

Modeling and Simulation of point to area prediction on Digital TV, extensible to other technologies and its validation with actual field records

(Modelamiento y Simulación de predicción punto a zona en Televisión Digital, extensibles a otras tecnologías y su validación con mediciones reales)

H. Kaschel, *Senior Member, IEEE*, Sergio Cordero, and Eduardo Costoya, *Life Member, IEEE*

Abstract—On this paper, worldwide Digital TV Standards (TDT) are reviewed as well as the approach and needs for point to area propagation modeling currently used worldwide to predict TDT broadcasting coverage. One of the models currently used for coverage calculations, the deterministic ITM (Irregular Terrain Model - Longley-Rice) based on Technical Note 101 Vol I and II, as well as the empirical ITU-R-P1546-5 Model will be studied and analyzed. The modeling of TVD coverage of existing TVD stations will be performed with both Models and compared with actual coverage of exiting field strength surveys, performed by broadcast operators under the ITU recommendations specs. Finally, conclusions will be drawn on the pros and cons of each Model.

Index Terms—Propagation, Irregular Terrain Model (ITM), Terrestrial Digital Television (TDT), Technical Note 101 Vol I, II, (TN-101), Standards for Digital Television, Prediction Method Rec.ITU-R_P.15.46-5, Propagation Software Radio Mobile.

I. INTRODUCCIÓN

EN los años 30 ya se conocía el modo de propagación punto a punto. Además, considerando la historia mundial, en la Segunda Guerra Mundial se inventó el radar lo que significó profundizar en la propagación troposférica. Después de la Segunda Guerra Mundial, es decir, al comienzo de la década de

los 50 se da inicio a la radiodifusión de FM (Edwin Howard Armstrong, en el año 1933) en la banda VHF y la televisión analógica en las bandas VHF y UHF. Lo anterior implica el surgimiento de la necesidad de conocer la propagación punto a zona, más bien, la cobertura de una estación de radiodifusión o de un sistema móvil.

Uno de estos cambios se ha traducido en la adopción de la radiodifusión Televisiva, como es el caso de la Televisión Digital (DTV: *Digital Television*) [4].

Con la rápida implementación de la TV digital, hay una creciente necesidad de herramientas necesarias para tener una precisión asociada a la predicción para la propagación punto a zona (área). La Fig.1 indica los dos tipos de propagación.



Fig. 1. Tipos de propagación en radiodifusión [16].

Una propagación punto a zona está compuesta por miles o millones de enlaces, por lo tanto, calcular la cobertura de una estación involucraría tener información muy detallada del terreno y de su cobertura, además de una capacidad de procesamiento y almacenamiento en memoria para luego proceder a calcular esos miles o millones de enlaces.

Se considera como base, la propagación punto a punto, asociada a enlaces de radio entre dos puntos distantes, es decir, transmisor y receptor, el conjunto de enlaces punto a punto conforma la cobertura de la zona.

Hay una variedad considerable de modelos para predicción de la cobertura para la radiodifusión televisiva, actualmente en lo que respecta a la Televisión Digital Terrestre (TDT: *Television Digital Terrestre*) [4].

Por consiguiente, se desarrollan métodos en los cuales la información de terreno se reduce a promedios e inclusive sencillamente una inspección a simple vista y recurrir a parámetros ya determinados para otras situaciones similares.

Es el caso del ITM (ITM: *Irregular Terrain Model*) y las Rec. de la ITU (ITU: *International Telecommunication*

H. Kaschel, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Santiago de Chile (USACH), Santiago, Chile, hector.kaschel@usach.cl.

S. Cordero, Área Informática y Telecomunicaciones, Universidad Tecnológica de Chile (INACAP), Santiago, Chile, sergio.cordero@usach.cl.

E. Costoya, Colegio de Ingenieros de Chile, Comisión de Telecomunicaciones

Union), pero para tomar precauciones de que esas aproximaciones no cumplan con las condiciones de cobertura, se recurre a la variabilidad estadística que pretenden sustituir la incertidumbre de las aproximaciones o promedios.

Algunos de ellos son modelos solamente empíricos, y otros son modelos mixtos, empírico-determinista, basados en mediciones de campo y la teoría electromagnética [5].

En este estudio, se considera, además el modelo de la Recomendación ITU-R P.1546-5 (P: *Propagación de las ondas radioeléctricas*, R: *Sector de radio comunicaciones*), que describe un método de predicción de propagación radioeléctrica punto a zona para servicios terrenales, en la gama de frecuencias de 30 MHz a 3.000 MHz [16].

Además, en esta investigación se utilizará el software Radio Mobile que permite simular la performance de cobertura de radio sobre un terreno real.

La organización de este documento es como se indica a continuación: La sección II presenta los estándares de la televisión digital; la sección III presenta el modelo de propagación ITM; la sección IV entrega los métodos de predicción de punto a zona, según la recomendación ITU-R P.1546-5; la sección V presenta el software de propagación Radio Mobile, y finalmente la sección VI entrega las conclusiones y las futuras líneas de investigación a desarrollar.

II. ESTANDARES DE TELEVISION DIGITAL

Según la referencia [15] actualmente existen cinco estándares de TDT que son los siguientes y que se dan a conocer en la Fig. 2.

- Standard Americano (ATSC: *Advanced Television System Committee*).
- Standard Europeo (DVB-T: *Digital Video Broadcasting*).
- Standard Japonés (ISDB-T: *Integrated Services Digital Broadcasting*).
- Standard Chino (DTMB: *Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*).
- Standard Brasileño (SBTVD: *Sistema Brasileiro de Televisión Digital*).

