



INFLUENCIA DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA EN LAS TRANSMISIONES A FRECUENCIA 2.4 GHz

(Influence of the atmospheric pressure on transmissions at frequency 2.4 ghz)

Recibido: 07/06/2012 Aceptado: 09/11/2012

González Romero, Pedro Vicente

Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín - Universidad del Zulia, Venezuela
pedrovgr@gmail.com

Espina Ávila, Luis Gerardo

Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín - Universidad del Zulia, Venezuela
lgealicom@gmail.com

RESUMEN

La presente investigación se planteó como propósito fundamental determinar la influencia de la presión atmosférica sobre una señal transmitida en una frecuencia de 2.4 GHz. La investigación es de tipo explicativa, con diseño metodológico experimental. Mediante ella se obtiene la atenuación de una señal de 2.4GHz a diferentes presiones atmosféricas y se determinan las gráficas que muestran el comportamiento observado. Como resultado de esta investigación se observó que sí existe una influencia de la presión en transmisiones a frecuencia 2.4 GHz, ya que la potencia de las mismas es reducida bajo la presencia de una presión atmosférica equivalente a 10 psi o superior. Asimismo, es importante mencionar que cuando esta señal se somete a una presión inferior a -10 psi (presiones que representan presiones atmosféricas menores a 1 atmosfera o 0 psi que equivale a la presión atmosférica a nivel del mar) mejora su ganancia en forma estadísticamente significativa. Con niveles de 0 ± 10 psi la potencia de la señal no presenta alteración significativa.

Palabras claves: Radioatenuación, Atmosfera, Frecuencia, Presión atmosférica.

ABSTRACT

This study had as purpose to determine the influence of the atmospheric pressure on the signal transmission at a frequency of 2.4 GHz. The research is explanatory-type with an experimental methodological design. The attenuation of a 2.4 GHz signal is obtained for different atmospheric pressures and graphs showing the observed behavior are generated. As result of this investigation, it was observed that there is an influence of the pressure on transmissions at a frequency of 2.4 GHz since for atmospheric pressure over 10 psi the power of the signal is reduced. On the other hand, when the signal is transmitted with pressures below -10 psi the signal improves its gain with statistical significance. For pressures in the range 0 ± 10 psi there is no significant variations of the signal power.

Keywords: Radio-attenuation, Atmosphere, Frequency, Atmospheric pressure.



INTRODUCCIÓN

La comunicación por medios no guiados incluye al aire como medio de transmisión, lo que le imprime factores de vulnerabilidad que deben estudiarse y manejarse adecuadamente para garantizar un excelente servicio al usuario final, permitiendo un diseño más eficiente en radio enlaces de comunicaciones al considerar todos los factores inherentes a este medio.

Por esta razón se planteó como objetivo determinar la influencia de la presión atmosférica las transmisiones a frecuencia 2.4 GHz, debido a que es uno de los factores que inciden en este medio de propagación de señales poco considerado y sobre el cual no es posible ejercer control al momento de la instalación de redes inalámbricas, por lo que debe ser estimado como un parámetro de consideración en los ajustes de potencia en diseño de enlaces de transmisión.

Uno de los principales gases en la atmosfera que absorbe la energía electromagnética según su concentración por presión atmosférica es el oxígeno, debido al efecto físico que ocasiona resonancia en sus moléculas (Henríquez y Durante, 2007).

Para algunas frecuencias la aparición de atenuación va asociada a las frecuencias de resonancias de las moléculas de los gases presentes en la atmosfera. El índice de refracción por los gases atmosféricos varía en función de su concentración según la presión atmosférica del lugar. Es por este motivo que para una atmósfera normal, el índice de refracción disminuye con la altura.

Debido a esto, se hizo necesario caracterizar la frecuencia 2.4 GHz, en relación a la presión atmosférica, para así determinar la relación entre la presión atmosférica y la atenuación de la radio señal, datos muy adecuados para dar servicios de transmisión inalámbrica en zonas donde el despliegue de cobre, cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costes por usuario muy elevados.

