

## Efecto de la distancia del medio de transmisión en el rendimiento de redes ethernet

*Carlos A. Rincón C., Alfredo J. Acurero, David R. Bracho, Carmen E. Castro de R.  
y Desirée L. Arias*

<sup>1</sup>*Departamento de Computación. Facultad Experimental de Ciencias. La Universidad del Zulia.  
Apartado 526. Maracaibo, Venezuela. Departamento de Estadística.  
Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia. Apartado 526. Maracaibo, Venezuela.  
División de Programas Especiales. Facultad Experimental de Ciencias.  
La Universidad del Zulia. Apartado 526. Maracaibo, Venezuela.*

Recibido: 28-10-05 Aceptado: 29-06-06

### Resumen

El objetivo principal de la investigación consistió en determinar el efecto de la distancia del medio de transmisión sobre el rendimiento de las redes ethernet. Para medir dicho efecto, se seleccionó un modelo lineal general con tres factores (distancia del medio, tamaño del marco y número de equipos), se realizaron 90 simulaciones para medir el rendimiento de la red (throughput, tasa de arribo y tasa de colisión) y se utilizó el procedimiento análisis de varianza a los datos producto de las simulaciones. Los resultados obtenidos determinaron que para el efecto individual de la distancia del medio, el mayor rendimiento de la red (throughput= 0.90634308, tasa de arribo= 8471.80529 marcos/seg y tasa de colisión= 511.72833 marcos/seg) se obtuvo con la menor distancia (50 metros), mientras que para la interacción de la distancia del medio, el tamaño del marco y el número de equipos, el mayor rendimiento de la red (throughput= 0,991952, tasa de arribo= 816,8256 marcos/seg y tasa de colisión= 0 marcos/seg) se obtuvo con la menor distancia del medio (50 metros), el mayor tamaño del marco (1518 bytes) y el menor número de equipos (2). El análisis estadístico indicó que existen diferencias significativas ( $P \leq 0,01$ ) tanto para el efecto individual de la distancia al medio como para la interacción de la distancia del medio, tamaño del marco y número de computadores, sugiriendo un efecto real del parámetro estudiado en el rendimiento de las redes ethernet.

**Palabras clave:** Distancia del medio de transmisión, rendimiento, redes ethernet.

## Transmission media length effect on ethernet networks performance

### Abstract

The main objective of this research was to determine the effect of the transmission media distance on Ethernet networks performance. A general lineal model with three factors (transmission media distance, frame size and number of hosts) was chosen to measure the effect of the studied parameter, 90 simulations were conducted to measure the network performance (throughput, arrival rate and collision rate) and the analysis of variance procedure was applied

\* Autor para la correspondencia. Telf.: 058 261 7597748. Fax: 058 261 7597735. E-mail: crincon@luz.edu.ve

to the obtained data. The analysis showed that for the individual media distance effect, the higher network performance (throughput = 0.90634308, arrival rate 8471.80529 frames/sec y collision rate= 511,72833 frame/sec) was obtained with the lower distance (50 meters), while for the media distance, frame size and number of hosts interaction effect, the higher network performance (throughput= 0.991952, arrival rate= 816.8256 frames/sec y collision rate= 0 frames/sec) was obtained with the lower media distance (50 meters), the higher frame size (1518 bytes) and the lower number of host (2). The statistical analysis showed significant differences ( $P \leq 0.01$ ) for the individual media distance effect and also for the media distance, frame size and number of hosts interaction, suggesting a real effect of the studied parameter on Ethernet networks performance.

**Key words:** Ethernet networks; performance; transmission media distance.

## I. Introducción

La distancia del medio de transmisión es uno de los parámetros fundamentales que afectan el rendimiento de cualquier red, sin embargo, en la mayoría de los casos este efecto es analizado desde un punto de vista empírico. Las redes ethernet (basadas en el protocolo IEEE 802.3) se han convertido en la primera elección para la implementación de redes de área local, por su facilidad y costos de instalación. El objetivo de esta investigación consistió en analizar estadísticamente el efecto de la distancia del medio de transmisión en el rendimiento de las redes ethernet.

Para lograr el objetivo propuesto, se diseñó un modelo lineal general (GLM), considerando como variables independientes la distancia del medio de transmisión, el tamaño del marco de datos y el número de equipos. Este modelo se aplicó a tres parámetros de medición de rendimiento de una red (throughput, tasa de arribo de marcos y tasa de colisión de marcos).

Posteriormente se realizó una serie de simulaciones prácticas utilizando el simulador de redes LAN NetSim, utilizando como parámetro principal la distancia del medio de transmisión, variando el valor de dicho parámetro entre 50 metros y 2500.

Por último, se aplicó el procedimiento análisis de varianza a los resultados de las simulaciones realizadas, con la finalidad de determinar la existencia de diferencias significativas en el rendimiento, tanto del efecto individual de la

distancia del medio de transmisión como del efecto producto de la interacción de la distancia del medio de transmisión, el tamaño del marco de datos y el número de computadores.

El impacto de los resultados obtenidos, radica en la demostración probabilística (no empírica) del efecto de la distancia del medio de transmisión en el rendimiento de las redes ethernet.

## II. Planteamiento del Problema

El medio de transmisión se define como el camino que interconecta dos o más sistemas de cómputo en una red de datos. Pueden clasificarse en alámbricos o inalámbricos según la manera como se transmitan las ondas electromagnéticas.

La distancia y la velocidad de transmisión de datos son parámetros de un sistema de comunicación que se ven afectados directamente por el medio de transmisión seleccionado. La calidad en la transmisión de datos es determinada por las características del medio de transmisión y las características de la señal a transmitir (1).

El rendimiento de un sistema de comunicación, mide la efectividad en la transmisión de la información (sin errores) desde el emisor hasta el receptor, y no puede ser cuantificado en una dimensión dado a que deben considerarse los múltiples factores que inciden en el funcionamiento de una red (2).