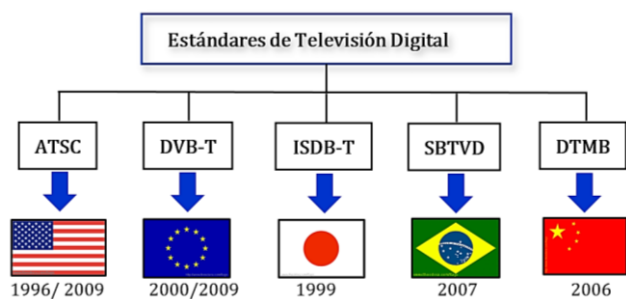


Fig. 2. Estándares para televisión digital [6,7].

Estos estándares no son compatibles entre sí y las emisiones de un sistema no pueden ser recibidos por los receptores de distinto estándar. Esta situación ha obligado a los países a

elegir la norma que más se adapte a sus objetivos, y también ha generado promotores de estándares para competir con el fin de atraer el mayor número de países posible.

La selección de estándares de TDT en Latino América considera factores técnicos, económicos y políticos que influyen en la decisión de cada país [15].

En Europa, los organismos de radiodifusión y de electrónica de consumo, estas empresas formaron un consorcio para el desarrollo de la televisión digital. Esta iniciativa se conoce como Digital Video Broadcasting o DVB. Actualmente este estándar ha evolucionado a DVB-T2.

Por otro lado, tras el éxito de la norma NTSC en los Estados Unidos, la Advanced Television System Committee (ATSC) se formó para estudiar las soluciones de televisión avanzada [15]. Este cuerpo desarrolló el estándar de televisión digital terrestre ATSC, seguido por su homólogo de TV móvil. Actualmente se encuentra en desarrollo el estándar ATSC 3.0.

En Japón, en 1984 se puso en marcha un proyecto para el diseño de un estándar muy flexible para la televisión de alta definición (HDTV) de difusión. El trabajo significó la publicación de los Servicios Digital Broadcast Integrado (ISDB), estándar para transmisión terrestre, por cable y satélite [7].

En China, la norma de televisión digital flexible conocida como Televisión Digital Terrestre Multimedia de Radiodifusión (DTMB), se aprobó en 2006. Además, en el año 2006 el Sistema Internacional para la Televisión Digital (ISDTV) fue estandarizado como la solución de TV digital en Brasil (SBTVD). Cuba es el único país del continente americano que ha elegido el sistema Chino.

A. Normativa brasileña ABNT NBR para el SBTVD (SBTVD: Sistema Brasileiro de Televisión Digital)

Actualmente la normativa brasileña es interesante por dos razones. En primer lugar, porque se basa en el sistema japonés y se ha modificado con el fin de crear su propio estándar. Y, en segundo lugar, debido a su posición de liderazgo en América Latina.

La selección de las normas en Brasil se inició en 1994, pero recibió más atención durante la presidencia del presidente Lula da Silva. Con el fin de dar participación a todos los actores de la industria en el año 2003, la secretaria de comunicaciones creó el Sistema Brasileño de Televisión Digital (SBTVD), que tenía la misión de recomendar una norma.

Se esperaba que el nuevo estándar para promover la interactividad y aplicaciones para el entretenimiento, la educación, la cultura y la ciudadanía; tuviere un bajo costo con el fin de permitir el acceso generalizado; ser capaz de ofrecer varias oportunidades de negocios; ayudar a la modernización de la industria; y permitir la participación de otros países en su desarrollo. Por otra parte, uno de los objetivos anunciados por Brasil era de difundir el uso de su propio estándar en todo el continente, con el objetivo de convertirse en el proveedor de

decodificadores de televisión y generar un superávit comercial con sus vecinos [15].

Un proceso de esta importancia y magnitud exige una utilización de un conjunto de reglas precisas y uniformes para la codificación, transmisión, modulación, difusión y recepción de señal.

Un conjunto de normas técnicas se publicó a partir del año 2007 y que corresponden a las normas ABNT NBR, desde la 15601 a la 15607 asociada a la televisión digital terrestre [9].

III. MODELO DE PROPAGACIÓN ITM

El ITM o llamado modelo Longley-Rice es un modelo de propósito general que se puede aplicar a una gran variedad de problemas de propagación de ondas de radio [10].

El modelo, se basa en la teoría electromagnética y en análisis estadísticos de las características del terreno y las mediciones de radio, predice la atenuación media de una señal de radio como una función de la distancia y la variabilidad de la señal en el tiempo y en el espacio.

A. Origen del ITM

El ITM se elaboró por el ITS (ITS: *Instituto de Ciencias de Telecomunicaciones*) del departamento de comercio de EE.UU. Se utiliza para el estudio de las transmisiones con frecuencias entre los 20 MHz y 20 GHz para longitudes de trayecto entre 1 km y 2.000 km [10], y es aplicable tanto a enlaces punto a punto como a coberturas punto a área.

El uso original de la metodología Longley-Rice es en la planificación de frecuencias de radiodifusión de televisión en los EE. UU en la década del 60, para aplicaciones militares y para el uso del gobierno no militar. Los resultados de los modelos se utilizaron para preparar las tablas de asignación de canales para la radiodifusión VHF y UHF [1], [11].

En los albores de la era de la informática, Anita Longley y Phil Rice en conjunto con sus colegas del Laboratorio Central de Propagación de Radio (CRPL) (ahora Instituto de Ciencias de Telecomunicaciones (SIT), se dieron cuenta de que las capacidades computacionales de las nuevas máquinas que podrían dar mejoras en el modelamiento y diseño de los sistemas de radio utilizado por los militares y públicos en una amplia gama de aplicaciones [1]. Su foco principal de la investigación fue el desarrollo y pruebas de modelos de propagación en la tropósfera. En la Fig. 3, se muestra las distintas versiones del modelo ITM.