De lo anterior radica la importancia y utilidad para cualquier ente u organización de este estudio al contar con las bases necesarias para poder calcular los datos referentes a los niveles de radioatenuación a que se ven sometidas las comunicaciones en una zona geográfica, donde potencialmente posea mercado de negocios, tratando de minimizar los inconvenientes que se producen, asimismo se intenta proporcionar reducción de los costos y las pérdidas de tiempo que a su vez se traducen en pérdidas económicas.

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

La presente investigación está basada principalmente en los trabajos que se mencionan a continuación, los cuales sirvieron de apoyo y referencia. Balzán (2007) efectuó un trabajo titulado Evaluación de los factores climáticos y topográficos que afectan a un sistema de radioenlace digital basado en la tecnología WIMAX y WI-FI. CASO: municipio Autónomo Maracaibo. Su propósito fue evaluar las pérdidas presentes en una transmisión de radioenlaces, teniendo en cuenta los fenómenos atmosféricos tomados en el periodo de un año así como el relieve característico del municipio en estudio.



Según sus resultados, se estableció un modelo matemático donde se calculó la atenuación que presentan las señales de radioenlaces para los factores climáticos y topográficos permitiendo determinar la influencia que tienen estos factores sobre las señales.

Amaya (2006), por su parte, elaboró un trabajo titulado Atenuación troposférica en los radioenlaces en el estado Táchira, estudia la atenuación por factores troposféricos en los radioenlaces del estado Táchira. Su propósito fue obtener la atenuación en relación a una época del año determinada y a la frecuencia a la cual se está realizando la transmisión. Como resultado final se obtuvo un comportamiento de las condiciones climáticas del estado, donde se pudo establecer la atenuación de acuerdo a la ubicación geográfica, época del año y la frecuencia de transmisión.

Orozco (2006) desarrolló un trabajo de investigación titulado Modelo matemático para evaluar el efecto de los fenómenos atmosféricos en enlaces de radio microonda de 2,4 GHz. Su objetivo fue establecer una relación entre factores atmosféricos, contra parámetros de calidad de enlace. Como resultado se obtuvo un modelo matemático basados en el método de regresión lineal múltiple determinando que la velocidad del viento es la que más afecta a los enlaces de radio, ya que este lleva consigo pequeñas partículas que sirven de obstáculos a las ondas electromagnéticas produciendo atenuación y desvió de algunos de sus componentes; mientras que la humedad es la que menos la afecta.

Por otra parte, Molero (2005) en su investigación titulada influencia pluviométrica sobre enlaces ópticos no guiados respecto a la tasa de transmisión, busca observar la pérdida de datos producto de la exposición del enlace al fenómeno de lluvia con diferentes niveles de tasa de transmisión. Se estimó la ecuación de predicción para evaluar la atenuación en función de la tasa de transmisión a los fines de predecir el nivel de atenuación sobre enlaces ópticos entre 110bps y 57200bps.

LAS PÉRDIDAS ATMOSFÉRICAS

Las pérdidas ocurren en la atmósfera de la tierra como resultado de la absorción de la energía por consecuencia de los gases atmosféricos, estas se tratan absolutamente por separado de los que resulten de las condiciones atmosféricas adversas, que por supuesto son también pérdidas atmosféricas.

Para distinguir entre estas, las referentes a Relación - Tiempo, se refieren como atenuación atmosférica y las pérdidas de la absorción simplemente como absorción atmosférica. Para transmisiones en los ángulos de elevación abajo de 10°, una fórmula aproximada para la pérdida de la absorción en decibelios es:

$$[Aa][AA]_{90} \operatorname{cosec} \theta \quad (1)$$

Donde θ es el ángulo de la elevación. Un efecto conocido como centelleo atmosférico también puede ocurrir, este es causado por diferencias en el índice de refracción en la atmósfera, que alternadamente da lugar a enfocarse y a desenfocarse las ondas de radio,



que siguen diversas trayectorias de rayo a través de la atmosfera. Puede ser necesario tener en cuenta el centelleo atmosférico, a través de la introducción de un margen de desvanecimiento en los cálculos de energía del acoplamiento.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La presión está definida como el cociente entre la acción de una fuerza sobre la unidad de superficie, según la fórmula (2).

$$P = F/S \quad (2)$$

Por lo tanto, la presión atmosférica es numéricamente igual al peso de una columna de aire que tiene como base la unidad de superficie y como altura la de la atmósfera (Egger, 2003).

