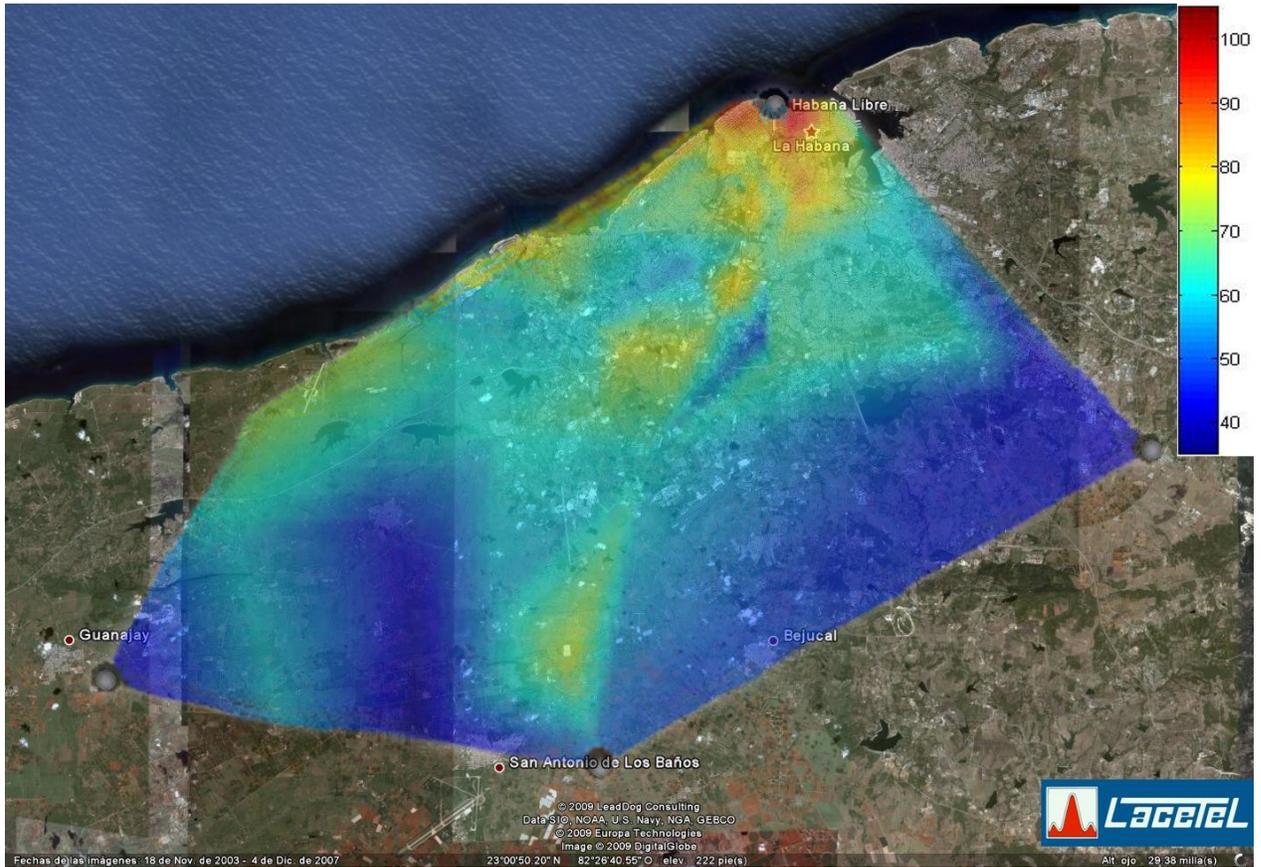
## **6. BIBLIOGRAFÍA**

- [1] 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.
- [2] Standardization Administration of the People's Republic of China, «GB20600-2006: Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System,» August 2006.