Estos modelos tienen aplicaciones para la propagación sobre terreno irregular, y examinó aún más los efectos del clima sobre la variabilidad a largo plazo.

El desarrollo a nivel de ingeniería, dio lugar a algoritmos que todavía están en uso en el modelo Longley-Rice.

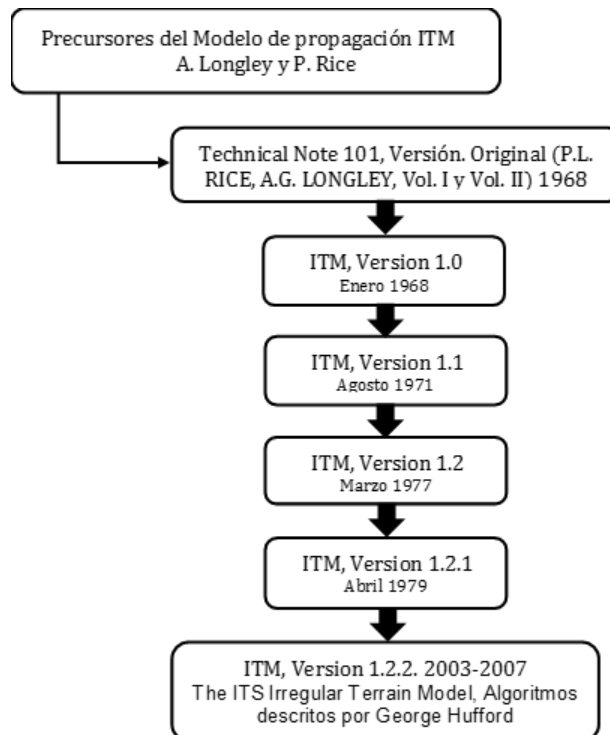


Fig. 3. Versiones del modelo ITM, Modelo de Terreno Irregular [17].

Estos modelos tienen aplicaciones para la propagación sobre terreno irregular, y examinó aún más los efectos del clima sobre la variabilidad a largo plazo.

El desarrollo a nivel de ingeniería, dio lugar a algoritmos que todavía están en uso en el modelo Longley-Rice.

La propagación de radio en un entorno terrestre es un fenómeno enigmático cuyas propiedades son difíciles de predecir. Esto es particularmente cierto en VHF, UHF y SHF, donde la estructura y cobertura del terreno de: colinas, árboles, casas y el ambiente siempre es cambiante [12].

La determinación exacta de la cobertura de un transmisor puede ser obtenida solamente mediante procesos intensivos de medición de campo. Sin embargo, las mediciones en terreno son inconvenientes debido a su alto costo, tanto en tiempo como en dinero. Hay un vasto número de modelos de predicción tales como: Egli, Longley-Rice, Okumura-Hata, COST 231, Lee, Bullington y el P.1546 [5].

Algunos de estos modelos tratan temas muy especializados como, por ejemplo, la transferencia de datos en móviles, microondas en las zonas urbanas de gran altura; otros tratan de ser lo más general aplicable a las ecuaciones de Maxwell y representar, si no todos, al menos la mayoría, los aspectos de la realidad física.

Teniendo en cuenta los valores de los parámetros de entrada, el modelo de terreno irregular ITM calcula primero varios parámetros geométricos relacionados con la trayectoria de propagación.

El modelo calcula una atenuación de espacio libre calculada según la ecuación de Friss.

A esta atenuación se suman las atenuaciones de referencia que producen los variados accidentes geográficos del perfil, las influencias ambientales y las variabilidades inherentes al proceso de propagación.

B. Parámetros de entrada del ITM

En la tabla I se indican todos los parámetros de entrada requeridos por el modelo ITM. También se indica los valores permitidos y los límites para los que el modelo fue diseñado. Los parámetros del sistema son las que se relacionan directamente con el sistema de radio involucrado y son independientes del medio ambiente.

TABLA I
PARÁMETROS DEL MODELO ITM. [13, 17].

Parámetros del Sistema		Descripción
1	Frecuencia	20 MHz a 20 GHz
2	Distancia	1 Km a 2.000 Km
3	Altura de antenas	0.5 m a 3.000 m
4	Polarización	Vertical u Horizontal
Parámetros del entorno		Descripción
1	Variable de terreno irregular Δh	Rugosidad promedio
2	Constantes eléctricas del terreno	Permitividad y conductividad
3	Refractividad de la superficie	250 a 400 (N-unidades)
4	Clima	Desierto, continental templado, continente subtropical. (7 tipos de clima)
Parámetros de implementación		Descripción
1	Criterios de posicionamiento	Aleatorio
Parámetros estadísticos		Descripción
Fiabilidad respecto a:		
1	Variabilidad de tiempo	0.1% al 99.9%
2	Variabilidad de ubicaciones	
3	Variabilidad de situaciones	

C. Pérdidas de sistemas y pérdidas en espacio libre, Technical Note 101 Vol.-I

Como fundamento principal asociado a la propagación de ondas de radio, se hace referencia a la propagación del rayo directo y también al modelo de propagación de los dos rayos que se indica en la Fig. 4. [18].

Para calcular las potencias y atenuaciones en un sistema de radio frecuencia, tanto para propagación punto a punto como punto a zona, la Technical Note 101 Vol.-I entrega todas las variables a considerar [18].

