

# DESARROLLO DEL MODELO DE PROPAGACIÓN ANDINO-UIS



## YAIR I. CARREÑO

Ingeniero Electrónico  
Investigador del Grupo RadioGIS  
Universidad Industrial de Santander  
[yair\\_lizarazo@yahoo.com.mx](mailto:yair_lizarazo@yahoo.com.mx)  
COLOMBIA

## HOMERO ORTEGA BOADA

Ph.D. of Engineering Sciences, Kyiv  
International University of Civil Aviation.  
Docente Investigador Grupo RadioGIS  
Universidad Industrial de Santander  
[horte gab@uis.edu.co](mailto:horte gab@uis.edu.co)  
COLOMBIA

## ALEXIS PAOLO GARCÍA

Ph.D Ingeniería de las  
Telecomunicaciones Universidad  
Politécnica de Valencia (España)  
Investigador del Grupo RadioGIS  
Universidad Industrial de Santander  
[alexis\\_paolo@uis.edu.co](mailto:alexis_paolo@uis.edu.co)  
COLOMBIA

Fecha de Recepción del Artículo: 4 de Abril de 2005 Fecha de Aceptación del Artículo: 23 de Abril de 2005

Artículo: Tipo 1

## RESUMEN.

Paralelo al desarrollo de los sistemas de acceso inalámbricos, surge la necesidad de adaptar las herramientas de predicción existentes a las adicionales exigencias de los sistemas actuales y de los entornos complejos. Los estudios recientes sobre los modelos de propagación han arrojado avances en la manera de considerar los fenómenos de difracción en entornos tan complejos como los de la región Andina[9]. Siendo estos bien implementados en algoritmos de apoyo generan niveles de predicción de mayor efectividad para la evaluación de los sistemas inalámbricos de comunicación que estén establecidos o se establezcan sobre una determinada región, haciendo uso de software comercial e ingeniería de RF local. Este artículo trata el estudio planteado para el complemento, desarrollo e implementación de un modelo determinístico de propagación para la predicción de pérdidas de la señal electromagnética en un sistema de red de acceso inalámbrico a nivel de entornos Outdoor y la implementación de su respectivo algoritmo en un lenguaje flexible y capaz de adaptarse a un SIG (Sistema de Información Geográfica). Este modelo se diseña bajo consideraciones de un sistema sectorizado de tecnología inalámbrica móvil sobre un entorno tipo Andino para la banda UHF, haciendo uso de los avances logrados por el Grupo de Investigación en Radiocomunicaciones - RadioGIS - en el campo de predicción de pérdidas con el modelo COST231-Walfisch-Ikegami, recomendaciones internacionales de la ITU y validación por medio de campañas de mediciones en la ciudad de Bucaramanga (Colombia) en una región de topografía irregular, con construcciones no homogéneas y bajo convergencia de calles. El presente estudio se ha desarrollado con base a la experiencia del Grupo de Investigación en Radiocomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander con el apoyo de Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, el Ministerio de Comunicaciones de Colombia y la compañía TES América Andina Ltda.

## PALABRAS CLAVE

Modelos de Propagación, Herramientas de planificación, Difracción, Esquinas, Relieve, Alturas referenciadas.

## ABSTRACT

Parallel to the development of the wireless systems of access, arises the necessity to adapt the existing tools of prediction to the additional exigencies of the present systems and the complex surroundings. Recent studies on the propagation models have thrown advances in the way to consider the phenomena of diffraction in as complex surroundings as those

of the Andean region. These or being implemented in support algorithms they generate levels of prediction of greater effectiveness for the evaluation of the wireless systems of communication that are established or they settle down on a certain region, doing use of commercial software and engineering of local RF. This article treats the study raised for the complement, development and implementation of a deterministic model of propagation for the prediction of losses of the electromagnetic signal in a system of network of wireless access at level of Outdoor surroundings and the implementation of its respective algorithm in a language flexible and able to adapt to a SIG (GIS). This model designs under considerations of a sectored system of movable

wireless technology on surroundings Andean type for the UHF band, making use of the advances obtained by the Group of Investigation in Radio communications - RadioGIS- in the field of prediction of losses with the COST231-Walfisch-Ikegami model, international recommendations of the ITU and validation by means of campaigns of measurements in you take care of it of Bucaramanga (Colombia) in a region of irregular topography, with no homogenous constructions and low streets's convergence. The present study has been developed with base to the experience in the Group of Investigation in Radio communications - RadioGIS of the Industrial University of Santander with the support of Electrical, Electronic School of Engineerings and Telecommunications, the Ministry of Communications of Colombia and the company TES America Andina Ltda.

