

# Congestion Control LAN networks using an econometric model ARIMA

Martha M Cuellar  
San Mateo Educación Superior  
Bogotá Colombia  
mmcuelar@sanmateo.edu.co

Joaquín F Sánchez  
San Mateo Educación Superior  
Bogotá Colombia  
jfernandosanchez@sanmateo.edu.co

## ABSTRACT

This article proposed an econometric model  $ARIMA(p, d, q)$  is presented as a tool for controlling LAN congestion. To achieve this objective should make the revision of the time series as a way to measure, understand and analyze data networks, as well as the behavior of the shares in a stock exchange. So the concept of the time series for actions and data networks to engage with this model propose congestion control. In order to present a model to test the performance of the model is used to simulate a LAN trace.

## CCS Concepts

•Networks → Signaling protocols; Layering; •Computing methodologies → Simulation evaluation;

## Keywords

Network, Time series, Congestion control

## 1. INTRODUCCIÓN

En las ciencias de la computación, específicamente en las telecomunicaciones se usan varias herramientas matemáticas para realizar el análisis y diseño de sistemas que permitan mejorar el desempeño. Un ejemplo en particular son las series de tiempo, que se usan en varios campos de la investigación y de la industria. Al hacer una revisión de las aplicaciones que se tiene para las series de tiempo como en [18, 11, 13, 8] se ha encontrado que el análisis de las bolsas de valores tienen una similitud con el campo de las telecomunicaciones. Después de revisar las trazas que deja una red LAN como se hace en [12, 10] se observa que el comportamiento del tráfico cursado por la red se parece mucho a las gráficas de la variación de las acciones en la bolsa de valores. Tomando como referencia esta observación, en esta investigación se pretende llegar a un punto en común entre los dos campos para tener una herramienta más en el análisis del tráfico en redes de datos y proponer un modelo

de control de congestión basado en un modelo econométrico.

Es así que las series de tiempo son herramientas adecuadas para evaluar la situación de un movimiento de desempeño de la variable a analizar, en este caso la congestión de datos en las redes de telecomunicaciones. Este tipo de series son indicadas para detectar la tendencia más inmediata o el error en cuanto al desplazamiento y volumen de participación, brindando así posibilidades, correctivos y tendencias de importancia para la gestión de canales de datos y de esta manera proporcionar pronósticos de ocurrencia para la toma de decisiones. El análisis en cuanto a la congestión en las redes de datos, puede realizarse bajo diferentes parámetros y tendencias, obteniendo estimaciones para el control y la aplicación de medidas estadísticas en la toma de decisiones, orientando así los pronósticos de las variables a contemplar dentro de un modelo dado, con sus históricos, características y estadísticas dando la oportunidad a valorar el nivel de ocurrencia en el futuro [5]. Es de esta manera que datos del pasado pueden dar lugar a predecir los movimientos de los valores futuros, en cuanto se establezcan los datos y se evalúen mediante gráficas e indicadores dados inherentemente por la tendencia positiva o negativa de las variables. Para este artículo las variables que se toman son los tiempos de retardo y el ancho de banda en una red LAN de datos.

De manera que se quiere estimar un modelo que se puede contextualizar, dentro del análisis técnico de cotización de acciones de bolsa, los cuales brindan la posibilidad de evaluar tendencias, variables, relaciones de influencia, históricos dentro de la oferta y demanda del mercado accionario. Por lo general la variable dentro de la acción de más relevancia es el precio, el cual determina el movimiento de la acción a la alza o a la baja, a lo largo de la apertura o cierre, los máximos, los mínimos, los tiempos, lo volátil, volumen de negociación en el horizonte del promedio evaluado, como día, semana, mes, año en el periodo que se quiera aplicar. Es de esta manera se refleja la información del mercado global y sus necesidades, estableciendo tendencias de negociación con patrones a lo largo del tiempo permitiendo que la información sea cíclica y que se repita por las características propias del mercado.

Teniendo en cuenta los conceptos anteriormente mencionados, se va a presentar el análisis de las acciones de una empresa y esto dará los pasos para plantear el modelo de control de congestión sobre los datos obtenidos de una simulación para una red LAN. En la sección 2 se hace una exploración

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.

EATIS 2016 Cartagena Colombia

© 2016 ACM. ISBN 978-1-5090-2435-3/16/31.00©2016IEEE.

DOI: 10.1145/1235

teórica al análisis econométrico de las acciones. Luego en la sección 3 se plantea el porque hacer un control de congestión, en esta sección se darán algunos elementos teóricos. En la sección 4 se hace el planteamiento del modelo y se muestran los resultados obtenidos. Se revisa los siguientes pasos en la investigación. En la ultima sección se exponen las conclusiones de este trabajo.

