



PARÁMETRO DE RADIO ATENUACIÓN TROPOSF ERICA POR LLUVIA PARA EL ESTADO ZULIA EN EL RANGO DE FRECUENCIAS DE 0.4 Ghz Y 60 Ghz

**Tropospheric radio – attenuation parameter due to rain for the State of
Zulia within the frequency range 0.4 Ghz and 60 Ghz**

Owen Henriquez L
Universidad Rafael Belloso Chac n. Venezuela

Carlos durante
Universidad del Zulia. Venezuela

RESUMEN

El presente estudio se plante  como propósito fundamental obtener el parámetro de radio atenuación para el estado Zulia midiendo el nivel de pérdida de potencia en dB/km en los radio enlaces y sistemas satelitales, que son expuestos a las lluvias en la troposfera, t picas de una zona tropical. Esta investigación tiene características de estudio descriptiva de campo, los resultados de la misma son desarrollados a lo largo de cinco aspectos los cuales son de vital importancia tanto para entes gubernamentales y privados en el área de las telecomunicaciones, ya que representa un aporte técnico que se debe tomar en cuenta al momento de diseñar y construir el satélite Venesat1 (Satélite Simón Bolívar), así como determinar la incidencia de la altura de la troposfera en el trópico con respecto a los países nórdicos. La recolección de la data fue obtenida de estaciones meteorológicas pertenecientes a la Fuerza Aérea y Ministerio del Ambiente, ubicadas en el estado Zulia. Se obtuvo períodos de datos de hasta 5 y 79 años lo que permitió predecir con el mínimo error el comportamiento de este parámetro. El procesamiento de la data fue posible a través del análisis del modelo matemático y el propuesto por la UIT (UIT-R P838-3). Ejecutado con el software de aplicaciones Matlab7.0, previo un análisis de distintas alternativas, obteniendo gráficas de 3D permitiendo evaluar los efectos de la atenuación por lluvia en los años transcurridos, todo en función del tiempo (años) y la frecuencia.

Palabras Clave: Radio Atenuación, Lluvia, Troposfera



ABSTRACT

The following document have as a principal objective to obtain the radio – attenuation parameter for the State of Zulia, measuring the level of power loss in dB/km, in radio links and satellite systems exposed to rain in the troposphere which is typical in tropical zones. This investigation has study characteristics which are descriptive in situ. The results are developed throughout five aspects of high importance to private and governmental entities in telecommunications areas, since they represent a technical contribution to be taken into account when designing and building the satellite Venesat1 (Satelite Simon Bolivar). It will also help to determine the incidence of the tropospheric altitude in tropical countries regarding Nordic countries. The collection of data was obtained from the meteorological stations belonging to the Air Force, Ministry of Environment, located in the State of Zulia. It was obtained data periods ranging from 5 to 79 years, which allowed to predict the behavior of this parameter with minimal error. The data processing was possible throughout the analysis of mathematical model and the selection of the proposal by the UIT (UIT-R P838-3). Its execution was performed by the applications software Matlab 7.0, previous evaluation of different alternatives. We obtained 3D graphs, allowing to evaluate the attenuation effects due to rain during the years, everything in function of time (years) and frequency.

Key Words: Radio Attenuation, Rain, Troposphere

INTRODUCCIÓN

La creciente sociedad necesita y está ávida por mantenerse en comunicación constante, por lo tanto se coloca de manifiesto la importancia que representa contar con sistemas de comunicación de alta confiabilidad, donde el flujo de información entre las personas sea preciso y sin ningún tipo de anomalía que afecte el normal proceso comunicacional.

La posibilidad de comunicarnos con otra persona a través de un teléfono móvil o poder ver una señal de televisión originada al otro lado del mundo, sólo puede ser posible gracias a los satélites, que poseen la capacidad amplificar las señales radioeléctricas recibidas desde la tierra para luego enviarlas a otro punto muy lejano en el planeta. Sin embargo, muchas veces este proceso se ve perturbado o interrumpido por la influencia de fenómenos atmosféricos como lo son los hidrómetros o lluvia, que hoy en día esta comprobado que es uno de los efectos de mayor incidencia negativa en la propagación de las señales, llegando incluso a interrumpir la transmisión.