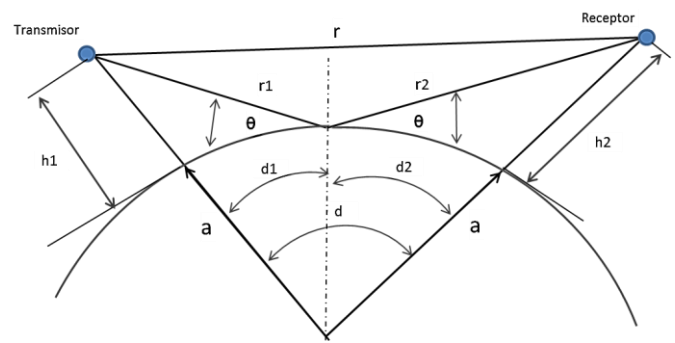


Fig. 4. Rayo directo y rayo reflejado, Technical Note 101Vol.I [18].

La Fig. 5, nos indica todas las variables a considerar para ambos tipos de propagación.

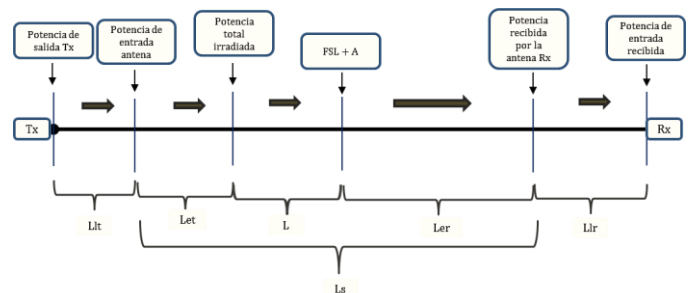


Fig. 5. Potencias y atenuaciones en un sistema de Radio frecuencia, para propagación punto a punto y punto a zona [16,18].

D. Cálculo de la atenuación en el espacio libre

Para el caso de las antenas lineales, tenemos el siguiente desarrollo y análisis que permitirá obtener la ecuación de Friss, que permite determinar la atenuación en espacio libre (FSL: Free Space Loss) Rec. ITU-R P.525-2.

Para este análisis se considera una antena isotrópica, donde tenemos la distancia D a la antena receptora que se indica en la Fig. 6.

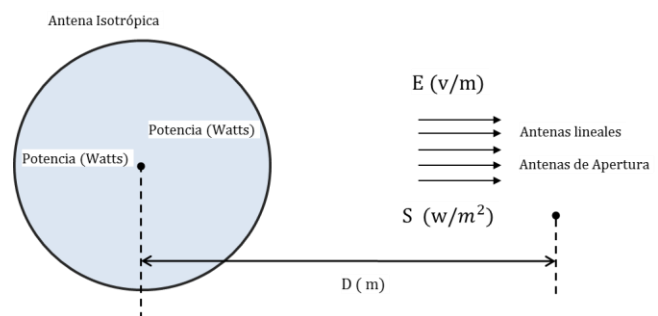


Fig. 6. Atenuación en espacio libre, antenas de apertura y lineales.

En el lado receptor se puede tener un cierto tipo de antena, que puede ser una antena lineal o de apertura, asociando un campo eléctrico E y una densidad de potencia, ecuación 1 y 2 respectivamente.

En el lado receptor se puede tener un cierto tipo de antena, que puede ser una antena lineal o de apertura, asociando un campo eléctrico E y una densidad de potencia, ecuación 1 y 2 respectivamente.

$$E = \sqrt{\frac{Pt120\pi}{4\pi D^2}} = \frac{\sqrt{30 Pt}}{D} \quad (1)$$

$$S = \frac{Pt}{4\pi D^2} \quad (2)$$

Para el caso de la propagación asociada a enlaces punto a punto, es recomendable calcular la atenuación en el espacio libre entre antenas, denominada también pérdida básica de transmisión en el espacio libre identificado con el acrónimo FSL.

Por definición, la ecuación 3, que corresponde a la potencia en recepción, que está definida por la densidad de potencia y el área efectiva de la antena receptora, tratándose de una antena de apertura.

$$Pr = S \times Ae \quad (3)$$

Además, de la teoría de antenas, se tiene la ecuación 4 que define el área efectiva de una antena.

$$Ae = \frac{\lambda^2}{4\pi} Gr \quad (4)$$

Al realizar la sustitución de las ecuaciones 2 y 4 en 3, tenemos la potencia en recepción dada por la ecuación 5.

$$Pr = \frac{\lambda^2}{4\pi} \times \frac{Pt}{4\pi D^2} \quad (5)$$

Luego, se obtiene la ecuación 6, que corresponde a la atenuación en espacio libre.

$$FSL = \left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right)^2 \quad (6)$$

Al aplicar logaritmo se tiene FSL, que depende de la longitud D ($D = \text{distancia entre } Tx-Rx$) y la frecuencia de operación dada en la ecuación 7, especificada en la Rec. ITU-R P.525 y en la Technical Note 101.

$$FSL = 32,44 + 20 \log f \text{ (Mhz)} + 20 \log d \text{ (Km)} \quad (7)$$

E. Decreto supremo N° 167 de la República de Chile, para la Radiodifusión Televisiva 2015.

Para efectos de la aplicación del Plan de Televisión Digital, los términos que se indican a continuación serán fundamentales para el desarrollo de este modelamiento y

simulación de predicción punto a zona (área) dados en la tabla II.

Otro de los puntos a considerar en la Televisión Digital Terrestre, para efectos de proveer el servicio de televisión, se tienen diferentes tipos de zonas que se indican en el diagrama de la Fig. 7 [14].