## 2. SERIES DE TIEMPO MODELO ARIMA

Revisando las características de las series de tiempo en los mercados de acciones, se puede decir que mediante el *chartismo* (*análisis de gráficos financieros*) se establecen los conceptos básicos de una variable a analizar. Como ejemplo se puede tomar el precio de las acciones; analizando la Figura 1 se puede ver un ejemplo de chartismo.

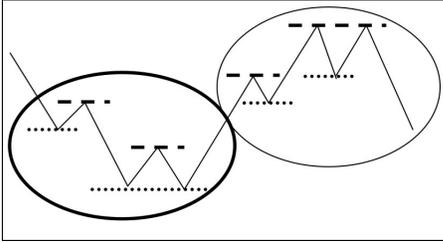


Figure 1: Concepto de variación [8, 5]

Según la Figura 1 El mercado bajista esta encerrado con el contorno remarcado. El mercado alcista esta encerrado en el contorno ligero. Los soportes son las líneas punteadas con círculos negros; esto demarcan la tendencia en el movimiento bajista, dando la posibilidad de rebotar a un alza, es decir que la demanda de precio es destacada a la oferta del precio. Por otro lado las líneas punteadas con rayas refleja el alza del mercado, en el cual la oferta es superior a la demanda.

Las apreciaciones de los precios se pueden desarrollar bajo un tiempo  $t(n)$ , donde permita tener una medida apropiada, hállese de un día en adelante. Explicando que un mercado se denomina alcista o dado al alza o que el precio tiene la tendencia a estar superior del valor que se encuentra, es cuando aparecen los máximos referentes (1, 2, 3, 4) en la Figura 2 que son cada vez más altos y los mínimos referentes (*puntos de la gráfica 1.1, 2.2, 3.3, 4.4*) en la Figura 2 que a su vez se dan cada vez más altos que los anteriores. Generando así una línea de tendencia la cual rompe, el soporte de la tendencia del precio, dando origen a una nueva tendencia, este origen dentro del mercado accionario se denomina *pull back*.

No obstante el mercado bajista o de tendencia a la baja su comportamiento es totalmente contrario al anterior, con los mismos indicadores y referentes contextuales, indicados para la baja.

El modelo ARIMA, se puede usar para hacer un análisis de *Forecasting* o predicción. Al plantear el modelo, se obtiene una estimación del comportamiento de los valores de las acciones y de este modo, se pueda tomar una decisión para vender o comprar. El modelo ARIMA resulta de una serie homogénea no estacionaria. Si se tiene una serie  $(1 - B)^d Z_t$  que sigue un proceso general estacionario  $ARMA(p, q)$ , en-

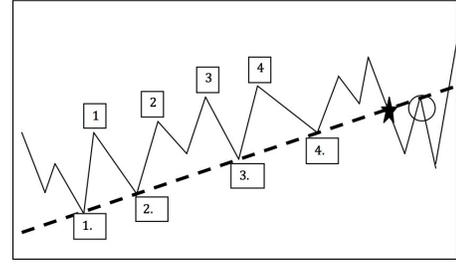


Figure 2: Tendencia de precios [8, 5]

tonces se tiene

$$\phi_p(B)(1 - B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t \quad (1)$$

Donde el operador estacionario AR  $\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)$  y el operador MA  $\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)$  comparten factores comunes. El parámetro  $\theta_0$  se usa de diferentes maneras cuando  $d = 0$  y  $d > 0$ . Cuando  $d = 0$ , el proceso original es estacionario, entonces  $\theta_0$  es relacionado con la media del proceso. Cuando  $d \geq 1$ , el operador  $\theta_0$  es llamado el termino de la tendencia determinista. El resultado homogéneo del modelo descrito se refiere a un modelo autoregresivo integrando un movimiento de promedios móviles para un orden  $(p, d, q)$  y se denota como  $ARIMA(p, d, q)$ .

En otras palabras el modelo  $ARIMA(p, d, q)$  permite describir un valor como una función lineal de datos, como una función lineal de datos anteriores y errores debidos al comportamiento aleatorio de estos datos. Se trabaja sobre una serie estacionaria. Para obtener una estimación o predicción de los precios se usa el modelo  $ARIMA(p, d, q)$  en donde se coloca la serie de datos y se calcula la media de errores cuadrados. Para encontrar la varianza de la serie se tiene:

$$\pi(B)Z_{t+l} = a_{t+b} \quad (2)$$

Donde:

$$Z_{t+l} = \sum_{j=1}^{\infty} \pi_j Z_{t+l-j} + a_{t+l} \quad (3)$$

Con estas ecuaciones se debe calcular los parámetros que la componen de manera que se obtenga una estimación de la tendencia de la varianza de la serie original. Para lograr esto se tiene las siguientes ecuaciones:

$$e_n(l) = Z_{n+l} - \hat{Z}_n(l) \quad (4)$$

$$\psi_j = \sum_{i=0}^{j-1} \pi_{j-i} \psi_i \quad (5)$$

La ecuación 4 se usa para el calculo del error y la ecuación 5 se usa para calcular los términos de la serie estimada.