Los fenómenos atmosféricos como la lluvia, el granizo o la niebla ocurren en la capa baja de la tierra (la troposfera). Esta es una zona que varía en su altura, dependiendo de la ubicación geográfica en la tierra y que puede ser desde unos 8 kilómetros en los polos y en el ecuador de aproximadamente 17 kilómetros. A medida que esta zona (la troposfera) aumente en su altura y hay mayor incidencia de fenómenos atmosférico también la exposición de las señales es mayor, siendo este el caso en los países del trópico como Venezuela.

El proceso de las comunicaciones en su tránsito por la troposfera al ser afectada específicamente por la lluvia causa atenuación en la comunicación, es decir, las gotas de agua absorben la energía de la señal disminuyendo su potencia, el rendimiento de la misma y afectando el normal desenvolvimiento de la comunicación.

La atenuación de las señales radioeléctricas es un caso serio que ha llevado a científicos de diversos países a estudiar dicha problemática basándose estos en la recolección de información pluviométrica de regiones del planeta, para poder conocer el efecto de este fenómeno en las comunicaciones, desarrollando modelos matemáticos que se basan en la información estadística que se tiene sobre las precipitaciones y que permitan minimizar la influencia de este fenómeno en las señales que transitan por la troposfera así como optimizar el diseño, fabricación y aplicaciones de los satélites.

Asimismo cumpliendo con los requisitos metodológicos y de contenido, el estudio se encuentra enmarcado de la siguiente manera: El capítulo I, presenta el planteamiento, objetivos, justificación y delimitación del problema.

Durante capítulo II se describen los antecedentes de la investigación, las bases teóricas sobre las que se fundamenta y el sistema de categorías de análisis. El capítulo III enmarca la definición del tipo de investigación realizada, el diseño de la misma, los procedimientos o metodología que se aplicaron y el análisis estadístico.

En el capítulo IV se expone el análisis de los resultados de la investigación producto de la aplicación del modelo matemático, una vez desarrollados los capítulos anteriores, planteando las conclusiones y recomendaciones del caso, a las cuales se ha llegado por medio de este estudio. En las referencias bibliográficas se detallan las fuentes informativas que sustentan esta investigación.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Entre los efectos que sufren las transmisiones producto de la variación dieléctrica se tienen el índice de refracción o flexión, el cual varía a medida que las ondas se propagan en la atmósfera, de acuerdo al aumento gradual de la altura; las variaciones en la temperatura atmosférica, humedad, presión, la dependencia del clima y el estado del tiempo local.

La energía emitida por un radar en una atmósfera despejada es debilitada por la absorpci n, por el oxígeno y vapor de agua donde las moléculas son absorbidas y se pierden en forma de calor. La niebla, el granizo, las nubes y lluvia, absorben y dispersan también la energía. Por otra parte, la propagación de señales a través de la troposfera es influenciada por diversos componentes gaseosos de la misma (oxígeno y vapor de agua), las nubes y las precipitaciones que en ella ocurren. La influencia de estos elementos depende del clima y la frecuencia.

Cardama, entre otros, afirman que dentro de estos fenómenos, la lluvia es la que posee mayor efecto negativo, conoci ndosele como efecto pluviométrico, o efecto por lluvia, y originando un debilitamiento en las señales radio-eléctricas generadas a diferentes frecuencias, lo cual trae como consecuencia que los enlaces presenten bajo rendimiento.

Debido a los efectos que produce la atenuación, su impacto en los radio enlaces, para poder conocer su grado de incidencia y realizar el mapa de radio atenuación troposférica correspondiente a el estado Zulia y como parte de lo que será el estudio y graficación para toda Venezuela.

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La presente investigación en regiones tropicales de clima templado como es el caso de la ciudad de Maracaibo no se ha llevado a cabo hasta el rango de 60 Ghz, razón por la cual se toman como referencia para comunicaciones públicas, y comerciales, cálculos de índole internacional que no se adecuan a las realidades de países situados en la franja ecuatorial puesto que el espesor de la troposfera es diferente entre los países nórdicos con respecto a los ecuatoriales.

El cálculo del parámetro de radio atenuación por lluvia contribuye a la conformación del mapa troposférico de Venezuela. De igual manera será de complemento para el diseño y construcción del satélite Simón Bolívar (Venesat 1), esto permitirá a los diversos organismos de estado y empresas



de telecomunicaciones realizar ajustes en sus equipos con miras a lograr la eliminación de las perturbaciones causadas por las lluvias.

