



## EFFECTO DE LOS OBSTÁCULOS TIPO POLIMERO RESINA EN RENDIMIENTO DE REDES TCP/IP/IEEE 802.11g MODO AD-HOC

(Effect of resin polymer obstacles on performance of TCP/IP/IEEE 802.11g AD-HOC  
networks)

Recibido: 04/02/2011 / Aceptado: 0970672011

**Márquez Barriobero, David**

Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en el estado Zulia (Fundacite -  
Zulia), Venezuela.

[barrioberodavid@hotmail.com](mailto:barrioberodavid@hotmail.com)

### RESUMEN

La investigación tiene como objetivo primordial el desarrollo de un modelo matemático para evaluar el efecto de los obstáculos de tipo polímero resina en el rendimiento de redes TCP/IP/IEEE 802.11g modo ad-hoc; esto con el propósito de establecer la relación existente entre el diámetro de los obstáculos de tipo polímero resina y el rendimiento de una red inalámbrica en modo ad-hoc, al transmitir datos vía protocolo FTP. El tipo de investigación es explicativa con un diseño experimental. Los tipos de polímero resina seleccionados fueron evaluados de acuerdo a su aspecto económico, uso y disponibilidad. Se desarrollaron 7 evaluaciones de prueba, el primer escenario es el de control, el cual no posee obstáculos de polímero resina, 3 con el polímero resina PVC y 3 con el polímero resina espuma de poliuretano. Los resultados obtenidos cumplen con los objetivos propuestos, se desarrolló un modelo matemático utilizando el método regresión lineal por completación de mínimos cuadrados. De acuerdo con los gráficos de dispersión y el estudio del coeficiente de correlación muestral obtenidos, el comportamiento del rendimiento en una red inalámbrica TCP/IP/IEEE 802.11g en modo ad-hoc con obstáculos de tipo polímero resina, viene dado por la siguiente ecuación para PVC  $y = -0.072x + 0.786$ , para espuma de poliuretano la siguiente  $y = -0.020x + 0.747$ . Se concluyó que el PVC afecta en mayor medida al rendimiento de este tipo de redes que la espuma de poliuretano.

**Palabras claves:** Rendimiento, FTP, PVC, Espuma de poliuretano, 802.11g, M nimos cuadrados.

### ABSTRACT

The primary research aims to develop a mathematical model that evaluates the effect of obstacles polymer resin type on performance of TCP/IP/IEEE 802.11g ad-hoc mode, so for the purpose of establishing the relationship between the polymer resin obstacles diameter and the performance of a wireless ad-hoc network, to transmit data via FTP. The explanatory type of research is experimental design. The types of polymer resin selected were evaluated according to its economic aspect, use and availability. 7 assessments were developed test, the first scenario is the control, which has no barriers of polymer resin, 3 to the polymer PVC resin and 3 to the polymer resin foam. Results comply with the



proposed objectives, we developed a mathematical model using the linear regression method of least squares completions. According to the scatter plots and the study sample correlation coefficient obtained, the behavior of wireless network performance in a TCP/IP/IEEE 802.11g ad-hoc mode with obstacles of a polymer resin, is given by the following equation for PVC  $y = 0.072x + 0.786$ , for the following polyurethane foam  $y = -0.020x + 0.747$ . PVC was concluded that mainly affects the performance of such networks of polyurethane foam.

**Keywords:** Performance, FTP, PVC, Polyurethane foam, 802.11g, Least squares.

En los últimos años, las redes inalámbricas se han desarrollado de una manera acelerada, esto ha despertado en las instituciones un interés por su estudio debido a su creciente complejidad y su uso masivo en cualquier ámbito tecnológico. Las redes inalámbricas de tipo TCP/IP/IEEE 802.11g son utilizadas mayormente en casas y oficinas, utilizando cada día más los materiales de tipo polímero resina para su construcción, este tipo de material hace a dichas redes susceptibles a sus efectos al convertirse en obstáculos para las mismas.

Es por ello que se debe contar con modelos, o algún indicador para realizar predicciones matemáticas, que representen precisamente algún tipo de variación en el rendimiento de las redes inalámbricas, esto en función de los obstáculos físicos que puedan enfrentar entre el emisor y el receptor dichas redes.

Al no existir un modelo, estas redes inalámbricas se diseñan a ciegas, es decir, no se tiene una base o planteamiento teórico previo, lo cual compromete el desempeño de las mismas en la transmisión de datos. Actualmente en Venezuela no se cuenta con estudios de modelos para redes inalámbricas que cumplan con el estándar IEEE 802.11g y que evalúen su rendimiento en función de obstáculos de tipo polímero resina.

El objetivo de la investigación en curso es presentar las ecuaciones de comportamiento y los gráficos representativos del rendimiento, basado en un estudio del estándar IEEE 802.11g, que permita establecer la relación de los obstáculos de tipo polímero resina con el rendimiento de las redes inalámbricas TCP/IP/IEEE 802.11g en modo ad-hoc.

### CÁLCULO DE RENDIMIENTO

En lo planteado por Forouzan (2006), el rendimiento se puede medir de muchas formas, incluyendo el tiempo de tránsito y de respuesta. El tiempo de tránsito es la cantidad de tiempo necesario para que un mensaje viaje desde un dispositivo al siguiente.