El rendimiento de las redes ethernet, es una de las variables más estudiadas por los investigadores de redes de área local, como con-

secuencia de la masiva implementación de las mismas. Sin embargo, el análisis del efecto de los diversos parámetros que afectan el desempeño de una red ethernet, normalmente se realiza de forma empírica.

El protocolo de acceso al medio utilizado por las redes ethernet es el CSMA/CD 1-persistente (acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones) (3). El funcionamiento de este protocolo se ve afectado directamente por la distancia del medio de transmisión, debido a que el tiempo para la detección de las colisiones será menor, a medida que la distancia del medio sea menor. Mientras el tiempo de detección de colisiones sea menor, el rendimiento del protocolo CSMA/CD (y por ende el rendimiento de la red), por lo que la presente investigación plantea estudiar la relación entre la distancia del medio de transmisión y el rendimiento de las redes ethernet.

### III. Fundamentos Teóricos

#### Medio de Transmisión

El término "Ethernet" proviene de la antigua creencia de que no existe el vacío en el mundo, sino que él estaba lleno de una sustancia llamada éter ("ether" en inglés), que era la sustancia que permitía conectar entre sí las cosas. Por este motivo, la red (medio de transmisión) que une a computadores, por analogía, se bautizó como "Ethernet" (4).

Para el estándar ethernet (IEEE 802.3), se utilizan comúnmente 4 tipos de medios para interconectar los sistemas de cómputo. El cable 10base5 (coaxial grueso), con una distancia máxima por segmento de 500 metros y un número máximo de 100 nodos por segmento, el cable 10base2 (coaxial fino), con una distancia máxima por segmento de 200 metros y un número máximo de 30 nodos por segmento. El cable 10baseT (par trenzado), con una distancia máxima por segmento de 100 metros y un número máximo de 1024 nodos por segmento y el cable 10baseF (fibra óptica), con una distancia máxima por segmento de 2000 metros y un número máximo de 30 nodos por segmento (5).

La atenuación, es la característica del medio de transmisión que define la distancia máxima del mismo. Se conoce como el proceso de disminución en la densidad de la potencia de la señal, a medida que ésta se aleja de la fuente. Matemáticamente la atenuación de la onda ( $a$ ) es:  $10 \text{ Log}_{10} (P_1/P_2)$ , donde  $P_1$  es la potencia de la señal transmitida y  $P_2$  es la potencia de la señal recibida (6).

#### Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

El algoritmo del protocolo CSMA/CD, realiza las siguientes acciones (7):

1. Si el medio de transmisión se encuentra disponible, la información es transmitida.
2. Si se detecta que el medio de transmisión se encuentra ocupado, se difiere la transmisión de la información hasta que el medio se desocupe.
3. Si se detecta una colisión (2 o más computadores intentaron transmitir al mismo tiempo), se envía una señal de colisión y se intenta transmitir en un tiempo aleatorio posterior. La señal de colisión sirve como una estrategia de consenso que permite que todos los computadores presentes en la red, conozcan que sucedió una colisión y tomen las acciones pertinentes.

El tiempo para la detección de una colisión, depende de la distancia del medio de transmisión, debido a que la señal de colisión deberá viajar a lo largo del medio de transmisión, permitiendo que cada computador presente en la red conozca que existió una colisión.

#### Rendimiento de Redes Ethernet

El rendimiento de una red ethernet, es una variable que puede medirse bajo el análisis de diferentes parámetros. Los parámetros utilizados en la investigación para medir el rendimiento de las redes ethernet son:

Throughput: es la fracción nominal de ancho de banda de la red que es utilizado para transmitir datos. Las cabeceras de los marcos son consideradas como información al momento de calcular este valor (2).

Tasa de Arribo de los marcos: cantidad de marcos de datos que recibe un computador por unidad de tiempo.

Tasa de colisión: cantidad de marcos de datos que colisionan en la red por unidad de tiempo.

SHOCH en su investigación "Measured Performance of an Ethernet Network" (8), diseñó ambientes típicos de redes de área local, generando tráficos característicos a distintos niveles. Para ello, crearon un sistema experimental basado en un troncal de cable coaxial de 550 metros y alrededor de 120 equipos conectados.

Las mediciones realizadas contemplaron una carga de tráfico generada por accesos remotos, impresiones, accesos a base de datos, entre otras. Asimismo, utilizaron una técnica pasiva (monitoreo de una interfaz de una estación en modo promiscuo) para la recolección de los datos de medición.

Entre las conclusiones más relevantes planteadas por esta investigación pueden mencionarse que: los porcentajes de error y paquetes perdidos fueron muy bajos, el tiempo de acceso para una estación que intenta transmitir es virtualmente cero bajo una carga de red normal, los mecanismos de detección de errores y mecanismos de resolución funcionaron eficientemente en condiciones elevadas de tráfico y que, en general y aún en condiciones de carga extrema, el sistema fue estable.

Entre los resultados obtenidos en dicha investigación se verificaron ciertas hipótesis que se convierten en un aporte valioso para esta investigación debido a que se utiliza un ambiente de pruebas con una longitud específica de cable coaxial, con condiciones de medición similares a las realizadas en la presente investigación (aún cuando se evalúan tamaños de paquetes distintos).

#### **Simulador de Redes Ethernet NETSIM**

El simulador NETSIM, desarrollado por (9) consiste en un programa que simula el comportamiento de los protocolos de Redes de Área Local basándose, a diferencia de otros simuladores, en un modelado real de la propagación de la señal y en los efectos de las posiciones relativas de

las estaciones en la red, entre otras, bajo una plataforma Solaris (UNIX), que puede ser compilado en LINUX.

Para ello, se evalúan los efectos de una amplia variedad de parámetros en la capa de Control de Acceso al Medio. NETSIM permite, entre otras bondades, analizar los efectos del proceso de la llegada de paquetes, tamaño de los paquetes, velocidad de transmisión y la disposición de la red con respecto a su rendimiento.