ANTECEDENTES

Una persona puede ver un canal de televisión cuya transmisión se origina en otra parte del mundo, gracias a la acción de los satélites, los cuales permiten amplificar las señales recibidas de la tierra para retransmitirlas por medio de ondas electromagnéticas. Sin embargo, esta recepción algunas veces se ve afectada por fenómenos atmosféricos como la lluvia.

Las señales de los satélites utilizan las bandas de comunicaciones comerciales C, Ku y Ka. En frecuencias superiores a los diez GHz la lluvia es un factor dominante en lo que a atenuación de señales se refiere, la energía electromagnética es absorbida y convertida en calor por las gotas de lluvia.

Los datos sobre precipitación pluvial en los que se sustenta el diseño de satélites que envían señales al territorio mexicano, están fundamentados en información de los sistemas meteorológicos de Estados Unidos. Esta situación ocasiona que eventualmente las señales emitidas al país receptor no sean de la calidad que se requiere, pues no llueve igual en México que en aquella región.

Al comparar los informes estadounidenses que actualmente se emplean para nuestro país con los obtenidos en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), se observó que los niveles de lluvia empleados en los modelos que se usan para predecir atenuación por lluvia son diferentes a los reales.

Es de trascendental importancia para la presente investigación, porque plantea la necesidad de realizar estudios que estén adaptados a las condiciones climáticas de cada región, lo cual llevó a plantear la posibilidad que el tamaño de la troposfera que es menor en los países nórdicos con respecto a los ecuatoriales pueda tener influencia en los radio enlaces.

Según Dissanayake (2002) en su investigación Modelo de Propagación de la Banda Ka para Aplicaciones Satelitales Fijas expone que limitaciones impuestas por el medio ambiente, hacen difícil el proveer servicios de satélite en la Banda Ka.

La atenuación de la lluvia es una función de la frecuencia, el ángulo de elevación, ángulo de polarización, intensidad de la lluvia, el tamaño de las gotas y la distribución de estas y su temperatura, donde la atenuación de la



lluvia posee varios modelos disponibles para la predicción y el modelo que se propone parece que provee un buen acuerdo entre los datos que se han colectado de la Banda Ka con el satélite ACTS, el modelo requiere rata de lluvia al 0,01 % de nivel de probabilidad como el mayor parámetro de entrada.

Las estadísticas de atenuación de la Banda Ka que se derivan de las medidas de propagación del ACTS que fueron hechas en Raston Virginia; a un ángulo de elevación es de 39.

Para el sitio de la medida la contribución de la humedad de la antena a 0,1%, es de 2,7 dB a 20,2 Ghz y, 3,9 dB a 27,5 Ghz, se muestran distribuciones acumulativas para un periodo de 5 años. La data experimental indica que la duración de la merma de la lluvia está aproximadamente distribuida en una forma o modelo Normal-log con un promedio de duración cercano a los 5 minutos. Las ratas de mermas son esencialmente una función del tipo de lluvia y en general limitados a aproximadamente 1 dB/s.

Es de interés para el presente estudio, establecer la importancia de proponer un modelo para aplicaciones satelitales fijas en la Banda Ka que ayuden a solventar la atenuación producida por fenómenos atmosféricos como es el caso la lluvia y donde el cálculo del parámetro de radio atenuación es preponderante para el eficaz funcionamiento de estas aplicaciones.

Muñoz, Pacheco, Cubillán, Durante, Durán, y Fermín (2005) investigaron acerca de la incidencia que tiene la troposfera en las comunicaciones en los países tropicales, como el caso de Venezuela específicamente.

Los resultados obtenidos en la exploración muestran la atenuación de radio enlaces y la media anual de los últimos 30 años para varias ventanas espectrales de Venezuela entre los rangos de 0.4 Ghz a 4 Ghz.

Se puede evaluar el desvanecimiento que sufren las ondas electromagnéticas para ciertas condiciones que se presentan en la atmósfera, así mismo se propone realizar un mapa de radio atenuación troposférica para radio enlaces en los países tropicales, lo cual sería de gran beneficio para prevenir atenuaciones en las comunicaciones causadas por diversos fenómenos atmosféricos.



