



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS EN LA
ERA DIGITAL



APLICABILIDAD EN EL TERRITORIO COLOMBIANO DE LOS MODELOS DE LA UIT PARA CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PROPAGACIÓN DEBIDAS AL CLUTTER

Félix Gómez, Guillermo Valencia, Édgar Rodríguez

**Universitaria Agustiniiana
Bogotá, Colombia**

Resumen

La propagación de señales radioeléctricas está condicionada, entre otros elementos, por el tipo de vegetación presente en el entorno de radiocomunicaciones. Debido a esto la Unión internacional de las Telecomunicaciones (UIT) ha generado unos modelos para calcular las pérdidas de potencia en un radioenlace debido a la vegetación y otros obstáculos presentes, en general estos obstáculos son llamados clutter. Los modelos generados por la UIT son usados en todo el mundo y estos son creados a partir de mediciones realizadas en diferentes partes del mundo, pero América Latina es uno de los lugares de los que menos tiene información. Debido a lo anterior en la Universitaria Agustiniiana se planteó un proyecto de investigación para comparar las pérdidas de un radioenlace medidas en el territorio colombiano, con las calculadas con los modelos de la UIT y así verificar su precisión. En este artículo se describen los diferentes modelos que se tendrán en cuenta en la investigación y las experiencias de otros investigadores en la realización de mediciones de atenuación de la señal de un radioenlace, específicamente en el rango de frecuencia de 140 MHz a 4 GHz.

Palabras clave: clutter; radio enlace; atenuación

Abstract

The propagation of radio signals is conditioned, among other things, by the type of vegetation present in the radio environment. Because of this, the International Telecommunication Union (ITU) has created models to calculate the power losses in a radio link due to vegetation and other

obstacles, in general these obstacles are called clutter. ITU-created models are used around the world and are developed from measurements taken in different parts of the world, but Latin America is one of the least informed places in the world. Due to the above, a research project was proposed at the Universitaria Agustiniiana to compare the losses of a radio link measured in Colombian territory with those calculated with the ITU models and thus verify its accuracy. This article describes the different models that will be considered in the research and the experiences of other researchers in carrying out attenuation measurements of a radio link, specifically in the frequency range of 140 MHz to 4 GHz.

Keywords: clutter, radiolink; attenuation

1. Introducción

El espectro radioeléctrico reviste una importancia insospechada años atrás. Siendo un recurso escaso, obliga a la necesidad de hacer una planeación lo más eficiente posible, a fin de garantizar que la mayor cantidad de interesados pueda hacer uso de este invaluable recurso. Para tal fin, la Unión Internacional de Telecomunicaciones –UIT–, con el apoyo de más de ciento noventa estados miembros, se ha dado a la tarea de establecer una serie de recomendaciones que, con base en las condiciones de propagación de las ondas bajo determinadas circunstancias, permita determinar con alta probabilidad su comportamiento en términos penetración y cobertura.

Las recomendaciones en las que se aborda esta temática en particular se compilan en lo que la UIT ha denominado Serie P. Algunas de estas recomendaciones se centran en el estudio de las perturbaciones, alteraciones o afectaciones a las que se ven sometidas las ondas debido al clutter en el que se propagan. Al profundizar en la normativa, es posible inferir que, salvo en contadas excepciones, las recomendaciones no toman en cuenta condiciones particulares de regiones tales como Colombia, en las que la presencia de tres cordilleras, un inmenso llano, dos mares y una riqueza y diversidad en vegetación insondable, hacen que las ondas parezcan caprichosas a las distintas condiciones de clutter.

2. Normativa internacional

Este proyecto focaliza su objeto de estudio en determinar si las recomendaciones establecidas por la UIT son realmente aplicables en Colombia o si se requiere anexar a la normativa internacional, las condiciones particulares del territorio colombiano. En primer lugar, se hace un estudio pormenorizado de la normativa en relación con la forma de medir y calcular el comportamiento de las ondas radioeléctricas en diferentes bandas de frecuencias para distintas consideraciones de clutter. En segundo lugar, se hacen mediciones de campo utilizando algunos de los modelos de propagación y cálculo de pérdidas, de la UIT. Finalmente se elabora un comparativo entre los resultados esperados y los obtenidos para diferentes consideraciones de clutter.