### **IV. Materiales y Métodos**

Para obtener las observaciones sobre el rendimiento de una red Ethernet, se utilizó el simulador de redes NetSim, desarrollado por el profesor Lewis Barnett de la Universidad de Richmond, Virginia - USA, el cual permite variar los parámetros que afectan el rendimiento de estas redes. La veracidad de los resultados que arroja el simulador, fue corroborada por (10), donde se demuestra y se valida que tanto el modelo matemático utilizado en la investigación como el simulador, estiman de forma válida lo que sucede en la realidad con el comportamiento las redes ethernet.

Se definieron como variables independientes para medir el rendimiento de las redes Ethernet, los parámetros longitud del medio de transmisión, tamaño del marco de datos y número de equipos. Se manipularon estos parámetros utilizando el simulador Netsim, estableciendo para la longitud del medio de transmisión los valores de 50 m, 100 m, 500 m, 1000 m y 2500 m, para el tamaño del marco de datos los valores de 64 bytes y 1518 bytes y para el número de equipos se especificó la cantidad mínima, máxima y promedio de equipos que pueden ser conectados a la red según la longitud del medio de transmisión. Se realizaron tres repeticiones por cada simulación.

Se procedió a medir el rendimiento de una red Ethernet variando solo la longitud del medio de transmisión. Luego se midió el rendimiento considerando la iteración entre la longitud del medio de transmisión, y el tamaño del marco de datos. Por último se midió el rendimiento considerando la iteración entre la longitud del medio

de transmisión, tamaño del marco de datos y la cantidad de equipos.

### Análisis Estadístico

Para analizar los datos obtenidos provenientes del simulador de redes NetSim, se utilizó el procedimiento GLM (modelo general lineal), del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) considerando como variables dependientes continuas: el throughput, el arrival rate (tasa de arribo) y el collision rate (tasa de colisiones); y como variables independientes: la distancia del medio, el tamaño del marco y el número de equipos.

Se definió un modelo matemático con 3 factores en estudio: Distancia del medio (D) con 5 niveles: 50 m, 100 m, 500 m, 1000 m y 2500 m, tamaño del marco (T), con 2 niveles 64 bytes y 1518 bytes, y el número de equipos jerarquizado dentro de la distancia y el tamaño del marco.

El modelo matemático (modelo aditivo lineal) que explica el comportamiento de las variables en estudio es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + T_j + (DT)_{ij} + N(D)(T)_{k(ij)} + E_{ijkl}$$

donde:

$$i = 1, 2, \dots, 5$$

$$j = 1, 2$$

$$k = 1, 2, 3$$

$$l = 1, 2, 3$$

$Y_{ijkl}$  = Valor de la variable correspondiente a la e-lésima observación del k-ésimo número de equipos para el j-ésimo tamaño del marco y la i-ésima distancia al medio.

$\mu$  = Promedio general de la variable.

$D_i$  = Efecto de i-ésima distancia al medio.

$T_j$  = Efecto del j-ésimo tamaño del marco.

$(DT)_{ij}$  = Interacción del j-ésimo nivel del tamaño del marco con la i-ésima distancia al medio.

$N(D)(T)_{k(ij)}$  = Efecto del k-ésimo número del equipo jerarquizado dentro de la i-ésima distancia al medio y el j-ésimo tamaño del marco.

$E_{ijkl}$  = Error experimental asociado con la e-lésima observación de la variable para el k-ésimo tamaño del marco y la i-ésima distancia al medio.

Dentro de este modelo se definieron un conjunto de iteraciones para los valores de las variables independientes, de esta forma poder conocer el efecto que estas tienen desde el punto de vista del throughput, tasa de arribo y la tasa de colisiones, estas iteraciones son:

- La distancia del medio de transmisión (DIST\_MED) esta dada por: 50 m, 100 m, 500m, 1000 m y 2500 m.
- El tamaño del marco (TAM\_MARC) esta dada por: 64 bytes como valor mínimo para el marco y 1518 bytes como valor máximo para el marco.
- La distancia del medio de transmisión por el tamaño del marco (DIST\_MED\* TAM\_MARC): esta iteración está definida por los siguientes valores: 50 m x 64 bytes, 100 m x 64 bytes, 500 m x 64 bytes, 1000 x 64 bytes, 2500 m x 64 bytes, 50 m x 1518 bytes, 100 m x 1518 bytes, 500 m x 1518 bytes, 1000 x 1518 bytes y 2500 m x 1518 bytes.
- El número de equipos con respecto a la distancia del medio y al tamaño del marco: esta iteración está definida por los siguientes valores:
  - Iteración 1: 2 equipos (50 m x 64 bytes), 5 equipos (50 m x 64 bytes) y 10 equipos (50 m x 64 bytes).
  - Iteración 2: 2 equipos (50 m x 1518 bytes), 5 equipos (50 m x 1518 bytes) y 10 equipos (50 m x 1518 bytes).
  - Iteración 3: 2 equipos (100 m x 64 bytes), 10 equipos (100 m x 64 bytes) y 20 equipos (100 m x 64 bytes).
  - Iteración 4: 2 equipos (100 m x 1518 bytes), 10 equipos (100 m x 1518 bytes).

- bytes) y 20 equipos (100 m x 1518 bytes).
- Iteración 5: 2 equipos (500 m x 64 bytes), 50 equipos (500 m x 64 bytes) y 100 equipos (500 m x 64 bytes).
  - Iteración 6: 2 equipos (500 m x 1518 bytes), 50 equipos (500 m x 1518 bytes) y 100 equipos (500 m x 1518 bytes).
  - Iteración 7: 2 equipos (1000 m x 64 bytes), 100 equipos (1000 m x 64 bytes) y 200 equipos (1000 m x 64 bytes).
  - Iteración 8: 2 equipos (1000 m x 1518 bytes), 100 equipos (1000 m x 1518 bytes) y 200 equipos (1000 m x 1518 bytes).
  - Iteración 9: 2 equipos (2500 m x 64 bytes), 150 equipos (2500 m x 64 bytes) y 300 equipos (2500 m x 64 bytes).
  - Iteración 10: 2 equipos (2500 m x 1518 bytes), 150 equipos (2500 m x 1518 bytes) y 300 equipos (2500 m x 1518 bytes).