BASES TEÓRICAS

ATENUACIÓN

La ley inversa cuadrática para la radiación, matemáticamente describe la reducción en la densidad de potencia con la distancia de la fuente. Conforme se aleja un frente de onda de la fuente, el campo electromagnético continuo, que es radiado desde esa fuente, se dispersa. Es decir las ondas se alejan más unas de otras y, consecuentemente el número de ondas por unidad de área disminuye.

La atenuación de la onda se expresa generalmente en términos del logaritmo común de la relación de densidad de potencia (pérdida en dB), matemáticamente, la atenuación de la onda.

La atenuación por lluvia depende de la intensidad y de factores tales como el tipo de lluvia, el tamaño y la velocidad de las gotas de agua. La lluvia puede ser una causa importante de atenuación a frecuencias superiores a 1 Ghz. La atenuación total producida por la lluvia, se obtiene multiplicando la atenuación específica por la longitud de la celda de lluvia.

Para aplicaciones prácticas la atenuación específica de la lluvia puede calcularse como:

$$Y_r = K R^\alpha \text{ (dB/km)}$$

Donde R es la intensidad en mm/h, y las constantes K y α son función de la frecuencia y difieren para polarización vertical y horizontal, ya que las gotas de lluvia no son esféricas sino que por el efecto del rozamiento del aire tienden a achatarse. La relación entre la atenuación específica oscila entre 1,05 y 1.35 dB para cada polarización en el margen de frecuencias entre 10 y 80 Ghz.

ATENUACIÓN Y DISPERSIÓN

En una atmósfera despejada, la energía del radar disminuye debido a la absorción por el oxígeno y vapor de agua. La niebla, nubes, nieve, granizo, y lluvia absorben y dispersan también energía incidente del radar. La cantidad de radiación dispersada depende de las propiedades dieléctricas de los dispersores.



En el caso usual de las ondas de radar que interactúan con los componentes atmosféricos (lluvia), las nubes y la precipitación pueden generar ecos en los equipos receptores debidos a esta dispersión, y estos son visibles en las pantallas de los radares. Si los ecos son intensos interferirán en la detección normal del objetivo que se este observando.

PRECIPITACIÓN

La precipitación es cualquier forma de agua que cae del cielo. Esto incluye lluvia, nieve, neblina y rocío. La precipitación es generada por las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua creciente se forman, y caen a la Tierra por gravedad.

ATENUACIÓN ESPECÍFICA DEBIDO A LA LLUVIA

La atenuación específica debido a la lluvia puede calcularse a partir de la Recomendación UIT-R 838. La atenuación específica a (dB/km) se obtiene a partir de la intensidad de lluvia R (mm/h) mediante la ley exponencial:

$a = kR^\alpha$, donde k y α son unas constantes que dependen de la frecuencia y de la polarización de la onda electromagnética. Algunos valores de k y α para distintas frecuencias y polarizaciones lineales (horizontal y vertical) En la Rec. UIT-R 838 se proporcionan un mayor número de valores. Para obtener valores a frecuencias intermedias se recomienda aplicar interpolación, utilizando una escala logarítmica para la frecuencia y para k , y una escala lineal para α .

SOFTWARE DE SIMULACIÓN

El software de simulación es una herramienta para el modelaje, análisis y simulación de una amplia variedad de sistemas físicos y matemáticos, inclusive aquellos con elementos no lineales y aquellos que hacen uso de tiempos continuos y discretos. Como una extensión de MatLab, Simulink adiciona muchas características específicas a los sistemas dinámicos, mientras conserva toda la funcionalidad de propósito general de MatLab.

METODOLOGÍA PARA LA INVESTIGACIÓN

La realización y desarrollo del presente estudio tiene como metodología culminar la investigación planteada por el autor inicialmente, de una serie de fases relevantes que se deben llevar a cabo para obtener una visión más exacta del planteamiento, y los objetivos expuestos en el sistema de variables.



Como primera fase se procedió a la descripción de los software de simulación para el cálculo del parámetro de radio atenuación troposférica, así como de los distintos modelos matemáticos utilizados para tal fin; basados en aplicaciones anteriores a la presente investigación y que nos sirvieron para profundizar en su funcionamiento y seleccionar el que fue de mayor beneficio para el estudio en cuestión.

