

## MODELO DE PROPAGACION PARA APLICACIONES EN LA BANDA DE UHF

Constantino Pérez Vega, José M<sup>a</sup> Zamanillo y José A. García.

Departamento de Ingeniería de Comunicaciones  
Universidad de Cantabria  
[perezvr@unican.es](mailto:perezvr@unican.es)

### ABSTRACT

A simple propagation model for the UHF band is presented. The model is a computational form of the data provided by the CCIR propagation curves, and it is aimed to be used by practicing engineers. It allows the estimation of median path loss, received power, or electrical field strength which usually is sufficient in many practical applications. The model is independent of frequency and is applicable to outdoor environments in a range of distances from about 0.8 km up to 70 km and transmitting antenna heights from 35 m up to 600 m, and is based on a receiving antenna height of 10 m.

### 1. INTRODUCCIÓN

El modelo que se presenta está basado en las curvas de propagación del CCIR para la banda de 450 a 1000 MHz [1] y su utilización se pretende en la predicción de cobertura de servicios de radiodifusión terrestre de televisión, si bien puede usarse para otros tipos de sistemas de comunicación en esa banda. De hecho, el modelo no es otra cosa que la caracterización matemática de las curvas de propagación y permite la estimación del valor mediano de la atenuación (50,50) en función de la distancia y de la altura de la antena transmisora. El modelo se basa en una altura de la antena receptora de 10 m, si bien pueden aplicarse correcciones para otras alturas.

En este modelo, la atenuación se caracteriza mediante un factor: el exponente de la distancia, asumiendo que, en el entorno real de propagación, la potencia recibida no obedece la ley del inverso del cuadrado de la distancia, sino una de forma [2]:

$$P_{iso} = \frac{P_{rad}}{d^n} \left( \frac{4\pi}{\lambda} \right)^2 \quad (1)$$

Donde  $P_{iso}$  es la potencia recibida por una antena isotrópica,  $P_{rad}$  es la potencia isotrópica equivalente radiada,  $d$  es la distancia en metros entre transmisor y receptor,  $\lambda$  la longitud de onda en metros y  $n$  el factor de atenuación, cuyo valor es 2 en el espacio libre. El valor de  $n$  engloba intrínsecamente, los efectos de todos los mecanismos de propagación: atenuación, reflexión, dispersión, etc. El modelo no intenta establecer una relación entre

$n$  y los aspectos físicos del canal y la aplicación de este parámetro es suficiente en la mayoría de las aplicaciones en que no es necesario conocer a fondo la dinámica del canal. Partiendo de (1), la atenuación en el canal de propagación, en dB, puede expresarse como:

$$L = 10 n \log_{10}(d) + L_0 \quad (2)$$

donde  $L_0 = 20 \log(4\pi/\lambda)$  es la atenuación a 1 m.

En las expresiones anteriores no es clara la dependencia de  $n$  respecto a la frecuencia, distancia o altura de antenas. Para establecer esta dependencia es necesario realizar abundantes mediciones o utilizar un método indirecto que, en este caso, lo proporcionan las curvas de propagación del CCIR, basadas, a su vez, en mediciones a lo largo de bastantes años, en diferentes condiciones de propagación y han sido usadas satisfactoriamente en la práctica desde hace bastantes años. El factor de atenuación  $n$  es independiente de la frecuencia [3], pero no lo es respecto a la distancia ni la altura de la antena transmisora como se infiere de las propias curvas. El objeto de este trabajo es establecer dicha dependencia mediante el modelo presentado.

### 2. EL MODELO

De los datos extraídos de las curvas de propagación se ha derivado el siguiente modelo polinomial:

$$n = \sum_{i=0}^4 \sum_{j=0}^4 a_{ij} h^i d^j \quad (3)$$

Donde los valores de los coeficientes  $a_{ij}$  se dan en la tabla 1, cuando  $h$  se expresa en metros y  $d$  en km.

Cabe hacer notar que, aún cuando los valores de algunos coeficientes son sumamente pequeños y, aparentemente, podrían despreciarse, o podría reducirse el número de decimales, si tal cosa se hace, los resultados obtenidos con el modelo pueden desviarse considerablemente de los valores que se obtienen de las curvas de propagación. Es posible derivar modelos aún más sencillos, con menos coeficientes, como función únicamente de la antena transmisora para distancia constante, o bien como función de la distancia para altura constante. El modelo que se presenta es bidimensional y es completo, en el sentido de que cubre ambos casos.