NATURALEZA DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Una corriente eléctrica alterna (AC) se define como el movimiento de electrones en una misma dirección, usualmente a través de un alambre. Esta corriente produce campos eléctricos y campos magnéticos (Hayt, 1991).

Ambos campos forman lo que se llama un campo electromagnético. Los campos eléctricos de la corriente alterna resultan de la intensidad de la carga y los campos magnéticos resultan del movimiento de las cargas. El campo eléctrico representa la fuerza que las cargas eléctricas ejercen sobre otras cargas, y esta fuerza puede repeler o atraer. El campo magnético se forma alrededor de la corriente y se irradia en ángulo recto respecto a la dirección de la corriente.

Es muy interesante que mientras una corriente eléctrica alterna crea un campo magnético, también un campo magnético crea una corriente eléctrica en un conductor cercano. Este es el principio de la inducción y por este se puede detectar y medir la presencia de campos electromagnéticos.

La intensidad de los campos electromagnéticos puede calcularse matemáticamente. Campos de fuentes compactas que contienen bobinas o magnetos (transformadores, electrodomésticos y monitores de computación, por ejemplo) disminuyen rápidamente en proporción con el cubo de la distancia.

$$\left(\frac{1}{d^3}\right), d=\text{distancia} \quad (3)$$

Los campos magnéticos de los grandes conductores de corriente eléctrica disminuyen su intensidad en proporción al cuadrado de la distancia.

$$\left(\frac{1}{d^2}\right), d=\text{distancia} \quad (4)$$

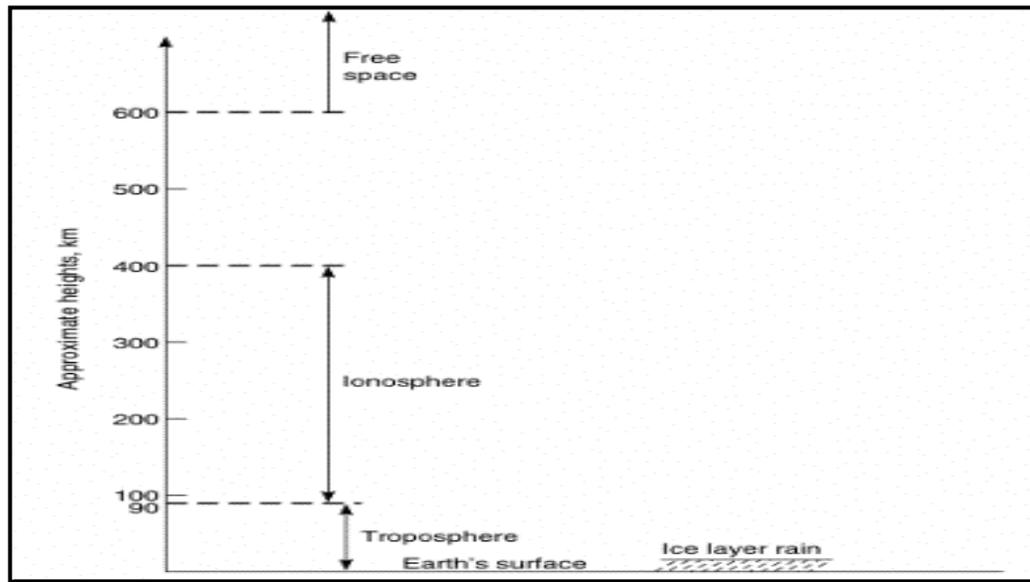
La fuerza del campo disminuye rápidamente en las líneas secundarias de distribución debido a que las corrientes frecuentemente no est  n balanceadas. En la práctica, es más fácil medir la intensidad del campo que calcularlo, debido a que usualmente múltiples campos electromagnéticos interactúan unos con otros en forma compleja.

PROPAGACIÓN DE LA RADIO SEÑAL

La onda de radio que viaja entre dos puntos a cualquier altitud debe pasar a través de la atmósfera de la tierra, incluyendo la troposfera y la ionosfera, según se observa en la figura 1. La ionosfera contiene algunas capas, las cuales tienen una gran importancia para las transmisiones radio, porque reflejan las ondas cortas y por lo tanto pueden permitir las conexiones de un punto a otro.