La investigación ha permitido observar a profundidad la recomendación ITU-R P.2108-0 Prediction of Clutter LOS. Las demás recomendaciones se presentan como parte del estado del arte y serán analizadas al detalle durante el desarrollo de la investigación.

2.1 Recommendation ITU-R P.2108-0. Prediction of Clutter LOS

En esta Recomendación se describen métodos para calcular las pérdidas debidas a la ocupación del suelo en frecuencias comprendidas entre 30 MHz y 100 GHz. En la norma de la (UIT, 2017) se describe un conjunto de modelos para calcular las pérdidas debidas a la ocupación del suelo en diversos entornos. Estos modelos pueden utilizarse como corrección última a los modelos de larga distancia o por encima de los tejados.

Se definen categorías para los entornos de ocupación del suelo y se describen métodos para calcular las pérdidas en el trayecto entre el tejado y el terminal con ocupación del suelo. Se establece que se han de utilizar modelos estadísticos cuando no se conozca con exactitud el trayecto radioeléctrico, como la anchura de las calles, la altura de los edificios y la profundidad de la vegetación.

La Recomendación establece 3 modelos de propagación, a saber: Modelo de corrección altura-ganancia para el terminal, Modelo estadístico de las pérdidas debidas a la ocupación del suelo para trayectos terrenales, Modelo estadístico de pérdidas por la ocupación del suelo para trayectos Tierra-espacio y aeronáuticos. Al respecto, el Cuadro 1 resume los modelos propuestos, tal como se presenta en la Tabla 1 de este documento.

Tabla 1. Resumen de los modelos propuestos en el Anexo 1 de la Recomendación ITU-R P.2108-0

Entorno del terminal	Ref.	Gama de frecuencias (GHz)	Descripción
Terminal por debajo de la altura representativa del obstáculo	§ 3.1	0,03 – 3	Se debe aplicar una corrección de pérdidas en el extremo a las pérdidas de transmisión básicas calculadas a/desde la altura representativa del obstáculo utilizada. Se aplica tanto al extremo transmisor como al receptor del trayecto.
Terminal terrenal dentro del obstáculo	§ 3.2	2 – 67	Modelo estadístico que puede aplicarse para modelizar la distribución de pérdidas debidas a la ocupación del suelo en entornos urbanos y suburbanos. Esta corrección puede aplicarse a ambos extremos del trayecto.
Un terminal dentro del obstáculo y el otro es un satélite, aeronave u otra plataforma por encima de la superficie de la Tierra.	§ 3.3	10 – 100	La distribución estadística de las pérdidas debidas a la ocupación del suelo no rebasada en el porcentaje de ubicaciones para ángulos de elevación entre 0 y 90 grados.

Fuente: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.2108-0-201706-I/es>

En la Recomendación se define el concepto de “ocupación del suelo” en el contexto de las Recomendaciones UIT-R de la serie P., así: La ocupación del suelo se refiere a obstáculos, como edificios o vegetación, situados sobre la superficie de la Tierra, pero no por el terreno propiamente

dicho. La ocupación del suelo alrededor del terminal transmisor/receptor puede afectar considerablemente a la propagación global. Normalmente el obstáculo más cerca del terminal es el que más afecta a la propagación, pero la distancia real depende de la naturaleza de la ocupación y de los parámetros radioeléctricos.

La recomendación señala que los modelos de cálculo de pérdidas debidas a la ocupación del suelo que se describen en la norma se basan en estadísticas. En cuanto a corrección final para el modelo de propagación a lo largo del trayecto, las "pérdidas debidas la ocupación del suelo" se definen como la diferencia entre las pérdidas de transmisión y las pérdidas de transmisión básicas con y sin la presencia de ocupación del suelo en el terminal en cualquiera de los dos extremos del trayecto, siendo constantes los demás parámetros del trayecto. Los modelos de propagación en trayectos cortos tienen en cuenta los efectos de la ocupación del suelo a lo largo de todo el trayecto.