### 2.1 Análisis gráfico y de la serie

Teniendo en cuenta el comportamiento del mercado de valores y basándose en series de tiempo se obtienen un gráfica como se ilustra en la Figura 3

Dado lo que se tiene en la Figura 3, se puede pensar en un modelo de  $ARIMA(p, d, q)$ , el cual da la posibilidad que una variable (*acción #1*) independiente se encuentre en relación o en comparación de otra variable (*acción # 2*) independiente, de acuerdo a su comportamiento en el mercado (Bolsa



Figure 3: Gráfica del comportamiento de una acción

de Valores). La variable *acción # 1*, tendrá en cuenta el error  $e_n(l)$  dentro de la media constante. Y su  $B$  se reflejara donde el nivel de riesgo se mantenga en la tendencia de su volatilidad. Dentro del mercado accionario independiente generando una única varianza. De esta misma manera será el comportamiento de la *acción # 2*. Al relacionar estas dos variables generaran una covarianza que describe el comportamiento dentro del mercado accionario, pero este mismo no incide en la actuación independiente de la variable dentro del mercado.

Se tiene entonces que: media de la variable independiente.

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} \quad (6)$$

Varianza de la variable independiente.

$$\sigma^2 = \frac{(x_1 - x)^2 + (x_2 - x)^2 + \dots + (x_n - x)^2}{N} \quad (7)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{N} \quad (8)$$

Covarianza de las dos variables independientes dentro del mercado:

$$\sigma_{xy} = \frac{\sum f_i x_i y_i}{N} - xy \quad (9)$$

Beta, nivel de riesgo.

$$\beta = \frac{COVAR(Mercado, Accion)}{VAR(Mercado)} \quad (10)$$

Teniendo las anteriores ecuaciones, dentro del mercado accionario se maneja un modelo  $ARIMA(p, d, q)$  [6, 7], que sirve para calcular el precio de un activo o un pasivo. Este modelo admite establecer la proyección del comportamiento de la acción en un periodo de tiempo, en esta investigación se busca que la variable sea la cantidad de congestión que puede experimentar una red LAN. De manera que este tipo de análisis permite hacer una estimación dado el histórico de datos que se van analizando en los periodos de medición.

Se considera que el modelo  $ARIMA(p, d, q)$  esta definido por:

$$Z_t = Z_{t-1} + \theta_0 + a_t \quad (11)$$

$$Z_t = Z_{t-2} + 2\theta_0 + a_t + a_{t-1} \quad (12)$$

$$Z_t = Z_k + (t - k)\theta_0 + \sum_{j=k+1}^t a_j \quad (13)$$

Esto es tomado en referencia a [7]

- $Z_t$  es la serie de tiempo de los datos de rendimiento esperado de capital sobre el activo  $t$ .
- $Z_k$  es la serie de tiempo de los datos históricos.
- $\theta_0$  es el parámetro que determina la tendencia de la serie.
- $\sum_{j=k+1}^t a_j$  son los demás términos de la series de datos.

### 3. CONTROL DE CONGESTIÓN EN REDES DE DATOS

La congestión en redes de datos es un fenómeno que se ha vuelto inherente a esta tecnología, y se presenta en varias partes de la arquitectura de red. Empezando en los tamaños de los *buffers* de los enrutadores (*routers*), que son los encargados de hacer el enrutamiento de los paquetes. Estos *buffers* son limitados y se pueden modelar como un tipo de cola  $M/M/1/ N/\infty$  en donde el tamaño de la cola es  $N$ , que es un recuso limitado, de este modo cuando la cola se llena, se empieza a presentar una consecuencia conocida como pérdida de paquetes, que se puede medir como probabilidad del bloqueo.

$$P_B = P_N = \frac{(1 - \rho)\rho^N}{1 - \rho^{N+1}} \quad (14)$$

donde:

En está ecuación 14  $P_B$  representa la probabilidad de bloqueo de las llamadas telefónicas en una red conmutada o la probabilidad de descarte de paquetes.  $\rho$  es la intensidad de tráfico que cursa por las líneas telefónicas o flujo de paquetes.  $N$  es el número de canales o tamaño de los *buffers* en los sistemas de conmutación.