La ionosfera ejerce una gran influencia sobre la propagación de las señales de radio. Una parte de la energía radiada por un transmisor hacia la ionosfera es absorbida por el aire ionizado y otra es refractada, o desviada, de nuevo hacia la superficie de la tierra. El efecto de refracción, o desvío de las señales el que permite la recepción de señales de radio a distancias mayores de lo que sería posible con ondas que viajan por la superficie terrestre.

Figura 1. Capas de la atmósfera terrestre



Fuente: Roddy (2002).

MARCO METODOLÓGICO

Debido a que las variables definidas dentro de esta investigación, son tanto dependientes como independientes, cumplen con todos los requisitos para definir un diseño, se determina la investigación de tipo explicativo con un diseño experimental, donde se estudiar   el efecto de la variación de la presión atmosférica en la frecuencia 2,4

GHz., y para ello se realizaron 210 pruebas donde se observó la interacción entre las variables involucradas en el estudio (Hernández, Fernández, Baptista, 1998).

La metodología empleada para la realización de la investigación con la que se evalúa el efecto de la presión atmosférica en la frecuencia de 2.4 GHz es propia, basada en consideraciones que derivan de Molero (2005), la cual consta de las siguientes fases:

FASE I. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

En esta fase se diseñaron y desarrollaron todas las herramientas mediante las cuales se llevó a cabo la fase experimental, se realizó la conexión de dos equipos transmisores-receptores marca CYLINK modelo Airlink Banda-S, cuya propagación de señal fue ajustada para llevarla a escala de laboratorio, además sus antenas fueron colocadas en un ambiente donde la presión atmosférica fue simulada de 30 psi a -30 psi, representando profundidad y altitud respectivamente.

Cabe señalar que las presiones negativas indicadas representan presiones atmosféricas menores a 1 atmosfera o 0 psi, que equivale a la presión atmosférica a nivel del mar y dado que al subir la altitud la presión atmosférica baja todas las presiones negativas señaladas representan presiones atmosféricas de altitudes mayores a la del nivel del mar.

Para esta investigación se diseñó una guía de onda metálica y cilíndrica que posee un diámetro interno de 8 cm, lo que se adecua exactamente a la longitud de onda de la frecuencia 2,4GHz. En la guía fue colocado un manovacúmetro capaz de medir los distintos niveles de presión proporcionados por la bomba de inyección y vacío, así como también se colocó una llave de paso para poder mantener o liberar la presión.

Figura 2. Montaje del enlace y preparación de la guía de onda



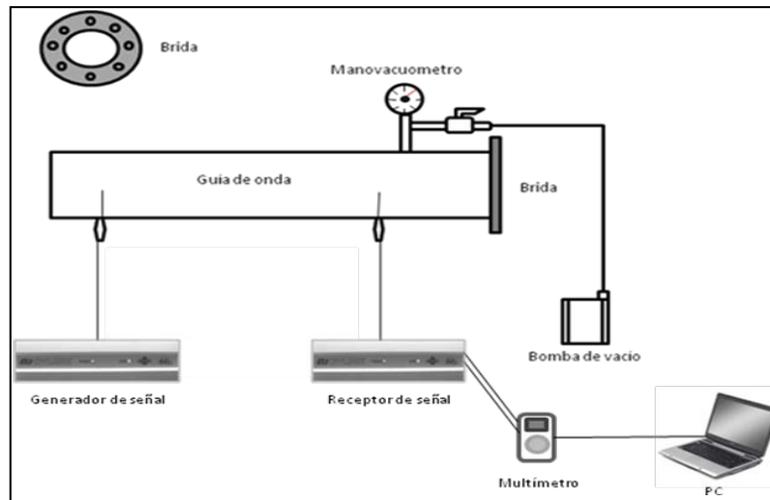
Fuente: elaboración propia.

La antena que transmitirá se encuentra a un cuarto de la longitud de onda de la frecuencia de 2,4 GHz desde el inicio de la guía de onda y la antena receptora se encuentra a aproximadamente 6 veces la longitud de onda de la frecuencia, para garantizar un óptimo enlace a escala de laboratorio es importante señalar que el nivel de potencia transmisión DB fue fijado de tal manera que se simulase la potencia requerida para un enlace de radiofrecuencia típico considerando las corta distancia de 6 veces la longitud de onda estableciendo se el nivel de potencia típico de un radio enlace lo que conforme la potencia o nivel DB de control (estableciendo un nivel de potencia a escala dada la corta distancia).