Para el desarrollo del proyecto, la investigación en torno a estos tres modelos se ha centrado en el estudio del Modelo de corrección altura-ganancia para el terminal, que es el que mejor se acomoda a las condiciones de clutter que serán analizadas. Este método, referenciado para ser utilizado en la banda de frecuencias 0,03 a 3 GHz, "permite obtener la mediana de las pérdidas debidas a los diferentes alrededores del terminal", en función de la "pérdida por obstrucción y la reflexión debida a obstáculos en la altura representativa, así como la dispersión y la reflexión debidas a la superficie y a obstáculos menores". "El método distingue entre dos casos generales: para las categorías boscosa y urbana, se asume que el mecanismo dominante es la difracción por encima de los obstáculos; para el resto de categorías, se asume que domina la reflexión o la dispersión". El método plantea que se pueden añadir pérdidas adicionales de transmisión, A_h , en función de la altura representativa del obstáculo utilizada.

El método emplea una aproximación de las pérdidas por difracción para una sola arista afilada como función de parámetro adimensional, v , expresadas mediante la ecuación:

$$J(v) = 6.9 + 20 \log \left(\frac{\sqrt{(v - 0.1)^2 + 1} + v}{-0.1} \right) \quad \text{dB} \quad (1)$$

$$v = K_{nu} \sqrt{h_{dif} \theta_{clut}} \quad (2)$$

$$K_{nu} = 0.342 \sqrt{f} \quad (3)$$

$$\theta_{clut} = \tan^{-1} \left(\frac{h_{dif}}{w_s} \right) \quad \text{grados} \quad (4)$$

$$h_{dif} = R - h \quad \text{m} \quad (5)$$

Para calcular pérdidas adicionales,

Si $h \geq R$ entonces $A_h = 0$.

Si $h < R$ entonces A_h puede tomar una de las siguientes dos formas, dependiendo del tipo ocupación del suelo:

$$A_h = J(v) - 6.03 \quad \text{dB} \quad (6)$$

$$A_h = -K_{h2} \log(h/R) \quad \text{dB} \quad (7)$$

$$K_{h2} = 21.8 + 6.2 \log(f) \quad (8)$$

Tabla 2. Información por omisión de la altura representativa del obstáculo, R (cuando no se dispone de información local) con base en el Anexo 1 de la Recomendación ITU-R P.2108-0

Tipo de ocupación del suelo	R (m)	Método de cálculo A_h
Agua/mar	10	Ecuación (7)
Espacio abierto/rural	10	Ecuación (7)
Suburbano	10	Ecuación (6)
Urbano/arboleda/ bosque	15	Ecuación (6)
Urbano denso	20	Ecuación (6)

Fuente: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.2108-0-201706-I/es>

Tabla 3. Parámetros del modelo de corrección altura-ganancia del terminal, del Anexo 1 de la Recomendación ITU-R P.2108-0

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor por omisión
Frecuencia	f	GHz	-
Altura de la antena	h	m	-
Anchura de la calle	w_s	m	27
Altura representativa del obstáculo	R	m	Véase Tabla 2
Tipo de ocupación	-	-	-

Fuente: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.2108-0-201706-I/es>

A fin de determinar las pérdidas con base en este modelo, se ha considerado un sistema con las siguientes características:

Tipo de ocupación: Espacio abierto/rural, $f=0.151$ GHz, $h=10$ m, $w_s=27$ m, $R=10$ m, con lo cual se tiene:

$$J(v)=6,033 \text{ dB, a partir de la ecuación (1)}$$

$$A_h=0 \text{ dB, puesto que } h=R$$

$$\text{Pérdida total}=6,033 \text{ dB}$$

Teniendo en cuenta los parámetros y restricciones de las Tablas 1, 2 y 3, las ecuaciones (1) a (8) y, aplicando este mismo procedimiento, se ha calculado LOS, con base en la Recomendación ITU-R P.2108-0, para las diferentes frecuencias y condiciones de clutter consideradas dentro del objeto de investigación. La Tabla 4, presenta los resultados de este ejercicio.