## V. Resultados

Después de obtener los resultados de las variables de rendimiento (throughput, tasa de arribo y tasa de colisión) del simulador NETSIM, se procedió realizar el análisis estadístico con el software Statistical Analysis System (SAS).

### Análisis de la Varianza (SAS)

Los resultados obtenidos de la ejecución del procedimiento análisis de varianza, se presentan en la Tabla 1.

Cuando se realizó el análisis de varianza para la variable dependiente throughput, se detectaron diferencias significativas ( $P \leq 0.0001$ ) para el modelo diseñado, lo cual indica que el modelo seleccionado explica perfectamente el comportamiento de esa variable con un  $R^2$  de

0.999982 y un coeficiente de variación igual a 0.093624. También pudo detectarse que tanto la distancia del medio de transmisión, el tamaño del marco de datos, la interacción entre ellos y el número de equipos jerarquizado por la distancia del medio y el tamaño del marco, tienen un efecto significativo ( $P \leq 0.0001$ ) sobre la variable en estudio, indicando la influencia que tienen sobre su comportamiento. El efecto significativo de la interacción entre la distancia del medio y el tamaño del marco, así como la interacción del número de equipos jerarquizado por la distancia del medio y el tamaño del marco, revela que estos factores actúan dependiendo uno del otro sobre el throughput. El mismo comportamiento se observó para las variables dependientes tasa de arribo de marcos ( $R^2 = 0.999996$  y coeficiente de variación igual a 0.209317) y tasa de colisiones ( $R^2 = 0.999928$  y coeficiente de variación igual a 1.596914).

### Efecto individual de la Distancia del Medio de Transmisión

#### Throughput:

La Figura 1 muestra el efecto individual del parámetro distancia del medio de transmisión en el throughput de las redes ethernet. El mayor throughput (0.90634308) se obtuvo en la red con la menor distancia del medio de transmisión (50 metros).

#### Tasa de Arribo (Marcos / seg)

La Figura 2 muestra el efecto individual del parámetro distancia del medio de transmisión en la tasa de arribo de marcos de las redes ethernet. La mayor tasa de arribo de marcos (8471.80529 marcos/seg) se obtuvo en la red con la menor distancia del medio de transmisión (50 metros).

#### Tasa de Colisiones (Colisiones / seg)

La Figura 3 muestra el efecto individual del parámetro distancia del medio de transmisión en la tasa de colisiones de marcos de las redes ethernet. La menor tasa de colisiones de marcos (511.72833 colisiones/seg) se obtuvo en la red con la menor distancia del medio de transmisión (50 metros).

Tabla 1

**Throughput**

Fuente	Grados de Libertad	Valor de F	Pr>F
Modelo	29		
Error	60	99999.99	0.0001
Total corregido	89		

R-Cuadrado	Coficiente de Variación	Throughput Promedio
0.999982	0.093624	0.84319533

Fuente	Grados de Libertad	Valor de F	Pr>F
DIST_MED	4	99999.99	0.0001
TAM_MARC	1	99999.99	0.0001
DIST_MED*TAM_MARC	4	70795.42	0.0001
NUM_H(DIST_M*TAM_MA)	20	3964.10	0.0001

**Tasa de Arribo**

Fuente	Grados de Libertad	Valor de F	Pr>F
Modelo	29		
Error	60	99999.99	0.0001
Total corregido	89		

R-Cuadrado	Coficiente de Variación	Arribo Promedio
0.999996	0.209317	7355.09554556

Fuente	Grados de Libertad	Valor de F	Pr > F
DIST_MED	4	95509.53	0.0001
TAM_MARC	1	99999.99	0.0001
DIST_MED*TAM_MARC	4	93380.06	0.0001
NUM_H(DIST_M*TAM_MA)	20	3798.29	0.0001

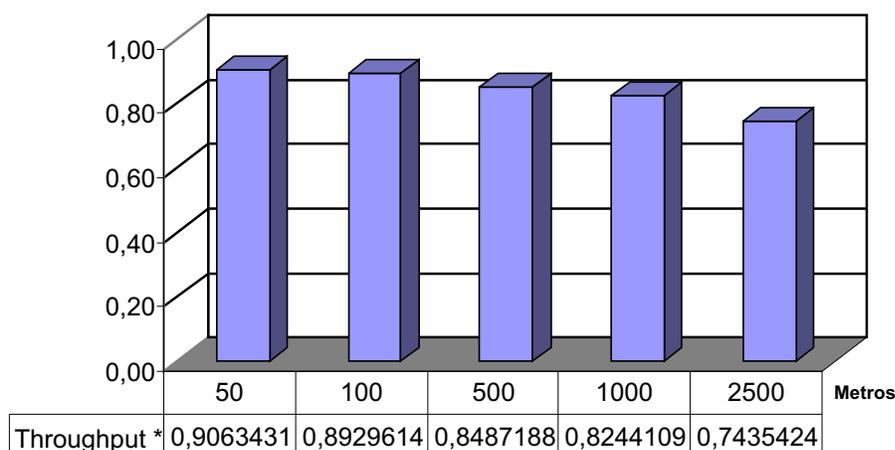
**Tasa de Colisiones**

Fuente	Grados de Libertad	Valor de F	Pr>F
Modelo	29		
Error	60	28835.16	0.0001
Total Corregido	89		

R-Cuadrado	Coficiente de Variación	Colisión Promedio
0.999928	1.596914	2920.06762620

