

# CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO EN NODOS ESPECÍFICOS DEL BACKBONE IP MPLS DEL DISTRITO CAPITAL DE CANTV

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

## CARACTERIZACION DEL TRÁFICO EN NODOS ESPECIFICOS DEL BACKBONE IP MPLS DEL DISTRITO CAPITAL DE CANTV.

### TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentada ante la

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

Como requisito para optar al título de

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**REALIZADO POR:**

Nuryma Y. Contreras M.

Christian Hanna D.

**TUTOR:**

MSc. Franklin Planchart

**FECHA:**

Septiembre de 2012

# CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO EN NODOS ESPECÍFICOS DEL BACKBONE IP MPLS DEL DISTRITO CAPITAL DE CANTV

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

## CARACTERIZACION DEL TRÁFICO EN NODOS ESPECIFICOS DEL BACKBONE IP MPLS DEL DISTRITO CAPITAL DE CANTV.

### TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentada ante la

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

Como requisito para optar al título de

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**REALIZADO POR:**

Nuryma Y. Contreras M.

Christian Hanna D.

**TUTOR:**

MSc. Franklin Planchart

**FECHA:**

Septiembre de 2012

## CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO EN NODOS ESPECÍFICOS DEL BACKBONE IP MPLS DEL DISTRITO CAPITAL DE CANTV

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

### CARACTERIZACION DEL TRÁFICO EN NODOS ESPECIFICOS DEL BACKBONE IP MPLS DEL DISTRITO CAPITAL DE CANTV.

**Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:**

---

#### JURADO EXAMINADOR

Firma: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_  
Nombre: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_

REALIZADO POR

Nuryma Yarì Contreras Medina  
Christian Hanna Diaz

TUTOR

MSc. Franklin Planchart

FECHA

Septiembre 2012

## Resumen

### **CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO EN NODOS ESPECÍFICOS DEL BACKBONE IP MPLS DEL DISTRITO CAPITAL DE CANTV**

**Contreras, Nuryma** nimacon@gmail.com

**Hanna, Christian** christianhanna87@gmail.com

El estudio de tráfico es de carácter primordial para la detección de fenómenos y de esta manera optimizar las redes de telecomunicaciones donde se lleve a cabo el estudio. Con el aumento considerable en usuarios, servicios y, por ende, flujo de tráfico en gran parte de las redes de telecomunicaciones, es probable encontrar el fenómeno de autosimilaridad con propiedades fractales en tráfico orientado a paquetes, presentando considerables variantes en el comportamiento con respecto a los modelos clásicos de tráfico para los cuales fueron dimensionadas principalmente las redes de datos.

En el presente trabajo especial de grado se estudia el comportamiento del tráfico presente en tres nodos de considerable afluencia dentro del *Backbone* IP MPLS de CANTV Dto. Capital basado en Metro Ethernet, caracterizándolo y, mediante esto, establecer si su comportamiento está acorde con las dimensiones de las redes actuales de CANTV la cual es una de las más grandes empresas de telecomunicaciones.

Para el análisis se utilizó un software en Matlab en donde como principal creador se encuentra el Msc. Franklin Planchart. El software está basado en las teorías y modelos de tráfico de ambas tendencias, como lo es tráfico clásico poisson y autosimilar en la actualidad; para este último básicamente se orienta al estudio y análisis del parámetro Hurst como indicador de tráfico caótico en redes de datos, tomando en cuenta el  $H$  presente en cada bloque de muestras de los puntos de red. Cabe destacar que el análisis mediante el software se realizó con tráfico sintético y posteriormente con tráfico capturado en tiempo real para posterior análisis (tiempo no real) de los puntos mencionados del *Backbone* IP MPLS de CANTV.

**Palabras Clave:** Poisson, Autosimilaridad, Paquetes, Metro Ethernet.

## DEDICATORIA

El presente trabajo es el fruto de arduos y largos meses de trabajo, a pesar de todos los momentos difíciles y obstáculos que se presentaron, todos fueron superados quedando como solo escalones que fueron necesarios para llegar a la cima.

“Dedico este trabajo en primera instancia a **Dios** por que sin duda fue el que indicó el camino a seguir, nos guió y acompañó en el recorrido.”

“A **mis padres** (Dido y Goddo) por su apoyo incondicional, consejos, esfuerzos y cariño, por supuesto por su paciencia cargada de amor para conmigo, y por tener siempre la palabra correcta que me llenara de fortaleza para resaltar esa perseverancia que heredé de ustedes, les debo la persona que soy... LO LOGRAMOS.”

“A **mi hermano** (enano) por su cariño, bromas, comentarios y ocurrencias, debido a que la combinación de todo eso, que lo caracteriza, hizo que los momentos difíciles se apaciguaran en su compañía.”

“GRACIAS por entenderme, apoyarme, tenerme paciencia, guiarme y acompañarme a lo largo de toda esta experiencia... LOS ADORO!!!”

**Nuryma Y. Contreras M.**

“Dedico este trabajo primeramente a **Dios**, por haber estado conmigo en cada paso que doy y haberme permitido llegar hasta este punto, por fortalecer mi corazón y por poner en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y mi ayuda durante todo este período.”

“A mis **padres** (Antonio y Nelly) por su infinito amor y cariño, por su ejemplo de constancia y sacrificio en lograr que alcanzara mis metas. Por sus palabras sabias que en momentos difíciles me ayudaron a seguir adelante. Siempre les estaré agradecido.”

“A mis **hermanos** (Anginet y Anthony) y el resto de la familia, por todo su apoyo y por estar siempre conmigo, los amo con todo el corazón”

**Christian Hanna Díaz.**

## **AGRADECIMIENTOS**

“A DIOS por colocar en mi camino tantas personas buenas e indicadas para acompañarme a recorrerlo, en primer lugar mis padres y hermano.”

“A mi compañero y hermanito de tesis... Gracias Christian por tener kilogramos de paciencia conmigo, por hacer de este maratón una buena experiencia haciéndolo algo más llevadero y en sus momentos divertido”

“A nuestro Tutor, el Msc. Franklin Planchart, por guiarnos en este reto, por su paciencia y por sus llamados a la Fe y calma en mis momentos de nervios y preocupación en el transcurso de este proyecto.”

“Al Personal Técnico de CANTV (Sr. Gilberto Cardozo, Marco Tulio Bello entre otros) por su apoyo en toda oportunidad y ayuda en las grandes etapas de este proyecto, especialmente al Ing. Manuel Matiguan por su inigualable ayuda.”

“Al Personal de la Gerencia de Gestión de Tráfico por su presencia y por darnos junto con el Ing. Franklin Planchart esta gran oportunidad especialmente a la Sra. Jenny Enzinoza y a todo su equipo de trabajo.”

“Gracias a todos por su apoyo !!!”

**Nuryma Y. Contreras M.**

“Agradezco a Dios por permitirnos realizar y finalizar con éxito este trabajo especial de grado. A mis compañeros de estudio y en especial a mi compañera de Tesis, Nuryma, por su gran esfuerzo, dedicación y palabras durante este trayecto.”

“A nuestro tutor, Msc. Franklin Planchart, por darnos la oportunidad de trabajar con él e impartirnos sus conocimientos. Al Ing. Manuel Matiguan por su ayuda desinteresada y al personal técnico de CANTV que aportaron su grano de arena.”

“A la Gerencia de Gestión de Tráfico de CANTV, en especial a la Sra. Jenny Enzinoza por esta oportunidad. Por compartir sus conocimientos y hacer que todo este tiempo sea ameno y divertido.”

“Muchas gracias de corazón a todos.”

**Christian Hanna Díaz.**

## INDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>VI</b>
<b>INDICE GENERAL</b> .....	<b>VIII</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPITULO I.- PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO</b> .....	<b>4</b>
I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	<b>4</b>
I.2 OBJETIVOS.....	<b>6</b>
I.2.1 OBJETIVO GENERAL .....	<b>6</b>
I.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	<b>6</b>
I.3 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	<b>7</b>
I.4 JUSTIFICACION.....	<b>7</b>
<b>CAPITULO II.- MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>10</b>
II.1 REDES DE DATOS.....	<b>10</b>
II.2 PARÁMETROS PROBABILÍSTICOS Y ESTADÍSTICOS PARA TRÁFICO EN REDES.....	<b>10</b>
II.2.1 VALOR ESPERADO .....	<b>10</b>
II.2.2 LA CORRELACIÓN.....	<b>11</b>
II.2.3 LA AUTOCORRELACIÓN .....	<b>12</b>
II.2.4 VARIANZA .....	<b>13</b>
II.2.5 LA AUTOSIMILITUD.....	<b>14</b>
II.3 TEORÍAS INVOLUCRADAS EN EL ANÁLISIS DE TRÁFICO.....	<b>15</b>
II.3.1 LA TEORÍA DE COLAS .....	<b>15</b>
II.3.1.1 COMPORTAMIENTO EN LAS COLAS DEL TRÁFICO AUTOSIMILAR:.....	<b>18</b>

II.3.2	TEORÍA CLÁSICA DE ANÁLISIS DE REDES .....	19
II.3.3	LA AUTO-SIMILARIDAD.....	20
II.4	PARÁMETRO DE HURST (H) .....	21
II.4.1	MÉTODOS ORIENTADOS AL CÁLCULO DEL PARÁMETRO DE HURST.....	22
II.4.1.1	MÉTODO RANGO RESCALADO R/S.....	22
II.4.1.2	MÉTODO VARIANZA/TIEMPO.....	23
II.4.1.3	MÉTODO TRANSFORMADA <i>WAVELET</i> U ONDÍCULAS.....	23
II.4.1.3.1	PARÁMETROS DEL <i>WAVELET</i> .....	24
II.5	MODELOS DE TRÁFICO EN REDES.....	26
II.5.1	MODELO CON INDEPENDENCIA DE SUCESOS.....	26
II.5.2	MODELO CON DEPENDENCIA ENTRE SUCESOS:.....	26
II.6	LA CONGESTION Y LA CALIDAD DE SERVICIO EN TRAFICO DE REDES. .....	27
II.6.1	CONGESTION.....	27
II.6.2	CALIDAD DE SERVICIO .....	29
II.7	DESCRIPCION DE LA RED ACTUAL <i>BACKBONE</i> IP MPLS CANTV DISTRITO CAPITAL .....	30
 <b>CAPITULO III.- MARCO METODOLÓGICO.....</b>		<b>34</b>
III.1	TIPO DE INVESTIGACION .....	34
III.2	PERÍODO DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
III.3	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES .....	35
III.3.1	DELIMITACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
III.3.2	ANÁLISIS TEÓRICOS DEL SOFTWARE CON TRÁFICOS TEÓRICOS CLÁSICO-EXPONENCIAL Y AUTOSIMILAR.....	36
III.3.3	EXPERIMENTACIÓN CON CAPTURAS DE TRÁFICO REAL DE LA RED <i>BACKBONE</i> IP MPLS DE CANTV DTTO. CAPITAL.....	36
III.3.4	ANÁLISIS CON EL SOFTWARE EN TIEMPO NO REAL DE CAPTURAS DE TRÁFICO ENTRANTE DE CANTV.....	36

<b>CAPITULO IV.- DESARROLLO Y RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
IV.1 DELIMITACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
IV.2.- ANÁLISIS TEÓRICOS DEL SOFTWARE CON TRÁFICOS TEÓRICOS CLASICO-EXPONENCIAL Y AUTOSIMILAR. ....	38
IV.2.1.- TRÁFICO CLÁSICO-EXPONENCIAL Y TRÁFICO AUTOSIMILAR SINTÉTICO.....	41
IV. 3 EXPERIMENTACIÓN CON CAPTURAS DE TRÁFICO REAL DE LA RED EN EL BACKBONE IP MPLS DE CANTV.....	47
IV.3.1.- TOMA DE MUESTRAS.....	47
IV. 4 ANÁLISIS EN TIEMPO NO REAL DE CAPTURAS DEL TRÁFICO ENTRANTE DE CANTV.....	52
IV.4.1.- RESULTADOS TURNO DE LA MAÑANA EN NODO CNT .....	55
IV4.1.1.- RESULTADOS PARA LA VARIABLE TAMAÑO EN BYTES DEL PAQUETES.....	55
IV.4.1.2.- RESULTADOS PARA LA VARIABLE TIEMPO ENTRE LLEGADAS DE LOS PAQUETES .....	60
IV.4.2.- RESULTADOS TURNO DE LA TARDE EN NODO CNT.....	63
IV.4.2.1.- RESULTADOS PARA LA VARIABLE TAMAÑO EN BYTES DEL PAQUETES.....	63
IV.4.2.2.- RESULTADOS PARA LA VARIABLE TIEMPO ENTRE LLEGADAS DE LOS PAQUETES .....	65
<b>CAPITULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>74</b>
V.1 CONCLUSIONES.....	74
V.2 RECOMENDACIONES.....	74
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>79</b>
<b>APÉNDICE A.....</b>	<b>82</b>
<b>APÉNDICE B.....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>113</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura nº 1:</b> Representación paquetes Ethernet.....	<b>15</b>
<b>Figura nº 2:</b> Representación de paquetes en llegada en función del parámetro de hurst y el tipo de tráfico. ....	<b>17</b>
<b>Figura nº 3:</b> Tamaño de las colas en representación de la utilización del canal para tráficos autosimilares con distinto grado de Autosimilitud ( $H=0,75$ y $0,9$ ) y para tráficos Poissonianos (modelo clásico, $M/M/1$ , $M/D/1$ ). ....	<b>18</b>
<b>Figura nº 4:</b> Representación de los tipos de Ondículas, definida según un eje de tiempo continuo. ....	<b>25</b>
<b>Figura nº 5:</b> Estructura Capítulo II Marco Teórico. ....	<b>35</b>
<b>Figura nº 6:</b> Gráfica método rango escalado vector autosimilar sintético $H=0,5$ y $H=1$ respectivamente.....	<b>41</b>
<b>Figura nº 7:</b> Gráfica método varianza tiempo vector autosimilar sintético $H=0,5$ y $H=1$ respectivamente.....	<b>42</b>
<b>Figura nº 8:</b> Gráfica método transformada wavelet vector autosimilar sintético $H=0,5$ y $H=1$ respectivamente.....	<b>42</b>
<b>Figura nº 9:</b> Representación de los coeficientes de la transformada wavelets para tráfico Poisson $H: 0,5$ y Trafico Autosimilar $H: 1$ respectivamente. ....	<b>43</b>
<b>Figura nº 10:</b> Representación de serie escalada para vector autosimilar $H=0,5$ y $H=1$ respectivamente.....	<b>44</b>
<b>Figura nº 11:</b> Representación Factor de Autocorrelacion trafico poisson y trafico autosimilar respectivamente.....	<b>45</b>
<b>Figura nº 12:</b> Formas de los gráficos poisson y autosimilar en transmisión por paquetes. ....	<b>46</b>
<b>Figura nº 13:</b> Representación Gráfica de distribuciones de tráfico presentes en Nodo CNT, turnos mañana y tarde. ....	<b>51</b>
<b>Figura nº 14:</b> Representación Gráfica de distribuciones de tráfico presentes en Nodo Chacao, turnos mañana y tarde. ....	<b>51</b>
<b>Figura nº 15:</b> Representación Gráfica de distribuciones de tráfico presentes en Nodo Boleíta, turnos mañana y tarde. ....	<b>52</b>
<b>Figura nº 16:</b> Topología General de Anillos Metro Ethernet integrantes del Backbone IP MPLS CANTV(se señala en anillo medido Dtto. Capital). ....	<b>53</b>
<b>Figura nº 17:</b> Topología de medición Anillo Dtto. Capital CANTV (se señalan los nodos medidos dentro del anillo). ....	<b>53</b>
<b>Figura nº 18:</b> Serie escalada resultante del nodo CNT, turno de la mañana en función de tamaño en bytes de paquetes, comparada con trafico poisson. ....	<b>56</b>
<b>Figura nº 19:</b> Gráfica nodo CNT turno de la mañana método rango escalado respecto a tamaño en bytes de los paquetes.....	<b>57</b>