El rendimiento de una red depende de varios factores, incluyendo el número de usuarios, el tipo de medio de transmisión, la capacidad del hardware conectado y la eficiencia del software. El rendimiento se mide a menudo usando dos métricas: ancho de banda y latencia.



A menudo hace falta m  s ancho de banda y menos latencia. El rendimiento de un canal de comunicaci  n se puede medir a partir del concepto de capacidad de canal, en lo desarrollado por Dowhuszko (2010).

Los an  lisis de la capacidad del canal realizados por Claude Shannon en 1948 en su investigaci  n llamada Teor  a matem  tica de la comunicaci  n, posibilitan al autor antes mencionado a afirmar que es posible construir c  digos correctores de error con tasa R (Cantidad de vectores que posibilitan la comunicaci  n simult  nea), que garanticen una transferencia de informaci  n con probabilidades de error tan bajas como se deseen, siempre y cuando se verifique que  $R < C$  siendo C la capacidad te  rica del canal.

### ANALIZADOR DE PROTOCOLOS

El software analizador de protocolos seleccionado para la presente investigaci  n es el Whireshark versi  n 1.2.7, este analizador permite ver todo el tr  fico que pasa a trav  s de una red (usualmente una red Ethernet, aunque es compatible con algunas otras), estableciendo la configuraci  n en modo promiscuo.

Permite examinar datos de una red viva o de un archivo de captura salvado en disco, adem  s de permitir analizar la informaci  n capturada a trav  s de los detalles y sumarios por cada paquete, seg  n Chapell (2010).

### DISE  O DEL INSTRUMENTO

El analizador de protocolos se utiliza como el instrumento principal para la recolecci  n de los datos, y a trav  s de una base de datos de control se tomar  n los datos requeridos para realizar los c  lculos del rendimiento en las evaluaciones pertinentes.

Al concluir se tomar  n los datos necesarios para calcular los gr  ficos de dispersi  n y los coeficientes de correlaci  n lineal, los cuales permitir  n obtener las ecuaciones de comportamiento del rendimiento con respecto al obst  culo de pol  mero resina.

**Cuadro 1. Base de datos para control, recolecci  n de datos rendimiento**

N��	T <sub>X</sub>	T <sub>R</sub>	Bytes	$\Delta t_X$	$\Delta t_R$	$\Delta t_P$	bits	Vr	R	R%
1	3.188291	3.234608	1448	0.0000110	0.014077	0.014066	11584	823546.14	0.01525085	1.52508544
2	3.868514	3.881645	1448	0.0000210	0.011246	0.011225	11584	1031982.18	0.01911078	1.91107812
3	6.015947	6.070876	1448	0.0002590	0.010572	0.010313	11584	1123242.51	0.02080079	2.08007872
4	5.802201	5.880765	1448	0.0000200	0.009419	0.009399	11584	1232471.54	0.02282355	2.2823547
5	6.388312	6.346821	68	0.0000010	0.000419	0.000418	544	1301435.41	0.02410066	2.41006557

Fuente: M  rquez (2010).

TE: Tiempo del equipo Emisor, es el tiempo definido por el software analizador de protocolos para cada uno de los paquetes enviados por el emisor o cliente, expresado en segundos.



TR: Tiempo del equipo Receptor, es el tiempo definido por el software analizador de protocolos para cada uno de los paquetes recibidos por el receptor o servidor, expresado en segundos.

Bytes: es el tamaño del paquete capturado, expresado en bytes, el formato por defecto para Wireshark.

$\Delta tE$ : Diferencial del tiempo del Emisor, es la resta entre el tiempo de envío del paquete uno (1) y el tiempo de envío del paquete dos (2). Expresado en segundos.

$$\Delta tX = t2 - t1$$

$\Delta tR$ : Diferencial del tiempo del Receptor, es la resta entre el tiempo de recepción del paquete uno (1) y el tiempo de recepción del paquete dos (2). Expresado en segundos.

$$\Delta tR = t2 - t1$$

$\Delta tP$ : Diferencial del tiempo de Propagación, es el tiempo transcurrido desde que la información es transmitida por emisor, hasta que la información llega al receptor, expresado en segundos. Se calcula restando el diferencial de tiempo del receptor menos el diferencial de tiempo del emisor.

$$\Delta tP = \Delta tR - \Delta tX$$

Bits: el tamaño del paquete capturado, expresado en bits. Se transforman los bytes a bits multiplicándolos por ocho (8).

$$\text{bits} = \text{Bytes} \times 8$$

Vr: Velocidad Real, es la velocidad a la que en realidad viajan los paquetes a través de la red, difiere de la teórica o ideal, expresada en bits por segundo (bps), calculada dividiendo los bits por segundo entre el diferencial del tiempo de propagación.

$$Vr = \text{bits} / \Delta tP$$

R: Rendimiento, es la eficiencia de de la red, expresado en bits por segundos (bps), se calcula dividiendo la velocidad real (Vr) entre la velocidad teórica (Vt), la cual es una constante en las redes TCP/IP/IEEE 802.11g, y es 54Mbps o cincuenta y cuatro millones de bits (Vt = 54000000 bps).