Tabla 4. Predicción de LOS para diferentes frecuencias y condiciones de clutter, a partir de lo establecido en el Anexo 1 de la Recomendación ITU-R P.2108-0

Datos de entrada					Datos de salida		LOS (dB)
f (GHz)	h (m)	R (m)	W_s	Ocupación del suelo	$J(v)$ (dB)	A_h (dB)	
0,151	10	10	27	Agua/mar	6,03285221	0	6,03285221
0,151	10	10	27	Espacio abierto/rural	6,03285221	0	6,03285221
0,151	10	10	27	Suburbano	6,03285221	0	6,03285221
0,151	10	15	27	Urbano/arboleda/ bosque	7,13589518	1,1058951	8,24179037

APLICABILIDAD EN EL TERRITORIO COLOMBIANO DE LOS MODELOS DE LA UIT PARA CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PROPAGACIÓN DEBIDAS AL CLUTTER

f (GHz)	h (m)	Datos de entrada			Datos de salida		LOS (dB)
		R (m)	Ws	Ocupación del suelo	J(v) (dB)	Ah (dB)	
0,151	10	20	27	Urbano denso	8,20056286	2,1705628	10,3711257
0,358	10	10	27	Agua/mar	6,03285221	0	6,03285221
0,358	10	10	27	Espacio abierto/rural	6,03285221	0	6,03285221
0,358	10	10	27	Suburbano	6,03285221	0	6,03285221
0,358	10	15	27	Urbano/arboleda/bosque	7,73082871	1,7008287	9,43165742
0,358	10	20	27	Urbano denso	9,34640226	3,3164022	12,6628045
0,581	10	10	27	Agua/mar	6,03285221	0	6,03285221
0,581	10	10	27	Espacio abierto/rural	6,03285221	0	6,03285221
0,581	10	10	27	Suburbano	6,03285221	0	6,03285221
0,581	10	15	27	Urbano/arboleda/bosque	8,19318701	2,1631870	10,356374
0,581	10	20	27	Urbano denso	10,2148056	4,1848055	14,3996111
0,746	10	10	27	Agua/mar	6,03285221	0	6,03285221
0,746	10	10	27	Espacio abierto/rural	6,03285221	0	6,03285221
0,746	10	10	27	Suburbano	6,03285221	0	6,03285221
0,746	10	15	27	Urbano/arboleda/bosque	8,47772274	2,4477227	10,9254455
0,746	10	20	27	Urbano denso	10,7375293	4,7075293	15,4450587
0,856	10	10	27	Agua/mar	6,03285221	0	6,03285221
0,856	10	10	27	Espacio abierto/rural	6,03285221	0	6,03285221
0,856	10	10	27	Suburbano	6,03285221	0	6,03285221
0,856	10	15	27	Urbano/arboleda/bosque	8,64934016	2,6193401	11,2686803
0,856	10	20	27	Urbano denso	11,0481268	5,0181268	16,0662537
1,902	10	10	27	Agua/mar	6,03285221	0	6,03285221
1,902	10	10	27	Espacio abierto/rural	6,03285221	0	6,03285221
1,902	10	10	27	Suburbano	6,03285221	0	6,03285221
1,902	10	15	27	Urbano/arboleda/bosque	9,89190851	3,8619085	13,753817
1,902	10	20	27	Urbano denso	13,1843735	7,1543735	20,3387471
2,9	10	10	27	Agua/mar	6,03285221	0	6,03285221
2,9	10	10	27	Espacio abierto/rural	6,03285221	0	6,03285221
2,9	10	10	27	Suburbano	6,03285221	0	6,03285221
2,9	10	15	27	Urbano/arboleda/bosque	10,745	4,7149999	15,4599999
2,9	10	20	27	Urbano denso	14,5363368	8,5063368	23,0426736

Fuente: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.2108-0-201706-I/es>

2.2 Recomendación UIT-R P.833-9.

En esta Recomendación se presentan varios modelos que permiten evaluar el efecto de la vegetación en las señales de ondas radioeléctricas. La norma presenta modelos aplicables a

diversos tipos de vegetación para varias geometrías de trayecto adaptadas para calcular la atenuación de las señales que pasan a través de la vegetación.