TABLA II
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DECRETO SUPREMO N° 167.
REPÚBLICA DE CHILE [14].

Nº	Especificación técnica [26]
1	E de 48 dBµV/m
2	Banda de operación en UHF (Desde el canal 21 al 51)
3	Zona de servicio, perímetro (Zona protegida), 48 dBµV/m. Hasta 60 Km. Por definición, se garantiza protección contra interferencias.
4	Intensidad del campo eléctrico al modelar, con variabilidades de 90 % de ubicaciones y el 50% del tiempo.
5	La potencia del transmisor será la mínima necesaria para atender la respectiva zona de servicio.
6	Estimación de la zona de servicio, Modelo de predicción. ITU-R P.1546-4.

A continuación, se dan las definiciones de las diferentes zonas definidas en el decreto supremo N°167 de la República de Chile, publicado en abril del año 2015[14].

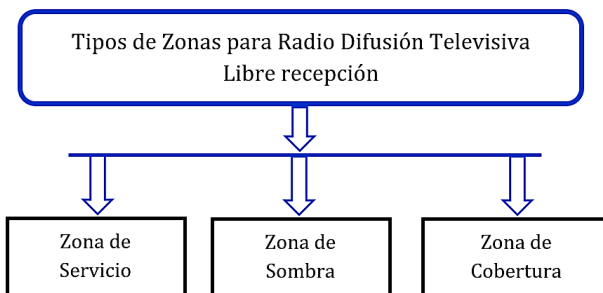


Fig. 7. Tipos de zonas para radio difusión televisiva. Decreto N° 167. República de Chile [14].

- **Zona de cobertura:** Zona asociada a una estación transmisora en el interior de la cual se puede recibir la señal de televisión digital, no se garantiza la protección contra interferencias [14].
- **Zona de servicio:** Parte de la zona de cobertura, asociada a una estación transmisora dentro de la cual se puede recibir televisión digital, además se debe cumplir protección indicado en el plan TVD, garantizando protección contra interferencias [14].
- **Zona de sombra:** Zona que, estando inmersa en la zona de servicio, debido a las particularidades del entorno, presenta intensidades de campo eléctrico inferior a la intensidad de campo eléctrico que define el contorno de la zona de servicio [14].

IV. MÉTODO DE PREDICCIÓN DE PUNTO A ZONA, RECOMENDACIÓN ITU-R P.1546-5.

El método de predicción de punto a zona bajo la recomendación ITU-R P.1546 se deriva empíricamente a partir de los datos recogidos en los climas templados (Europa y América del Norte, predominantemente). El método P.1546 no contempla el modelo de los 2 rayos.

En Chile, la SUBTEL (*Subsecretaria de Telecomunicaciones*) establece el uso del método de predicción de punto a zona basado en la Recomendación ITU-T P.1546-4, para estimar la cobertura [14].

El modelo contempla tablas con mediciones de campo y las correspondientes curvas en las frecuencias nominales de 100, 600 y 2000 MHz para caminos de tierra, mar y variabilidades de tiempo de 1%, 10% y 50%. Se puede utilizar con o sin información del terreno sobre las distancias de 1 kilómetro a 1000 kilómetros. Las predicciones son válidas para las frecuencias que abarcan de 30 a 3000 MHz [15].

El P.1546 se basa en mediciones empíricas realizadas en tramos sin obstrucciones que produzcan difracción ya sea borde de cuchillo o tierra redonda, considerando la posibilidad de una obstrucción o múltiples obstrucciones. Las mediciones se realizaron en varias partes del mundo con diferentes climas y condiciones del terreno. Todas esas mediciones están en puntos discretos y muy separados entre sí. En consecuencia, cuando se necesita calcular una cobertura o un enlace en un punto que no esté en las curvas se debe realizar la interpolación o extrapolación. La Fig. 8, indica las seis mediciones empíricas fundamentales de este método.

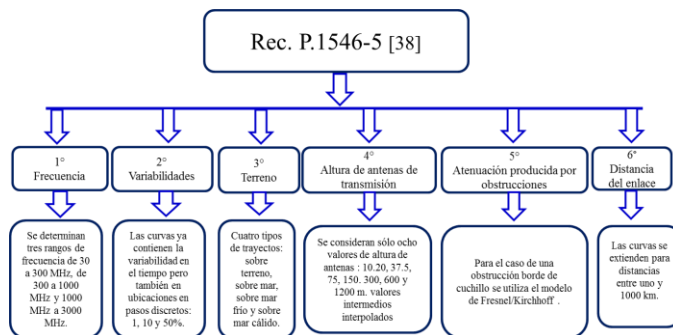


Fig. 8. Mediciones empíricas del modelo de predicción Punto a Zona dado por la Rec. ITU-R. P.1546 [16].

Es así como el P.1546 se realiza para las siguientes mediciones empíricas [16]:

A. Frecuencia.

Se determinan tres rangos de frecuencia de 30 a 300 MHz, de 300 a 1000 MHz y le 1000 MHz a 3000 MHz. Pero para cada ellos se da sólo una familia de curvas y para una sola frecuencia.

Para el primer rango 100 MHz, para el segundo 600 MHz y para el tercero 2000 MHz.

B. Variabilidades.

Las curvas ya contienen la variabilidad en el tiempo, pero también en pasos discretos: 1, 10 y 50%. La variabilidad en ubicaciones puede ser entre el 1% y el 99%.

C. Terreno.

Para cada una de las bandas de frecuencias mencionadas existen curvas correspondientes a cuatro tipos de trayectos: sobre terreno, sobre mar, sobre mar frío y sobre mar cálido.