$$R = Vr / Vt$$

R%: Rendimiento Porcentual es el rendimiento expresado porcentualmente, sólo se multiplica el rendimiento por cien (100) para obtener el porcentaje de rendimiento y poder comparar tanto con el teórico o ideal, y con los diferentes escenarios descritos.

$$R\% = R \times 100$$

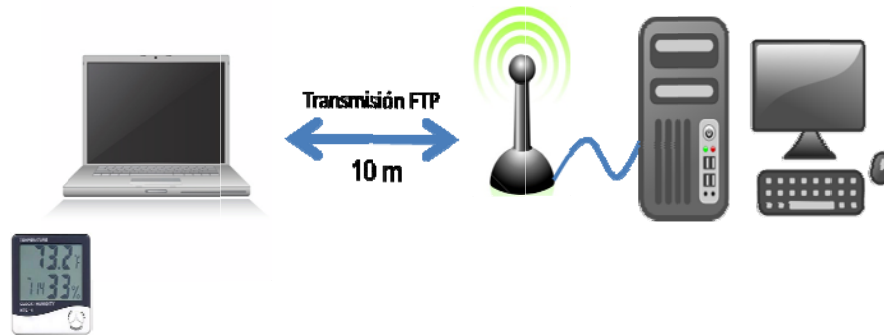
Para asegurar que los datos se obtengan de forma pertinente, su recolección, se realiza comenzando con el registro de los datos a través del software especializado, así como la clasificación y cálculo utilizando fichas de observaciones, se llevarán 7 evaluaciones de prueba, donde el diámetro del polímero resina variará.

El envi  y recepción de datos será a carga media vía protocolo FTP y según el estándar IEEE 802.11g, adicionalmente se tomaron medidas con relación al ancho de banda, para posteriormente evaluar la relación del diámetro del polímero resina, con el rendimiento en una red ad-hoc basada en el estándar antes indicado.

### DIAGRAMA DE LA RED INALÁMBRICA PROPUESTA

Para cada uno de los escenarios propuestos, se consideraran las mismas características de distancia y velocidad de transmisión. Para el escenario de control, se utilizarán dos (2) equipos uno como servidor para la recepción del archivo, y otro servidor para el envió del archivo. Se utilizará una antena omnidireccional en el equipo cliente, la cual en los próximos escenarios de prueba podrá ser recubierta con el polímero resina seleccionado. (Ver gráfico 1).

Gráfico 1. Diagrama escenario 0



Fuente: Márquez (2010).

En segundo lugar se instalará y utilizará el software especializado para el análisis de protocolos de red, Wireshark, el cual recolectar  datos indispensables para analizar el rendimiento de la red; permitirá obtener el tiempo de los paquetes asíncronamente, la identificación de los paquetes por protocolo, la cantidad de bytes enviados, entre otros.

En los escenarios con obstáculos se establece el escenario de control con la diferencia de una variante única, el obstáculo diseñado para la antena omnidireccional del equipo servidor, dicho obstáculo se diseña de tal manera que recubra la antena en su totalidad.

Lo antes indicado se logra con un cilindro de polímero resina de los dos tipos seleccionados espuma de poliuretano o cloruro de polivinilo (PVC), los cuales tendrán diámetros variantes, una altura de 10 centímetros (Ver cuadro 2). Estos cilindros se



encuentran perforados en la parte central para poder introducir por completo la antena omnidireccional del servidor. (Ver gráfico 2).

**Cuadro 2. Espesores en centímetros contra escenarios**

PVC		Espuma	
Espesor (cm)	Rendimiento PVC	Espesor (cm)	Rendimiento Espuma
0	Evaluación 0	0	Evaluación 0
2	Evaluación 1	5	Evaluación 1
4	Evaluación 2	8	Evaluación 2
5	Evaluación 3	10	Evaluación 3

Fuente: Márquez (2010).

Para que las pruebas tiendan a la normalidad, se debe realizar cada escenario no menos de treinta veces, esto también lleva a reducir el margen de error en la evaluación de los datos obtenidos. En consecuencia, el número de paquetes obtenidos por cada evaluación debe ser promediado.

**Gráfico 2. Diagrama escenario con obstáculo de polímero resina**

Fuente: Márquez (2010).

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### Fase I: Selección del material de tipo polímero resina

Se realizó la selección de el tipo polímero resina a utilizar, de acuerdo con el estudio de Lovera (2006) titulado Materiales y Componentes para la Construcción de Viviendas, una visión desde las empresas y los productos, como base para seleccionar el material polímero resina a utilizar.

En el mencionado estudio se describe el aumento de la utilización de los materiales plásticos en las tanto en las casas como oficinas para todo tipo de uso, dando pie a la investigación en curso.



Por lo dicho anteriormente, se toman como obstáculos de polímero resina para el presente estudio, el material cloruro de polivinilo (PVC) y la espuma de poliuretano, de estos materiales se crearon seis cilindros descritos en forma y tamaño en el capítulo III de la investigación, los cuales se utilizaron como obstáculos en la red TCP/IP IEEE 802.11g.