<b>Figura n° 20:</b> Gráfica nodo CNT turno de la mañana método varianza tiempo respecto a tamaño en bytes de los paquetes comparada con la representación poisson. ....	<b>58</b>
<b>Figura n° 21:</b> Gráfica nodo CNT turno de la mañana método transformada wavelet, tamaño en bytes de paquetes. ....	<b>59</b>
<b>Figura n° 22:</b> Serie escalada resultante del nodo CNT, turno de la mañana en función de tiempo entre llegada de paquetes, comparada con el trafico poisson. ....	<b>60</b>
<b>Figura n° 23:</b> Gráfica nodo CNT turno de la mañana método rango escalado respecto a tiempo entre llegada de los paquetes. ....	<b>61</b>
<b>Figura n° 24:</b> Gráfica nodo CNT turno de la mañana método varianza tiempo respecto a tiempo entre llegada de los paquetes comparada con el trafico poisson. ....	<b>61</b>
<b>Figura n° 25:</b> Gráfica nodo CNT turno de la mañana método transformada wavelet, tiempo entre llegada de paquetes. ....	<b>62</b>
<b>Figura n° 26:</b> Serie escalada resultante nodo CNT turno de la tarde en función de tamaño en bytes de paquetes. ....	<b>63</b>
<b>Figura n° 27:</b> Gráfica nodo CNT turno de la tarde método rango escalado respecto a tamaño en bytes de los paquetes. ....	<b>64</b>
<b>Figura n° 28:</b> Gráfica nodo CNT turno de la tarde método varianza tiempo respecto a tamaño en bytes de los paquetes. ....	<b>64</b>
<b>Figura n° 29:</b> Gráfica nodo CNT turno de la tarde método transformada wavelet, tamaño en bytes de paquetes. ....	<b>65</b>
<b>Figura n° 30:</b> Serie escalada resultante del nodo CNT, turno de la tarde en función de tiempo entre llegada de paquetes. ....	<b>65</b>
<b>Figura n° 31:</b> Gráfica nodo CNT turno de la tarde método rango escalado respecto a tiempo entre llegada de los paquetes. ....	<b>66</b>
<b>Figura n° 32:</b> Gráfica nodo CNT turno de la tarde método varianza tiempo respecto a tiempo entre llegada de los paquetes. ....	<b>66</b>
<b>Figura n° 33:</b> Gráfica nodo CNT turno de la tarde método transformada wavelet, tiempo entre llegada de paquetes. ....	<b>67</b>
<b>Figura n° 34:</b> Coeficientes Wavelet en función de la variable cantidad de bytes de paquetes en el nodo CNT, turnos mañana y tarde respectivamente. ....	<b>68</b>
<b>Figura n° 35:</b> Coeficientes Wavelet en función de la variable tiempo entre llegada de paquetes en el nodo CNT, turnos mañana y tarde respectivamente. ....	<b>68</b>
<b>Figura n° 36:</b> Resumen valores parámetro de Hurst en los nodos CNT, Boleíta y Chacao del Backbone IP MPLS CANTV Dtto. Capital, turnos mañana y tarde. ....	<b>70</b>
<b>Figura n° 37:</b> Representación gráfica de la autocorrelacion en los tres nodos estudiados en función de cantidad de bytes de paquetes, turnos mañana y tarde respectivamente. ....	<b>71</b>
<b>Figura n° 38:</b> Representación gráfica de la autocorrelacion en los tres nodos estudiados en función de tiempo entre llegada de paquetes, turnos mañana y tarde respectivamente. ....	<b>72</b>

## APENDICE A

<b>Figura A. 1:</b> Estructura software de análisis y simulación trafico autosimilar. ....	<b>84</b>
--	-----------

<b>Figura A. 2:</b> Pantalla inicial software de análisis y simulación de tráfico autosimilar.....	<b>85</b>
<b>Figura A. 3:</b> Carga de vectores tomados de la red en estudio y obtención de muestras a tratar mediante el software. ....	<b>86</b>
<b>Figura A. 4:</b> Comparación de muestras en el dominio del tiempo.....	<b>86</b>
<b>Figura A. 5:</b> Módulo de Métodos para obtención del parámetro de Hurst en variables características.....	<b>87</b>
<b>Figura A. 6:</b> Módulo de Pruebas, análisis múltiple y detalles globales de muestras masivas procesadas.....	<b>88</b>

## ANEXO 1

<b>Figura 1. 1:</b> Serie escalada resultante del nodo Chacao, turno de la mañana en función de tamaño en bytes de paquetes comparada con el tráfico poisson. ....	<b>91</b>
<b>Figura 1. 2:</b> Gráfica nodo Chacao turno de la mañana método rango escalado respecto a tamaño en bytes de los paquetes.....	<b>92</b>
<b>Figura 1. 3:</b> Gráfica nodo Chacao turno de la mañana método varianza tiempo respecto a tamaño en bytes de los paquetes comparado con el tráfico poisson. ....	<b>92</b>
<b>Figura 1. 4:</b> Gráfica nodo Chacao turno de la mañana método transformada wavelet, tamaño en bytes de paquetes.....	<b>93</b>
<b>Figura 1. 5:</b> Serie escalada resultante del nodo Chacao, turno de la mañana en función de tiempo entre llegada de paquetes comparada con el tráfico poisson.....	<b>93</b>
<b>Figura 1. 6:</b> Gráfica nodo Chacao turno de la mañana método rango escalado respecto a tiempo entre llegada de los paquetes. ....	<b>94</b>
<b>Figura 1. 7:</b> Gráfica nodo Chacao turno de la mañana método varianza tiempo respecto al tiempo entre llegada de los paquetes comparado con el tráfico poisson. ....	<b>94</b>
<b>Figura 1. 8:</b> Gráfica nodo Chacao turno de la mañana método transformada wavelet, tiempo entre llegada de paquetes. ....	<b>95</b>
<b>Figura 1. 9:</b> Serie escalada resultante del nodo Chacao, turno de la tarde en función de tamaño en bytes de paquetes comparada con el tráfico poisson. ....	<b>95</b>
<b>Figura 1. 10:</b> Gráfica nodo Chacao turno de la tarde método rango escalado respecto a tamaño en bytes de los paquetes.....	<b>96</b>
<b>Figura 1. 11:</b> Gráfica nodo Chacao turno de la tarde método varianza tiempo respecto a tamaño en bytes de los paquetes comparado con el tráfico poisson. ....	<b>96</b>
<b>Figura 1. 12:</b> Gráfica nodo Chacao turno de la tarde método transformada wavelet, tamaño en bytes de paquetes.....	<b>97</b>
<b>Figura 1. 13:</b> Serie escalada resultante del nodo Chacao, turno de la tarde en función de tiempo entre llegada de paquetes comparada con el tráfico poisson.....	<b>97</b>
<b>Figura 1. 14:</b> Gráfica nodo Chacao turno de la tarde método rango escalado respecto a tiempo entre llegada de los paquetes. ....	<b>98</b>
<b>Figura 1. 15:</b> Gráfica nodo Chacao turno de la tarde método varianza tiempo respecto a tiempo entre llegada de los paquetes comparado con el tráfico poisson. ....	<b>98</b>

<b>Figura 1. 16:</b> Gráfica nodo Chacao turno de la tarde método transformada wavelet, tiempo entre llegada de paquetes. ....	<b>99</b>
<b>Figura 1. 17:</b> Serie escalada resultante del nodo Boleíta, turno de la mañana en función de tamaño en bytes de paquetes comparada con el trafico poisson. ....	<b>99</b>
<b>Figura 1. 18:</b> Gráfica nodo Boleíta turno de la mañana método rango escalado respecto a tamaño en bytes de los paquetes.....	<b>100</b>
<b>Figura 1. 19:</b> Gráfica nodo Boleíta turno de la mañana método varianza tiempo respecto a tamaño en bytes de los paquetes comparada con el trafico poisson.....	<b>100</b>
<b>Figura 1. 20:</b> Gráfica nodo Boleíta turno de la mañana método transformada wavelet, tamaño en bytes de paquetes.....	<b>101</b>
<b>Figura 1. 21:</b> Serie escalada resultante del nodo Boleíta, turno de la mañana en función de tiempo entre llegada de paquetes comparada con el trafico poisson.....	<b>101</b>
<b>Figura 1. 22:</b> Gráfica nodo Boleíta turno de la mañana método rango escalado respecto a tiempo entre llegada de los paquetes. ....	<b>102</b>
<b>Figura 1. 23:</b> Gráfica nodo Boleíta turno de la mañana método varianza tiempo respecto a tiempo entre llegada de los paquetes comparado con el trafico poisson.....	<b>102</b>
<b>Figura 1. 24:</b> Gráfica nodo Boleíta turno de la mañana método transformada wavelet, tiempo entre llegada de paquetes. ....	<b>103</b>
<b>Figura 1. 25:</b> Serie escalada resultante del nodo Boleíta, turno de la tarde en función de tamaño en bytes de paquetes comparada con el trafico poisson. ....	<b>103</b>
<b>Figura 1. 26:</b> Gráfica nodo Boleíta turno de la tarde método rango escalado respecto a tamaño en bytes de los paquetes.....	<b>104</b>
<b>Figura 1. 27:</b> Gráfica método varianza tiempo respecto a tamaño en bytes de los paquetes comparado con el trafico poisson.....	<b>104</b>
<b>Figura 1. 28:</b> Gráfica nodo Boleíta turno de la tarde método transformada wavelet, tamaño en bytes de paquetes.....	<b>105</b>
<b>Figura 1. 29:</b> Serie escalada resultante del nodo Boleíta, turno de la tarde en función de tiempo entre llegada de paquetes comparada con el trafico poisson.....	<b>105</b>
<b>Figura 1. 30:</b> Gráfica nodo Boleíta turno de la tarde método rango escalado respecto a tiempo entre llegada de los paquetes. ....	<b>106</b>
<b>Figura 1. 31:</b> Gráfica nodo Boleíta turno de la tarde método varianza tiempo respecto a tiempo entre llegada de los paquetes comparado con el trafico poisson.....	<b>106</b>
<b>Figura 1. 32:</b> Gráfica nodo Boleíta turno de la tarde método transformada wavelet, tiempo entre llegada de paquetes. ....	<b>107</b>
<b>Figura 1. 33:</b> Coeficientes Wavelet en función de la variable cantidad de paquetes en el nodo Chacao, turnos mañana y tarde respectivamente. ....	<b>108</b>
<b>Figura 1. 34:</b> Coeficientes Wavelet en función de la variable tiempo entre llegada de paquetes en el nodo Chacao, turnos mañana y tarde respectivamente. ....	<b>108</b>
<b>Figura 1. 35:</b> Coeficientes Wavelet en función de la variable cantidad de bytes de paquetes en el nodo Boleíta, turnos mañana y tarde respectivamente. ....	<b>109</b>

**Figura 1. 36:** Coeficientes Wavelet en función de la variable tiempo entre llegada de paquetes en el nodo Boleíta, turnos mañana y tarde respectivamente. ....**109**

## **ANEXO 2**

**Figura 2. 1:** Diagrama de conexión a la computadora del equipo ACTERNA .....**111**

**Figura 2. 2:** Diagrama de conexión al router correspondiente y al Backbone del equipo ACTERNA .....**112**

**Figura 2. 3:** Topología de conexión del equipo ACTERNA en los Nodos de medición de CANTV.....**112**

## INTRODUCCION

Los modelos de estudio de tráfico permiten delimitar mediante un conjunto de parámetros y expresiones matemáticas el comportamiento del tráfico dentro de la red de datos, es por ello que estas teorías y modelos de tráfico son fundamentales tanto para el diseño, como para la optimización del flujo de datos en redes de telecomunicaciones. Es importante mencionar que los modelos de tráfico se basan en parámetros, por lo que para cada modelo aplicado a una red, se observan características relacionadas pero no iguales; es por esta razón que el software utilizado para el análisis ayuda al estudio con varios métodos y parámetros llegando a una caracterización coherente del tráfico.

Algunos de los modelos de tráfico aplicados en épocas anteriores están basados en características típicas de tráfico clásico-poisson, sin embargo los parámetros que lo integran al emplearlos en la actualidad permiten la presencia de caos en las redes por la inconsistencia de los valores de los parámetros con los que se establecen para el dimensionamiento de las redes clásicas teóricas. En vista de esto es necesario estudiar otros parámetros que permitan, ya no detectarlo, si no caracterizarlo y de esta manera desarrollar acciones en búsqueda de una solución, entre estos parámetros se encuentra el parámetro de Hurst.

En la actualidad el tráfico está orientado considerablemente a paquetes, en ciertos casos se modela con mayor exactitud con patrones de memoria a largo plazo, dejando de basarse en los modelos de memoria nula. Es por ello que este trabajo especial de grado se centra en la caracterización del tráfico presente en tres nodos de principal afluencia del *Backbone* IP MPLS de CANTV, a fin de saber si se encuentra acorde a la dimensión de las redes actuales o presentan caos dentro de su curso por las mismas.

Para este trabajo de grado se enmarcan las características de tiempo de llegada de paquetes, así como también el tamaño en *bytes* y de esta manera con el análisis en

base a los métodos presentes en el software, como lo son varianza-tiempo, rango escalado y transformada *wavelets*, determinar el parámetro de Hurst, el cual es un parámetro importante dentro del estudio de tráfico en redes de datos, actuando como un indicador de tráfico caótico; basándose de igual forma en el comportamiento y tiempo de ocupación del servidor para determinadas afluencias de tráfico, este parámetro permite identificar las características de comportamiento del tráfico presente en los nodos en estudio y caracterizarlo, señalando el impacto de su actuación en las redes, bien sea caótico o no, obteniendo la influencia de los procesos intermedios en el *Backbone* IP MPLS de CANTV en base a las características del tráfico final.

La presente investigación se encuentra estructurada en cinco capítulos, los cuales abarcan el desarrollo y resultados obtenidos.

En el capítulo I se desarrolla el planteamiento de problema, el qué y por qué del proyecto, así como los objetivos necesarios para su realización (generales y específicos), la justificación de la investigación sus alcances y limitaciones.

En el capítulo II contiene el conocimiento teórico, los conceptos y bases preliminares teóricas para el desarrollo del proyecto.

En el capítulo III se describe la metodología utilizada, las actividades que se llevaron a cabo durante la elaboración del trabajo especial de grado para alcanzar los resultados y cumplir con los objetivos propuestos.

En el capítulo IV se describen los procedimientos aplicados en cada una de las fases de investigación y desarrollo del proyecto y a su vez se presentan y describen los resultados obtenidos.

En el capítulo V se muestran las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

De manera complementaria se encuentra como parte final la bibliografía consultada que sirvió como apoyo para los aspectos conceptuales, adicionalmente los anexos y apéndices que contienen información complementaria aplicada en el desarrollo del proyecto.

## CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO EN NODOS ESPECÍFICOS DEL BACKBONE IP MPLS DEL DISTRITO CAPITAL DE CANTV

---

# CAPITULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

En este capítulo se presenta la descripción y desarrollo de la necesidad de estudio de tráfico en tres nodos específicos del *BACKBONE* IP MPLS de CANTV Dtto. Capital, exponiendo los objetivos planteados, la justificación de los mismos, los alcances y las limitaciones relacionados con la ejecución del proyecto.

### I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el mundo se ha podido observar la evolución acelerada de las tecnologías aumentando la dependencia de la Humanidad a la misma. En principio solo se realizaban llamadas, aunque con el transcurrir de los años los servicios de tecnología de información se han incrementado llegando a cubrir grandes necesidades, todas estas deben ser atendidas por las compañías prestadoras de servicios tanto estatales, regionales, como mundiales, al igual que la participación de las comunidades.