La ecuación 14 representa la probabilidad de bloqueo de un modelo utilizado en el inicio de los sistemas de telefonía. En términos matemáticos modela el valor de la calidad de servicio que se podría dar a una red, dependiendo del tamaño del *buffer*. En el transcurso de la evolución de las redes de telecomunicaciones y específicamente redes de datos, la ecuación 14 se ha adaptado para dimensional los recursos y satisfacer las necesidades de demanda los usuarios.

Sin embargo, el tamaño de los *buffers* no es el único recurso que interviene en la congestión de las redes de datos, también está el nivel de procesamiento de los elementos de red y la capacidad de transportar información como, el ancho de banda de los enlaces entre los nodos. El ancho de banda es uno de los recursos mas importantes en las redes de datos que afectan directamente la congestión. Esto se debe a que el ancho de banda es el aspecto principal en donde el transporte de paquetes se hace tangible y sobre el cual se puede medir la degradación del servicio.

Como se puede observar en la figura 4, la congestión se representa como una curva acumulativa que llega a un punto

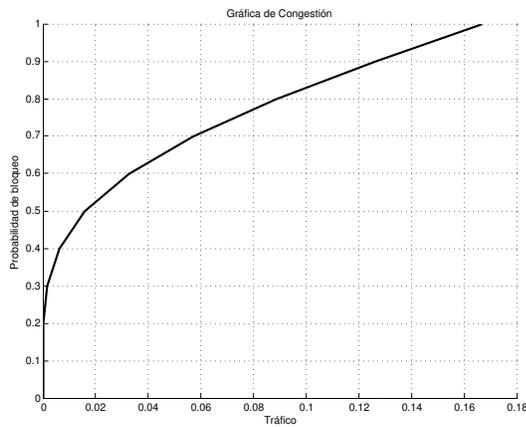


Figure 4: Concepto de congestión

límite y después de ese punto límite se establece en un solo valor. Este es un ejemplo típico de como un canal se estabiliza al llegar al máximo de su capacidad. Este comportamiento se puede replicar no solo en el caudal de los enlaces, también en las diferentes secciones de empalme de los enlaces de datos; por ejemplo, los cuellos de botella que se forman cuando existe el traspaso de la red de distribución a la red de acceso, ya que por arquitectura se cambia de medio de transmisión; como es el caso de las redes HFC (*Híbrido Fiber Coaxial*) que combinan la fibra óptica con los cables coaxiales.

### 3.1 Control de congestión con TCP

Los modelos de control de congestión se han concentrado sobre el protocolo de la capa de transporte TCP [4, 3], de manera que las técnicas más utilizados son el control de flujo por ventana deslizante, la técnica AQM (gestión de colas activas) [2], control de admisión, y la gestión de tiempos de retardo. Todo esto se hace a través de diferentes cambios o versiones al protocolo TCP, empezando por **TCP Tahoe** y **TCP Reno**, los cuales modifican la retransmisión de los paquetes *ACK* o confirmaciones.

Estas modificaciones a TCP han llevado a estudiar nuevas formas de hacer el control de congestión, que se han concentrado en los estados de transmisión, los cuales definen la forma en que se ejecuta el algoritmo. Esta secuencia se puede modificar de acuerdo a las necesidades del control que se quiera realizar sobre el flujo de los datos. Por ejemplo, en [4] los estados del TCP definen como el algoritmo de control de congestión cambia, empezando por el estado arranque lento (*slow start*) para luego pasar al estado prevención de la congestión (*congestion avoidance*). Durante la transición el tamaño de la ventana de retransmisiones se ve afectada por el estado del enlace.

La idea principal de este artículo es plantear un modelo de control, sin hacer ningún cambio en el protocolo, ya que conlleva a realizar un cambio en los tiempos de transmisiones, confirmaciones y retransmisiones de los elementos de red. Estos cambios podrían empeorar el comportamiento de la red. Por tal motivo, se plantea un modelo que no cambie el protocolo en su estructura, sino que ayude a tratar el comportamiento de los elementos de la red, para que se adapten

a los flujos de datos que se producen por los comportamientos aleatorios de los usuarios.

### 3.2 Fundamento de TCP

La RFC 793 describe el funcionamiento de TCP, donde la ventana de control de congestión no es dinámica. Las primeras variaciones que se implementan sobre el protocolo TCP es el ajuste de las tasas de transferencia al nivel de congestión actual que se presente en la red de datos. El objetivo de hacer esta reducción de la tasa de transferencia, es reducir el número de paquetes perdidos en los enlaces. Los siguientes pasos de cambio que se da sobre el protocolo TCP da lugar a TCP Tahoe el cual modifica los algoritmos de arranque lento (*slow start*), prevención de la congestión (*congestion avoidance*) y retransmisión rápida. En TCP Reno se hace otra modificación que consiste en TCP Tahoe pero con una variación en el algoritmo de recuperación rápida [16].