La guía de onda cuenta en un extremo con una brida donde se colocará una lámina de acrílico de alto impacto anti reflejante para que la señal pueda salir de la guía mientras se conserva las condiciones en su interior.

En la guía de onda se manipulará la presión atmosférica por lo que se alterará la concentración de gases en el aire, este procedimiento se realizara con la ayuda de una bomba capaz de inyectar aire (psi) o generar vacío (psi menores a cero) según se requiera, la bomba estará conectada a una llave de paso que a su vez se encuentra conectada a la estructura para poder mantener o liberar el aire a presión y así poder realizar el experimento bajo las condiciones controladas.

Figura 3. Diseño del experimento



Fuente: elaboración propia.

Según el tipo de investigación desarrollada, la técnica de recolección de datos utilizada es la de observación directa, ya que se empleará instrumentos de medición como multímetros digitales con salida serial RS-232 que se conectará a un computador para facilitar la recepción de los datos, las enteradas del multímetro serán conectadas a los puertos de medición de voltaje ubicados en el equipo de radioenlace, registrando así aspectos visuales del problema en estudio y ofreciendo una confiabilidad del 99 %. Es



importante señalar que en el laboratorio de pruebas se mantendrán constantes la temperatura en 28 grados centígrados y la humedad a 46%, que serán medidos con instrumentos especializados para ello, como el higrómetro HTC-1 verificando la homogeneidad de las condiciones en los escenarios de prueba.

FASE II. EJECUCIÓN EXPERIMENTAL

En esta fase se procedió a realizar las mediciones de los niveles de atenuación a diferentes presiones con los valores de voltaje medidos en los radio enlaces que poseen correspondencia con los valores proporcionados por el fabricante de dichos equipos de transmisión. Como un primer paso, los datos en voltaje fueron recolectados en una hoja de la aplicación Microsoft Excel para poder realizar su análisis. Los mismos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Tabla estadística de recolección de datos en voltaje

REPETICIÓN	PRESIÓN							
	DB	-30 psi	-20 psi	-10 psi	0	10 psi	20 psi	30 psi
1	5.45	5.43	5.39	5.42	5.39	5.42	5.41	
2	5.43	5.44	5.41	5.39	5.43	5.41	5.40	
3	5.45	5.44	5.41	5.42	5.42	5.40	5.40	
4	5.46	5.41	5.40	5.41	5.42	5.42	5.39	
.	
30	5.46	5.42	5.42	5.41	5.43	5.42	5.42	

Fuente: elaboración propia.

FASE III: ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se procede a aplicar la fórmula de aproximación por método polinómico de grado 6 para transformar los datos de voltaje de los equipos de radio-enlace a decibelios para cada una de las mediciones realizadas y determinar el efecto en la transmisión del radioenlace a 2,4 GHz. en presencia de la variación de la presión relativa a 1 atmosfera, a través de los datos de equivalencia de voltaje a DB, los cuales se ajustan en una tabla de datos del fabricante del equipo de radio-enlace, esta fórmula fue obtenida con la ayuda del software MATLAB:

$$DB = (-86) + (-67.5929 * X) + (77.4617 * X^2) + (-40.6847 * X^3) + (11.0282 * X^4) + (-1.49231 * X^5) + (0.08 * X^6) \quad (5)$$

X = Voltaje medido.

A continuación se muestra un resumen de la tabla con los datos ya transformados:

Tabla 2. Tabla estadística de recolección de datos en DB

		PRESIÓN						
REPETICIÓN	DB	-30 psi	-20 psi.	-10 psi.	0	10 psi	20 psi	30 psi
	1	-89.005	-89.345	-89.979	-89.509	-89.979	-89.509	-89.509
	2	-89.345	-89.177	-89.670	-89.979	-89.345	-89.670	-89.670
	3	-89.005	-89.177	-89.670	-89.509	-89.509	-89.826	-89.826
	4	-89.094	-89.670	-89.826	-89.670	-89.509	-89.509	-89.509