La segunda fase a considerar es la selección y organización de los datos meteorológicos de la cantidad de lluvia ca da en un período de tiempo determinado en el estado Zulia, para lo que se tomaron datos provenientes de las estaciones de la Fuerza Aérea de la República Bolivariana de Venezuela y del DEA-MAR Zulia, dependencia del Ministerio del Ambiente.

En la tercera fase se realizó una normalización de la data meteorológica, a fin de manejar una misma unidad de tiempo en la medición en cada estación. Llevar a cabo el cálculo de la intensidad de lluvia, la media interanual, así como describir su evolución en un período de tiempo predeterminado como materia prima y así determinar el parámetro de radio atenuación en el estado Zulia, en las distintas ventanas espectrales de 0.4 Ghz y 60 Ghz, con el desarrollo de una aplicación con interfase gráfica para realizar dichos cálculos.

Como cuarta y última fase, se concluyó seleccionando el modelo matemático, se realizó el cálculo de los coeficiente de k , α y el parámetro de radio atenuación, graficando los efectos de este en el tiempo, y determinando el nivel de influencia del fenómeno entre las frecuencias de 0.4 Ghz y 12 Ghz, fenómeno descartado por otros investigadores pero que este estudio caracteriza las zonas ecuatoriales, donde la troposfera posee una mayor distancia que en los países nórdicos.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Como primera fase tenemos que según el Msc. Mogollón (2006) en su estudio Atenuamiento Troposférico en los radio enlaces en el estado Trujillo, llevó a cabo la contracción de un software para calcular la atenuación troposférica en función de la frecuencia y del tiempo, en este caso por mes, siendo posible la graficación en tercera dimensión.

La recomendación UIT-R P.838-3 para el cálculo de la atenuación específica, el cual es producto de profundos estudios en el campo de la propagación de señales de radio y que es hoy en día, cuando se observa con más claridad la magnitud de la influencia del fenómeno lluvia sobre los



radio enlaces, y sus consecuencias en proceso comunicacional que se lleva a cabo en el mudo entero.

Para realizar el procedimiento del cálculo de atenuación, debe considerarse de forma estadística, la probabilidad que una cierta intensidad de lluvia ocurra.

La atenuación específica de la lluvia puede obtenerse por medio de la siguiente formula:

$$Y_r = K R^\alpha \text{ (dB/km),}$$

Donde R representa la intensidad en milímetros/h, y las constantes K y α son función de la frecuencia y difieren para polarización vertical y horizontal. Para la presente investigación se tomó en consideración que la gota es completamente redonda y su caída es vertical. Para realizar el cálculo de los coeficientes de K y α , hay que tomar en cuenta que estos son dependientes de los valores de K_h , α_h , K_v , α_v y para hallar estos debemos aplicar el siguiente procedimiento:

$$\log k = \sum_{j=1}^3 \left(a_j \cdot \exp \left[- \left(\frac{\log(f) - b_j}{c_j} \right)^2 \right] \right) + m_k \cdot \log(f) + c_k$$

$$\alpha_{\text{mod}} = \sum_{i=1}^4 \left(a_i \cdot \exp \left[- \left(\frac{\log(f) - b_i}{c_i} \right)^2 \right] \right) + m_\alpha \cdot \log(f) + c_\alpha$$

Una vez calculados los coeficiente de k_h (polarización horizontal), k_v (polarización vertical), α_h (polarización horizontal) α_v (polarización vertical), se procede al cálculo de los valores de k y α para cada frecuencia, en función del siguiente procedimiento.

$$k = \sqrt{k_h^2 + k_v^2}$$

$$\alpha = \sqrt{\alpha_h^2 + \alpha_v^2}$$

Al obtener k y α en función de la frecuencia se procede a calcular la atenuación específica en función de la intensidad de lluvia precipitada para un período de tiempo específico para un rango de frecuencias.



Como segunda fase de la investigación, se llevó a cabo la selección de la data meteorológica, dentro de un conjunto de estaciones que se encuentran en el estado Zulia.

Como tercera fase se procedió a determinar la intensidad de lluvia, su media interanual. Una vez obtenidos los totales de precipitación por mes, se procedió a dividirlos entre el número de horas del día y multiplicarlo por 28, 29, 30 o 31 días según sea el base la siguiente fórmula:

$$R = (\text{mm} \times \text{mes} / 24\text{h}) * \text{número de días del mes}$$

Ejemplo si el mes de enero de 1927 se obtuvo 34 milímetros de precipitación, la intensidad de lluvia equivalente será:


$$R = (34 \text{ mm} / 31 \text{ días}) / 24 \text{ horas}$$

$$R = 0,0456 \text{ mm/h}$$

Una vez aplicada la fórmula para el cálculo de la intensidad para el período en observación, para diferentes estaciones.