La norma de la (UIT, 2016) recomienda que se utilice el contenido del Anexo 1 para evaluar la atenuación debida a la vegetación con diversos modelos para la gama de frecuencias comprendidas entre 30 MHz y 100 GHz y establece 2 modelos de propagación generales, a saber: Obstrucción en zonas boscosas, Obstrucción por un solo obstáculo vegetal.

2.3 Report ITU-R P.2090.

La Recomendación UIT R P.833-5 detalla el modelo basado la teoría de la transferencia de energía radiativa (RET) y proporciona los parámetros de entrada necesarios para varias especies de árboles. Sin embargo, si la vegetación es diferente a la que se encuentra en la Recomendación UIT R P.833-5, se pueden derivar los parámetros de entrada para RET a partir de las mediciones. Este Informe detalla cómo derivar los parámetros RET de una medición.

2.4 Recomendación UIT-R P.1410-5.

La Recomendación hace referencia a sistemas que funcionan en una gama de frecuencias de 3 a 60 GHz, dando una orientación sobre cobertura con visibilidad directa (LoS, line-of-sight) y mecanismos preponderantes de propagación sin LoS. La norma proporciona métodos de lluvia para estimar la mejora de diversidad seleccionando la mejor estación de base entre dos y la reducción de cobertura con lluvia (UIT 2012). Se proporciona asimismo una orientación con respecto a la distorsión de banda amplia.

2.5 Recommendation ITU-R P.1411-9.

La Recomendación proporciona orientaciones sobre la propagación exterior de corto alcance en la gama de frecuencias de 300 MHz a 100 GHz (UIT, 2018). Se proporciona información sobre modelos de pérdida de trayecto para entornos con línea de vista (LoS) y sin línea de vista (NLoS), pérdida de entrada al edificio, modelos de trayecto múltiple para ambos entornos del cañón de la calle y sobre tejados, número de componentes de señalización, características de polarización y características de desvanecimiento. Esta Recomendación también puede utilizarse en estudios de compatibilidad.

2.6 Recommendation ITU-R P.311-17.

La Recomendación UIT-R P.311 describe los datos experimentales utilizados por la Comisión de Estudio 3 de la UIT y los criterios de aceptación de datos (UIT, 2018). Esta base de datos se utiliza para probar los modelos de propagación examinados por los Grupos de Trabajo de la Comisión de Estudio 3.

2.7 Recomendación UIT-R P.1812-4.

La norma es un complemento a la Recomendación UIT-R P.1546 y describe un método de predicción de la propagación adaptado a los servicios terrenales punto a zona en la gama de frecuencias comprendida entre 30 MHz y 3 GHz (UIT, 2018).

La recomendación predice los niveles de señal en la mediana de la distribución por trayectos múltiples rebasados durante un porcentaje de tiempo, $p\%$, donde $1\% \leq p \leq 50\%$, y en un porcentaje

dado de ubicaciones, p_L , donde $1\% \leq p_L \leq 99\%$. El método proporciona un análisis detallado basado en el perfil del terreno.

3. Estado del arte

Las normas mencionadas anteriormente se usarán para calcular las pérdidas esperadas en el escenario donde se van a hacer las mediciones, para que de esta forma se pueda comparar las pérdidas esperadas según las normativas de la UIT y las mediciones realizadas en campo. Respecto a las mediciones de campo los profesores del departamento de sistemas electrónicos de la Universidad de Aalborg de Dinamarca y del instituto de Desarrollo tecnológico de Manaus Brasil (RODRIGUEZ, 2016) realizaron un análisis sobre la propagación a través de mediciones de atenuación de señales de 24 GHz las cuales fueron transmitidas través de la vegetación, usaron antenas de bocina y encontraron que las pérdidas estaban entre 2,6 y 3,8 dB/m para los primeros metros al interior del área con vegetación.