En Venezuela, entre otras empresas, se encuentra CANTV, una institución adscrita al Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y Tecnología, ésta provee de servicios tecnológicos y de información al sector gubernamental, la administración pública, las comunidades organizadas y a los ciudadanos, incrementando y fortaleciendo el desarrollo y acceso al sector de tecnologías de información y servicios de internet.

La gran demanda de servicios tecnológicos y la integración de los mismos en el País ha incrementado el tráfico de información dentro de las redes de datos. El sistema de estudio de tráfico en épocas anteriores planteaba la orientación esquemática hacia la multiplexación las cuales son representadas por exhaustivos modelos de tráfico basados en Earlang. En la actualidad se encuentra la tendencia a la paquetización presentando diferencia con el tráfico clásico-exponencial, orientándose a nuevos esquemas que rompen con los análisis estadísticos previos, dando

oportunidad a que se puedan presentar así el caos y los fractales a nivel de las características estadísticas de los fenómenos en las diferentes escalas del tiempo, pasando a denominarse Trafico Autosimilar.

La tendencia al retardo, colisiones y pérdida de información dentro de los sistemas ha estado presentes desde sus inicios. El tráfico clásico exponencial para el cual fueron diseñadas en un principio las redes de datos también se hacen presentes estas irregularidades, aunque no con la misma intensidad y consecuencias que en la actualidad, el trafico autosimilar no cumple con características constantes en el tiempo haciendo fallar las dimensiones de red bajo los métodos de diseño actual presentando irregularidades importantes, variando considerablemente con el trafico exponencial. A raíz de esta problemática con el incremento de tráfico en las redes y las colisiones y descartes entre otros efectos que esto conlleva, es preciso el estudio del tráfico de información en las principales empresas proveedoras de servicios tecnológicos en el País, con el fin de caracterizarlo y llegar a través de su clasificación a determinar la presencia en los nodos de trafico autosimilar en la red, y proporcionar sugerencias acorde a la probabilidad de bloqueo y características importantes del tráfico resultante.

Por lo apuntado en el párrafo anterior, se desea estudiar el tráfico en tres nodos específicos del *Backbone* IP MPLS de CANTV en el distrito Capital, mediante varias etapas, comenzando con el estudio de los paquetes de información presentes de manera aleatoria en la red. A su vez incursionar en el estudio de la manera de almacenamiento y tratamiento de la información circulante en la red mediante capturas de tráfico en tiempo real para posteriormente estudiarlas en tiempo no real, dichas muestras serán recolectadas, para luego ser estudiadas en el software NILO desarrollado en MATLAB, el permite simular tráfico y analizarlo haciendo más fácil la obtención de resultados experimentales en tiempo no real a través capturas previas. Cabe destacar que para inicios del proyecto, se generó tráfico con características clásicas y autosimilares generales (tráfico sintético), con el fin de estudiar y probar el

software, para las características de tráfico teóricos, y en función de los resultados teóricos obtenidos, poder en etapas siguientes trabajar y hacer uso de dicho software con datos reales obtenidos mediante capturas de flujo de paquetes de los tres nodos del *Backbone* IP MPLS de CANTV en el Dto. Capital. Para datos reales se deberá tomar en cuenta, su velocidad en paquetes por segundo, compatibilidad del archivo, y así cubrir las exigencias del tráfico en estudio, y de esa manera obtener resultados sistemáticos, coherentes y lo más precisos posible, en cuanto al análisis de los mismos para así clasificar y caracterizar el flujo de datos en los nodos estudiados del *Backbone* IP MPLS Distrito Capital-CANTV.

## I.2 OBJETIVOS

### I.2.1 Objetivo general

Caracterizar el tráfico presente en nodos específicos del Backbone IP MPLS de CANTV en el Distrito Capital.

### I.2.2 Objetivos específicos

- a- Estudiar los alcances del software a implementar con simulación de tráfico teórico autosimilar y clásico con características básicas y con amplias cantidades de información en registros de almacenamiento.
- b- Evaluar el tráfico presente en nodos específicos del Backbone IP MPLS de CANTV en el Distrito Capital, para determinar sus características.
- c- Analizar software de simulación de redes como MATLAB con tratamiento de formatos de datos reales del Backbone IP de CANTV en el Distrito Capital, y de manera gráfica obtener las características del tráfico (autosimilar o clásico-exponencial).
- d- Determinar mediante los resultados obtenidos, las características específicas del tráfico en los nodos del Backbone IP de CANTV en el Distrito Capital y establecer su caracterización.

### I.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

En el desarrollo de este trabajo especial de grado se incluye el estudio de muestras de datos proporcionados por CANTV, característicos de la red de datos; junto con ello el análisis en tiempo no real de las muestras en el software seleccionado para el procesamiento de los datos, con el fin de encontrar características propias del tráfico que permita establecer su orientación a tráfico clásico- poisson o autosimilar, de manera que se pueda lograr la caracterización del flujo de datos, Permitiendo proporcionar conclusiones de acuerdo a las dimensiones de la red y su adaptación para el tráfico circulante en ella.

El presente trabajo especial de grado no incluye la descripción de dimensionamientos o métodos que mejoren las condiciones o la probabilidad de bloqueo de la red actual de acuerdo al tráfico circulante en la red en estudio, como tampoco constará de pruebas de innumerables tipos de paquetes, sólo los presentes en los puntos escogidos para el estudio, los cuales son los de considerable afluencia por concentrarse en la región Capital, la importancia de estos nodos fue definida por la empresa CANTV, por tener los mismos características reales y propias soportadas por el software previamente seleccionado.

Es importante resaltar que en este trabajo especial de grado no incluirá el análisis de todos los nodos que integran la topología de red presente en el *Backbone* IP MPLS de CANTV en el Distrito Capital, el mencionado análisis se realizará en tres nodos centrales del mencionado Backbone IP.

### I.4 JUSTIFICACION

Con la realización de este proyecto se busca determinar características importantes referente al tráfico que circula por las redes de CANTV específicamente el *BACKBONE* IP MPLS del Distrito Capital en el cual confluye gran cantidad de información y de esta manera llegar a conclusiones acerca del dimensionamiento de

las redes actuales de datos y sus condiciones de manejar y distribuir el tráfico que por ellas circula.

El presente trabajo busca alcanzar un razonable grado de precisión en el estudio y análisis de las muestras de tráfico provenientes de CANTV y de esta manera acercarse más a la realidad con la captura en tiempo real y el análisis en tiempo no real, brindando así un enfoque a los nodos de más confluencia permitiendo una coherente caracterización del flujo de datos.

# CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO EN NODOS ESPECÍFICOS DEL BACKBONE IP MPLS DEL DISTRITO CAPITAL DE CANTV

---

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

En el presente capítulo del trabajo especial de grado se describen los conceptos fundamentales, teorías, técnicas de estudio de tráfico, estructuras características que delimitan y que forma parte de la red del backbone IP MPLS de CANTV distrito capital.

#### **II.1 REDES DE DATOS**

Las redes de datos fueron creadas principalmente para soportar procedimientos o aplicaciones de procesamiento de datos, requiriendo de un transporte de datos fiable. Hoy en día las nuevas tecnologías han traído como consecuencia que las redes evolucionen, haciendo que sean capaces de satisfacer simultáneamente los requisitos de los tráficos de muy diversa naturaleza. [1]

Todos estos requerimientos se sustentan en series de términos, teorías, modelos y parámetros que definen su comportamiento, por lo que para el estudio de tráfico de redes se presentan términos probabilísticos, estadísticos, teoría y modelos.

#### **II.2 PARÁMETROS PROBABILÍSTICOS Y ESTADÍSTICOS PARA TRÁFICO EN REDES**

##### **II.2.1 VALOR ESPERADO**

El valor esperado de una variable aleatoria es el valor medio que se espera pueda tomar esta variable o una función de la misma, aun cuando dicho valor no llegue a ocurrir en la realidad.

Sea  $X$  una variable aleatoria y  $g(X)$  una función de  $X$ , y el valor esperado de la función,  $E[g(X)]$ , la podemos denotar de la siguiente manera: [2]

$$E[g(X)] = \begin{cases} \sum_{\forall X} g(X)f_X(x); & \text{caso discreto} \\ \int_{-\infty}^{\infty} g(X)f_X(x)dx; & \text{caso continuo} \end{cases}$$

Desde el punto de vista de una recolección de muestras, el valor esperado es el promedio de todas las medidas que se realizaron en dichas muestras, donde la magnitud a medir tiene un comportamiento aleatorio. Mientras más medidas de las muestras se tomen, mayor va a ser la aproximación al valor real.

En referencia a la teoría de probabilidades, la variable aleatoria estará definida en un intervalo determinado donde su centro es el valor esperado, por lo tanto el experimento aleatorio está definido alrededor del valor esperado. Esto permite agrupar en un solo número los aportes ponderados de cada uno de los resultados del experimento a realizar.

## II.2.2 LA CORRELACIÓN

En principio, el objetivo principal de la correlación es estudiar el grado de asociación que existe entre dos variables. Nos proporciona los coeficientes que permiten medir el grado de dependencia mútua entre las variables a trabajar. La correlación es importante para la mayoría de los sistemas de predicción.

Cuando se tienen dos conjuntos de variables y entre ellas se correlacionan, al variar las “puntuaciones” o valores de una de ellas, estas puntuaciones o valores también se verán afectadas en el otro conjunto, el rendimiento de una se reflejará en el rendimiento de la otra. Existe la correlación positiva y la correlación negativa, la primera plantea que si el rendimiento en uno de los conjuntos aumenta, el rendimiento de la otra tendería a crecer. La segunda supone que un rendimiento alto en un conjunto estará asociado a un rendimiento bajo en el otro.

Algunas propiedades de la correlación son las siguientes:

- El coeficiente de la correlación lineal es un número real comprendido entre 1 y -1
- Si toma valores cercanos a -1, se dice que la correlación es fuerte e inversa.
- Si toma valores cercanos a 1, se dice que la correlación es fuerte y directa.
- Si toma valores cercanos a 0, la correlación es débil.
- Si los valores de correlación son iguales a 1 ó -1, entonces entre ambas variables hay dependencia funcional.
- Un coeficiente de correlación indica solamente la relación lineal entre las variables involucradas.

Este parámetro junto con los demás términos que se relacionan se realizan en diferentes etapas del tiempo, creando parámetros como el Hurst, Earlang, entre otros que delimitan las probabilidades de bloqueo de las redes de datos, definiendo los esquemas como caóticos (auto-similares) o clásicos, dependiendo de los valores de dichas variables se verifican las tasas de caída de la información y los troncales dentro de la red. [3]

### II.2.3 LA AUTOCORRELACIÓN

Esta es una gran herramienta para encontrar patrones repetitivos dentro de una señal como lo sería la periodicidad de una señal. En pocas palabras nos indicaría la similitud que existe entre una señal y ella misma desplazada en el tiempo. [3]

Sea  $X_t$ ,  $t \in$  un proceso estocástico de segundo orden, y  $E[X_t]$  el valor esperado de dicho proceso,  $K$  constante, con:

$$\text{Media estacionaria: } \mu = E[X_t]$$

$$\text{Una varianza estacionaria y finita: } \text{VAR} = E[(X_t - \mu)^2]$$

$$\text{Una función de autocovarianza independiente de } t; \gamma_k = E[(X_t - \mu) * (X_{t+k} - \mu)]$$

Entonces se define autocorrelación de  $X_t$  como:

$$R(k) = \frac{y_k}{y_0}$$

Notar que  $y_0 = VAR$

Si se quiere ver el análisis de tráfico en las distintas escalas del tiempo, el valor de la autocorrelación se denotaría de la siguiente manera:

$$R_x(t, s) = \frac{R_x(at, as)}{a^{2H}}$$

Donde  $H$  representa el parámetro de Hurst,  $a$  la escala de tiempo a utilizar,  $s$  desviación estándar de la muestra.

## II.2.4 VARIANZA

Es de especial importancia para la estadística y el estudio de las variables, la presencia de la media o el valor esperado de una variable  $X$ , ya que esta describe donde se centra la distribución de probabilidad. Pero por sí misma, la media o valor esperado no ofrece una descripción adecuada de la forma de la distribución, esta necesita caracterizar la variabilidad en la distribución. La medida de la variabilidad de una variable aleatoria  $X$  se le conoce como Varianza. Se denota como  $Var(X)$  o  $\sigma_x^2$ .

[4]

Cabe destacar que para el análisis de tráfico es indispensable su visualización en las distintas escalas de tiempo, por lo que a continuación se muestra el valor de la varianza, considerando las distintas escalas de tiempo y el parámetro  $H$  (Hurst) explicado más adelante:

$$Var[x(t)] = \frac{Var\{x(at)\}}{a^{2H}}$$

Donde  $H$ : parámetro de Hurst.

a: escala de tiempo seleccionada.

El concepto de covarianza entre dos variables aleatorias se conoce como una medida de la asociación entre las mismas. El signo de la covarianza es un indicativo de si la relación entre dos variables aleatorias dependientes es positiva o negativa. Pero si las variables son independientes se puede mostrar que la covarianza entre ellas es cero. Mas no necesariamente pudiera ocurrir lo contrario, en la que la covarianza sea cero e incluso así no ser estadísticamente independientes. Una manera de denotarlo es  $\sigma_{xy}$ . [4]

Se define la Autocovarianza de un proceso  $X_t$  de la siguiente forma:

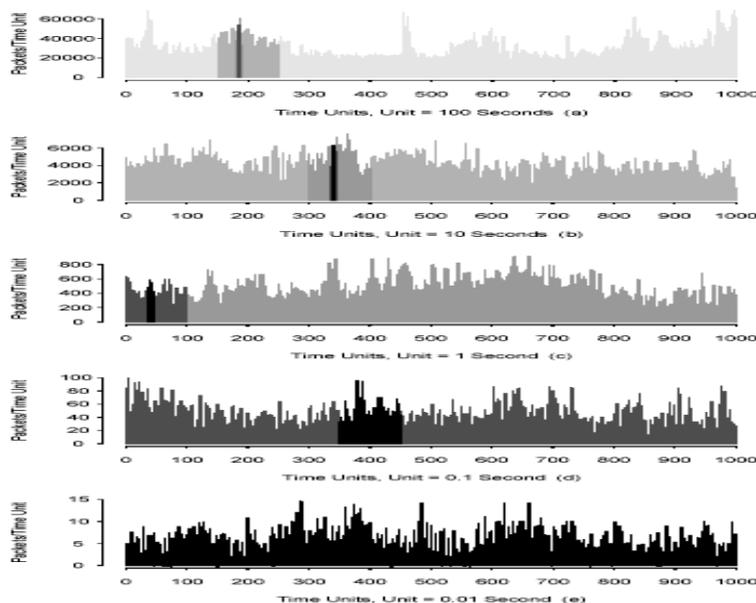
$$C(t, t + \tau) = E[(X_t - \mu) - (X_{t+\tau} - \mu)]$$

Esta representa cuanto cambia un valor que toma una variable en relación al parámetro  $\mu$ , en un instante  $t$ , en comparación con el valor que toma en otro instante lejos del primero en una cantidad de tiempo representado por  $\tau$ . La autocovarianza en  $C$  es la tendencia a moverse en conjunto de la variable  $X$ , en un instante  $t$ , y un instante futuro  $t+\tau$ . Gracias a esta relación se obtiene la información para poder interpretar, como esta tendencia a moverse conjuntamente, nos permite estudiar su desenvolvimiento y poder predecirlo en el futuro. [10]

## II.2.5 LA AUTOSIMILITUD

Se define como la apreciación de una estructura estadísticamente similar a lo largo de un amplio rango de escalas, esto quiere decir que la señal tiene un parecido, hablando estadísticamente, aunque a esta se le varíe la escala. [3]

Un ejemplo de lo antes mencionado lo vemos en la figura N°1, donde están representados paquetes generados por unidad de tiempo en una red Ethernet. Se aprecia un comportamiento similar para distintas escalas de tiempo. Solo en la escala de los 100 segundos se observa un comportamiento distinto al resto y esto se debe a las diferentes actividades que existen en la red entre el día y la noche.