A continuación se muestra una tabla donde se podrá apreciar el promedio de la intensidad de lluvia calculada para los doce meses de los 79 años, para el período de tiempo para los datos obtenidos de la Fuerza Aérea de la República Bolivariana de Venezuela.

Tabla No. 1 Promedio Intensidad de los últimos 79 Años

MINISTERIO DE LA DEFENSA FUERZA AEREA VENEZOLANA SERVICIO DE METEOROLOGIA SISTEMA CLICOM													
PROMEDIO INTENSIDAD ULTIMOS 80 AÑOS PERIODO: 1911 / 1990													
ESTACION: MARACAIBO LATITUD: 10° 14' N LONGITUD: 71° 44' W ELEVACION 65 msnm INDICATIVO INT.: 80407 hpluv = 1.4 m SERIAL NAC. 1015													
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
PROME	0,0043	0,0021	0,0080	0,0451	0,0921	0,0744	0,0477	0,0751	0,1086	0,1699	0,0999	0,0189	

Como cuarta y última fase se procedió a hallar el parámetro de radio atenuación, determinar su influencia entre las frecuencias de 4 Ghz y 12 Ghz, lo cual se llevó a cabo según la Recomendación de la UIT-R PN 838 para lo cual se procedió a calcular los coeficientes de k, α, obteniendo los



resultados del cual se presenta en la siguiente tabla una muestra de los datos obtenidos según se explicó en la segunda fase.

Tabla No. 2 Coeficientes de K y α

METODO PARA EL CALCULO DE LA ATENUACION ESPECIFICA Y COEFICIENTES DE K y α						
Frecuencia Ghz	Kv	α_h	Kh	α_v	K	α
59,98	0,86023932	0,76570487	0,85113977	0,74862886	1,210144866	1,070863725
59,99	0,86042620	0,76566857	0,85132994	0,74859683	1,210411464	1,070815378
60	0,86061304	0,76563228	0,85152007	0,74856482	1,210678006	1,070767051

Luego de realizados los cálculos anteriores y obtenida la tabla de los coeficiente k y α se procedió a calcular la atenuación específica Y_r la cual esta expresada en (dB/km), y se obtiene multiplicando el coeficiente de k por el promedio de las intensidades para un mes en un período de tiempo elevado al coeficiente de α , todo esto en una sola expresión que podemos observar a continuación.

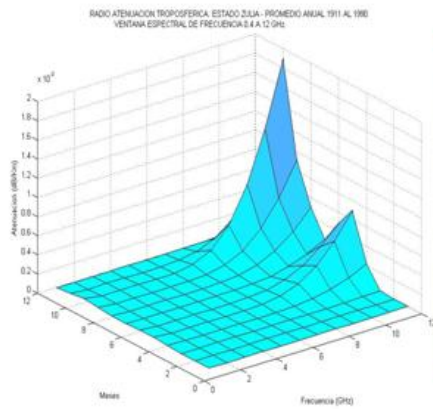
$$Y_r = K R^\alpha \text{ (dB/km),}$$

$$Y_r = (1,210678006008 * 163,234)^{1,070767051193}$$

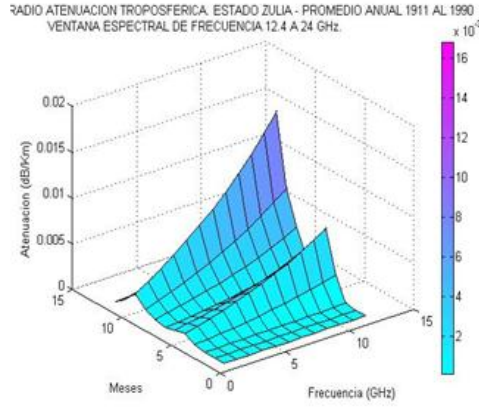
$$Y_r = 283,42256672$$

En la siguiente tabla se observa una muestra del cálculo del parámetro de radio atenuación, sobre los datos obtenidos de la Fuerza Aérea para los 12 meses del año en promedio del período de los años de 1911 a 1990 entre el rango de frecuencias de 0.4 Ghz a 60 Ghz, estos fueron obtenidos de la sumatoria total de atenuación de todos los años para cada mes y divididos entre el numero total de años.