30	-89.094	-89.509	-89.509	-89.670	-89.345	-89.509	-89.509	

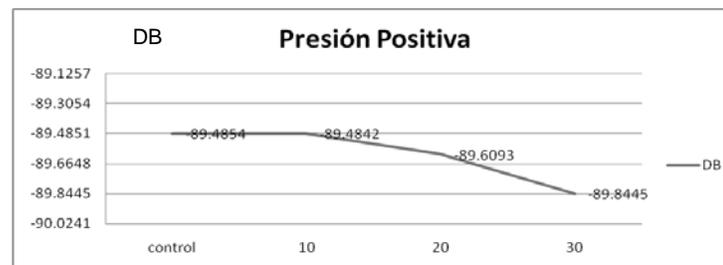
Fuente: elaboración propia.

Para realizar el análisis de los datos se utilizó el programa SPSS versión 13, basando se específicamente en el análisis de la varianza ANOVA, el cual es el determinado para realizar la investigación por permitir establecer la relación entre la variable dependiente y la variable independiente. Este análisis se realizará mediante el análisis descriptivo y estadísticos de los datos.

ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Al realizar el análisis descriptivo en esta investigación, se realizó un estudio estadístico y tratamiento sobre los datos garantizando su integridad y validez, observando su gran aproximación a la normalidad mediante los estadísticos de posición, tendencia central, dispersión y forma. A continuación se promedia y grafican los resultados de las treinta mediciones realizadas. Las primeras pruebas consistieron en medir el valor de los indicadores en condiciones normales, es decir, generar la frecuencia de 2,4 GHz dentro de la guía de onda, sin variar los niveles de presión atmosférica dentro de la guía, en el resto de las pruebas la transmisión es sometida a cambios en la presión entre el rango de 30 psi a -30 psi.

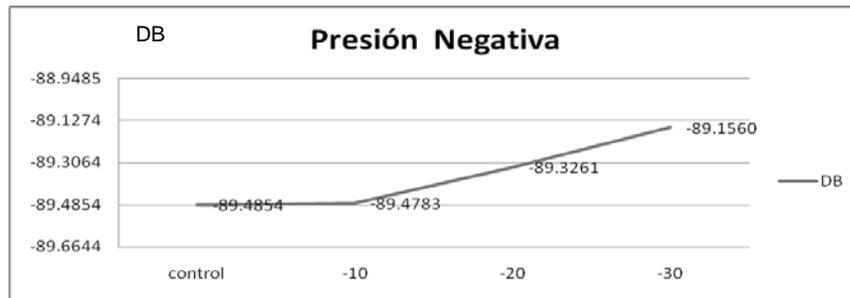
Figura 4. Resultados presión positiva



Fuente: elaboración propia.

Durante el desarrollo de estas pruebas se observó una diferencia poco apreciable aunque significativa del indicador decibelios en la transmisión de la información con respecto a la transmisión de control, manteniéndose estas prácticamente iguales con presión de 10 psi, se pudo observar una diferencia aproximada solo de 0,14% con 20 psi de presión y una diferencia significativa de 0,40% con 30 psi de presión, apreciándose una diferencia máxima de -0.3591 DB con respecto a la transmisión de control.

Figura 5. Resultados presión negativa



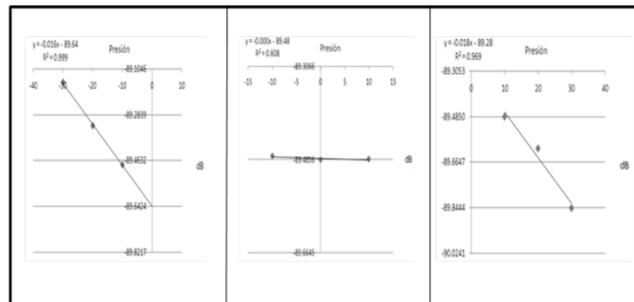
Fuente: elaboración propia.