Las funciones principales que cumple el arranque lento y control de congestión son las de controlar las tasas de transferencia de paquetes generados y determinando la capacidad disponible de los enlaces de la red. Pero para lograr esto se hace un proceso sobre la ventana de congestión que por convención se le llama *cwnd*, la cual se define como el número de bytes que se puede transmitir sin necesidad de confirmación. Otro elemento a tener en cuenta es la ventana de recuperación llamada *rwnd*, la cual consiste en el número de bytes que el receptor tiene la capacidad de recibir de una fuente dada [1, 17, 14].

Para una conexión de dos elementos de una red, la actividad de transporte de información se puede describir de la siguiente manera:

- El transmisor asigna a *cwnd* el tamaño máximo.
- El transmisor inicia un temporizador de las retransmisiones
- El algoritmo de arranque lento envía un paquete o segmento si un *ACK* es recibido, entonces el valor de *cwnd* es incrementado en un segmento.
- Luego dos segmentos pueden ser enviados y causar dos *ACK*
- Por cada *ACK* *cwnd* es incrementada en un segmento.
- El proceso de crecimiento de la ventana de congestión es exponencial y permanece con este ritmo hasta que: se alcance el valor acotado por *rwnd* y se alcance el umbral establecido por el *ssthresh*.
- Se ejecuta el algoritmo prevención de la congestión cuando se alcanza el valor *ssthresh* y se incrementa el valor de *cwnd* en un segmento adicional, pero esta vez por cada *ACK* y por cada *RTT*.
- Cuando ocurre pérdida de paquetes se regresa a arranque lento: se establece *cwnd* a un segmento y *ssthresh* a la mitad del tamaño de la ventana

Una vez conociendo el funcionamiento del protocolo TCP y como se realiza el control de congestión se propone un modelo de control de congestión basado en un modelo económico llamado CAPM (*Capital asset pricing model*) y

se fusionará con el mecanismo de TCP para medir el control de congestión de una red LAN.

#### 4. PLANTEAMIENTO DEL MODELO

Teniendo como base el análisis que se hizo en la sección II-A y el funcionamiento del control de congestión en la sección III la forma en la cual se relaciona el modelo  $ARIMA(p, d, q)$  y el control de congestión es la siguiente:

- Se debe tener una serie de tiempo con los datos de los paquetes que transitan en la red.
- Se debe calcular los parámetros de  $Z_t$  para esta serie de tiempo.
- Estimar la función de la tasa de rendimiento para  $Z_t$
- Ajustar las tasas de transmisión con los resultados obtenidos y verificar el control de congestión

Para lograr este objetivo del proyecto se toman los datos de una red LAN en funcionamiento a través de trazas obtenidas en la interfaz de red del puerto de un Switch. La analogía entre la recopilación de los datos de la red LAN y el modelo econométrico es la forma en la cual se representa las estadísticas de las variables del funcionamiento en la red. Cada característica se toma como una acción de un producto, de manera que se debe analizar el comportamiento de esta acción o estas acciones para saber como será el comportamiento del mercado, en este caso el mercado es todo el tráfico de datos que pasa por la red LAN. Una vez que se conozca el momento de la congestión de la red, se realiza la operación del control de congestión.

Las variables que se toman en la observación del comportamiento de la red son: **EC** (*Cantidad de equipos conectados*), **PU** (*porcentaje de utilización*), **TR** (*Tiempo de respuesta*). Con estas variables se obtiene el siguiente resultado:

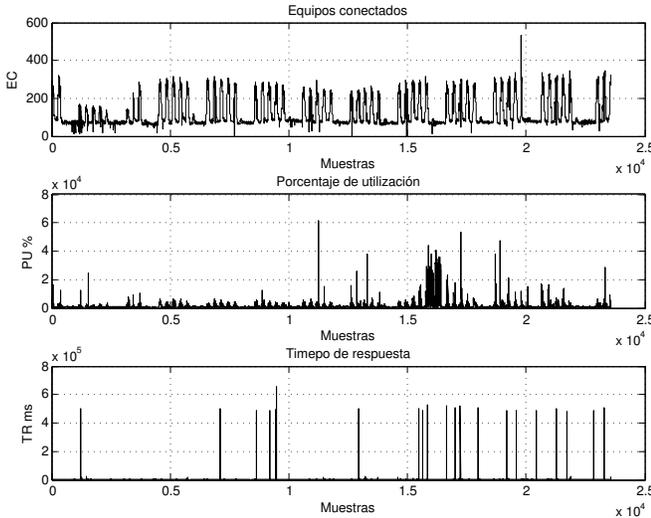


Figure 5: Comportamiento de las variables en la red LAN

En la Figura 5 se muestra como es el comportamiento de la red LAN con las tres variables por separado. Se debe hacer