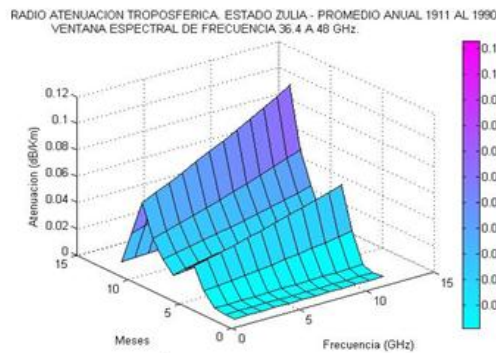
Gráfico No.1 Atenuación Específica



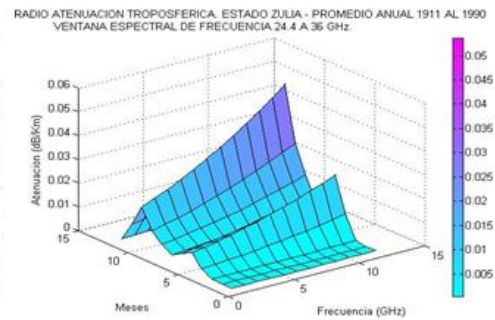
ESTACIÓN FUERZA AEREA



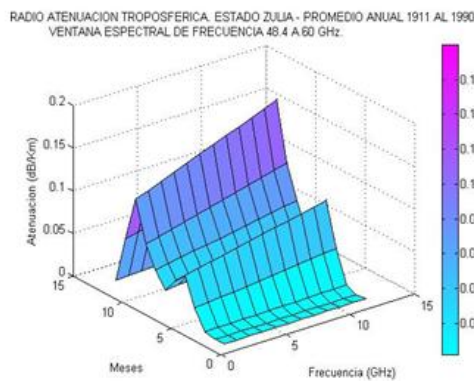
ESTACIÓN FUERZA AEREA



ESTACIÓN FUERZA AEREA



ESTACIÓN FUERZA AEREA



ESTACIÓN FUERZA AEREA



CONCLUSIONES

La utilización de las comunicaciones está altamente condicionada por un grupo de fenómenos asociados a las características atmosféricas, también está limitada por algunos efectos como la atenuación del haz en su camino de ida y vuelta a la estación terrena.

El parámetro de radio atenuación se obtuvo empleando como herramienta el software MatLab, que permitió agilizar los cálculos necesarios en este estudio, facilitando así el análisis de los datos.

Este estudio se llevó a cabo con los datos suministrados por 1 estación meteorológica de la Fuerza Aérea, y 44 estaciones del Ministerio del Ambiente, las cuales se encuentran diseminadas en la mayoría de los municipios del estado Zulia, ubicadas estratégicamente para que permita de una manera muy precisa modelar el parámetro de radio atenuación por lluvia en la región.

La intensidad determinada para las estaciones de la Fuerza Aérea y el Ministerio del Ambiente, se calculó dividiendo el total del lluvia mensual entre el número de días al mes entre el número de horas, para obtener luego el promedio de la intensidad por mes de lluvia en todos los años, valor requerido para realizar el cálculos del parámetro de radio atenuación.

Dicho estudio se basó en los registros recolectados de los organismos antes mencionados, variando en su cantidad, entre 5 y 79 años, donde se puede notar el incremento de la atenuación desde el mes de febrero hasta llegar a su máxima expresión en el año, registrándose en la estación perteneciente a la Fuerza Aérea ubicada en el Aeropuerto Internacional La Chinita en el mes de Octubre con 0.14×10^{-3} db/Km².

La atenuación máxima registrada, no representa mayor interferencia, siendo despreciable para enlaces que trabajen por debajo de los 12 Ghz, pero cabe destacar que es mayor que la registrada para la misma frecuencia en estudios realizados en los países nórdicos, aun cuando la altura y el índice de precipitaciones sea mayor en la zona ecuatorial, donde se encuentra nuestro objeto de estudio

RECOMENDACIONES

A fin de garantizar la integridad de los datos meteorológicos se debe sugerir la implementación de una sistematización en la recolección de datos



en lo que respecta a las estaciones del Ministerio del Ambiente, puesto que se encontró períodos de tiempo en los que no se recolectaron datos debido a falta de personal dedicado para estas labores, y en otros casos por falta de procesamiento en la data recolectada.