D. Altura de antenas de transmisión.

Se consideran sólo ocho valores de antenas: 10,20, 37,5, 75, 150, 300, 600 y 1200 m. Obviamente es necesario recurrir a interpolaciones para determinar los parámetros de una altura que tenga dimensiones diferentes.

E. Atenuación producida por obstrucciones.

En este caso se usan algoritmos muy conocidos que son comunes a todos los modelos de predicción de cobertura. Para el caso de una obstrucción borde de cuchillo se utiliza el modelo de Fresnel. También se contempla la corrección por obstrucción por obstáculos redondos.

F. Distancia del enlace.

Las curvas se extienden para distancias entre uno y 1000 km. Entre uno y 10 en pasos de 1 km. Entre 10 y 100 en pasos de 10 m y entre 100 y 1000 en pasos de 100 m. Para esta medida también se recurre a correcciones si es pertinente.

V. SOFTWARE DE PROPAGACIÓN RADIO MOBILE

Radio Mobile es un programa de simulación de radio propagación gratuito desarrollado por Roger Coudé, el cual permite la predicción del enlace de radio de una red que tiene que estar físicamente implementado. Puede ser utilizado para la simulación de la radio enlaces y pueden proporcionar información importante del diseño, tanto de perspectiva económica y del punto de vista técnico [3], [10].

El software trabaja en el rango de frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz y está basado en el modelo de propagación ITM.

Radio Mobile utiliza datos de elevación del terreno que se descargan gratuitamente de Internet para crear mapas virtuales del área de interés, vistas estereoscópicas, vistas en 3D y animaciones de vuelo [3].

Los datos de elevación se pueden obtener de diversas fuentes, entre ellas del proyecto de la NASA, (*SRTM: Space Shuttle Radar Topography Mission*) realizado por el Space Shuttle Endeavour, que provee datos de altitud con muestras de terreno cada 1 segundo de arco. SRTM1 sustituye la versión de 2002 que utilizaba muestras cada 3 segundos de arco [3].

A finales del 2014, la data SRTM1 comenzó a ser liberada para todo el mundo, con una excepción en ciertos países del Medio Oriente, manteniendo su condición de gratuidad y uso irrestricto [12].

Los archivos SRTM son el resultado del levantamiento de elevaciones de la Tierra DTED con referencia al **WGS64**, mediante interferometría de radar, lo cual se ha

complementado con datos otros satélites y/o levantamientos topográficos de Administraciones de Información Geográfica en otros países [12]. Está disponible para ser bajado desde el USGS (United States Geogrphical Service, pero también desde el sitio Web del Radio Mobile.

La Fig. 9 indica las opciones que tiene el radio Mobile respecto de las dimensiones del mapa, uso de la data de elevaciones asociada al SRTM1, coordenadas geográficas y principalmente la resolución en metros/ pixeles. En definitiva, indica la configuración de las propiedades de un mapa para extraer datos de elevaciones SRTM1.

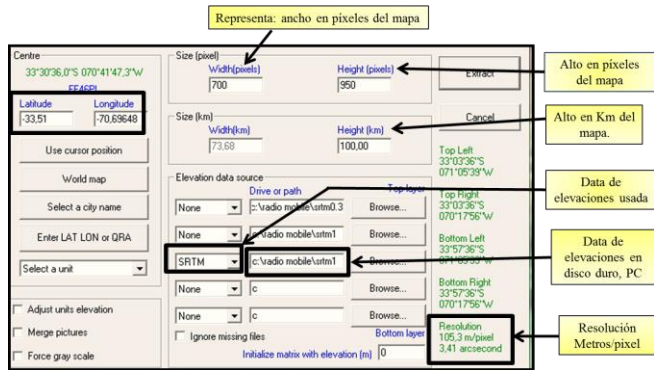


Fig.9. Configuración y dimensiones de un mapa con SRTM1[3], [10].

Una vez extraídos los datos de elevaciones SRTM1, se obtiene el mapa de la Fig.10.

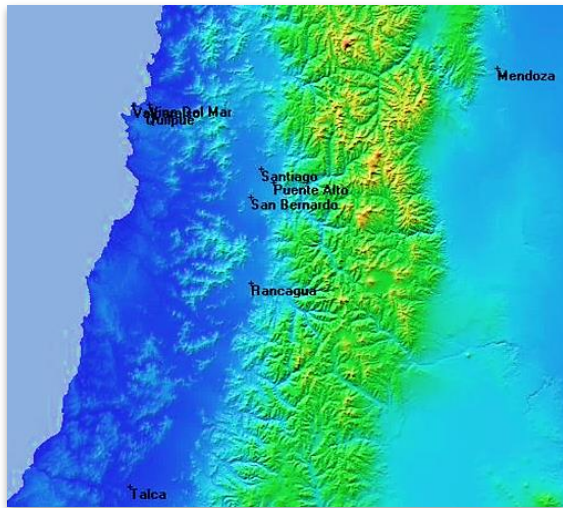
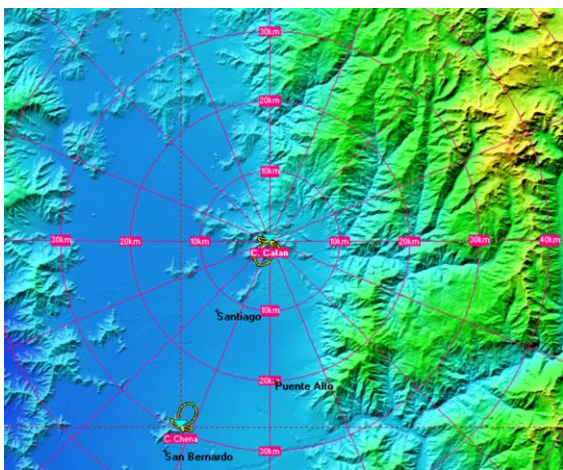


Fig. 10. Mapa con data de elevaciones SRTM1[3, 10].