**Figura n° 1:**

Representación  
paquetes Ethernet

**Fuente:**

Extraído de fuente  
bibliográfica [5]

Con este gráfico se comprueba que el tráfico real tiene características fractales y no es exactamente autosimilar. El tráfico real se define más concretamente con procesos asintóticamente autosimilares, esto ocurre cuando las propiedades estadísticas tienden a ser iguales, es decir para frecuencias bajas. [3]

## II.3 TEORÍAS INVOLUCRADAS EN EL ANÁLISIS DE TRÁFICO.

### II.3.1 LA TEORÍA DE COLAS

Para el dimensionamiento del software con respecto al procesamiento de grandes dimensiones de matrices de información se implementa esta teoría. Ésta es considerada una rama de la investigación operativa ya que con los resultados que se obtienen son aplicados en una amplia variedad de situaciones como por ejemplo en telecomunicaciones. [6]

Existen características dentro de un sistema de colas como son el patrón de llegada, patrón de servicio de los servidores, disciplina de cola, capacidad del sistema, número de canales, número de etapas de servicio, entre otros. [6]

El patrón de llegada por lo general es estocástico debido a que se define una variable aleatoria para la llegada que podría ser de manera individual o simultánea. De igual manera es posible que el patrón de llegada varíe con el tiempo por lo cual se le consideraría no estacionario, de mantenerse constante sería estacionario.

El patrón de servicio de los servidores se les asocia una variable aleatoria ya que estos pueden atender de manera individual o por lotes. El tiempo de atención puede variar dependiendo del tamaño de la cola. [6]

La disciplina en las colas es la forma en que se ordenan para recibir el servicio, existen disciplinas tipo FIFO (primero en llegar es el primero en salir) o LIFO (último en llegar es el primero en salir). También es posible encontrar reglas de secuencia con prioridades.

La capacidad del sistema se basa en que algunos sistemas solo pueden aceptar o atender una capacidad finita de clientes. [6]

El número de canales es la cantidad de servidores con los que pueden atender a una cola establecida. En la mayoría de los casos es preferible utilizar sistemas multiservidor con una única línea de espera que con una cola por servidor.

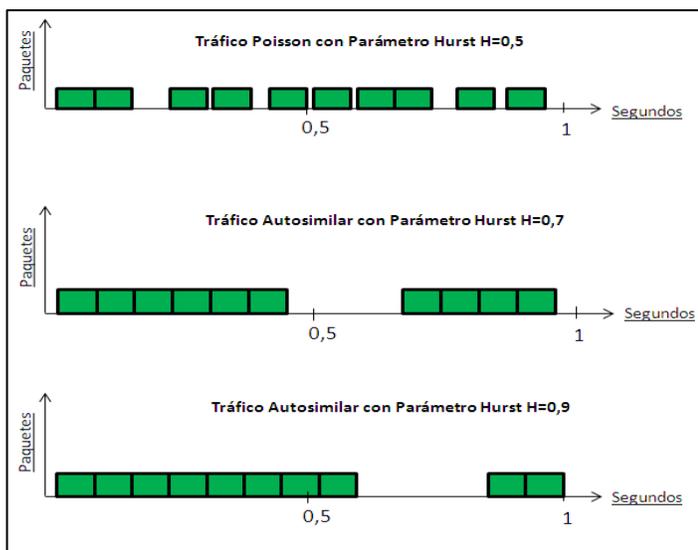
Un sistema de colas puede ser uní-etapa o multi-etapa. En el caso de ser multi-etapa se trata en que los “clientes” pueden pasar de un servidor a otro, incluso pudiendo retornar a un servidor anterior.

Todos los paquetes de red poseen el mismo promedio de atención, pero a medida en que estos paquetes se incrementan, los requerimientos de capacidad de memoria aumentan de manera alarmante, ya que son afectados en la medida en que el parámetro Hurst crece o tiende a la unidad, lo que es un indicador del tráfico caótico.

Los procesos autosimilares suelen estar asociados a distribuciones con colas fuertes, estas se refieren a aquellas en el que la probabilidad de aparición de valores muy desviados de la media no es menoscupible. [3]

En un proceso autosimilar, el tiempo de llegadas entre paquetes será dependiente del tiempo entre llegadas de instantes anteriores y por lo tanto tiene “memoria”. En cambio en procesos Poissonianos el tiempo entre llegadas es independiente y no depende de los instantes anteriores. Además se puede establecer que un proceso autosimilar tiene una especie de inercia y por lo tanto tiende a comportarse como en instantes anteriores. Todo esto quiere decir que en este tipo de procesos se producirán ráfagas largas de paquetes y largos “silencios” que se refiere a la no transmisión de paquetes. [7]

Un ejemplo de lo mencionado anteriormente lo vemos en la figura N°2, donde observamos las distintas llegadas de paquetes para distribuciones de Poisson y autosimilares de diferente grado de Autosimilitud a la misma tasa de emisión. (La llegada de unos paquetes depende de La llegada de los anteriores)



**Figura n° 2:**

Representación de paquetes en llegada en función del parámetro de hurst y el tipo de tráfico.

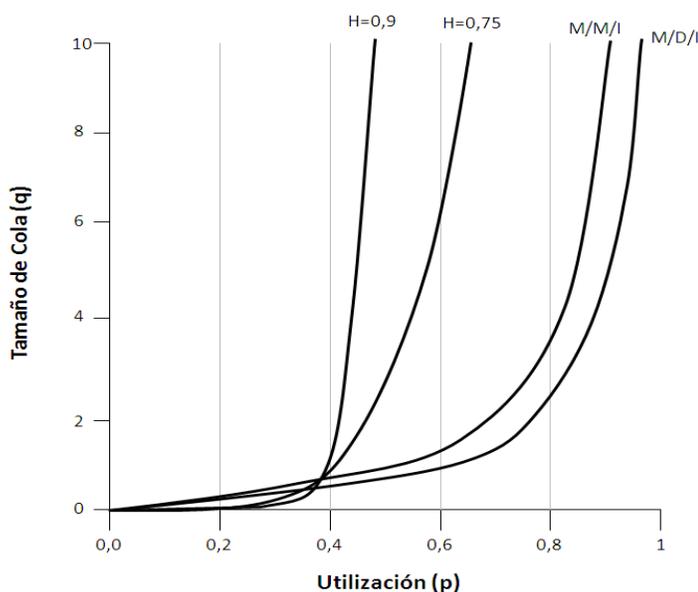
**Fuente:** Elaboración propia.

Encontramos otra diferencia entre un proceso autosimilar y un proceso de Poisson es que a diferentes escalas de tiempo, a medida en que se vayan aumentando dichas escalas en el proceso Poissoniano a la señal se pierde variabilidad, a diferencia al proceso autosimilar en donde la variabilidad se mantiene.

### II.3.1.1 COMPORTAMIENTO EN LAS COLAS DEL TRÁFICO AUTOSIMILAR:

La distribución del número de paquetes en espera de un servicio posee una cola que va decreciendo sub-exponencialmente, lo que ocasiona que se generen unas colas fuertes (heavy-tail) mientras que en el caso Poissoniano esta cola va decreciendo exponencialmente. Al plantearse la solución de aumentar la capacidad de almacenamiento de los *buffers* para así disminuir las pérdidas de paquetes, esto resultaría inútil ya que al realizar una pequeña disminución de las pérdidas aumentaría notablemente el retardo de los paquetes. [3]

En la figura N° 3 se representa el tamaño de la cola según el proceso a utilizar y la utilización de canal ( $\rho$ ), bien sea para tráficos Poisson o Autosimilares. El tráfico autosimilar tiene un mayor impacto en la cola que los de Poisson, además se observa que a medida en que aumenta el grado de Autosimilitud el impacto es mayor.[3]



**Figura n° 3:** Tamaño de las colas en representación de la utilización del canal para tráficos autosimilares con distinto grado de Autosimilitud ( $H=0,75$  y  $0,9$ ) y para tráficos Poissonianos (modelo clásico,  $M/M/1$ ,  $M/D/1$ )(ver Apéndice B).

**Fuente:** Elaboración propia.

### II.3.2 TEORÍA CLÁSICA DE ANÁLISIS DE REDES

Los sistemas clásicos de análisis, abarcan los casos de régimen de entrada con distribución Poisson y salida de las unidades de información tipo determinístico. [8]

Una de las cosas importantes de los análisis con distribución de Poisson, es que se pueden aplicar principios de superposición a los sistemas de red nodal, tal que los cálculos se pueden llevar a matrices de análisis, como si fueran nodos de sistemas eléctricos analizados en régimen permanente. [8]

En los procesos de Poisson se cumplen los siguientes principios obtenidos del cálculo estadístico.

$$E[n] = \lambda T$$

$$\sigma^2 = \lambda T$$

Donde  $E[n]$  es el promedio de número de paquetes que llegan en un tiempo  $T$ , y  $\lambda$  es el régimen de llegadas de paquetes por segundo y  $\sigma^2$  es la Varianza o el cuadrado de la desviación estándar. Según esta propiedad, se definen los siguientes tipos de tráfico, en función de la relación entre la varianza y la media [8]

$$\frac{\sigma^2}{E[n]} \left\{ \begin{array}{l} \frac{\sigma^2}{E[n]} > 1, \text{ Inestable} \\ \frac{\sigma^2}{E[n]} = 1, \text{ Equilibrio} \\ \frac{\sigma^2}{E[n]} < 1, \text{ Estable} \end{array} \right.$$

Las redes están diseñadas para este tipo de tráfico, pero estudios realizados recientemente para observar las colisiones presentes han arrojado irregularidades, es cuando entra otro tipo de tráfico llamado auto-similar.

### II.3.3 LA AUTO-SIMILARIDAD

La auto-similitud describe el fenómeno como característica determinante en el desempeño a lo largo del tiempo de la red. En el que cierta propiedad de un objeto se preserva con respecto a la variación del tiempo. Un tráfico auto-similar mantiene las características de ráfagas cuando se agrega sobre amplias escalas de tiempo. [8]

Estudios recientes han demostrado que el tráfico en redes de comunicaciones posee características auto-similares. Este descubrimiento del comportamiento de tráfico ha traído un gran impacto en el rendimiento de la red, así mismo en el retardo de las colas y en la pérdida de paquetes. Los modelos de tráfico auto-similar son más adecuados para representar mejor las características estadísticas del tráfico de la red.

La auto-similaridad se clasifica de larga y corta dependencia, según la sumatoria de todas las auto-correlaciones tienda a infinito o caiga en forma exponencial a cero, respectivamente. [8]

Las condiciones para tráfico auto-similar, para una definición continua en el tiempo son:

$$E[X(t)] = \frac{E\{X(at)\}}{a^H}$$

$$Var[x(t)] = \frac{Var\{x(at)\}}{a^H}$$

$$Rs(t, s) = \frac{Rs(at, as)}{a^{2H}}$$

El parámetro  $a$  es mayor que cero ( $a > 0$ ), y está relacionado con el factor de expansión de la escala. Es decir, estas fórmulas implican un análisis de comparación a diferentes escalas de tiempo, acorde a un parámetro de Hurst, que indica cuan auto-símil es el proceso estadístico analizado o por analizar. En este caso, las tres ecuaciones se refieren al promedio de la serie temporal, la Varianza y la correlación

entre cualquier par de series, dado que  $k$  indica que se está calculando la correlación entre una serie en una escala temporal  $t_1$  y una serie temporal  $t_2$ . [8]

La siguiente es la definición de un proceso auto-similar para tiempos discretos, con  $0 < \beta < 1$ , para  $m=1,2,\dots,n$ ; con  $n = \infty$ .

$$VAR\{X^{(m)}\} = \frac{VAR(x)}{m^\beta}$$

$$R_x^{m(k)} = R_S^{(k)}$$

$$H = 1 - \frac{\beta}{2}$$

Para todo  $0 \leq \beta \leq 1$ , donde  $H$  está entre 0.5 y 1.

## II.4 PARÁMETRO DE HURST (H)

Los parámetros importantes que permiten estudiar y analizar la estructura de una red son aquellos parámetros estadísticos como son la correlación, el parámetro Hurst, Earlang, entre otros.

El parámetro de Hurst ( $H$ ) mide el grado de Autosimilitud de los procesos, Comprendido entre 0,5 y 1. Si este valor de  $H$  se encuentra en ese rango se puede decir que el comportamiento del tráfico de red es de manera auto-similar. Si es igual a 0,5, indica la ausencia de dependencia a largo alcance tendiendo a ser un proceso que no posee memoria (proceso Poisson). Próximo a uno, muestra mayor grado de dependencia a largo plazo con tendencia a más autosimilaridad. [8]

Partiendo de la premisa del establecimiento de sistemas de control de tráfico en las redes como consecuencia del incremento de usuarios y solicitudes de recursos de la red, es necesario el cálculo del parámetro Hurst ( $H$ ) para el cual existen diversos métodos, los cuales permiten determinar mediante este parámetro la relación entre la probabilidad de bloqueo de la red y su actual funcionamiento.

Existe una relación matemática de los cálculos de H con los algoritmos de cómputo. Para este cálculo del parámetro H hay diversos métodos que tienen demostraciones matemáticas que han ayudado a la realización de dimensionamientos de la red de forma correcta.

## **II.4.1 MÉTODOS ORIENTADOS AL CÁLCULO DEL PARÁMETRO DE HURST.**

### **II.4.1.1 MÉTODO RANGO RESCALADO R/S**

Hacia los años 50 y 60 Harold Edwin Hurst (1 Enero 1880 -7 Diciembre 1978) realizó y publicó novedosos estudios relacionados a las crecidas y sequías de algunos ríos. A través de sus estudios descubrió una relación que se observa inclusive en los anillos de los troncos de los árboles [9]:

$$\frac{R}{S} \approx \left(\frac{N}{S}\right)^H$$

Siendo N la cantidad de anillos o huellas dejadas en la sequía y crecida de los ríos. En el caso de redes de datos N es la cantidad de muestras. R es el rango de la muestra y S es la desviación estándar de la muestra. Para el caso de estudio, la muestra comenzará en un máximo, y se irá dividiendo por un factor, en los algoritmos desarrollados por Reinaldo Scappini [10]

El rango vendría dado por la siguiente expresión, y N será el tamaño de la muestra definida como m.

$$R(m) = \left[ \max \sum_{i=1}^m X_i - [\bar{X}_m] - \min \sum_{i=1}^m X_i - [\bar{X}_m] \right]$$

$S(m)$  Es la desviación estándar del bloque.

La ecuación queda expresada en la forma siguiente:

$$\log \left( \frac{R(m)}{R(s)} \right) \approx H \log(N) - H \log(2)$$

Por cada iteración se obtendrá una relación para graficar. La pendiente H es el parámetro de Hurst.

#### **II.4.1.2 MÉTODO VARIANZA/TIEMPO**

Éste tiene una base matemática a través de varias representaciones temporales de las muestras, mediante técnica de agrupamiento, donde  $m$  representa la escala temporal. [10]

$$X_k^{(m)} = \frac{1}{m} \left( \sum_{i=km-(m-1)}^{km} X_i \right)$$

$$\text{Var} ( X^{(m)} ) \approx \frac{\text{Var} (X)}{m^\beta}$$

Aplicando logaritmo a la ecuación:

$$\log \text{Var}(X^m) = \log \text{Var}(X) - \beta \log(m)$$

Donde  $\beta$  está relacionado con H mediante la ecuación:  $H = 1 - \frac{\beta}{2}$

De esta forma, la pendiente permite calcular el parámetro H.

#### **II.4.1.3 MÉTODO TRANSFORMADA WAVELET U ONDÍCULAS**

Todo efecto o consecuencia que se genere en el tiempo va a tener otro en el dominio de la frecuencia.