En este conjunto de pruebas se observó una disminución poco apreciable aunque significativa de los decibelios en la transmisión de la información con respecto a la transmisión de control, manteniéndose estas iguales con presión de -10 psi, se pudo observar una diferencia estadísticamente significativa de 0,18% con -20 psi de presión y 0,37% con -30 psi de presión, presentándose una diferencia máxima de -0.3294 DB con respecto a la transmisión de control. Por otro lado se estudió la tendencia de los datos mediante el método de mínimos cuadrados, obteniendo tres ecuaciones de aproximación en los distintos intervalos que determinan el comportamiento de la gráfica:

$$y = -0.016x - 89.64, y = -0.000x - 89.48, y = -0.018x - 89.28 \quad (6)$$

Se observa que a medida que la presión aumenta desde 10 psi o disminuye desde -10 psi el radioenlace a 2,4 GHz se va atenuando, teniendo la tendencia a seguir ese comportamiento y manteniéndose prácticamente estable en el intervalo de 10psi a -10 psi.

Figura 6. Tendencia por mínimos cuadrados



Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Para realizar el tratamiento estadístico de los datos arrojados por los indicadores, se escogió el método Análisis de la varianza, conocido como ANOVA porque se tienen un factor (variable), y se buscaba evidenciar la significancia de los efectos de cada nivel de la variable sobre el indicador. El procedimiento se realizó a través del software estadístico SPSS (Statistical Package of the Social Sciences) versión 13. Por otra parte, para que el contraste ANOVA sea válido es necesario poder suponer la igualdad de la varianza, para corroborar esto se aplicó la prueba de Levene, obteniendo un valor de 0.314, lo cual confirma que se puede asumir esta igualdad, presentándose las condiciones para realizar la prueba ANOVA y observar si existe diferencia significativa entre los factores de estudio.

Tabla 3. Cálculo de ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.344	6	1.391	33.460	.000
Within Groups	8.437	203	.042		
Total	16.782	209			

Fuente: elaboración propia.

El valor de significancia de ANOVA muestra efectivamente que hay diferencias estadísticamente significativas entre los resultados, por lo cual se realizó el cálculo de la prueba de medias Duncan para obtener posibles diferencias entre los conjuntos de tratamiento.

Tabla 4. Homogeneidad método de Duncan

indicador	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
4	30	-89.844459				
3	30		-			
			89.609325			
1	30			-89.485383		
2	30			-89.484237		
5	30			-89.478348		
6	30				-	
					89.326147	
7	30					-89.156041
Sig.		1.000	1.000	.901	1.000	1.000

Fuente: elaboración propia.



Un análisis utilizando este procedimiento, muestra que hay una clara separación entre los indicadores $(4,3) = (30,20 \text{ psi})$ y $(6,7) = (-20,-30 \text{ psi})$ con respecto al indicador $(1,2,5) = (0,10\text{psi},-10\text{psi})$ esto evidencia que ocurren diferencias significativas con respecto a la transmisión de control en la frecuencia 2,4 GHz.

FASE IV. EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS

Se determinó que los ambientes donde cambia la presión atmosférica modifican las características de transmisión por lo que atenúan la señal y varían significativamente el grado de potencia de la señal, por lo cual se acepta la hipótesis alternativa (H_1) planteada en la investigación. De tal manera que para efecto de la misma se rechaza la hipótesis nula (H_0), donde se manifiesta que la atenuación de la radiofrecuencia 2,4GHz es una variable dependiente de los niveles de presión atmosférica en la transmisión de señales. Por lo tanto existe una correlación significativa.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos al aplicar el diseño y fases metodológicas en esta investigación para realizar el cálculo de la atenuación de la frecuencia 2,4 GHz, por efectos de variación de la presión atmosférica, permite inferir con un alto grado de confiabilidad el comportamiento del parámetro estudiado. La obtención de los niveles de atenuación por presión atmosférica resulta de gran importancia por cuanto sirve de apoyo para el mejoramiento de los enlaces existentes y planificación de enlaces futuros.

Una vez realizada la investigación para determinar el efecto de la atenuación por presión atmosférica en la frecuencia de 2,4GHz, y de haber analizado los resultados obtenidos, se concluye en los siguientes aspectos:

Se caracterizó la frecuencia 2,4 GHz, la cual pertenece a la banda del espectro electromagnético de ultra altas frecuencias que ocupa el rango de 300 MHz a 3 GHz. En esta banda se produce la propagación por onda espacial troposférica, la cual se ve afectada por múltiples variables como la humedad atmosférica, la corriente de partículas de sol entre otros.