Se hace necesario realizar estudios más detallados de atenuación en diferentes tipos de enlaces a frecuencias por debajo de 12 Ghz fin de determinar que no existan interferencias por lluvia en las mismas.

Se recomienda realizar el estudio para los distintos estados de la Republica Bolivariana de Venezuela a fin de poder completar el mapa troposferico del país, suministrando dicha información a CONATEL y empresas del ramo de las telecomunicaciones para que procedan a realizar los ajustes necesarios en sus equipos de transmisión y aumentar el rendimiento de estos, evitando interrupciones en épocas que se presenten mayor cantidad de precipitaciones.

Suministrar la información referente a esta investigación al Ministerio de Ciencia y Tecnología, ente encargado de la construcción y puesta en orbita del satélite Venesat1 en conjunto con la República Popular China, a fin de tomar en cuenta este parámetro al momento de realizar el diseño y contracción de las aplicaciones encargadas de administrar las comunicaciones del satélite, asiendo de estas más eficientes de acuerdo a los periodos de lluvia que se presentan en nuestra región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAYA F. (2006). **Atenuación Troposférica de los Radioenlaces en el estado Táchira**. Trabajo de grado para optar al Título de Magíster en Telemática. Universidad Rafael Belloso Chacín. Maracaibo, Venezuela.

BARBOZA Z. (1996). **Antenas y Propagación**. Editorial: Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela.

CARDAMA A; COFRE L; RIUS J; ROMEO J; BLANCH S; FERRANDO M; (2004). **Antenas**. Alfaomega-Ediciones UPC. Barcelona, España.

CASTELLA F. (1995) **Enciclopedia de la Electrónica Ingeniería Técnica**. Editorial Océano/Centrum.

CLIMA. Enciclopedia Libre [Documento en Línea] Disponible en:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Clima>



MOGOLLÓN L. (2006) **Atenuamiento Troposférico en los radio enlaces en el Estado Trujillo**. Trabajo de grado para optar al Título de Magíster en Telemática. Universidad Rafael Beloso Chac n. Maracaibo, Venezuela.

MONCADA D. (2006) **Efectos de Atenuación por Lluvia en los Medios de Transmisión entre Sistemas Satelitales y Estaciones Terrestres**. Trabajo de grado para optar al Título de Magíster en Telemática. Universidad Rafael Beloso Chac n. Maracaibo, Venezuela.

PASCUAL R; BERENGUER M; **ATENUACIÓN DE LA SEÑAL DEL RADAR METEOROLÓGICO POR PRECIPITACIÓN**. Enciclopedia Libre [Documento en Línea] Disponible en: <http://www.meteored.com/ram/numero7/atenuacionradar.asp> [Con acceso el 23/10/2006].

RAMOS F. (2005). **Atenuación específica debida a la lluvia**. [Documento en Línea] Disponible en: <http://www.cálculo de la atenuación por lluvia en un radio enlace> [Con Acceso el 2/4/2006]

RAMOS F. (2005). **Cálculo de la atenuación por lluvia** [Documento en Línea] Disponible en: <http://www.cálculo de la atenuación por lluvia en un radio enlace> [Con Acceso el 2/4/2006]

RAMOS F. (2005). **Atenuación y dispersión por lluvia** [Documento en Línea] Disponible en: <http://www.fenómenos de propagación a frecuencias de microondas y de ondas milimétricas> [Con Acceso el 2/4/2006].

Red de Estaciones Bio - climáticas (2002). [Documento en Línea] Disponible en: <http://www.cecalc.ula.ve/redbc> [Con Acceso el 15/7/2006].

Rec. UIT-R 838: **“Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción”**, Ginebra, 1998.

Rec. UIT-R PN.837-1: **“Características de la precipitación para establecer modelos de propagación”**, Ginebra, 1998.

Rec. UIT-R P.530-7: **“Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa”**, Ginebra, 1998.

Software. [Documento en Línea] Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Software> [Con Acceso el 23/10/2006].