La evolución en el concepto de transformadas llevó a una fase de análisis multi-resolución (MRA) a través de ondículas. La razón de ello, es que la Transformada de Fourier no expresa en qué momento ocurre determinadas frecuencias. Un método intermedio antes de llegar a los análisis con ondículas, fue la

Transformada Corta de Fourier (Gabor), en la cual se establece una especie de barrido a la señal  $s(t)$  con una ventana angosta en el tiempo, y se calcula la Transformada de Fourier en esa ventana. Luego la ventana se va desplazando, por lo que la función de Integral es aplicada en el rango del tamaño de la ventana. [10]

Lo relacionado con el tamaño de la ventana tiene sus limitaciones, lo que trae como consecuencia sacrificios en las frecuencias altas o bajas. Esto llevo a la implementación de una metodología en la que se trabaja con una ventana variable, tanto en su amplitud como en el ancho de la ventana. Estas ventanas variables son las ondículas o *Wavelets*. En conclusión, la utilización de las *Wavelets* es una útil y eficaz herramienta para cuando se necesiten hacer análisis, detecciones, modulaciones, estimaciones y simulaciones referentes al tráfico autosimilar. [10]

#### **II.4.1.3.1 PARÁMETROS DEL WAVELET**

- Traslación:  $\Psi(t - b)$
- Cambio de escala:  $\frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t}{a}\right)$
- Traslación y cambio de escala:  $\frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$

En pocas palabras, lo que hace la transformada de *Wavelet* es, mediante filtros paso bajos y paso alto, filtrar una señal en el dominio del tiempo que eliminan algunas componentes tanto de alta como de baja frecuencia de la señal. Por ejemplo, si tenemos una señal con frecuencias de hasta 1000 Hz, cuando se filtra esta señal en la primera etapa, es dividida en dos partes haciéndolas pasar por el filtro paso bajos y paso altos y obtenemos dos conjuntos de la misma señal, una que corresponde a las frecuencias entre 0 a 500 Hz, por el paso bajos, y otra de 500 a 1000 Hz, por el paso alto. Luego se toma cualquiera de los dos conjuntos (preferiblemente el del filtro paso bajo) y se hace el mismo procedimiento, llamando a toda esta operación como descomposición. Al volver a pasar la señal por los filtros quedarían entonces tres conjuntos pertenecientes a la misma señal pero a distintas frecuencias, 0 a 250 Hz, 250 a 500 Hz y 500 a 1000 Hz. Al volver a repetir nuevamente el mismo

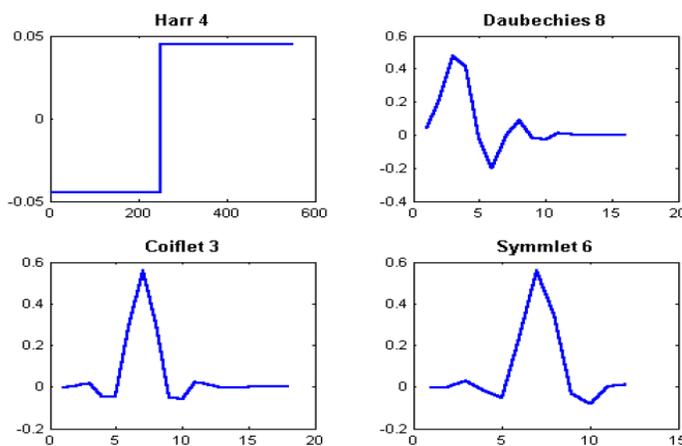
procedimiento tendríamos cuatro conjuntos de señales, de 0 a 125 Hz, 125 a 250 Hz, 250 a 500 Hz y 500 a 1000 Hz. El proceso continua hasta llegar a cierto número de niveles predefinidos. Al final tenemos un grupo de señales que representan la misma señal pero que corresponden a diferentes bandas de frecuencia. [11]

La teoría de las ondículas tiene una filosofía que es realizar un barrido de la señal varias veces, logrando así que el valor de los coeficientes *Wavelets* cambie en cada barrido. Esta ondícula va siendo modificada en cada barrido de la señal en lo que respecta al ancho de la misma. Todo esto ocasiona que las altas frecuencias sean representadas con factores de compresión bajos y las bajas frecuencias con factores de compresión altos. La ecuación matemática de la transformada *Wavelet*:

$$S_w(a, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)\Psi(t - \tau)dt \qquad S_w(a, \tau) = \langle s, \Psi_{a,t} \rangle; a \in R, \tau \in R$$

Donde  $S_w$  son los coeficientes *Wavelets*,  $a$  es el factor de compresión o dilatamiento del *Wavelet* y  $\tau$  es el desplazamiento del mismo. [11]

En la figura N° 4 se muestran varios tipos de ondículas para calcular los coeficientes, algunos de estos son Haar, Daubechies, Coiflet, Symmlet.



**Figura n° 4:**  
Representación de los tipos de Ondículas, definida según un eje de tiempo continuo.

**Fuente:** extraído de fuente bibliográfica [11]

Los *Wavelets* Daubechies poseen más coeficientes y para el cálculo de los parámetros H son utilizados con mucha frecuencia, de igual modo son buenos a la hora de generar tráfico con características de auto-similaridad.

## **II.5 MODELOS DE TRÁFICO EN REDES**

Seguidamente el tráfico puede ser objeto de otra clasificación tomando en cuenta los siguientes modelos:

### **II.5.1 MODELO CON INDEPENDENCIA DE SUCESOS**

Su característica fundamental es que coincide con una aproximación de características Exponencial o General Independiente Poisson Markoviano. [12]

$E[n] = \lambda T$  y  $\sigma^2 = \lambda T$  No existe auto-correlación.; donde  $E[n]$  es el valor esperado y  $\sigma^2$  es la varianza.

### **II.5.2 MODELO CON DEPENDENCIA ENTRE SUCESOS:**

La Dependencia a largo plazo (LRD), está relacionado con los procesos autosimilares, en donde el tráfico, no importando donde sea medido, va a depender del tráfico anterior. Es por eso que los procesos con dependencia a largo plazo tienen memoria y sus componentes que se encuentren en las bajas frecuencias son de suma importancia. A diferencia de la LRD, las dependencias a corto plazo (SRD) no tienen memoria y esto genera que las componentes que se encuentran en las bajas frecuencias no sean significativas.

A las dependencias a largo plazo (LRD), son aquellos procesos cuya función de autocorrelación no son sumables. Y en su contra parte, las dependencias a corto plazo (SRD) son aquellos procesos cuya función de autocorrelación son sumables. [1]

Este modelo incluye a su vez una clasificación por medio del factor de correlación presente:

- Correlación de corta dependencia SRD
  - Presenta Autocovarianza  $C(k) \approx a^{|k|}$
  - Determinantemente Exponencial
- Correlación de larga dependencia LRD:
  - Presenta Autocovarianza  $C(k) \approx |K|^{-\beta}$
  - Determinantemente Hipérbola
  - Presenta generalmente parámetro hurst  $H[0,5:1]$ ,  $H=1-\beta/2$

## **II.6 LA CONGESTION Y LA CALIDAD DE SERVICIO EN TRAFICO DE REDES.**

### **II.6.1 CONGESTION**

El congestionamiento involucra al exceso de paquetes dentro de una sub-red, lo cual presenta una degradación del desempeño. Todos los paquetes podrán ser entregados siempre y cuando la cantidad de paquetes descargados en la sub-red se encuentren dentro de su capacidad de conducción, siendo la cantidad entregada proporcional al número enviado. Pero cuando el número de paquetes empieza a aumentar, se genera lo que conocemos como tráfico y los enrutadores pierden el control en el manejo de los paquetes, por lo que se presentan las pérdidas de paquetes. A mayor tráfico, el desempeño en el manejo de los paquetes tiende a empeorar hasta el punto de no haber más entrega de paquetes. [13]

Existen varias razones por las que puede ocurrir el congestionamiento. Una de ellas es cuando empiezan a llegar cadenas de paquetes por tres o cuatro líneas de entrada y todas estas cadenas necesitan la misma línea de salida, se generará una cola. Si no se cuenta con suficiente memoria capaz de contener a todos estos paquetes se comenzará a perder paquetes. [13]

El congestionamiento puede empeorarse ya que tiende a alimentarse de sí mismo, si un enrutador no posee *buffers* libres, los paquetes que llegan nuevos deben

ser ignorados. Pero cuando un paquete no es reconocido no se puede descartar y esto trae como consecuencia que el congestionamiento en el lado del receptor obligue al transmisor a abstenerse de liberar un *buffer* que normalmente se encontraría desocupado. Todo esto acarrea que el congestionamiento se acumule cada vez más. [13]

Una de las causas principales que generan el congestionamiento es que el tráfico con frecuencia se presenta a manera de ráfagas. Si existiera la forma en que los *host* transmitieran a una tasa uniforme, la tasa de congestionamiento descendería en gran magnitud. La existencia de los congestionamientos nos quiere decir que la carga es mayor a la que pueden manejar los recursos presentes. Entonces la única forma de bajar la tasa de congestionamiento es lograr que haya una disminución de la carga. Existen varios métodos para lograr una disminución de la carga, como por ejemplo negar el servicio a algunos usuarios, degradar el servicio para algunos usuarios en específico y obligar a los usuarios a programar sus solicitudes logrando que sean de una manera más predecible. [13]

De manera general, cuando ocurre una congestión de la red se genera un aumento en el retardo de la transmisión de un paquete desde su origen hasta su destino, al igual que existe la pérdida o descartes de paquetes. Si el origen es capaz de detectar este aumento en el retardo de la transmisión y el descarte de los paquetes, se dice entonces que este posee una evidencia implícita de la congestión de la red. Este proceso se le conoce como señalización implícita ya que el control de la congestión depende de los sistemas finales y no requiere acciones por parte de los nodos de la red. Es efectiva para el control de la congestión en configuraciones no orientadas a la conexión o datagramas, como por ejemplo internet, aunque también puede usarse para redes orientadas a la conexión como por ejemplo Frame Relay. [13]

A diferencia de la señalización implícita en la congestión, también existe la señalización explícita. Se basa en que la red alerta a los dispositivos finales de la creciente congestión que se está presentando y son estos los que toman las

medidas para reducir la carga en la red. Generalmente, la señalización explícita se usa en redes orientadas a la conexión y controlan el flujo de paquetes en la red de forma individual. [13]

La congestión de manera explícita puede funcionar en dos direcciones, hacia atrás, cuando se le notifica al origen que existe una congestión y que inicie el procedimiento cuando sea preciso para evitarla, para el tráfico circulante opuesto al paquete recibido. Esta información hacia atrás, se puede transmitir alterando los *bits* en un paquete de datos dirigidos al origen o también transmitiendo al origen paquetes de control independientes. Y la otra dirección donde la congestión explícita puede funcionar es hacia adelante, cuando se le notifica al usuario que debe iniciar los procedimientos de control de congestión, para tráfico que circule en la misma dirección que el paquete a recibir. Y se puede transmitir igualmente como el mecanismo de información hacia atrás. [13]

### II.6.2 CALIDAD DE SERVICIO

Calidad de servicio, QoS (Quality of Service, Calidad de Servicio), es una tecnología la cual permite que se realice la transmisión de cierta cantidad de datos, garantizándola, en un tiempo determinado. Esta tecnología es de vital importancia en las transmisiones de voz o video debido a que se va a garantizar una capacidad constante dentro de la red para las diferentes aplicaciones. [14].

Según la ITU E.800, el concepto de QoS es el “efecto global de las prestaciones de un servicio que determinan el grado de satisfacción de un usuario al utilizar dicho servicio.” También la IETF RFC 2386, la define como el “conjunto de requisitos del servicio que debe cumplir la red en el transporte de un flujo.” [15]

En las clasificaciones de tráfico, encontramos que se pueden llevar a cabo tanto a nivel 2 como a nivel 3 en la capa OSI, entre las técnicas se encuentran la IEEE 802.1p y la IEEE 802.1q, entre otras. [16]

La IEEE 802.1p se basa en definir cómo se van a etiquetar los paquetes con el propósito de que los conmutadores de nivel 2 en la capa OSI se les puedan dar prioridad. [16]

En cambio la IEEE 802.1q define el funcionamiento de los puentes VLAN que es la que hace posible que se pueda definir, hacer funcionar y administrar las VLAN dentro de una infraestructura de LAN con switch. Esta norma define un campo de cuatro bytes que se añaden a las tramas FDDI (Fiber Distributed Data Interface, Interface de Fibra de Datos Distribuidos), Token-Ring y Ethernet, estas contienen toda la información de seguridad de pertenencia a una LAN virtual en combinación con IEEE 802.1p, todo esto permite a los conmutadores de nivel 2 puedan distinguir las clases de tráfico entrante. [16]

## **II.7 DESCRIPCION DE LA RED ACTUAL BACKBONE IP MPLS CANTV DISTRITO CAPITAL**

La Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV), es la primera empresa de telecomunicaciones en Venezuela, basándose en fomentar la inclusión social y la disminución de la brecha al acceso de tecnologías digitales. [17]

A lo largo de los años Cantv ha invertido grandes cantidades de dinero en el desarrollo de una red de larga distancia en banda ancha (*backbone*) que cubre todo el territorio nacional, con unos cinco mil kilómetros de enlaces de fibra óptica y radio digital [18].

Hoy en día Cantv cuenta con un *backbone* a una velocidad de 10 Gbps sobre un par de hilos de fibra óptica, logrando una capacidad total de transporte de 160 Gbps. Un *Backbone* se refiere a la información que tiene que ser transferida entre lugares que no pertenecen a una misma red nacional. Su misión es únicamente interconectar las redes y transmitir información digital a velocidades altas. [19]

La evolución de la red de datos ha establecido un esquema que trajo como consecuencia que los modelos clásicos de análisis de tráfico no puedan modelar el sistema, ni la configuración de los diseños tecnológicos de conmutación, transmisión, acceso, almacenamiento y tratamiento de la información requeridos, acorde a las exigencias en los servicios.

Esta evolución tiene como punto principal que la estructura se basa en NGN (Next Generation Networking, Redes de Próxima Generación). La arquitectura de una NGN está compuesta por varios niveles o capas. En primer lugar encontramos el nivel donde se encuentran los servidores en los cuales se ejecutan las aplicaciones que ofrecen los servicios a los clientes. En segundo lugar encontramos el nivel de control en donde se coordinan todos los elementos en las otras dos capas, su función es la de asegurar el inter-funcionamiento de la red de transporte con los servicios y aplicaciones, esto lo hace mediante la interpretación, distribución, generación y traducción de la señal correspondiente. [19]

Por último encontramos el nivel de transporte en donde se ubican las tecnologías de red que son las encargadas de las tareas de conmutación, enrutamiento y transmisión de los paquetes IP. Adicionalmente esta capa o nivel de transporte se divide en dos subniveles. Encontramos la capa de acceso en donde se comprende la red de banda ancha que da acceso al usuario a la NGN, siendo este acceso fijo, móvil, nomádico, entre otros, utilizando diversas tecnologías, y medios de transmisión. Y seguidamente la capa de tránsito o Core, en la que se permite el enrutamiento y conmutación de los paquetes extremo a extremo, esta asegura todas las interconexiones de todas las redes de acceso con los otros niveles. [19]

CANTV ha implementado un proyecto llamado Neurona, que consiste en el reemplazo de toda la planta analógica existente en el territorio nacional por NGN, modernizando equipos obsoletos y optimizando los procesos asociados a las operaciones y al mantenimiento de los mismos. [20]

La instalación de las redes NGN fueron necesarios cuatro gabinetes de NGN, cada uno con una capacidad de 59 tarjetas de 32 puertos, lo que lleva a un total de 1888 puertos por gabinete y 7552 puertos en total. [20]

De igual manera el *backbone* IP de CANTV está orientado al trabajo con el protocolo MPLS el cual es un multiprotocolo de conmutación de etiquetas, este reduce en gran manera el procesamiento de paquetes que es requerido cada vez que este ingresa a un enrutador de red. Con esto se logra un mejor desarrollo y desempeño de la red en general y de los dispositivos involucrados.