### Fase II: Determinación de requerimientos técnicos

En este orden, en la fase II del estudio se llevó a cabo la definición de los requerimientos técnicos de software y hardware necesarios para el mismo. Así como la creación del archivo de datos que se transmite.

En el caso del hardware tenemos 3 componentes de hardware, los cuales fueron evaluados utilizando los criterios descritos en el capítulo III de la presente investigación, los cuales fueron A: Bueno, B: Intermedio, C: Malo (Ver Cuadro 3).

**Cuadro 3. Resultados base de datos para control del hardware**

N�	Parámetros Técnicos		Alternativas de Hardware		
	Características	Necesidad y Propiedades	Desktop MSI	Laptop Lenovo	Laptop Toshiba
1	Compatibilidad	Estándar TCP/IP IEEE 802.1g	A	A	B
2	Accesibilidad	Disponible para el investigador	A	A	A
3	Costo	Sujeto a presupuesto	A	B	C
4	Instalación	Grado de experiencia	A	A	A
Total			100%	80%	65%

A: Bueno, B: Intermedio, C: Regular

Fuente: Márquez (2010).

Al evaluar los resultados de la base de datos de control, se seleccionaron las opciones 1 y 2, el Desktop MSI GF615M-P33, en segundo lugar el laptop Lenovo Thinkpad 6463-AL1, los cuales fueron los componentes de hardware, de mayor compatibilidad tanto de disponibilidad como de presupuesto, de acuerdo a las necesidades del investigador.

Para el caso del sistema operativo, se concluye que el sistema operativo a utilizar de acuerdo con la evaluación realizada, de acuerdo a los criterios de disponibilidad y presupuesto, es Ubuntu O.S. 10.04, el cual se instala en los dos equipos seleccionados anteriormente como hardwares necesarios para la investigación.

En referencia al analizador de protocolos, nuevamente se realiza una base de datos de control de software. (Ver cuadro 4). En la base de datos de control para software analizador de protocolos del cuadro 11, se observa que las opciones Whireshark y Ethereal presentan una evaluación del 100%.



Sin embargo, para la presente investigación se selecciona Whireshark, ya que esta previamente disponible para el investigador además de ser totalmente adaptable a las necesidades propuestas.

**Cuadro 4. Resultados base de datos para control de selección de software analizador de protocolos**

Características	Parámetros Técnicos	Alternativas de software			Notas
	Necesidad y Propiedades	Whireshark	Ethereal	Packetyzer	
Compatibilidad	Estándar TCP/IP IEEE 802.1g	A	A	A	
Accesibilidad	Disponible para el investigador	A	A	B	
Costo	Sujeto a presupuesto	A	A	A	
Instalación	Grado de experiencia	A	A	A	
Licencia	Libre o privada	A	A	A	
Utilidad	Compatibilidad Sistema Operativo	A	A	A	
Version	Cantidad de actualizaciones del dispositivo	A	A	B	
Operatividad	Grado de experiencia	A	A	B	
Total		100%	100%	80%	

A: Bueno, B: Intermedio, C: Regular

Fuente: Márquez (2010).

### Fase III: Diseño del experimento

En esta fase se diseña el experimento, en el cual las evaluaciones de prueba se desarrollan de la siguiente manera: los equipos se enfrentan a una distancia de 10 metros entre ellos, luego es configurada la red TCP/IP/IEEE 802.11g en modo ad-hoc, donde se transmitir  el archivo creado en la fase anterior de 10Mb llamado DATA10.dat a través del protocolo FTP.

Se realizan siete evaluaciones que constan de treinta mediciones cada una, la primera evaluación se realiza sin obstáculos y es llamada Evaluación 0 o de Control, seguidamente se realizan tres evaluaciones con los cilindros de PVC, los cuales constan de diámetros 2cm, 4cm y 5cm, luego se realizan tres evaluaciones más utilizando cilindros de espuma de poliuretano con diámetros de 5cm, 8cm y 10cm respectivamente. (Ver Cuadro 2).

En todas las evaluaciones de prueba se midieron los mismos valores de temperatura y humedad, los cuales fueron de 23  grados centígrados, una humedad del 40% constante, para garantizar que las condiciones ambientales estuvieran iguales, para así evitar contaminación ambiental de los escenarios de prueba que alteren las mediciones realizadas en la captura de los datos transmitidos vía FTP a nivel de la radio frecuencia de la red inal brica.





La antena utilizada para penetrar los cilindros de polímero resina es omnidireccional, con una longitud de 11cm., conectada a un cable coaxial calibre 58-A, con una longitud de 2,36 metros. La antena fue colocada en un podio de acero y dirigida al equipo emisor a una altura de 1,40 metros.