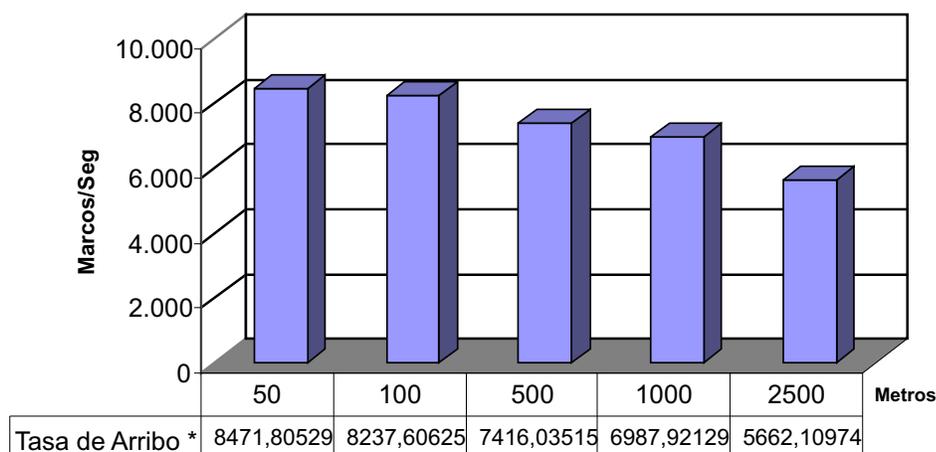
Fuente	Grados de Libertad	Valor de F	Pr>F
DIST_MED	4	30867.80	0.0001
TAM_MARC	1	99999.99	0.0001
DIST_MED*TAM_MARC	4	21521.54	0.0001
NUM_H(DIST_M*TAM_MA)	20	20391.44	0.0001



\* Promedio de Mínimos Cuadrados

Error Estándar: 0.00018607

Figura 1. Efecto individual de la distancia del medio de transmisión en el throughput de las redes ethernet.



\* Promedio de Mínimos Cuadrados

Error Estándar: 3.62874

Figura 2. Efecto individual de la distancia del medio de transmisión en la tasa de arribo de marcos de las redes ethernet.

### Efecto de la interacción entre la Distancia del Medio de Transmisión y el Tamaño del Marco de Datos

#### Throughput

La Figura 4 muestra el efecto de la interacción del parámetro distancia del medio de

transmisión y tamaño del marco de datos, en el throughput de las redes ethernet. El mayor throughput (0,98677658) se obtuvo en la red con la menor distancia del medio de transmisión (50 metros) y el mayor tamaño del marco de datos (1518 Bytes).

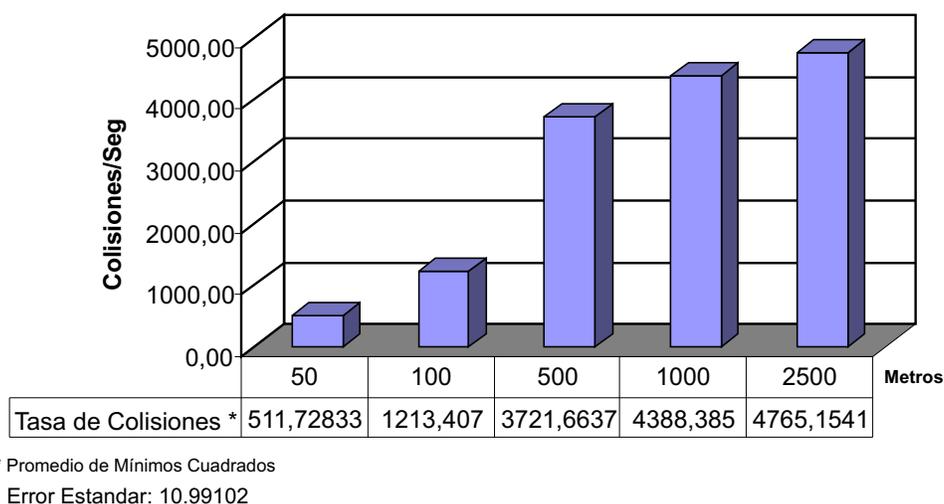


Figura 3. Efecto individual de la distancia del medio de transmisión en la tasa de colisiones de las redes ethernet.

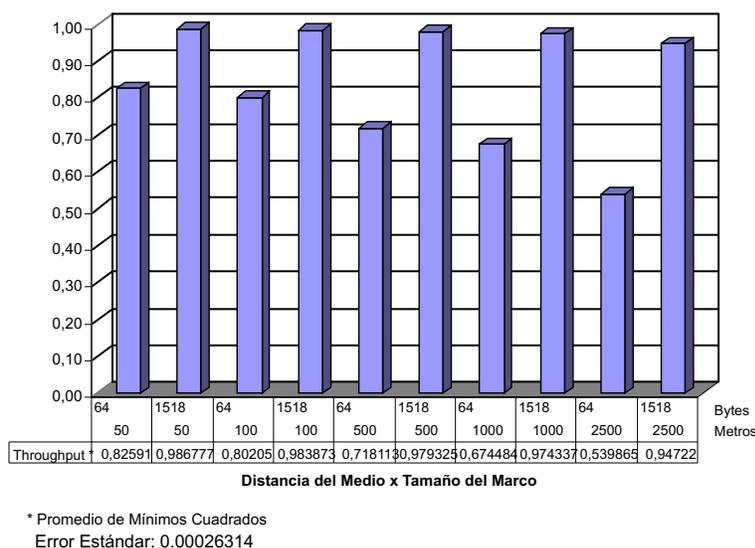


Figura 4. Efecto de la interacción entre la distancia del medio de transmisión y el tamaño del marco del marco de datos en el throughput de las redes ethernet.