la anotación de cada variable es afectada por el fenómeno de la congestión, por ejemplo si se presenta congestión en la red, los tiempos de respuesta empiezan a aumentar al igual que el porcentaje de utilización y los equipos conectados pueden presentar complicaciones con sus diferentes servicios o aplicaciones. De manera que el modelo se aplica para detectar cual es la medida de los tiempos de respuesta son altos para considerar que hay congestión o cuando el porcentaje de utilización es también. Cuando se tenga el numero detectado se procede a variar las tasas de transmisión para aliviar los problemas de la red LAN.

Para aplicar el modelo se utiliza la siguiente metodología: se hace la simulación de un sistemas de control de transmisión para TCP, el cual se puede ver en la Figura 6, en este modelo se tiene una fuente de tráfico que alimenta el mecanismo de TCP, se pasa al modulo RED (*Random Early Detection*) que es el modulo en donde se hace la modificación de las tasas de transmisión para luego pasar a un módulo de re-alimentación que permite tener hacer la modificación al mecanismo TCP con los datos que van transmitiendo. Este modelo se ha basado en los estudios [12, 15, 9]

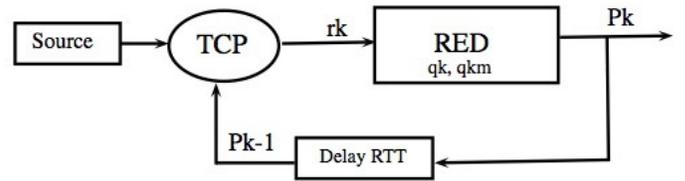


Figure 6: Sistema de control TCP

Para la Figura 6 se tiene la siguiente descripción de su funcionamiento:

$$r_k = \frac{MK}{RTT\sqrt{P_{k-1}}} \quad (15)$$

$$q_k = \left( \frac{nr_k}{M} RTT - \frac{C}{M} R_0, B, 0 \right) \quad (16)$$

$$\bar{q}_k = (1 - w)\bar{q}_{k-1} + wq_k \quad (17)$$

$$p_k = \frac{\bar{q}_k \min_{th}}{\max_{th} - \min_{th}} P_{max} \quad (18)$$

Para las anteriores ecuaciones se tiene que:

- $M$  = tamaño del paquete
- $RTT$  = valor de *Round Trip Time*
- $p_k$  = *probabilidad de descarte*
- $B$  = tamaño del buffer
- $n$  = numero de flujos TCP
- $R_0$  = minimo valor de  $RTT$
- $C$  = capacidad del enlace

- $K = \text{constante } 1.25$

Con la puesta en marcha del modelo la variable que se modifica es  $n$  el numero de flujos de TCP. Este valor es modificado por el valor de  $N_t$ , el cual calculado con los valores tomados de la traza de la red LAN.

En la Figura 7 se muestra la serie  $N_t$ , que representa los tiempo de respuesta que se han tomado en en análisis de una subred de la LAN.

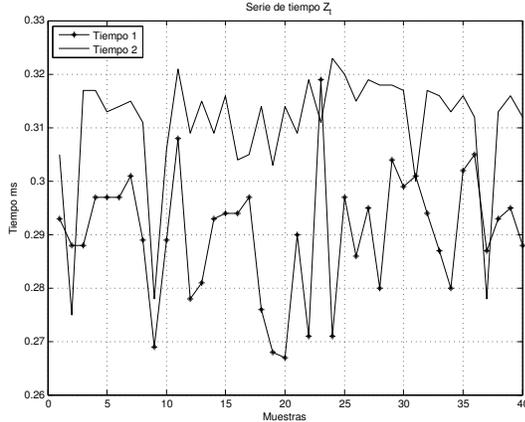


Figure 7: Series de tiempo  $Z_t$

## 5. RESULTADOS DEL MODELO

Para revisar como se comporta el modelo planteado en la sección anterior, se toma una serie de datos obtenida de la red LAN, para esta serie de datos se crea la serie  $Z_t$ , tomando como referencia los siguientes valores:

- $\theta_0$  tendencia de la serie = limite de los tiempos de respuesta o el porcentaje de utilización.
- $Z_k$  Rendimiento del mercado = rendimiento de la red LAN en condiciones de no congestión
- $\sum_{j=k+1}^t a_j$  Rendimiento de un activo libre de riesgo = rendimiento de la capacidad del canal.