#### Fase IV: Generar curvas de rendimiento

**Cuadro 5. Base de datos para control de rendimiento, instrumento Whireshark**

Tx	Tr	Bytes-Tx	Bytes-Tr	DT1 Emisor	DT2 Receptor	DTP	BitsTx	VR	R	R%
3.188291	3.234608	1448	1448	0.0000110	0.014077	0.014066	11584	823546.14	0.01525085	1.52508544
3.868514	3.881645	1448	1448	0.0000210	0.011246	0.011225	11584	1031982.18	0.01911078	1.91107812
6.015947	6.070876	1448	1448	0.0002590	0.010572	0.010313	11584	1123242.51	0.02080079	2.08007872
5.802201	5.880765	1448	1448	0.0000200	0.009419	0.009399	11584	1232471.54	0.02282355	2.2823547
6.388312	6.346821	68	68	0.0000010	0.000419	0.000418	544	1301435.41	0.02410066	2.41006557
3.529477	3.579645	1448	1448	0.0000540	0.008464	0.00841	11584	1377407.85	0.02550755	2.55075527
6.212627	6.267391	1448	1448	0.0000100	0.008412	0.008402	11584	1378719.35	0.02553184	2.55318399
1.269179	1.289282	1448	1448	0.0000820	0.008304	0.008222	11584	1408902.94	0.0260908	2.60907952
1.735655	1.768447	1448	1448	0.0000230	0.008219	0.008196	11584	1413372.38	0.02617356	2.61735625
1.965787	1.999037	1448	1448	0.0012850	0.009367	0.008082	11584	1433308.59	0.02654275	2.65427516
4.623952	4.668887	1448	1448	0.0007120	0.008088	0.007376	11584	1570498.92	0.02908331	2.90833132
5.308447	5.366718	1448	1448	0.0000570	0.007431	0.007374	11584	1570924.87	0.0290912	2.90912013
4.976175	5.027918	1448	1448	0.0000200	0.006664	0.006644	11584	1743528	0.03228756	3.22875555
3.063164	3.075165	1448	1448	0.0000090	0.006415	0.006406	11584	1808304.71	0.03348712	3.34871243
0.440821	0.465308	1448	1448	0.0001260	0.006406	0.00628	11584	1844585.99	0.034159	3.41589998
5.949437	6.017013	1448	1448	0.0000200	0.006002	0.005982	11584	1936476.09	0.03586067	3.58606684
4.235230	4.257082	1448	1448	0.0000100	0.005824	0.005814	11584	1992432.06	0.03689689	3.689689
2.238717	2.277193	1448	1448	0.0000110	0.005811	0.0058	11584	1997241.38	0.03698595	3.69859515
6.156570	6.175940	1448	1448	0.0000090	0.005781	0.005772	11584	2006930.01	0.03716537	3.71653705
2.231252	2.267198	1448	1448	0.0002450	0.005903	0.005658	11584	2047366.56	0.0379142	3.79141956
3.959526	4.005263	1448	1448	0.0000210	0.005601	0.00558	11584	2075985.66	0.03844418	3.84441789
4.361209	4.405825	1448	1448	0.0000200	0.005497	0.005477	11584	2115026.47	0.03916716	3.91671569
2.426577	2.456724	1448	1448	0.0000200	0.00547	0.00545	11584	2125504.59	0.0393612	3.93611961
4.015889	4.054097	1448	1448	0.0000960	0.005388	0.005292	11584	2188964.47	0.04053638	4.05363792
4.320341	4.326366	1448	1448	0.0000220	0.005217	0.005195	11584	2229836.38	0.04129327	4.12932663
3.271276	3.307152	1448	1448	0.0002610	0.005359	0.005098	11584	2272263.63	0.04207896	4.20789562
3.712654	3.754815	1448	1448	0.0000250	0.005104	0.005079	11584	2280763.93	0.04223637	4.22363691

Fuente: Márquez (2010).

Para generar las curvas de rendimiento se genera una base de datos concerniente a los escenarios de prueba culminados, los cuales fueron descritos en la fase III. Dicha base de datos generada por el software analizador de protocolos posee la información de cada uno de los envíos FTP, para cada medición por escenario.

Dicha información permite al investigador evaluar el rendimiento de la red inalámbrica propuesta, llenando la ficha técnica de recolección de datos para rendimiento, descrita en el capítulo III.

La evaluación 0 o de control será la referencia que permitirá comparar los rendimientos del estudio con y sin polímero resina como obstáculo (ver cuadro 6), para dicho escenario se obtuvo un promedio de  $R=0,77330052535253$  ( $R$ =Rendimiento), un  $R\%=77,3300525352531\%$  ( $R\%$ = Rendimiento Porcentual).

Los resultados anteriores muestran que el escenario de pruebas tuvo un rendimiento general del 77,33% con respecto al rendimiento teórico de los 54Mbps del estándar IEEE 802.11g. (Ver cuadro 6).