Este protocolo facilita la asignación de recursos en las redes balanceando así las cargas dependiendo de la demanda de tráfico de los usuarios. Si se llegase a ver amenazada la red por congestión, las rutas MPLS pueden ser redirigidas inteligentemente, de esta manera se pueden cambiar dinámicamente las rutas de flujo de paquetes dependiendo de las demandas de tráfico en cada flujo.

Varios de los beneficios que ofrece el protocolo MPLS son que las capacidades de ingeniería de tráfico son integradas a la capa 3 del modelo OSI, con lo que trae como consecuencia la optimización del ruteo de tráfico IP gracias a las pautas establecidas por la topología y las capacidades de la troncal, además MPLS emplea la ruta más corta que cumpla con los requisitos del flujo de tráfico.

# CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO EN NODOS ESPECÍFICOS DEL BACKBONE IP MPLS DEL DISTRITO CAPITAL DE CANTV

---

## **CAPITULO III**

# **MARCO METODOLÓGICO**

En el siguiente capítulo se exponen todos los procesos llevados a cabo para el desarrollo del Trabajo Especial de Grado. En el mismo se encuentran definidos las actividades y procedimientos necesarios desarrollados dentro de la investigación del proyecto.

### **III.1 TIPO DE INVESTIGACION**

La investigación por la que se ve enmarcada este estudio es de campo y documental, integrando así una investigación mixta.

La investigación documental es aquella que se realiza a través de la búsqueda y consulta de documentos como libros, revistas, artículos, tesis, entre otros. Se encuentra también la investigación de campo, que es la que se efectúa en el lugar y tiempo en el que ocurren los objetos de estudio y por último, la investigación mixta es aquella en la que se necesita tanto de la investigación documental como la de campo.

La clasificación de la investigación se plantea de campo, debido a que se realiza en el ambiente orientado a un laboratorio de operaciones de la empresa CANTV, en el periodo de recolección de muestras. Sin embargo se partió de una documentación y análisis previo de la tecnología usada, y la topología de la red de estudio y en nodos específicos más confluidos de la red del *Backbone* IP MPLS de CANTV en el Dtto. Capital.

### **III.2 PERÍODO DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

La ejecución del presente Trabajo Especial de Grado se realizó entre los meses de Septiembre de 2011 y Agosto 2012. Donde dentro de todo el año de

desarrollo, en dos meses se realizaron las capturas del tráfico de red dentro del *Backbone* de CANTV para luego realizar el análisis de las mismas.

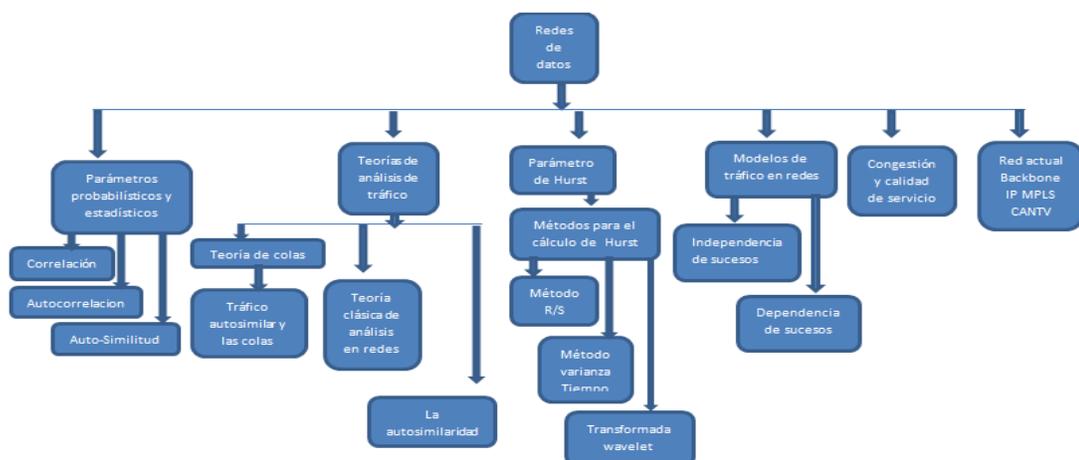
### III.3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

En esta sección se presentan los pasos que se llevaron a cabo para la ejecución del presente trabajo. La fase de investigación de conceptos básicos de las tecnologías, teorías, notaciones, parámetros, entre otros. De igual forma los métodos utilizados para las mediciones, descripción del software y los análisis de las muestras con las que se trabajaron.

#### III.3.1 Delimitación Teórica de la investigación.

En esta etapa se realizó la preparación y sustentación teórica de las teorías y modelos a trabajar dentro del proyecto, aquellas que sustentan la clasificación de los posibles tráficos que se pueden desarrollar dentro de una red de datos, junto con investigación teórica de los distintos términos estudiados en la red en la que se desarrolló el proyecto como lo es CANTV.

Todos los métodos, parámetros y premisas involucradas en la delimitación teórica de la investigación se encuentran en el capítulo II del presente trabajo estructurado bajo el esquema mostrado en la figura N° 5.



**Figura n° 5:** Estructura Capítulo II Marco Teórico.  
**Fuente:** Elaboración Propia.

### **III.3.2 Análisis teóricos del software con tráfico teórico clásico-exponencial y autosimilar.**

En esta sección fueron realizadas pruebas con datos sintéticos provenientes de simulaciones de tráfico externo a través de MATLAB con características generales y teóricas de base de datos cuyo comportamiento puede ser autosimilar o clásico-exponencial poisson.

De esta manera se estudió y mediante pruebas de módulos de información en los datos, se visualizó el comportamiento y desarrollo del software experimental en el tratamiento de datos con formatos básicos. Como también se tomaron en cuenta las características esenciales del software implementado, en cuanto al manejo de las matrices de amplia información y su introducción en las rutinas en donde se procesaron para establecer las características que definen dicho tráfico y de esta manera de forma gráfica mostrar la obtención de resultados sistemáticos y de visualización clara.

### **III.3.3 Experimentación con capturas de tráfico real de la red *Backbone* IP MPLS de CANTV Dtto. Capital.**

Esta fase del proyecto se desarrolló la experimentación con tráfico real de la red del *Backbone* IP de CANTV, el tratamiento de los formatos de los paquetes de información que trabaja la red, la velocidad de su tráfico en paquetes por segundo, entre otras características esenciales que permitan su amplio conocimiento para su procesamiento con el software y al establecimiento de resultados claves de su caracterización.

### **III.3.4 Análisis con el software en tiempo no real de capturas de tráfico entrante de CANTV.**

El análisis del tráfico y de los parámetros importantes de la información proveniente de CANTV permitió estudiar la tendencia de los paquetes de

información, la velocidad por segundo, entre otros. El estudio de tráfico real se realizó en un principio con una prueba inicial implementando el software con un archivo pequeño de tráfico proporcionado por el CANTV, con el fin de ir ampliando la cantidad de paquetes, por ende la amplitud del archivo y de esa forma procesar de manera exitosa los datos reales.

El proceso de análisis en tiempo no real de las capturas de tráfico se realizó variando las dimensiones de los datos suministrados y procesados por el software, posteriormente amplias matrices de información procedentes de tráfico continuo en la red (tiempo no real), para poder establecer conclusiones precisas de acuerdo a los paquetes obtenidos y procesados.

## **CAPITULO IV**

### **DESARROLLO Y RESULTADOS**

En este capítulo del Trabajo Especial de Grado se presenta el desarrollo de los procedimientos empleados y resultados obtenidos durante la realización y cumplimiento de todas las actividades previstas en el capítulo metodológico de este proyecto.

Como se describió con anterioridad, el presente trabajo abarca la caracterización del tráfico presente en nodos específicos del *Backbone* IP MPLS de CANTV Distrito Capital, por lo que a continuación se presenta en forma puntualizada los pasos para su desarrollo y culminación exitosa.

#### **IV.1 Delimitación Teórica de la Investigación**

La primera actividad efectuada tras la aprobación de este proyecto, fue la amplia búsqueda de toda la información necesaria, abarcando así los conceptos requeridos para el desarrollo del mismo.

Esta investigación se realizó a través de documentación extraída de CANTV, libros y recursos electrónicos. Luego de esto, se procedió al estudio de la bibliografía obtenida para afianzar los conocimientos de los integrantes del proyecto. Los resultados obtenidos de esta amplia investigación, constituyeron parte esencial en la elaboración del capítulo II del presente trabajo especial de grado.

#### **IV.2.- Análisis teóricos del software con tráfico teóricos clasico-exponencial y autosimilar.**

Los procesos de índole caótica con presencia de autosimilaridad se definen como la repetición de una irregularidad en diferentes escalas de tiempo. Esta repetición ha conllevado a los fractales. El suceso de la irregularidad a diferentes

escalas representa la autosimilaridad estocástica. Un parámetro que determina o explica dicho comportamiento es el parámetro de Hurst, dado que el mismo afecta directamente el cálculo del tiempo de ocupación del servidor cuando se atiende un paquete y a los sistemas de almacenamiento para los paquetes que llegan a los nodos, *Routers* o *Switches*.

Los modelos de tráfico tradicionales basados en Poisson bajo el esquema actual de paquetización de los servicios, no se adaptan, dificultando que soporten lo que en realidad ha estado ocurriendo en las redes debido al proceso de integración de todos los servicios. Dado que la tendencia es el caos en las redes de paquetes, la tendencia de autosimilaridad estocástica es más evidente.

En el proceso Poisson, los eventos son totalmente independientes, por lo que son procesos sin memoria. En cambio el tráfico autosimilar posee memoria de largo alcance, existiendo una gran correlación entre las muestras de tráfico.

Basándose en estas premisas se trabajó con software de simulación que permite el estudio, y mediante esto llegar a resultados sobre características determinantes, de tráfico en redes.

El software implementado tiene un alto componente académico y un componente de investigación científica. Las interfaces son orientadas a objetos y existen algunas pequeñas implementaciones no orientadas a objetos.

El software fue desarrollado en MATLAB, versión 7.9.0., permitiendo así en algunos de sus módulos análisis científico o de ingeniería de diversas muestras de tráfico.

Los módulos que lo integran son orientados al modo objeto como se mencionó. Así, las entradas a funciones se dan desde los objetos. Igualmente, gran parte están orientados a poder manipular los gráficos generados, permitiendo el despliegue de gráficos desde los módulos .m y los módulos .fig en Matlab. Las

funciones en los códigos de Matlab .m buscan graficar y plasmar las informaciones resultantes en el estado presente en la versión, permitiendo de igual forma, realizar manipulación externa y por supuesto, poder almacenar y generar archivos históricos, característica muy valiosa para el desarrollo de este trabajo especial de grado debido a que se podrán realizar comparaciones entre muestras tomadas en periodos de tiempo aislados y que no pertenezcan al mismo paquete.

La primera versión se realizó sin los controles a usuario, pero el software así diseñado estaría destinado a no ser utilizado, dado que hay rutinas que son de larga duración y es necesario ir advirtiéndolo al mismo. Por ello fue necesario obtener la versión en la que se presentan modificaciones en este aspecto, incluyendo las cajas automáticas de control, salvando estos obstáculos en los archivos con extensión .fig. de esta manera se logró su mejor manipulación, por lo que resulta más sencilla la aplicación del software descrito.

Esta herramienta y su aplicación en redes actuales, en las cuales se tiene la premisa de su tendencia a la autosimilaridad, se plantea debido a que permite determinar el parámetro H (Hurst) a nivel de las diferentes estructuras de topología de red: conmutación, enrutamiento, acceso y transmisión. Este último, transmisión, se puede aplicar cuando las arquitecturas de red están implementadas en protocolos MPLS directas sobre fibra óptica, como la Metro Ethernet; esta característica esencial del software fue lo que determinó la inclinación a utilizarlo en el estudio para el tráfico de las redes en Venezuela, para su posterior caracterización en consecuencia a la creciente demanda de recursos en las redes y las continuas caídas de troncales y servicios en redes tales como el *Backbone* IP MPLS de CANTV.

Aunado a lo aquí expuesto, se puede apreciar con más profundidad su descripción, refiriéndose al apéndice A, que se encuentra en la sección final del presente trabajo especial de grado.

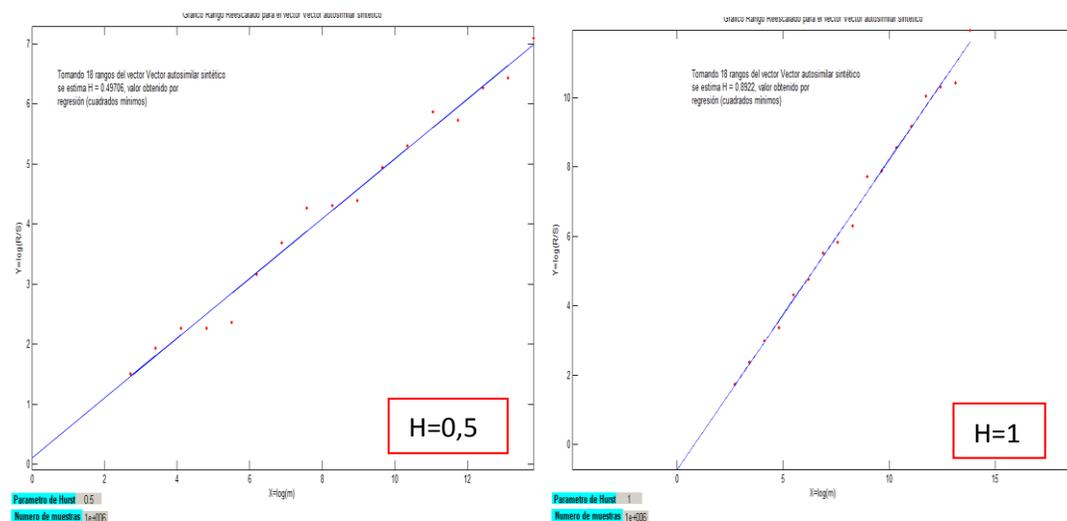
A través de los distintos módulos que componen este software, se busca realizar combinaciones en los mismos, de manera que mediante los resultados a obtener y posterior análisis, se pueda llegar a resultados de caracterización del tráfico y sus características determinantes.

#### IV.2.1.- Tráfico Clásico-Exponencial y Tráfico Autosimilar sintético

Para efectos del software manejado, se genera tráfico Poisson con características en gran escala de  $H=0.5$ , observándose la consistencia del tráfico en varias escalas variando considerablemente en escalas pequeñas, dada la presencia las micro-ráfagas de paquetes. Es importante resaltar que por ser tráfico Poisson generado por el método de regresión de un vector autosimilar, se genera en el extremo superior del rango de tráfico Poisson,  $H=0.5$ , coincidiendo con el extremo inferior del rango de parámetro  $H$  de tráfico autosimilar.

A continuación, en las figuras N° 6, 7 y 8 (todas de elaboración propia) se muestran las representaciones gráficas obtenidas para el caso mencionado de tráfico poisson y para el extremo de tráfico autosimilar con parámetro  $H=1$ , indicador extremo de tráfico caótico en una red de datos en los tres métodos de estudio.