Otra de las funciones o facilidades que tiene el software



radio Mobile es incorporar los radiales y los anillos en un mapa extraído y con la data de elevaciones SRTM1. La Fig. 11 y 12

Fig. 11. Mapa con radiales y anillos cada 10 Km [3], [10].

lo muestran incluyendo las coordenadas geográficas en una grilla.

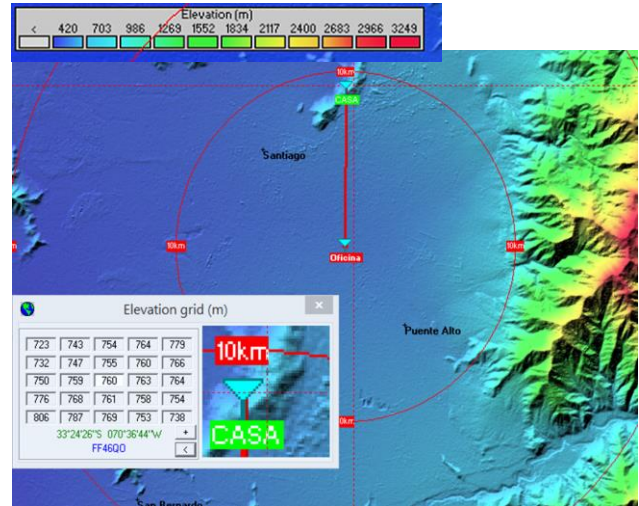


Fig. 12. Mapa con coordenas geográficas [3], [10].

El Radio Mobile no utiliza el modo de cobertura punto a zona en el cual varios parámetros son ingresados a partir de una simple inspección visual del terreno. El Radio Mobile calcula cobertura punto a zona (área) resolviendo miles o millones de enlaces en el modelo punto a punto. Lo mencionado anterior que es posible con los datos digitales del SRTM y la capacidad actual de PC de manejar miles de enlaces en pocos segundos.

El modelo ITM contempla 7 modos de variabilidad que se deben considerara a la hora de realizar una simulación de un enlace de radio. Estos siete modos de variabilidad del modelo de propagación ITM se indican en la Fig. 13.

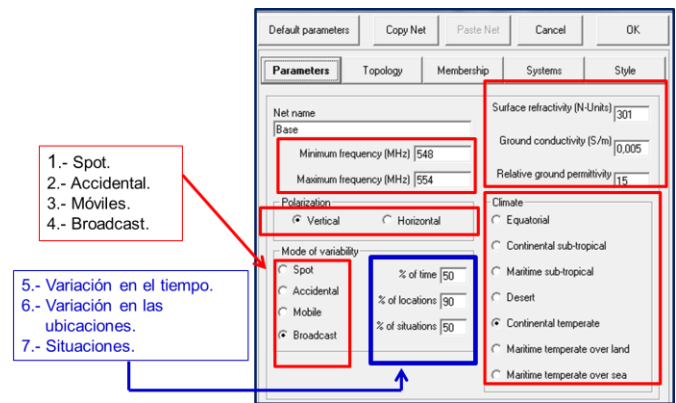


Fig. 13. Modos de variabilidad en Radio Mobile [3], [10].

VI. CONCLUSIONES

Se da a conocer la propagación punto a zona, que

actualmente se incorpora en la radiodifusión televisiva a nivel mundial, independiente del estándar de televisión asociada para definir una cobertura, según las especificaciones técnicas dadas en cada país. Se tienen diferentes softwares que permiten simular un enlace de radio, se considera el Radio Mobile, por ser gratuito y muchas empresas del rubro lo utilizan con esta finalidad, ya que no tiene costo alguno asociado, permitiendo tener resultados de enlaces de radio con cierta aproximación a una posible comparación con mediciones reales de campo.

Finalmente, el trabajo-contempla realizar con Radio Mobile y el ITU-R-P 1546-5 el modelamiento de cobertura de estaciones de TVD en operación en Chile, para las cuales se han realizado numerosas mediciones siguiendo las normas establecidas de la ITU, inclusive con la verificación del Colegio de Ingenieros. Se compararán esas mediciones con el modelamiento de cada uno de los modelos expuestos y se analizarán las desviaciones resultantes. Además, también se adiciona como trabajo futuro simulaciones de otros sistemas, tanto de TVD como de sistemas móviles suburbanos y rurales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos Proyecto DICYT, Código 061513KC, Vicerrectoría de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad de Santiago de Chile.