**Cuadro 6. Promedio de rendimiento por evaluación**

Captura #	Tabla de Promedios						
	Control			PVC		Espuma	
	0	1	2	3	1	2	3
1	0.96380606	0.667503645	0.445940573	0.289195377	0.68009028	0.381681038	0.35289026
2	0.69905359	0.641126319	0.529285894	0.287686194	0.579834435	0.533970758	0.36958662
3	1.06346594	0.636272483	0.560947443	0.279123412	0.643832389	0.436470319	0.37161978
4	0.69174214	0.653401202	0.613321814	0.297376737	0.625730255	0.65173475	0.62064565
5	0.95812641	0.706177299	0.563872198	0.44553829	0.664010749	0.558929431	0.48090005
6	0.88098953	0.727177648	0.589594971	0.484810192	0.606223276	0.657136051	0.58212394
7	0.88419589	0.642983879	0.628136146	0.404323821	0.553386406	0.690991984	0.67484324
8	0.76903028	0.578610863	0.469352182	0.415368006	0.575185715	0.577181882	0.69389349
9	0.888412	0.670330645	0.514379112	0.371914528	0.57108484	0.620059633	0.62687081
10	0.76801632	0.735291179	0.464012484	0.374679655	0.621934909	0.615353146	0.55314312
11	0.78691925	0.590988706	0.626156597	0.372619642	0.577334665	0.624971181	0.51592056
12	0.09626533	0.624518924	0.52960978	0.375745132	0.622547113	0.619856717	0.58475657
13	0.909219	0.710879016	0.566422412	0.376373909	0.641860717	0.556571963	0.6370607
14	0.67000124	0.624694441	0.522631498	0.466190792	0.595235851	0.614194709	0.53988228
15	0.66981897	0.536484552	0.385951221	0.418681689	0.634158294	0.527505973	0.57179225
16	0.5120179	0.6689609	0.565186868	0.427903811	0.544045066	0.570121332	0.56633528
17	0.87254509	0.604225644	0.548694701	0.360368147	0.560598008	0.557582758	0.59621188
18	0.69922376	0.648579134	0.56567617	0.375193049	0.594600744	0.622625114	0.54502475
19	0.87506239	0.643762504	0.563780023	0.36826016	0.671507234	0.538583585	0.59534761
20	0.50219378	0.607188149	0.538719942	0.353109253	0.582826573	0.559721865	0.62263731
21	0.60822672	0.570652598	0.517801197	0.397928719	0.642247697	0.518824231	0.58418189
22	0.83029892	0.711921814	0.682536347	0.440299456	0.614241861	0.580270365	0.66539881
23	0.76110909	0.635100039	0.575315341	0.333579083	0.551330418	0.501089376	0.5966058
24	0.73407153	0.666626609	0.555981601	0.371646142	0.600176185	0.678064752	0.61947349
25	0.86531562	0.644731622	0.431150219	0.414046511	0.542908322	0.669173336	0.61680748
26	0.76251507	0.56165101	0.649605184	0.412204342	0.619969631	0.584819578	0.629264
27	0.89952946	0.727845498	0.490661495	0.387423291	0.512953591	0.610019459	0.57507839
28	0.77769587	0.56624467	0.541309397	0.516483281	0.496405021	0.564327951	0.53172707
29	0.83995365	0.629789574	0.444168152	0.321671619	0.537271864	0.523558824	0.54766583
30	0.96019495	0.775772516	0.446850669	0.386143628	0.56242735	0.577831138	0.6477697
Promedios							
Totales	0.773301	0.6469831	0.537568388	0.38419626	0.59419865	0.57744077	0.5705153

Fuente: Márquez (2010).

Para la evaluación del diámetro 1.1, 1.2 y 1.3, se toman las mismas condiciones que en el escenario 0, adicionando el obstáculo de PVC de 2, 4 y 5cm de diámetro colocado al equipo receptor, teniendo en cuenta las condiciones de temperatura, humedad, datos transmitidos, distancia de transmisión, para garantizar que el escenario cumpla con todas las especificaciones técnicas requeridas por la evaluación.

Para el diámetro 1.1 el promedio de rendimiento resultante es  $R=0.646983103$  y un  $R\%=64,6983103\%$ , el cual representa una disminución del rendimiento del 12,60%. Para el diámetro 1.2 el promedio de rendimiento resultante es  $R=0.537568388$  y un  $R\%=53,7568388\%$ , el cual representa una disminución del rendimiento en comparación con el escenario 0 del 23.54%.

Para el diámetro 1.3 el promedio de rendimiento resultante es  $R=0.384196262$  y un  $R\%=38,4196262\%$ , el cual representa una disminución del rendimiento en comparación con el escenario 0 del 38,92%. (Ver cuadro 6).

En el mismo orden para los diámetros 2.1, 2.2 y 2.3 que serán 5cm, 8cm y 10cm respectivamente, donde el obstáculo de polímero resina utilizado es del tipo espuma de poliuretano también colocado al receptor, tomando las mismas condiciones que en el escenario 0, teniendo en cuenta las la temperatura, humedad, datos transmitidos y distancia de transmisión.

Para el diámetro 2.1 el promedio de rendimiento resultante es  $R=0.594198649$  y un  $R\%=59,4198649\%$ , el cual representa una disminución del rendimiento del 17,91%. Para la evaluación del diámetro 2.2, el promedio de rendimiento resultante es  $R=0.577440773$  y un  $R\%=57,7440773\%$ , el cual representa una disminución del rendimiento del 19,59% en comparación con el escenario 0.