Ellos escogieron un entorno con vegetación ya que esta es uno de los obstáculos más comunes de los entornos exteriores, usualmente la atenuación debida a la vegetación se modela como una pérdida adicional a la debida al espacio libre, dividida por la longitud total que viaja la señal de radio a través de la vegetación. Esta pérdida no es lineal ya que en los primeros metros las pérdidas son grandes debido a los obstáculos en el camino directo, pero después esta pérdida deja de crecer tan rápido como al comienzo debido a las múltiples contribuciones de los diferentes obstáculos.

Es importante tener en cuenta la frecuencia de la portadora ya que la atenuación es menor para frecuencias inferiores a los 6 GHz que para aquellas en el rango de 3-30 GHz y 30-300 GHz. Lo anterior se debe al tamaño de la longitud de onda y a que entre más pequeña sea esta más va a ser bloqueada por objetos como hojas y el tronco de los arboles debido a la zona de Fresnel.

El experimento que los profesores realizaron consistió en ubicar dos antenas tipo corneta de la siguiente forma, la antena del equipo transmisor se ubicó en el techo de un edificio de 15 metros y la antena del equipo receptor se ubicó entre la vegetación con una altura de 1.75 metros, ambas antenas tenían una ganancia de 22 dBi y un ancho del haz de media potencia de 25 grados y la mayor atenuación obtenida fue de 170 dB. Realizaron mediciones en 11 diferentes ubicaciones del equipo receptor y la distancia en cada uno de los puntos varió entre 45 y 95 metros. La longitud de vegetación que tuvo que atravesar la señal en promedio para cada uno de los puntos fue de 10 metros. Para garantizar un correcto muestreo y detección de los máximos, en cada ubicación se tomaron 120 mediciones ya que estas se tomaron cada 9 grados de azimut para cubrir los 360 grados y cada 10 grados de elevación en un rango entre +10 y +30 grados.

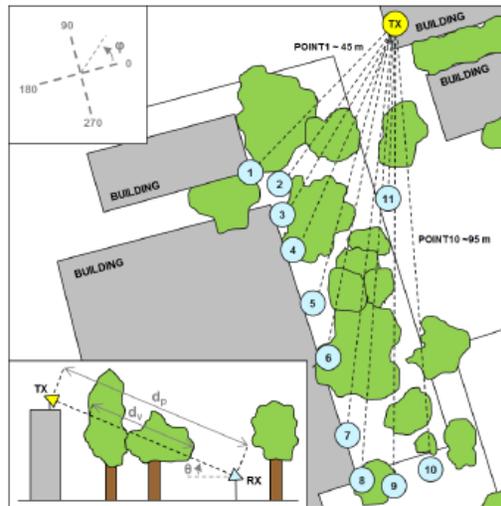


Figura 1. Puntos de medición y geometría considerada

Después de realizar las mediciones estas fueron comparadas con modelos existentes tales como COST 235, Weissberger, FITU-R, ITU-R Slant Path e ITU-R Terrestrial, pero las predicciones de estos modelos son diferentes a los valores obtenidos y una de las razones para estas diferencias es la forma en la que se realizaron las mediciones. De los modelos analizados el COST 235 y el ITU-R slant path fueron capaces de predecir las pérdidas con un error de aproximado de 6.9 db.

Según la recomendación P-833-8 se debe usar el modelo Terrestrial de la UIT el cual requiere el cálculo de tres coeficientes que estuvieron en el rango del modelo S0 para las mediciones realizadas, pero se observó que para la máxima atenuación que da el modelo se usa el factor f^α el cual es muy alto para la frecuencia que se trabajó, por lo tanto los autores sugieren que este factor sea corregido para mayores frecuencias.

Análisis como el anterior permiten que los modelos sean actualizados para ser usados en servicios emergentes que usen frecuencias más altas y de esta forma usar de forma más eficiente el espectro.

4. Mediciones de atenuación

Para realizar las mediciones de las pérdidas de propagación se va a transmitir una señal en cada uno de los rangos de frecuencia de interés para este estudio, estos rangos son: 138-174 MHz, 250-470 MHz, 470-698 MHz, 698-806 MHz, 806-900 MHz y 700-2100 MHz.