## KEYWORDS

Propagation Tools, Planning Tools, Diffraction, Corners, Relief, Convergence.

## INTRODUCCIÓN

Desde el momento en que las comunicaciones inalámbricas empezaron a tener un uso comercial y los diferentes fenómenos involucrados en la propagación de ondas radioeléctricas fueron estudiados con mayor detalle, se inicio la búsqueda de procedimientos y herramientas que permitieran predecir la propagación de las ondas a diferentes frecuencias, teniendo en cuenta los parámetros involucrados en la transmisión tales como el PIRE, el patrón de radiación de las antenas, la altura de las antenas con respecto al piso y el entorno topográfico y climático de la zona de interés.

Al inicio de las transmisiones de Radio y posteriormente de Televisión, siempre se consideró importante definir la zona de servicio en donde la señal se podría transmitir con calidad, así como las zonas de coordinación en donde el nivel de la señal ya no es el suficiente para lograr una comunicación de calidad pero todavía es lo suficientemente elevado para causar interferencia a un sistema con la misma frecuencia, estos hechos demandaron la definición de procedimientos y métodos que permitieran estimar las zonas de servicio y coordinación.

Al modelar la propagación, se puede observar que las pérdidas en espacio libre pueden obtenerse de una fórmula que está en función de la distancia y la frecuencia, las cosas se complican cuando no existe un escenario de espacio libre sino con obstáculos hechos por el Hombre (Edificios, puentes, etc.) y aquellos propios de la topografía de la región[13][15]. En estos casos se empiezan a observar pérdidas por difracción y las ecuaciones de Maxwell que se aplican para este tipo de situaciones requieren de la definición de los parámetros de permitividad y permeabilidad de cada uno de los obstáculos.

Una solución alterna a este hecho se planteo realizando campañas de mediciones. Dado un entorno topográfico, a una frecuencia determinada con una altura y antena definidas se procedió a medir la intensidad de campo eléctrico en forma radial y en diferentes puntos, se procuraron diferentes tipos de escenarios topográficos y diferentes alturas, es así como a

partir de un número importante de mediciones con variables controladas se obtuvieron modelos estadísticos, es decir ecuaciones derivadas de mediciones.

A medida que los sistemas de acceso inalámbricos se desarrollaron, también lo hicieron los modelos de predicción pasándose así de modelos tipo estadísticos a modelos semiderterminísticos y determinísticos esto es, modelos que además de considerar los resultados obtenidos de las campañas de mediciones también eran fundamentados por aportes teóricos hechos en el campo de la física óptica, en la actualidad este proceso ha continuado y con el desarrollo de nuevas tecnologías era mas que obvia la necesidad de adaptar las herramientas de predicción existentes a las adicionales exigencias de los sistemas actuales, por ello no solo se lleva a cabo desarrollos en la predicción de perdidas en espacios outdoors, sino también a espacios indoors, estimaciones de tráfico, estudios de interferencia, caracterización de canales o análisis de capacidad y cobertura.

Contar con una herramienta de apoyo desarrollada en un entorno propio de la región que permita examinar el desempeño de los sistemas de comunicación móviles ubicados en el territorio nacional no sólo beneficiará a los operadores brindando un análisis útil para la reducción de costos y mejoramiento de la calidad del servicio, sino que además permitirá que se lleven a cabo controles del impacto de dichos sistemas sobre el medio ambiente, esto es propagación racional de señales electromagnéticas tema que el Ministerio de Comunicaciones de Colombia ha planteado recientemente con el objetivo de establecer parámetros de prevención de riesgos contra salud por exposición de los habitantes a emisiones electromagnéticas por parte de los operadores.

## 1. FENÓMENOS DE DIFRACCIÓN EN LOS MECANISMOS DE PROPAGACIÓN

Hay un número indeterminado de factores de interferencia que pueden degradar la comunicación en un sistema de comunicación celular. De acuerdo al tipo de comunicación, los factores más importantes involucrados en los mecanismos de propagación son:

Factores que afectan las comunicaciones móviles inalámbricas:

- Fading y multipath fading
- Spread delay
- Doppler delay
- Timing alignment
- Shadowing
- Path Loss

Factores que afectan las comunicaciones fijas:

- Atenuación
- Ruido
- Absorción atmosférica
- Multipath