Considerando estas variables sobre el sistema de control de TCP:

$$q_k = \left( \frac{Z_t r_k}{M} RTT - \frac{C}{M} R_0, B, 0 \right) \quad (19)$$

En la Figura 8 se muestra la comparación entre el comportamiento de dos tipos de flujos de datos soportados por el sistemas de control de TCP. El flujo que tiene la línea continua es el flujo normal de en donde no se aplica el control de congestión. El flujo que tiene la línea discontinua son los flujos los cuales se les aplico la modificación de  $q_k$  que es la variable afectada por  $E(r_i)$ .

Otra forma de ver el control de congestión se puede ver en la Figura 9 en donde se hace la medición del *throughput* de la red, se obliga a saturarse a la red para ver que comportamiento tiene el modelo.

En la Figura 9 se tiene un escenario en donde se satura a la red inyectando una cantidad de tráfico, la variable que se mide son los tiempo de respuesta, cuando los tiempo de

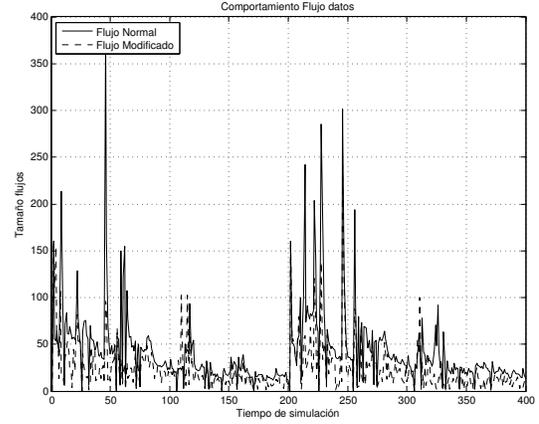


Figure 8: Comportamiento de los flujos del tráfico

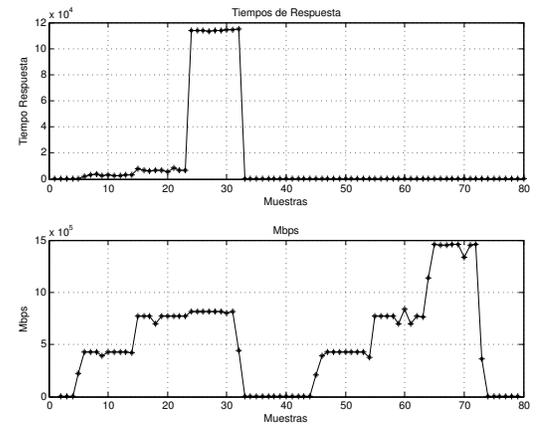


Figure 9: Comportamiento del throughput

respuesta se elevan, la tasa de transmisión se deja constante a un valor de 10 Mbps, cuando se deja de saturar la red, la tasa de transmisión sube de 10 Mbps, ya que la se deja de aplicar el control de congestión.

En la Figura 10 se hace una comparación entre las diferentes subredes de la red LAN cuando se esta haciendo el experimento para congestionar la subred de estudio. Un resultado interesante es que la operación afecta solo a la red en donde se genera la congestión, que al traducirlo en el trabajo técnico se hace una afectación de las tasas de transmisión en el puerto en donde se conecta la subred en donde se hace el experimento. En la comparación se muestra una independencia de estos canales y se garantiza un buen desempeño en el funcionamiento de toda la red LAN.

## 6. CONCLUSIÓN

En este artículo se ha presentado una propuesta de control de congestión, en donde se han fusionado dos conceptos importantes, por un lado esta el modelo econométrico  $ARIMA(p, d, q)$  que trabaja con series de tiempo calculando los parámetros de una función para estimar valores futuros con una función lineal. En la otra mano esta el modelo conceptual de TCP, en donde se ha tomado su forma de trabajar el control de congestión basado en RED (*random early de-*

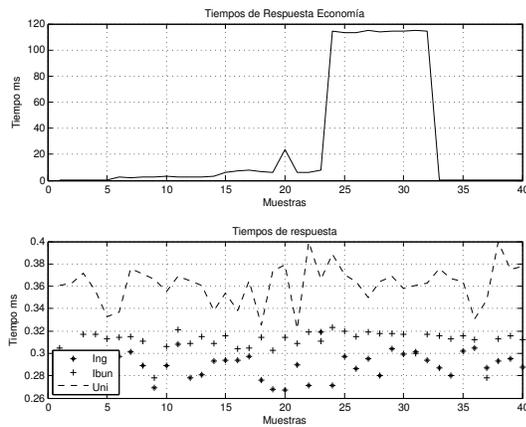


Figure 10: Comparación entre subredes.