$a_{00}$	$a_{01}$	$a_{02}$	$a_{03}$	$a_{04}$
2.70414	0.00691419	1.64202E-4	-4.30076E-6	2.38233E-8
$a_{10}$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$
-0.0123957	5.24056E-4	-1.75643E-5	2.4282E-7	-1.11177E-9
$a_{20}$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$a_{24}$
7.60572E-5	-3.91766E-6	1.34E-7	-1.85925E-9	8.54657E-12
$a_{30}$	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$a_{34}$
-2.20208E-7	1.23702E-8	-4.1595E-10	5.67899E-12	-2.58477E-14
$a_{40}$	$a_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$	$a_{44}$
2.03856E-10	-1.18905E-11	3.9371E-13	-5.31031E-15	2.39849E-17

Tabla 1. Coeficientes del modelo de propagación.

### 3. PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA POTENCIA O LA INTENSIDAD DE CAMPO

El modelo (3) proporciona el valor del factor de atenuación (exponente de la distancia) en función de la altura de la antena transmisora y de la distancia al receptor. Para obtener la potencia recibida o la intensidad de campo es necesario efectuar algunos cálculos, como sigue:

- Conocido el valor de  $n$  la atenuación en la trayectoria de propagación puede calcularse mediante (2).
- La potencia isotrópica recibida, en unidades logarítmicas, se calcula como:

$$P_{iso} \text{ (dBw)} = P_{rad} - L \quad (4)$$

- Finalmente, la intensidad de campo se puede calcular mediante:

$$E = \frac{\pi}{\lambda} \sqrt{480 P_{iso}} \quad (5)$$

### 4. RESULTADOS

En la figura 2 se muestra el ajuste de los valores de  $n$  obtenidos de las curvas de propagación del CCIR con los valores de  $n$  obtenidos mediante el modelo propuesto. La desviación máxima de estos últimos respecto a los de las curvas es de 1.23%, de modo que el ajuste puede considerarse muy bueno. El error máximo en la intensidad de campo obtenida mediante el modelo es de 0.65 dB respecto al que proporcionan las curvas, de modo que, desde un punto de vista práctico puede considerarse inapreciable.

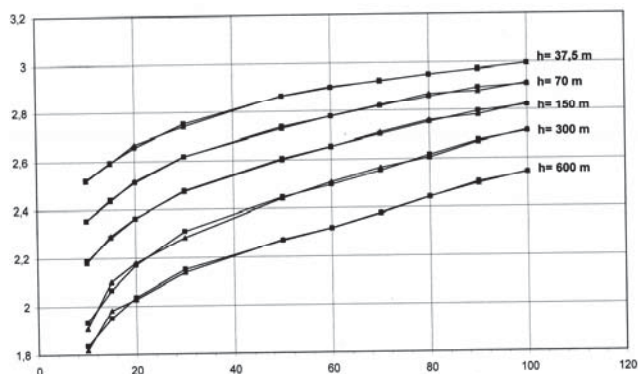


Figura 2. Factor de atenuación ( $n$ ) en función de la distancia en km para diferentes alturas de la antena transmisora.

### 5. CONCLUSIONES

Se ha presentado un modelo de atenuación derivado de las curvas de propagación del CCIR para la banda de 450 a 1000 MHz. Dichas curvas fueron desarrolladas utilizando valores medidos en diferentes áreas geográficas y en distintos períodos de tiempo, y proporcionan los valores medianos de la intensidad de campo. Por consecuencia tales curvas ofrecen datos experimentales fiables y vienen siendo utilizadas desde hace muchos años en la práctica. En este modelo, se ha caracterizado al exponente de la distancia, como función de la altura y de la distancia al receptor para obtener la atenuación y, por consecuencia, la potencia recibida o la intensidad de campo. El ajuste del modelo con las curvas originales es muy bueno y funciona bien para distancias hasta de 70 Km y alturas de antena transmisora hasta de 600 m. El modelo se basa en una altura de la antena receptora de 10 m y requiere corrección para otras alturas. Por razones de espacio dicha corrección no se incluye aquí.

Adicionalmente, el modelo no requiere de recursos considerables de cómputo y es de aplicación simple en la práctica, cuando no se requiere un conocimiento profundo de la dinámica del canal. El modelo es independiente de la frecuencia y puede ser utilizado tanto para aplicaciones de radiodifusión como para otros sistemas de comunicaciones en exteriores.

### 6. REFERENCIAS

- [1] CCIR Recommendation 370-3. "VHF and UHF Propagation Curves for the Frequency Range from 30 MHz to 1000 MHz". ITU XIVth Plenary Assembly, Kyoto, 1978. Vol. V. Propagation in Non-Ionized Media.
- [2] Pérez-Vega, C. and García, J.L. "A simple Approach to a Statistical Path-Loss model for Indoor Communications". 27<sup>th</sup>. European Microwave Conf. Proc. Jerusalem, 1997.
- [3] Pérez-Vega, C. and García, J. L. "Frequency behavior of a power-law path loss model". Proc. 10<sup>th</sup> Microcoll. Budapest, March 1999.