#### Caso a) Cálculo parámetro de hurst método Rango Escalado:



**Figura n° 6:** Gráfica método rango escalado vector autosimilar sintético  $H=0,5$  y  $H=1$  respectivamente.

- Caso b) Cálculo parámetro de hurst método Varianza-Tiempo:

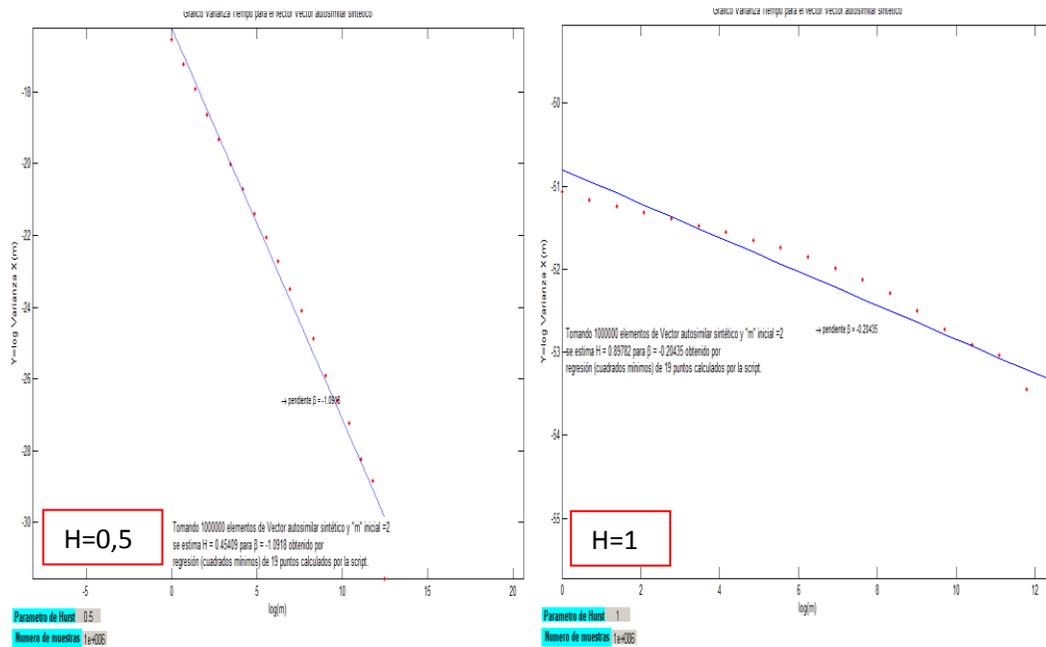


Figura nº 7: Gráfica método varianza tiempo vector autosimilar sintético H=0,5 y H=1 respectivamente.

- Caso c) Cálculo parámetro de hurst método transformada wavelet:

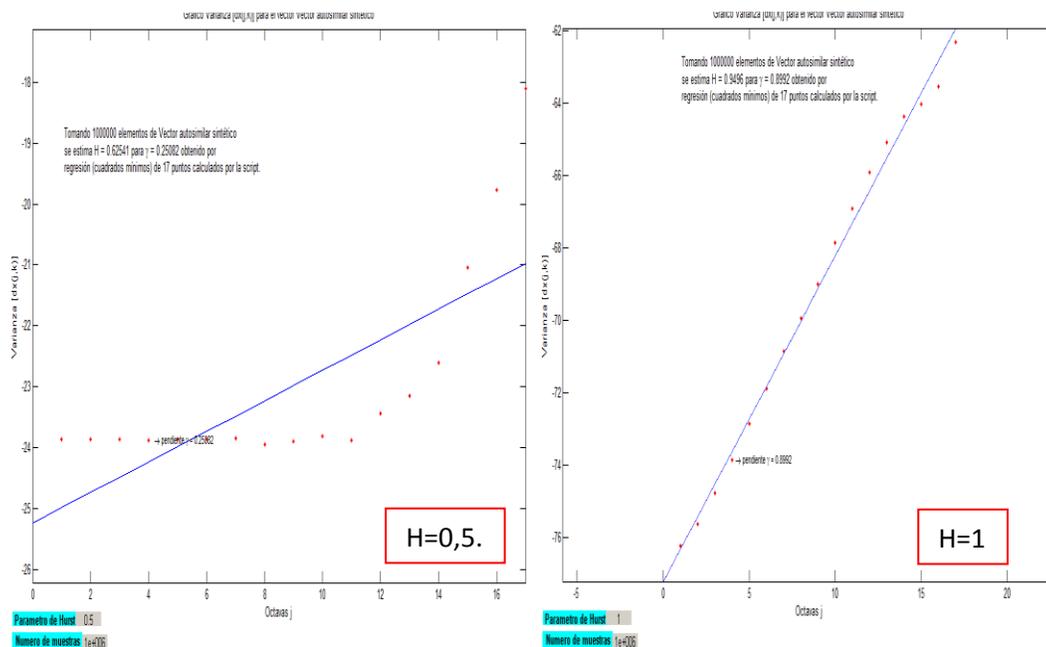
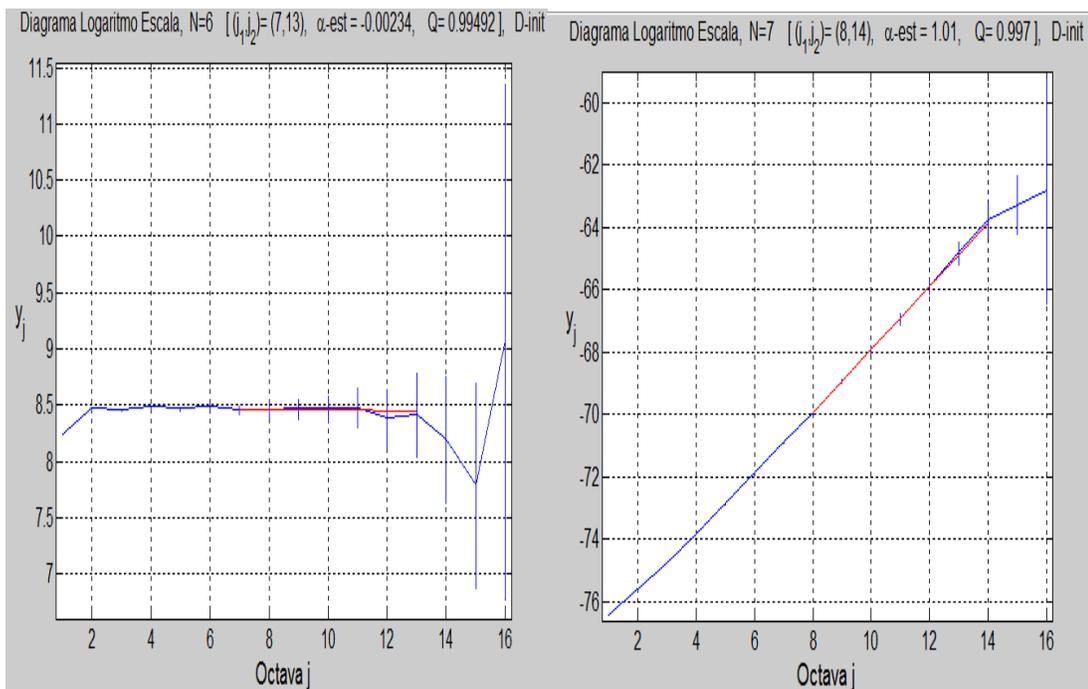


Figura nº 8: Gráfica método transformada wavelet vector autosimilar sintético H=0,5 y H=1 respectivamente.

Todas estas representaciones gráficas permiten observar las tendencias de los tráficos Poisson y autosimilar en las redes, permitiendo establecer barreras de comportamiento para posteriormente formar comparaciones con las muestras reales tomadas en los nodos del *Backbone* IP MPLS de CANTV Dto. Capital en cuanto a todas las características de los métodos de parámetro de Hurst y parámetros de representación en escalas del tiempo.

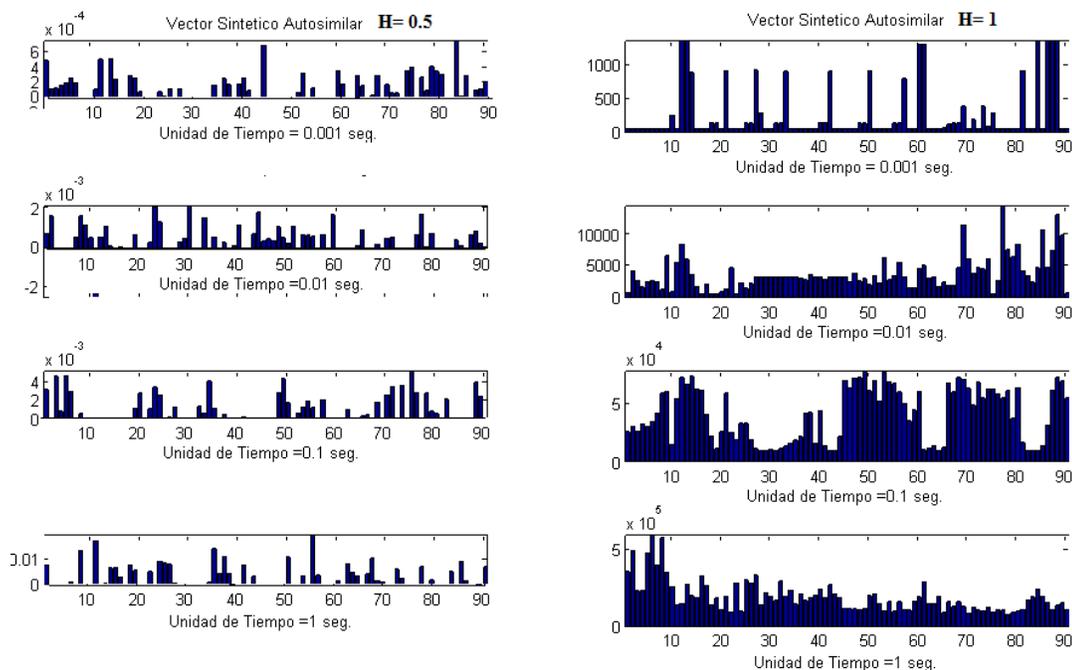
Es de importancia destacar que para el método de transformada *wavelets* la tendencia a tráfico clásico Poisson se ve claramente reflejada en el valor de sus coeficientes para el cálculo en intervalo óptimo del parámetro Hurst, en donde su curva se ve con tendencia constante, en cambio para un autosimilar la tendencia aumenta a características de pendiente positiva en donde la región en rojo indica la sección donde se calculó el parámetro de Hurst, como se puede ver en la figura N° 9.



**Figura n° 9:** Representación de los coeficientes de la transformada *wavelets* para tráfico Poisson  $H= 0,5$  y Trafico Autosimilar  $H= 1$  respectivamente.

Fuente: Elaboración Propia.

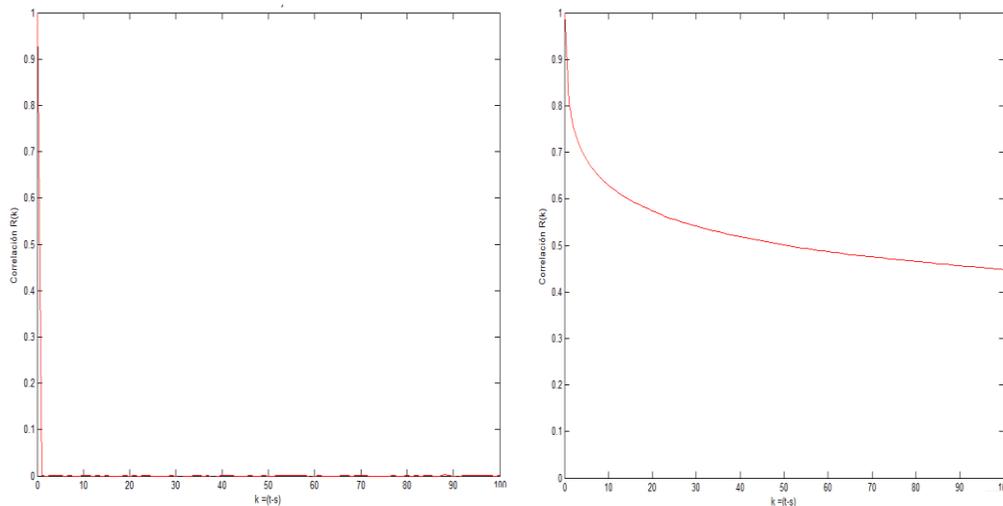
Características y factores de importancia dentro de la caracterización de tráfico, tales como la representación del mismo en diferentes escalas del tiempo y su factor de autocorrelación entre ellas, es primordial debido a que mediante ellos se observa el comportamiento del fenómeno tanto para tráfico clásico como con propiedad fractales y su permanencia temporal, principal factor de su característica caótica en redes de datos para el tráfico autosimilar, en la figura N° 10 de elaboración propia, se presenta las escalas en tiempo del tráfico poisson y autosimilar.



**Figura n° 10:** Representación de serie escalada para vector autosimilar  $H=0,5$  y  $H=1$  respectivamente.

Es por ello que se basa principalmente este estudio en la presencia de ráfagas de alto impacto a diferentes escalas temporales cosa que afecta el curso por los troncales donde se encuentran y para los cuales no fueron dimensionados, resaltando que el tráfico Poisson con el que las redes fueron diseñadas, supone considerables afluentes pero no constantes ni abruptas ráfagas de impacto.

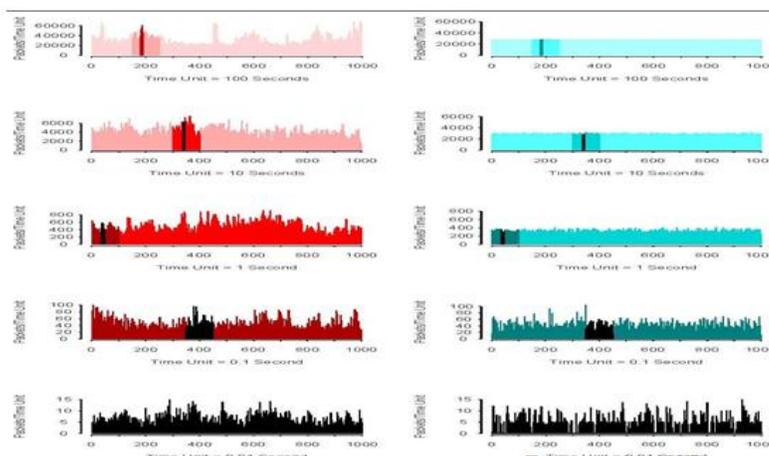
De igual forma, como punto de característica importante en el estudio de tráfico se encuentra el factor de autocorrelación, en donde se aprecia el escenario donde se encuentre la red, debido a que para el tráfico clásico por presentar teóricamente correlación cero entre las diferentes escalas del tiempo donde se visualicen, en la figura N° 11 de elaboración propia, se aprecia el comportamiento de este factor, en las muestras se aprecia una rápida caída en la curva hacia ese valor (cero); en cambio, para el tráfico con propiedad de fractales, la caída es suave, corroborando la fuerte correlación de escalas temporales a nivel de ráfagas, característico de este fenómeno en las redes de datos.



**Figura n° 11:** Representación Factor de Autocorrelación tráfico poisson y tráfico autosimilar respectivamente.

A continuación en la figura N° 12, se presenta la representación en escalas temporales de la comparación entre un vector clásico Poisson (a la derecha) y tráfico autosimilar (a la izquierda), donde se observa, que al incrementar las escalas permanecen las ráfagas como fenómeno caótico en el tráfico con propiedad de fractales y donde por el contrario se aplanan el flujo de datos en el tráfico clásico exponencial.

## Tráfico Ethernet vs. Poisson



**Figura nº 12:** Formas de los gráficos poisson y autosimilar en transmisión por paquetes.

Fuente: referencia bibliográfica [11]

La característica principal observada en Poisson es que cuando observamos en una escala pequeña de tiempo, el mismo presenta ráfagas; en cambio, al aumentar la escala, tiende a suavizarse haciendo aparecer su característica de tráfico constante, apreciándose en su espectro de potencia en frecuencia, el cual es plano.

Para el tráfico Auto-Similar sobre amplias escalas de tiempo, se mantienen las características de ráfagas, de igual modo las correlaciones son fuertes en un gran rango y el espectro de potencia en el método de frecuencia diverge.

Una vez obtenidas estas características mediante el tráfico clásico tratado se procede a capturar las muestras reales del tráfico de la red con el propósito de determinar si existe autosimilaridad, entendiendo por autosimilaridad una forma de modelar basada en fractales caracterizada por el parámetro de Hurst, valor medio y varianza para su establecimiento.