REFERENCIAS

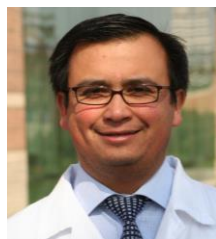
- [1] Jill S. Tietjen, Anita Longley's Legacy" El modelo Longley-Rice todavía que va fuerte Después casi 50 años", Técnicamente hablando, Inc. 8547 E. Arapahoe Road, PMB J189, Greenwood Village, pp.237-239, Vol 55, N°3, junio, 2013.
- [2] Radio Mobile, available online at <http://www.cplus.org/rmw/english1.html>, accessed April, 2015.
- [3] Radio Mobile, Programa de simulación de propagación, de VHF a MW por Roger Coudé, VE2DBE.Traducción al español: Ing. Eduardo Costoya A, 2010.
- [4] K. Whoan Suh, H. Jung, J. Hwan Lee, J. Jan, "El cálculo de la intensidad de campo en DTV, Receptor por la Rec, UIT-R P.1546" Department of Electronic Engineering Kangnam University Young- In City, Korea Radio Tech. Research Group, Depart. De Wireless Com. ETRI, University, Korea.
- [5] S. Kasampalis, P.Lazaridis, Zaharias D. A. Bizopoulos, S.Zettas y J.Cosmas, Senior Member IEEE "Comparison of Longley-Rice, ITM and ITWOM propagation models for DTV and FM Broadcasting, 2015.
- [6] O. Fratu, A. Martian "Estudio comparativo de Radio Mobile y ICS Telecom modelos de predicción de la propagación para DVB-T", University Politehnica of Bucharest, Romania Stylianos Kasampalis Brunel University London, UK, pp. 110 -103, junio, 2015.
- [7] M. H. Hajjar y L. Hanzo, "Una encuesta de la Televisión Digital Broadcast técnicas de Transmisión", IEEE Comunicaciones ENCUESTAS Y TUTORIALES, vol. 15, NO. 4, CUARTO TRIMESTRE, pp.1925-1926, 2013.
- [8] L. Dai, Z. Wang, and Z. Yang, Tsinghua University. "Próxima generación de Sistemas Televisión Digital Terrestre", Key Technologies and Research Trends, IEEE Communications Magazine, pp. 150-154, junio, 2012.
- [9] W. Wei, N. Xia "Técnicas de localización de señales en VHF/UHF y Modelo de Propagación P.1546", Beijm China, IEEE, 2014.

- [10] B. Trandafir, B. Trandafir, S. Halunga, "Simulación y análisis de una red Wi-Fi pública utilizando el software Radio Mobile", ETTI Faculty University POLITEHNICA of Bucharest, pp. 282-283, 2011.
- [11] H. Mo, B. Chen, C. Shen, " Modelo de predicción de propagación para Comunicación móvil Maritime". School of Information Science and Technology, Hainan University, China.pp.2-3, 2012.
- [12] SRTM1. "Más precisión para nuestros cálculos radioeléctricos SRTM1 disponible para todo el mundo". Instructivo para descargar masivamente archivos SRTM1 en forma rápida. Colegio de ingenieros de Chile. Santiago de Chile, 2015.
- [13] Durney W.C. Castro G, R. Ortiz S. "Diseño e implementación de radioenlaces y estaciones repetidoras Wi-Fi para conectividad de escuelas rurales en zona sur de Chile" Universidad Tecnológica Metropolitana, Fac. De Ingeniería of. N°19, Santiago, Chile., pp.69-73, abril, 2010.
- [14] Decreto supremo N° 167 de la República de Chile, para la radiodifusión televisiva. Abril, 2015. Subtel. www.subtel.cl
- [15] T. J. Phiri* D. B. Davidson* P. G. Wiid* "Propagation modelling for the South African SKA, 2015.
- [16] ITU-R "P.1546-5: Method for Point-to-Area Predictions for Terrestrial Services in the Frequency Range 30MHz to 3000MHz", Work Group 3, International Telecommunication Union, Ginebra, 2013. www.itu.int
- [17] G. A. Hufford, A. G. Longley and W. A. Kissick, "A Guide to the Use of the ITS Irregular Terrain Model in the Area Prediction Mode". US Department of Commerce, National Telecommunications and Information Administration, NTIA Report 82-100, pp. 6-18, April 1982.
- [18] P.L. Rice, A.G. Longley, K.A. Norton, and A. P. Barsis. "Transmission loss predictions for tropospheric communications circuits", Technical Note 101, 1967, U.S. Dept. of Commerce National Telecommunications & Information Administration, Institute for Telecommunications Sciences (NTIA-ITS).



Héctor Kaschel C., doctor (Dr.-Ing) en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Paderborn, Alemania; ingeniero civil electricista de la Universidad de Santiago de Chile. Senior Member del IEEE. Actualmente es profesor titular del

Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Santiago de Chile. Ha publicado más de 130 trabajos en congresos y revistas nacionales e internacionales. Sus áreas de interés en la investigación se encuentran en las Redes de Comunicaciones Industriales, Redes de Sensores Inalámbricos (WSN), Redes de Área Corporal Inalámbricos (WBAN), Smartcity, Smartgrid, Redes de Área Local Inalámbricas (WLAN) y Redes Móviles.



Sergio Cordero L., estudiante de Magister en Telecomunicaciones e ingeniero de ejecución electricista, electrónica y telecomunicaciones de la Universidad de Santiago de Chile. Actualmente es profesor en la carrera de Telecomunicaciones, Conectividad y Redes del Área de Informática y

Telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica de Chile (INACAP). Sus áreas de interés en investigación son los Modelos de Propagación, Simulación de Radio Propagación y Televisión Digital Terrestre (TDT).



Eduardo Costoya A., Ingeniero civil electricista de la Universidad de Santiago de Chile. Life Member del

IEEE. Actualmente Presidente de la Comisión de Telecomunicaciones del Colegio de Ingenieros de Chile A.G. y Vicepresidente del Consejo de la Especialidad de Ingeniería Eléctrica. Además, ingeniero guía, en estudios investigativos para el Departamento de Ingeniería Eléctrica (DIE) de la Universidad de Santiago de Chile. Sus áreas de interés en la investigación se encuentran en Televisión Digital Terrestre (TDT) y Modelos de propagación.