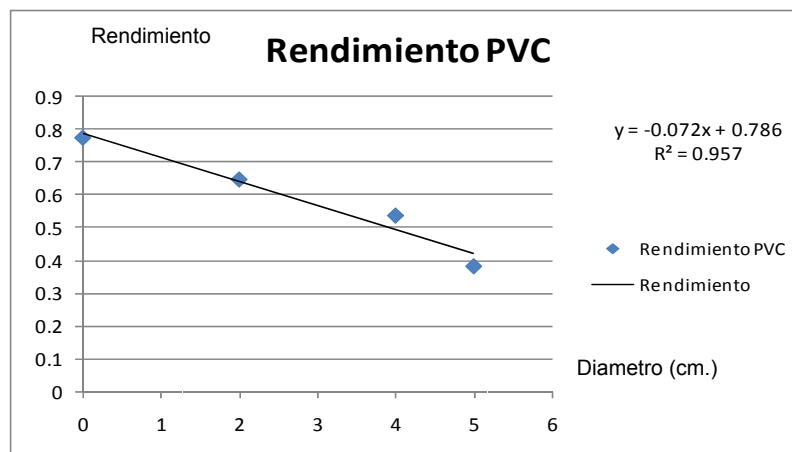
Para el diámetro 2.3, el promedio de rendimiento resultante es  $R=0.570515287$  y un  $R\%=57,0515287\%$ , el cual representa una disminución del rendimiento del 20,28% en comparación con el escenario 0. (Ver cuadro 6). Al realizar el análisis de datos para las evaluaciones anteriormente descritas, y haber obtenido los promedios de cada una, se procede a realizar el análisis de los resultados utilizando el método de regresión lineal, por completación de mínimos cuadrados, el cual proveerá al estudio de las curvas de rendimiento y ecuaciones que representan el modelo.

Esto se realiza con el fin de determinar el efecto de los obstáculos de tipo polímero resina en el rendimiento de redes TCP/IP/IEEE802.11g modo ad-hoc. Las ecuaciones resultante son, para PVC,  $y = -0.072x + 0.786$  con un  $R^2=0.957$ ; para la espuma de poliuretano,  $y = -0.020x + 0.747$  con un  $R^2=0.855$ .

#### Fase V: Determinar el rendimiento

El sentido de la línea para el mejor ajuste en los gráficos de dispersión, indica una relación lineal negativa, ya que al crecer el diámetro del obstáculo de polímero resina disminuye el rendimiento, bien sea PVC o espuma de poliuretano. (Ver gráfico 3).

**Gráfico 3. Rendimiento contra diámetro del obstáculo PVC**



Fuente: Márquez (2010).

La interpretación del coeficiente de correlación muestral, según Chapra (2009), depende del valor, del signo, y las características de la muestra analizada. Al multiplicar dicho valor por cien (100), obtenemos que la magnitud de cuánto se da el evento, que el obstáculo de polímero resina afecte al rendimiento de la red inalámbrica, donde se concluye que para el PVC este efecto ocurre en un 95.7%, y para la espuma de poliuretano ocurre en un 85,5%. (Ver gráfico 4).

El índice de correlación obtenido para ambos tipo de polímero resina, tanto PVC como espuma de poliuretano, es cercano a 1, lo que indica que la relación entre las variables es lineal positiva fuerte o posee un alto grado de asociación lineal. En otro orden de ideas, al poseer las ecuaciones para determinar el rendimiento en las redes inalámbricas IEEE 802.11g en modo ad-hoc cuando hay obstáculos de tipo polímero resina, específicamente PVC y espuma de poliuretano, obtenidas en la presente investigación, se tabulan los diámetros de dichos materiales para obtener el comportamiento general de estos materiales con cualquier espesor dado. La expresión matemática para determinar el rendimiento en la presente investigación es la siguiente ecuación:

$$R = VR / VT$$

Donde:

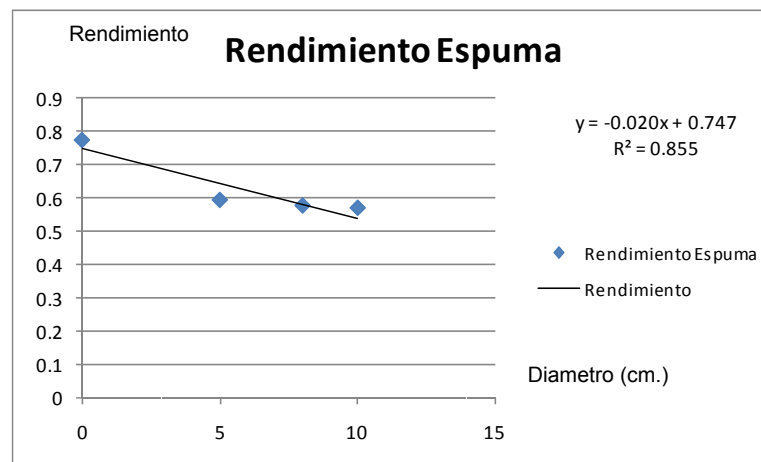
R: Rendimiento.

VR: Velocidad Real.

VT: Velocidad Teórica para el estándar IEEE 802.11g. (54Mbps)

Al poseer el rendimiento de los distintos escenarios con polímero resina se obtiene la siguientes ecuaciones: para PVC  $y = -0.072x + 0.786$  y espuma de poliuretano  $y = -0.020x + 0.747$ , siendo x el diámetro a evaluar.