La atmosfera reduce o atenúa la intensidad de la señal de radio, esta banda puede ser de más provecho por el ducto troposférico donde la atmosfera se calienta y se enfría durante el día, esta frecuencia tiene una longitud de onda de 12.5 cm, parámetro que es de gran importancia para la investigación, porque permitió definir la distancia entre las antenas y el diámetro de la guía de onda, donde se utilizó una separación de seis veces la longitud de la onda.

Se caracterizó la presión atmosférica, donde esta es numéricamente igual al peso de una columna de aire que tiene como base la unidad de superficie y como altura la de la atmosfera. A medida que se asciende la presión atmosférica decrece, y como se desciende la presión aumenta. Las pérdidas ocurren en la atmósfera de la tierra como resultado de la absorción de la energía por consecuencia de los gases atmosféricos.



Asimismo, atendiendo al principal objetivo de esta investigación se determina que la frecuencia 2,4 GHz. se ve afectada cuando es sometida a una presión atmosférica equivalente al rango de 10 a 30 psi o superior, igualmente es importante mencionar que cuando una frecuencia de 2,4 GHz. se somete a una presión atmosférica inferior al rango de -10 a -30 psi mejora su ganancia en forma estadísticamente significativa y con un nivel de 10 psi a -10 psi no se atenúa de manera significativa la señal en frecuencia de 2,4 GHz.

En tal sentido y de acuerdo a lo observado en la investigación, se concluye que la presión atmosférica tiene un efecto perturbador en los niveles de la señal de recepción en un enlace de radiofrecuencia, es decir, a medida que la presión atmosférica disminuye o aumenta en la tierra, causa una pérdida por atenuación en el nivel de la señal, es decir, al variar la presión atmosférica fuera del rango de 10 psi o -10 psi (relativos a los 0 psi que equivale a la presión atmosférica a nivel del mar) aumenta significativamente la afectación del nivel de potencia de la frecuencia de 2,4GHz.

RECOMENDACIONES

Los futuros investigadores deberán efectuar pruebas experimentales con los distintos gases que conforman el aire y así realizar un análisis exhaustivo sobre el comportamiento de la transmisión frente a la concentración de gases en la atmósfera. En posteriores experimentos los investigadores deberá realizar ensayos de transmisión con otras frecuencias, distintos niveles de presión y con varios niveles de potencia que permitan realizar un mayor análisis del comportamiento de la transmisión en redes inalámbricas bajo la influencia de la presión atmosférica.

En futuros estudios los investigadores deberán estudiar el efecto de la presión en diferentes frecuencias para evaluar si existen diferencias relevantes en relación a los resultados obtenidos en este estudio. También se sugiere a los futuros investigadores analizar las repercusiones de los hallazgos de este estudio a nivel de capa de red en sistemas de transmisión en redes WAN.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaya, F. (2006). Atenuación troposférica en los radioenlaces en el estado Táchira. Venezuela. Publicaciones de la Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín.
- Balzán, G. (2007). Evaluación de los factores climáticos y topográficos que afectan un sistema de radio enlace digital basado en tecnología Wimax y Wi-Fi, caso: municipio autónomo Maracaibo. Venezuela. Publicaciones de la Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín.
- Egger, A. (2003). La atmosfera de la tierra: composición y estructura. Documento en línea. Disponible en: http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=107&l=s. Consulta: 20/01/2010.
- Hayt, H. (1991). Teoría electromagnética. México. Editorial McGraw Hill Interamericana.



Henríquez, O. y Durante, C. (2007). Parámetro de radio atenuación troposférica por lluvia para el estado Zulia en el rango de frecuencias de 0.4 GHz. y 60 GHz. Documento en línea. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/784/78460112.pdf>. Consulta: 20/06/2009.

Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (1998). Metodología de la investigación. México. McGraw Hill Interamericana.

Molero, L. (2005). Influencia pluviométrica sobre enlaces ópticos no guiados respecto a la tasa de transmisión. Venezuela. Publicaciones de la Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín.

Orozco, J. (2006). Modelo matemático para evaluar el efecto de los fenómenos atmosféricos en enlaces de radio microonda de 2,4 GHz. Venezuela. Publicaciones de la Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín.

Roddy, D. (2002). Satellite Communication. México. Editorial McGraw Hill Interamericana.