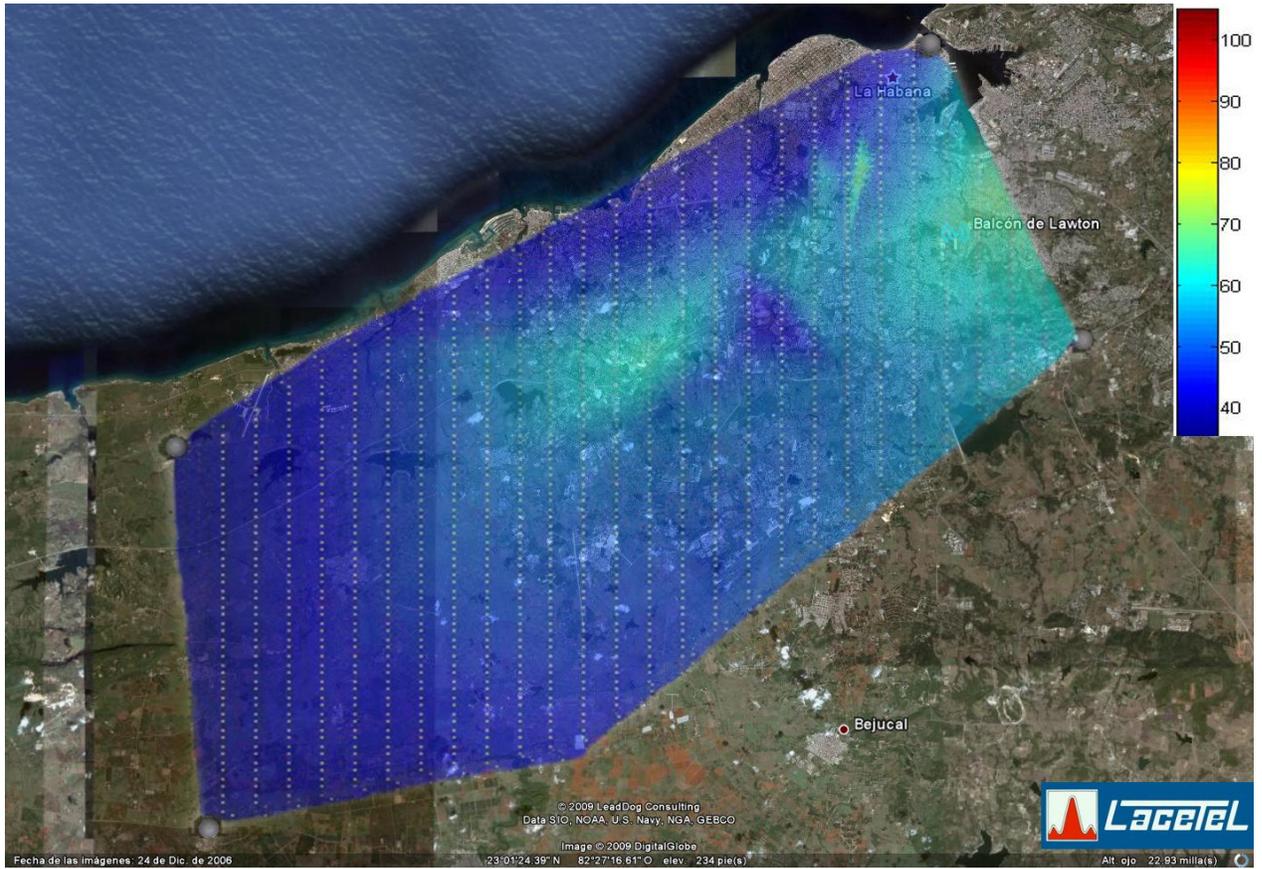
## 7. ANEXOS



**Fig. 14: Mapa de Cobertura expresado en Intensidad de Campo de la Zona Oeste de la antena transmisora Televilla**



**Fig. 15: Mapa de Cobertura expresado en Intensidad de Campo de la Zona Oeste de la antena transmisora Habana Libre**



**Fig. 16: Mapa de Cobertura expresado en Intensidad de Campo de la Zona Oeste de la antena transmisora Balcón de Lawton**