tection). Tomando la analogía de la Bolsa de valores como una red LAN y las acciones de la bolsa como las variables de la red LAN que se producen con el tráfico en la red LAN, se plantea el modelo en donde se encuentra una serie  $Z_t$  que es la función que representa el rendimiento para un activo, para esta investigación el parámetro que se modifica fue  $n$  que es el número de flujos de tráfico en la red. Se han considerado tres variables de la red LAN TR, EC y PU y se hizo el experimento de saturar la red LAN para observar el comportamiento de una de estas variables con el modelo ya adecuado en el sistema.

Los resultados obtenidos presentan que la forma en la cual se realiza el control de congestión funciona, con la modificación realizada, aunque solo se ha mostrado el comportamiento de una variable (TR) se espera que funcione con las demás. Por otro lado, la estrategia utilizada para hacer el control de tráfico es la variación de las tasas de transmisión que es un mecanismo utilizado, la forma en la cual se utilizan conceptos que funcionan en otras disciplinas es prometedora ya que se logra adecuar con éxito el modelo econométrico. Se debe seguir realizando pruebas y mediciones sobre la red LAN y otros tipos de red de datos como Internet, esto con el ánimo de aportar herramientas para aliviar la congestión que se experimenta en la actualidad.

## 7. REFERENCES

- [1] G. A. Abed, M. Ismail, and K. Jumari. Exploration and evaluation of traditional tcp congestion control techniques.
- [2] R. B. ans M. Shafiee and A. Dadlani. Adaptive generalized minimum variance congestion controller for dynamic tcp/aqm networks.
- [3] Y.-C. Chan, C.-L. Lin, C.-T. Chan, and C.-Y. Ho. Research, innovation and vision for the future, 2008. rivf 2008. iee international conference on. 33:1013 – 1029, 2008.
- [4] B.-J. Chang, S.-Y. Lin, and J.-Y. Jin. Liad: Adaptive bandwidth prediction based logarithmic increase adaptive decrease for tcp congestion control in heterogeneous wireless networks.
- [5] F. X. Diebold. *Elements of forecasting*. South-Western College Pub., 1998.

- [6] I. Dubova. La validación y aplicabilidad de la teoría de portafolio en el caso colombiano. *Cuadernos de Administración*, 18(30):241–279, 2005.
- [7] J. Durbin and S. J. Koopman. *Time series analysis by state space methods*. Number 38. Oxford University Press, 2012.
- [8] C. Granger. Some properties of time series data and their use in econometric model specification\* cwj granger. *Essays in Econometrics: Collected Papers of Clive WJ Granger*, 2:119, 2001.
- [9] M. Mejia, N. Peña, J. L. Muñoz, O. Esparza, and M. Alzate. Decade: Distributed emergent cooperation through adaptive evolution in mobile ad hoc networks. *Ad Hoc Networks*, 10(7):1379–1398, 2012.
- [10] L. F. Nino, E. Ardila, and J. F. Sanchez. Congestion control model for local ip networks. In *Communications and Computing (COLCOM), 2013 IEEE Colombian Conference on*, pages 1–6. IEEE, 2013.
- [11] D. Rossi, L. Muscariello, and M. Mellia. On the properties of tcp flow arrival process. In *Communications, 2004 IEEE International Conference on*, volume 4, pages 2153–2157. IEEE, 2004.
- [12] J. Sanchez and L. A. Cobo. Theoretical model of congestion control in vanet networks. In *Communications and Computing (COLCOM), 2014 IEEE Colombian Conference on*, pages 1–6. IEEE, 2014.
- [13] A. Sang and S.-q. Li. A predictability analysis of network traffic. *Computer networks*, 39(4):329–345, 2002.
- [14] M. Scharf. Comparison of end-to-end and network-supported fast startup congestion control schemes. 55:1921–1940, 2011.
- [15] J. F. V. Stavro and M. A. A. Monroy. Determinación de la predecibilidad de trazas de tráfico mediante análisis de recurrencia. *Ingeniería*, 8(1):19–28, 2003.
- [16] Y. Tenga, H. Wanga, and Z. L. Mei Jinga. A study of improved approaches for tcp congestion control in ad hoc networks.
- [17] S.-S. Wang and H.-F. Hsiao. Tcp-friendly congestion control for the fair streaming of scalable video.
- [18] C. You and K. Chandra. Time series models for internet data traffic. In *Local Computer Networks, 1999. LCN'99. Conference on*, pages 164–171. IEEE, 1999.