La transmisión se realizará usando un radio definido por software (SDR) de referencia HackRF One, un amplificador y una antena omnidireccional. El SDR funciona en el rango de 1 MHz a 6 GHz y su programación se realizó usando el software libre llamado GNU Radio Companion. En este software se configuró una transmisión FM teniendo como variable la frecuencia de la portadora la cual se ira variando dependiendo del rango en el que se esté trabajando, en la Figura 4 se puede observar el diseño realizado.

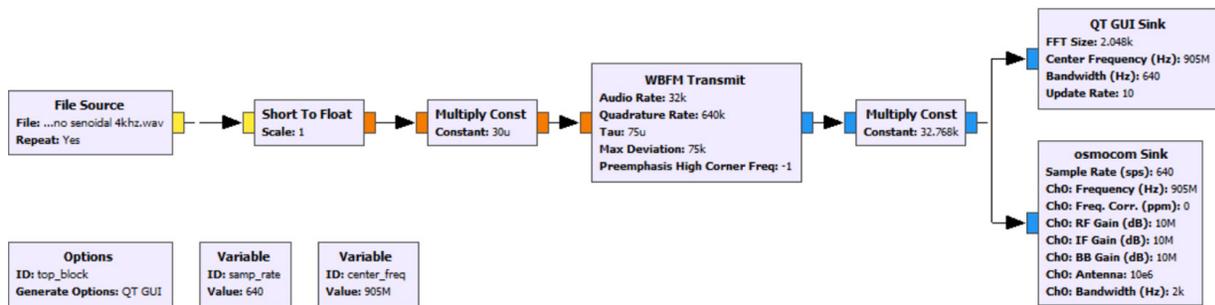


Figura 4. Diagrama de bloques de la transmisión FM usando el SDR

La medición de la señal recibida se realizará usando un analizador de espectro portátil, el filtro RBW y VBW se configurarán con una frecuencia de 100KHz y 10KHz, respectivamente. Lo anterior con la finalidad de quitar el ruido de la señal y poder realizar mediciones con más exactitud, además de esto se usará la función de media del analizador de espectro para descartar posibles fluctuaciones indeseadas al momento de realizar la medición.

5. Conclusiones

- En relación con el modelo predictivo de LOS con base en la Recomendación ITU-R P.2108-0, resulta evidente que, independientemente de la frecuencia empleada, la pérdida está asociada principalmente al tipo de clutter. En este sentido, los tipos de ocupación del suelo “Urbano denso” y “Urbano/arboleda/ bosque” son los que presentan mayor pérdida, siendo esta incluso 17 dB superior a la que se obtiene en un tipo de suelo “Espacio abierto/rural”.
- Es interesante observar que, si la altura del sistema de transmisión h es mayor o igual que la altura del obstáculo R , la frecuencia no tiene un peso significativo en el modelo de predicción de LOS a partir de la Recomendación ITU-R P.2108-0. Lo anterior evidencia la necesidad de realizar estudios de campo que permitan aseverar tal conclusión, no sin antes considerar otros modelos predictivos para esas situaciones.

6. Referencias

- UIT (2017). P.2108 : Prediction of Clutter Loss. Recomendaciones UIT-R.
- UIT (2016). P.833: Atenuación debida a la vegetación. Recomendaciones UIT-R.
- UIT (2012). P.1410: Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales de acceso radioeléctrico de banda ancha que funcionan en una gama de frecuencias de 3 a 60 GHz aproximadamente. Recomendaciones UIT-R.
- UIT (2018). P.1411: Datos de propagación y métodos de predicción para la planificación de los sistemas de radiocomunicaciones de exteriores de corto alcance y redes de radiocomunicaciones de área local en la gama de frecuencias de 300 MHz a 100 GHz. Recomendaciones UIT-R.

- UIT (2018). P.311: Acquisition, presentation and analysis of data in studies of radiowave propagation
- UIT (2018). P.1812: Método de predicción de la propagación específico del trayecto para servicios terrenales punto a zona en las bandas de ondas métricas y decimétricas. Recomendaciones UIT-R.
- Rodriguez, Ignacio (2016). 24 GHz cmWave Radio Propagation Through Vegetation: Suburban Tree Clutter Attenuation. 10th European Conference on Antennas and Propagation.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)