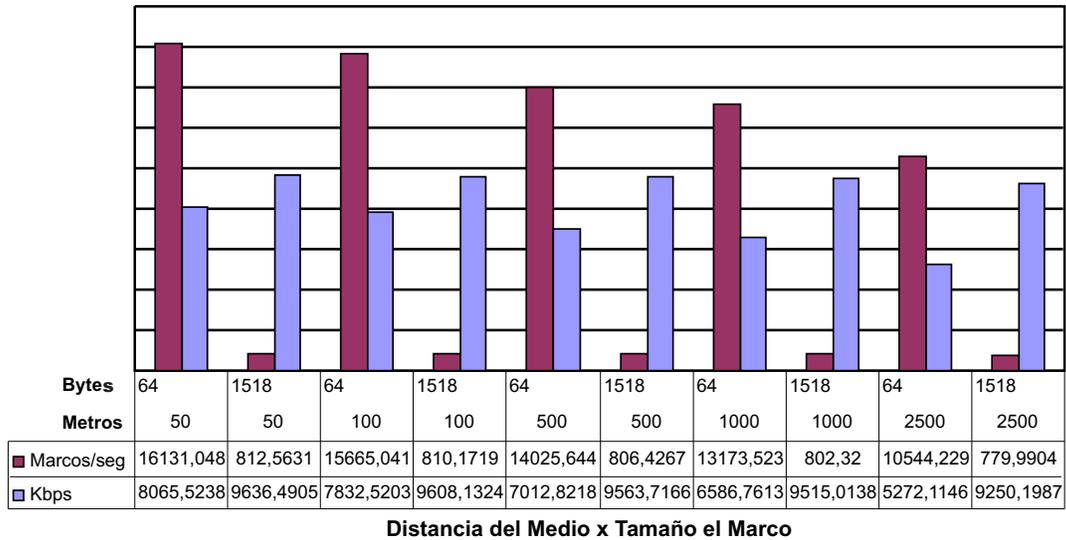
**Tasa de Arribo (Marcos / seg)**

La Figura 5 muestra el efecto de la interacción del parámetro distancia del medio de transmisión y tamaño del marco de datos, en la tasa de arribo de marcos de las redes ethernet. La mayor tasa de arribo de marcos (812.5631 marcos/seg, que representan 1233470,7858 bytes) se obtuvo

en la red con la menor distancia del medio de transmisión (50 metros) y el mayor tamaño del marco de datos (1518 Bytes).

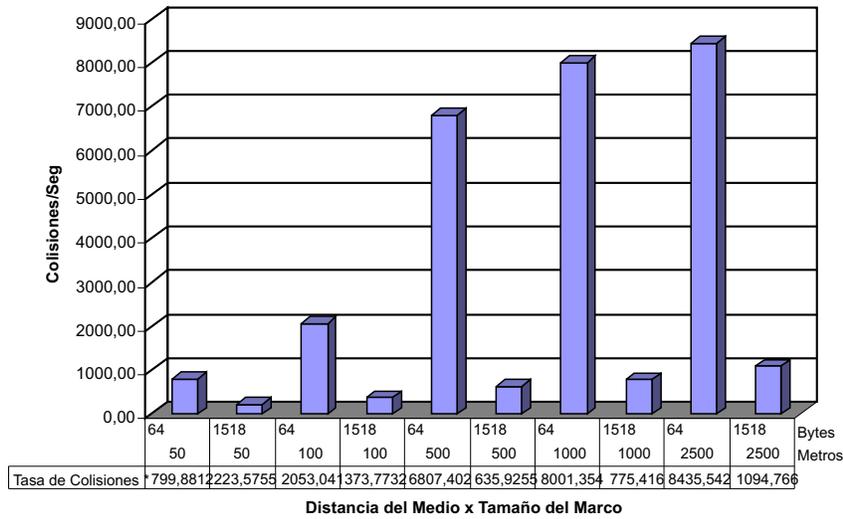
**Tasa de Colisiones (Colisiones / seg)**

La Figura 6 muestra el efecto de la interacción del parámetro distancia del medio de transmisión y el tamaño del marco de datos, en la tasa



\* Promedio de Mínimos Cuadrados  
Error Estándar: 5.1318

Figura 5. Efecto de la interacción entre la distancia del medio de transmisión y el tamaño del marco del marco de datos en la tasa de arribo de marcos de las redes ethernet.



\* Promedio de Mínimos Cuadrados  
Error Estándar: 15.54366

Figura 6. Efecto de la interacción entre la distancia del medio de transmisión y el tamaño del marco de datos en la tasa de colisiones de las redes ethernet.

de colisiones de marcos de las redes ethernet. La menor tasa de colisiones de los marcos de datos (223.57545 colisiones/seg) se obtuvo en la red

con la menor distancia del medio de transmisión (50 metros) y el mayor tamaño del marco de datos (1518 Bytes).

**Efecto del Número de Equipos jerarquizado dentro de la Distancia del Medio de Transmisión y el Tamaño del Marco de Datos**

**Throughput**

La Figura 7 muestra el efecto del parámetro número de equipos jerarquizado dentro de la distancia del medio de transmisión y el tamaño del marco de datos, en el throughput de las redes ethernet. El mayor throughput (0.99195296) se obtuvo en la red con el menor número de equipos (2), la menor distancia del medio de transmisión (50 metros) y el mayor tamaño del marco de datos (1518 Bytes).