**Gráfico 4. Rendimiento contra diámetro del obstáculo espuma de poliuretano**



Fuente: Márquez (2010).



## CONCLUSIONES

La presente investigación desarrolló el modelo para evaluar el rendimiento de redes TCP/IP/IEEE 802.11g en modo ad-hoc con obstáculos de tipo polímero resina. Al analizar los resultados arrojados por éste, se plantean las siguientes conclusiones basadas en los objetivos planteados en la investigación.

De acuerdo con Lovera (2006), para el primer objetivo de la investigación el 68,8% de los materiales utilizados, como: semicomponentes (productos constructivos que han recibido una forma más idónea de ser empleados en la construcción) en la construcción de casas y oficinas, son de tipo polímero resina (plásticos en general), de los cuales los más utilizados como materia prima y aislante para la fabricación de muebles, pisos, ventanas, paredes, entre otros, son el cloruro de polivinilo (PVC), y la espuma de poliuretano.

Para el segundo objetivo de la investigación, se diseñaron 7 evaluaciones de prueba, donde una se definió como escenario 0 o de "control" donde no se encontraba obstáculo alguno, las siguientes tomaron los nombres de, diámetro 1.1 para el espesor de 2cm con el obstáculo de PVC, 1.2 para 4cm y 1.3 para el espesor de 5cm con PVC.

Asimismo, se utilizó el nombre de diámetro 2.1, 2.2 y 2.3, para la espuma de poliuretano con los espesores de 5cm, 8cm y 10cm, respectivamente. Se realizaron 30 mediciones por cada una de las evaluaciones, para luego promediar cada una de ellas.

En relación con el tercer objetivo de la investigación, se desarrolló un modelo de rendimiento para redes TCP/IP/IEEE 802.11g en modo ad-hoc con presencia de obstáculos de tipo polímero resina satisfactorio, permitiendo determinar con precisión el rendimiento para los distintos escenarios que apliquen.

Esto se logró al determinar a través de la regresión por mínimos cuadrados, las ecuaciones características del estudio, para PVC y  $= -0.072x + 0.786$ , y para la espuma de poliuretano y  $= -0.020x + 0.747$ , siendo x el diámetro a evaluar.

A su vez se observa que para las evaluaciones con el polímero resina PVC con respecto al escenario 0, en el diámetro 1.1 el rendimiento disminuye un 12,60%, para el diámetro 1.2 con respecto al escenario 0 disminuye un 23,54% y para el diámetro 1.3 la disminución es de 38,92%.

En el mismo orden, los rendimientos para la espuma de poliuretano son: en el diámetro 2.1 con respecto al escenario 0, el rendimiento disminuye en 17,91%, para el diámetro 2.2 disminuye 19,59% y para el escenario 2.3 disminuye 20,28%.

Sobre las bases de las consideraciones anteriores, al poseer las ecuaciones para determinar el rendimiento en las redes inalámbricas IEEE 802.11g en modo ad-hoc cuando hay obstáculos de tipo polímero resina, obtenidas en la presente investigación, se tabulan los diámetros para obtener el comportamiento general de estos materiales con cualquier diámetro específico.



Esto arrojó una disminución del rendimiento con respecto al obstáculo de cloruro de polivinilo (PVC) de 0,00720 o 0,720% a cada 0,1cm de diámetro, de la misma manera para la espuma de poliuretano arrojó una disminución del rendimiento de 0,00400 o 0,400% por cada 0,2 cm.

Al estudiar los gráficos de dispersión para cada uno de los tipos de polímero resina, se encuentra que el sentido de la línea para el mejor ajuste, indica una relación lineal negativa, ya que al crecer el diámetro del obstáculo disminuye el rendimiento, bien sea PVC o espuma de poliuretano.

En este sentido, el coeficiente de correlación muestral indica la fuerza de la relación lineal para ambos tipos de polímero resina. Tanto en PVC como en espuma de poliuretano, es cercano a 1, 0,957 para el PVC y 0,855 para espuma de poliuretano, lo que indica que la relación entre las variables es lineal positiva fuerte o posee un alto grado de asociación lineal.

En este orden, al comparar los tipos de polímero resina evaluados, y teniendo en cuenta que la espuma de poliuretano no es un reemplazo para el cloruro de polivinilo (PVC), se observa que el PVC afecta en 0,5% por cada 0,1 centímetros más el rendimiento de una red inalámbrica, que la espuma de poliuretano.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chapell, L. (2010). Wireshark Network Analysis: The Official Wireshark Certified Network Analyst Study Guide, Protocol Analysis Institute. EE.UU. Editorial Chapell University.
- Chapra, S. (2009). Métodos numéricos para ingenieros. 6ta Edición. México. Editorial McGraw Hill.
- Dowhuszko, A. (2010). Teoría de la transmisión de información sobre canales MIMO inalámbricos con múltiples usuarios. Argentina. Editorial Universidad de Córdoba.
- Forouzan, B. (2006). Data communications and networking. 4ta edición. México. Editorial McGraw Hill.
- Lovera, A. (2006). Materiales y componentes para la construcción de viviendas. Venezuela. Editorial de La Universidad del Zulia.