**Tasa de Arribo (Marcos / seg)**

La Figura 8 muestra el efecto del parámetro número de equipos jerarquizado dentro de la distancia del medio de transmisión y el tamaño del marco de datos, en la tasa de arribo de marcos de datos de las redes ethernet. La mayor tasa de arribo de los marcos de datos (816.8256 marcos/seg, que representan 1239941,2608 bytes) se obtuvo en la red con el menor número de equipos (2), la menor distancia del medio de transmi-

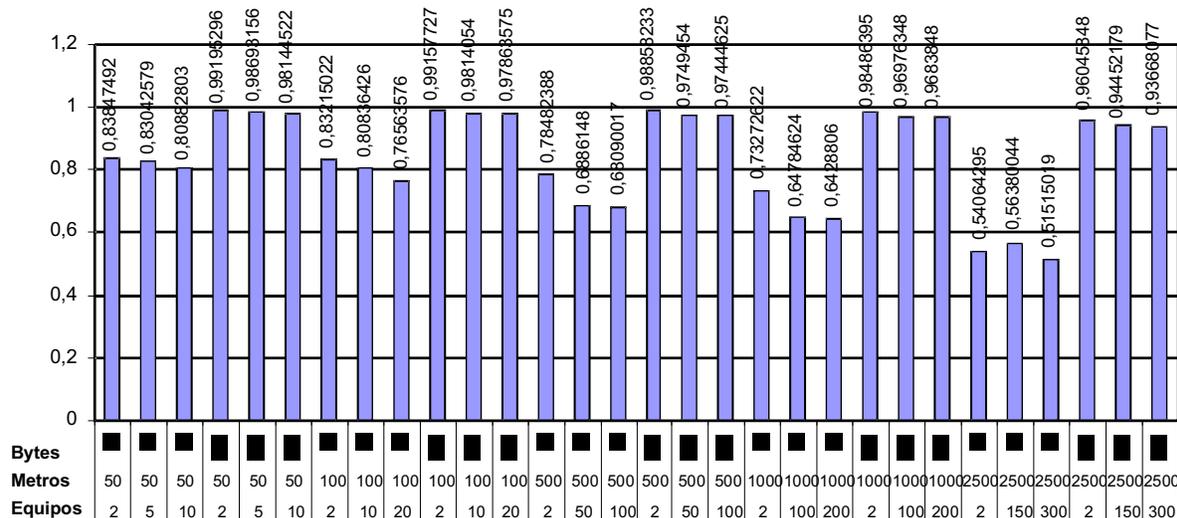
sión (50 metros) y el mayor tamaño del marco de datos (1518 Bytes).

**Tasa de Colisiones (Colisiones / seg)**

La Figura 9 muestra el efecto del parámetro número de equipos jerarquizado dentro de la distancia del medio de transmisión y el tamaño del marco de datos, en la tasa de colisiones de marcos de datos de las redes ethernet. La menor tasa de colisiones de los marcos de datos (0 colisiones/seg), se obtuvo en las siguientes redes: 2 equipos - 50 metros - 64 bytes/marco, 2 equipos - 50 metros - 1518 bytes/marco, 2 equipos - 100 metros - 1518 bytes/marco, 2 equipos - 500 metros - 1518 bytes/marco y 2 equipos - 1000 metros - 1518 bytes/marco.

**VI. Conclusiones**

Los resultados obtenidos en la investigación, permitieron determinar el carácter significativo ( $P \leq 0.0001$ ), del efecto de la distancia del medio de transmisión en el rendimiento de las redes ethernet. Para todas las variables dependientes (throughput, tasa de arribo y tasa de colisiones), se comprobó mediante el análisis de varian-



\* Promedio de Mínimos Cuadrados  
 Error Estándar: 0.00045578

Figura 7. Efecto del número de equipos jerarquizado dentro de la distancia del medio de transmisión y el tamaño del marco de datos en el throughput de las redes ethernet.

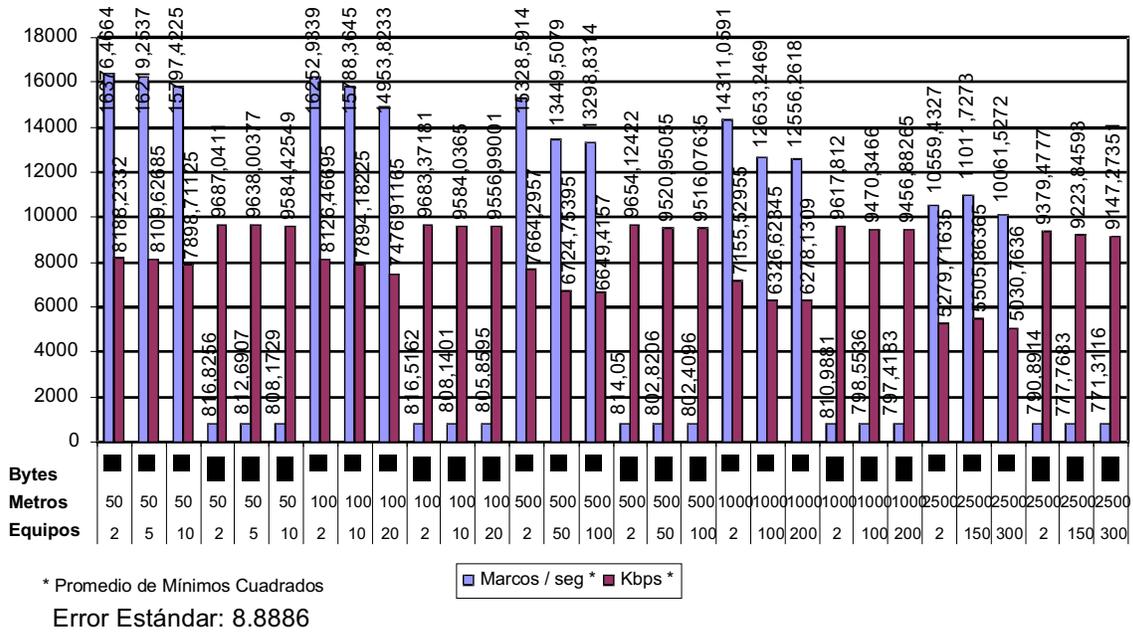


Figura 8. Efecto del número de equipos jerarquizado dentro de la distancia del medio de transmisión y el tamaño del marco de datos en la tasa de arribo de marcos de las redes ethernet.

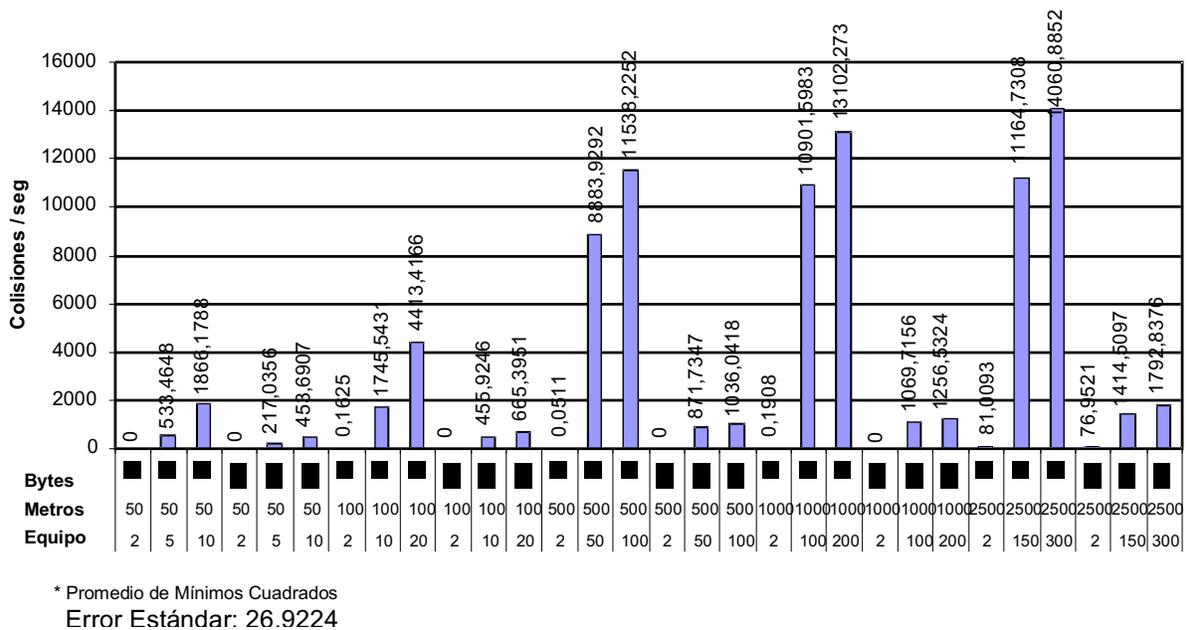


Figura 9. Efecto del número de equipos jerarquizado dentro de la distancia del medio de transmisión y el tamaño del marco de datos en la tasa de colisiones de las redes ethernet.

za, el carácter significativo de las variables independientes definidas en el modelo diseñado (distancia del medio de transmisión, tamaño del marco de datos, distancia del medio x tamaño del marco y número de equipos jerarquizado dentro de la distancia del medio y el tamaño del marco).

El análisis del efecto individual de la distancia del medio de transmisión en el rendimiento de las redes ethernet, permitió determinar que a menor distancia del medio de transmisión (50 metros), mejor es el rendimiento de la red estudiada (throughput, tasa de arribo y tasa de colisiones).

El análisis del efecto producto de la interacción entre la distancia del medio de transmisión y el tamaño del marco de datos en el rendimiento de las redes ethernet, permitió determinar que el mejor rendimiento de la red estudiada (throughput, tasa de arribo y tasa de colisiones), se obtuvo durante la interacción de la menor distancia del medio y el mayor tamaño del marco de datos (50 metros y 1518 bytes).

El análisis del efecto del número de equipos jerarquizado dentro de la distancia del medio de transmisión y el tamaño del marco de datos en el rendimiento de las redes ethernet, permitió determinar que el mejor rendimiento de la red estudiada (throughput, tasa de arribo y tasa de colisiones), se obtuvo durante la interacción del menor número de equipos, la menor distancia del medio y el mayor tamaño del marco (2 equipos, 50 metros y 1518 bytes). Es importante resaltar que en el caso de la variable dependiente tasa de colisiones, se obtuvo el mejor valor (0 colisiones/seg) en varias de las interacciones estudiadas, pero siempre con el menor número de equipos (2 equipos), lo cual valida los fundamentos teóricos de las redes ethernet.

## Referencias Bibliográficas

1. STALLINGS WILLIAM. **Data and Computer Communications**. Fifth Edition. Prentice – Hall. Upper Saddle River, New Jersey (USA), pp. 74, 1997.
2. BOGGS D., MOGUL J., KENT CH. **Measured Capacity of an Ethernet: Myths and Reality**. Proceedings of SIGCOMM'88, Computer Communications Review 18:224, 1988.
3. TANENBAUM A. **Redes de Computadoras**. Tercera Edición. Prentice – Hall. Naucalpan de Juárez (Mexico), pp. 276, 1997.
4. UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA. **Monitor de Tráfico Ethernet Netgraph**. Disponible e línea en la dirección: <http://elqui.dcsc.utfsm.cl/netgraph/netgraph/est-ethernet.html>
5. TANENBAUM, A. **Redes de Computadoras**. Tercera Edición. Prentice – Hall. aocalpan de Juárez (Mexico), pp. 276-277, 1997.
6. TOMASI W. b. Segunda Edición. Prentice – Hall. aocalpan de Juárez (Mexico), pp. 359-360, 1996.
7. HAMMOND J., O'REILLY M. **Performance analysis of local computer networks**. Addison Wesley. Boston (USA), pp. 321, 1986.
8. SHOCH J.F.; HUPP J.A. **Communications of the ACM**. 23(12): 711-721, 1980.
9. UNIVERSITY OF RICHMOND. 1992. **Net-sim User's Manual**. [Anuncio]. Richmond: Barnett, Lewis. Obtenido de la Red Mundial el 3 de septiembre de 2005. [http://www.mathcs.richmond.edu/~barnett/net-sim/ns\\_user/](http://www.mathcs.richmond.edu/~barnett/net-sim/ns_user/)
10. RINCON C., ROJAS L. **Ciencia** 12(3):155-164, 2004.