De igual modo se verifica la serie temporal la cual debe ser grande para poder medir dicho comportamiento y el factor de autocorrelación de cada una de las muestras de los nodos.

Tanto la serie escalada como el factor de autocorrelación busca demostrar que en todas las escalas de tiempo el retardo (*delay*) de encolado/probabilidad es mucho más alta que las que se predicen con modelos basados en procesos de Poisson característica básica que rige el presente Trabajo de Grado.

### **IV. 3 Experimentación con capturas de tráfico real de la red en el backbone IP MPLS de CANTV**

#### **IV.3.1.- Toma de Muestras**

Las exigencias que deben poseer las muestras a capturar en tiempo real, en los nodos del *backbone* de CANTV, es que la recolección de muestras se monitoreará con un analizador de protocolos.

##### Frecuencia:

Dos veces al día, durante dos meses, y por cada muestra se extrajo un millón de paquetes.

##### Detalles:

Una vez obtenido el millón de muestras necesarias para el estudio del tráfico, se procedió a utilizar el software Wireshark, que es un conocido analizador de protocolos que permite la manipulación de las trazas obtenidas durante la captura en tiempo real. Es importante destacar que en este analizador de protocolos sólo se utilizó su ventana de comandos llamada Tshark, la cual permitió adaptar el formato ofrecido durante la captura del tráfico, mediante el equipo Analizador de red de Datos Acterna DA-3400 (*Data Network Analyzer Acterna DA-3400*), (ver anexo B,

descripción del equipo), a un formato .txt, facilitando el manejo de las variables necesarias de los paquetes para ser analizadas con el software mencionado en Matlab.

Luego de guardado el archivo en la carpeta contenedora del analizador de protocolos *Wireshak*, se accede al Símbolo del Sistema (*Command Prompt*) de la máquina, ubicándose desde el directorio raíz a la carpeta *Wireshark* para comenzar a trabajar con la línea de comandos de *Tshark*. El archivo con las muestras posee una extensión .cap, proveniente del equipo ACTERNA por defecto, por lo que se convierte en una extensión .pcap a través del siguiente comando:

```
C:\Program Files\Wireshark> Tshark -r [Nombre de la traza] -c 1000000 -w [nombre.pcap]
```

Dónde:

-r → Lee los paquetes de datos a partir de un fichero entrada, puede ser cualquier formato de captura de archivo compatible.

-c → Establece el número máximo de paquetes a leer en la captura de datos.

-w → Escribe los datos de paquetes en un archivo de salida o en la salida estándar si el archivo es de salida. Pero este no ofrece paquetes de datos de texto, sino en bruto.

Como se desea trabajar con los tiempos de arribo (tiempo entre llegadas de paquetes) y la longitud de *bytes* de la trama, se utiliza el comando “frame.time\_delta” y “frame.len” respectivamente. El comando “frame.time\_delta” lee el archivo .pcap creado y lo filtra mediante el contenido del campo *timestamp*, que a su vez establece una diferencia con la lectura anterior, logrando así crear el valor de tiempo entre arribos para cada una de las tramas y esta se guardara en un formato ASCII. El campo “frame.len” logra obtener el tamaño o longitud de la trama en *bytes*.

La implementación de estos comandos permite la obtención inmediata de un archivo .txt con las variables mencionadas de cada uno de los paquetes, creando dos columnas, la primera indica el número de *bytes* del paquete que está ingresando y la segunda, el instante en que está llegando dicho paquete. El comando es el siguiente:

```
C:\Program Files\Wireshark>Tshark -r [nombre.pcap] -e frame.time_delta -
e frame.len -T fields > nombre.txt.
```

Dónde:

-e → Agrega un campo a la lista de campos que se mostraran si los campos -T se encuentran seleccionados.

-T → Ajusta el formato de salida cuando se observan los datos de paquetes decodificados. (en este caso en formato .txt)

Como el tiempo obtenido es una diferencia entre la llegada de los paquetes, se necesita el tiempo en el minuto absoluto de la llegada, por lo que se procedió, con la ayuda del programa Microsoft Excel, a la obtención de dichos valores; sumando el tiempo de arribo del primer paquete con el segundo. El resultado de esa operación se le sumo al tercer paquete y así sucesivamente hasta el último capturado.

Luego estos archivos son procesados mediante el software de Matlab para calcular el parámetro H (Hurst), referido al tamaño en *bytes* y tiempos de llegada mediante los siguientes métodos: Varianza/Tiempo, Rango/Escala, Transformada *Wavelet*/Logaritmo Escala. Igualmente se procede a calcular los Diagramas de tiempo escalados y diagrama normalizado del factor de correlación.

Con cada una de las muestras y sus respectivos cálculos, se obtuvieron estadísticas del parámetro H, de acuerdo a los momentos de las tomas de muestras y con esto determinar si el factor H tiene una tendencia acorde a la hora.

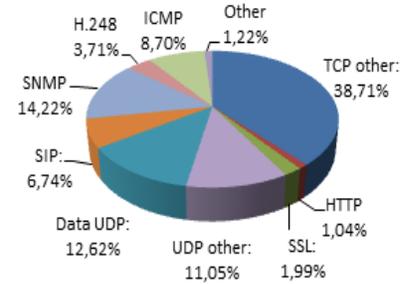
La recolección de información se realizó en línea, en los *Routers* del *Backbone IP* de CANTV. Los análisis de las muestras se realizaron con el Software en Matlab,

mencionado anteriormente, desarrollado por el MSc. Franklin Planchart en el estudio de Doctorado de la UCV titulado, “Sistema de Información Académico y Científico para el análisis y la simulación de Tráfico caótico en Redes de Paquetes”, junto con herramientas estadísticas que permitan el análisis promedio entre los distintos períodos de tiempo de captura de muestras y sus resultados.

Seguidamente en las figuras N° 13, 14 y 15 (todas de elaboración Propia) se observan los diagramas obtenidos a partir de las muestras capturadas en cada uno de los nodos seleccionados del anillo Dcto. Capital de Backbone IP MPLS, seccionadas por porcentajes en cuanto a la variedad de tráfico circulante en los nodos, tanto, tráfico HTTP, SNMP, entre otros, es por ello que la caracterización se lleva a cabo sin filtro de capa de modelo OSI debido a que se evalúa comportamiento en general de la topología seleccionada y sus nodos más confluídos como lo son CNT, Boleíta y Chacao, todo esto en cuanto al manejo de flujo total de tráfico actual como consecuencia de la integración de servicios de telecomunicaciones en la empresa.

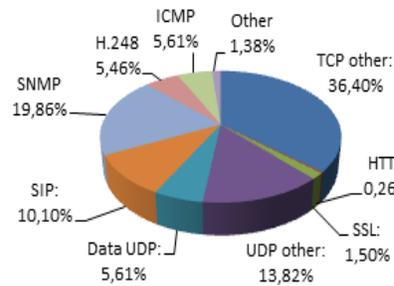
Wireshark Protocol Hierarchy Statistics		
Protocol	Bytes	Mbit/s
Frame	355341708	1,990
Ethernet	355337290	1,990
Internet Protocol Version 4	354990380	1,988
Transmission Control Protocol	206318358	1,156
User Datagram Protocol	136866866	0,767
Stream Control Transmission Protocol	56132	0,000
Open Shortest Path First	1424112	0,008
Internet Control Message Protocol	6363540	0,036
Data	3917138	0,022
Enhanced Interior Gateway Routing Protocol	24024	0,000

Porcentaje de la cantidad protocolos en las muestras tomadas el 9 de Agosto de 2012 a las 10:40am



Wireshark Protocol Hierarchy Statistics		
Protocol	Bytes	Mbit/s
Frame	170230558	0,629
Ethernet	170223790	0,628
Internet Protocol Version 4	169680160	0,626
Transmission Control Protocol	75812329	0,280
User Datagram Protocol	88230893	0,326
Internet Control Message Protocol	4055170	0,015
Open Shortest Path First	1347908	0,005
Stream Control Transmission Protocol	85162	0,000
Enhanced Interior Gateway Routing Protocol	36582	0,000
Data	107250	0,000

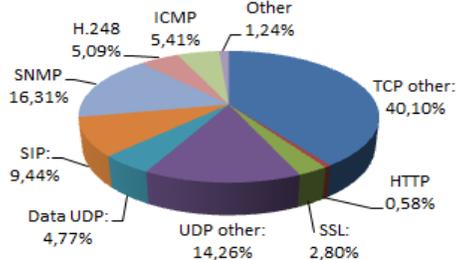
Porcentaje de la cantidad protocolos en las muestras tomadas el 9 de Agosto de 2012 a las 02:05pm



**Figura n° 13:** Representación Gráfica de distribuciones de tráfico presentes en Nodo CNT, turnos mañana y tarde.

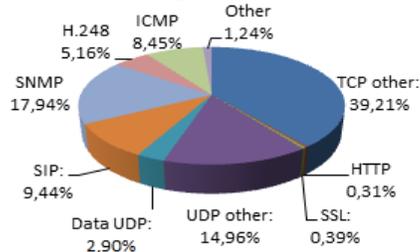
Wireshark: Protocol Hierarchy Statistics		
Protocol	Bytes	Mbit/s
Frame	248587017	1,000
Ethernet	248580719	1,000
Internet Protocol Version 4	248105637	0,998
Transmission Control Protocol	160612825	0,646
User Datagram Protocol	82231177	0,331
Internet Control Message Protocol	3858293	0,016
Open Shortest Path First	1280370	0,005
Enhanced Interior Gateway Routing Protocol	33384	0,000
Stream Control Transmission Protocol	79354	0,000

Porcentaje de la cantidad protocolos en las muestras tomadas el 14 de Agosto de 2012 a las 10:15am



Wireshark: Protocol Hierarchy Statistics		
Protocol	Bytes	Mbit/s
Frame	281586549	1,127
Ethernet	281580251	1,127
Internet Protocol Version 4	281101252	1,125
Transmission Control Protocol	195676499	0,783
Internet Control Message Protocol	6216302	0,025
User Datagram Protocol	77804497	0,311
Open Shortest Path First	1285348	0,005
Enhanced Interior Gateway Routing Protocol	33774	0,000
Stream Control Transmission Protocol	80446	0,000

Porcentaje de la cantidad protocolos en las muestras tomadas el 14 de Agosto de 2012 a las 03:10pm

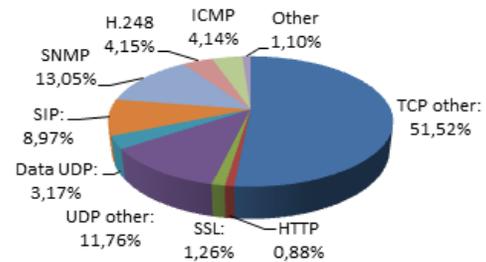


**Figura n° 14:** Representación Gráfica de distribuciones de tráfico presentes en Nodo Chacao, turnos mañana y tarde.

Protocol	Bytes	Mbit/s
Frame	251609783	1,240
Ethernet	251604707	1,240
Internet Protocol Version 4	251190913	1,238
Transmission Control Protocol	180726252	0,891
User Datagram Protocol	66030471	0,325
Internet Control Message Protocol	3203616	0,016
Enhanced Interior Gateway Routing Protocol	27456	0,000
Open Shortest Path First	951336	0,005
Stream Control Transmission Protocol	64948	0,000

Protocol	Bytes	Mbit/s
Frame	215237179	0,707
Ethernet	214667364	0,705
Internet Protocol Version 4	214667364	0,705
Stream Control Transmission Protocol	97692	0,000
User Datagram Protocol	107823067	0,354
Transmission Control Protocol	94819773	0,311
Internet Control Message Protocol	7762522	0,025
Open Shortest Path First	1576114	0,005
Enhanced Interior Gateway Routing Protocol	41184	0,000

Porcentaje de la cantidad protocolos en las muestras tomadas el 15 de Agosto de 2012 a las 09:30am



Porcentaje de la cantidad protocolos en las muestras tomadas el 15 de Agosto de 2012 a las 03:05pm

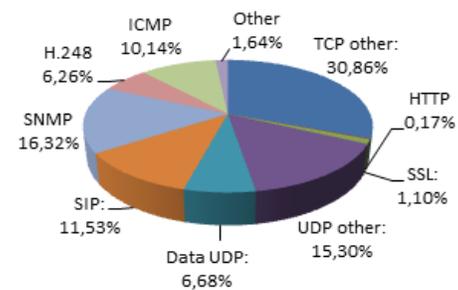
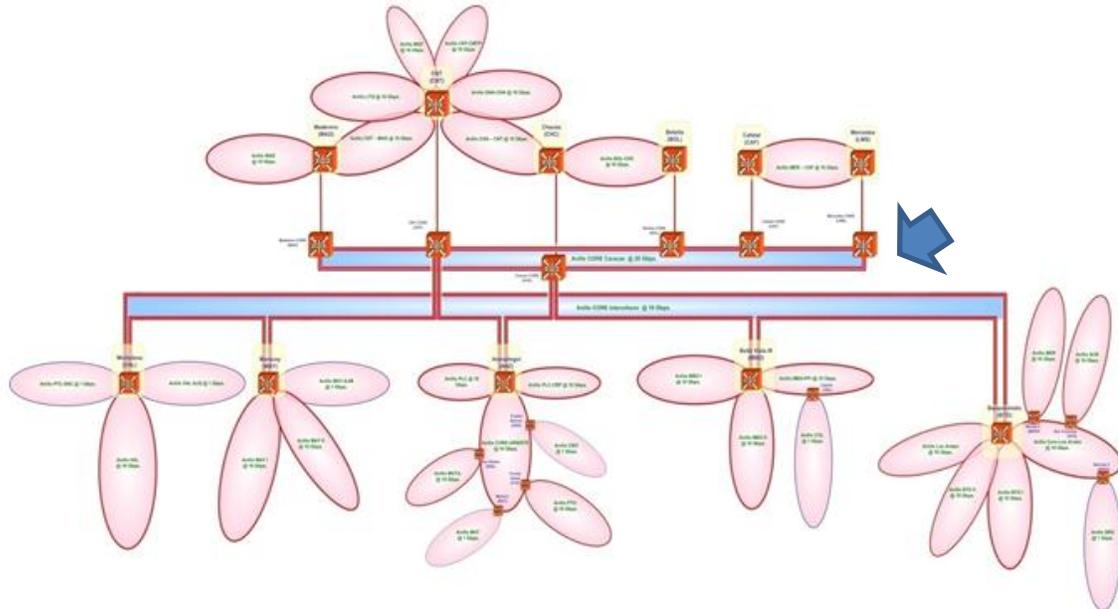


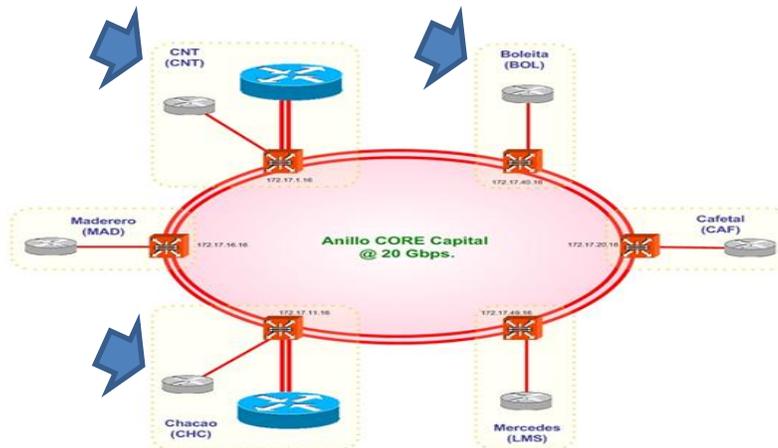
Figura n° 15: Representación Gráfica de distribuciones de tráfico presentes en Nodo Boleíta, turnos mañana y tarde.

#### IV. 4 Análisis en tiempo no real de capturas del tráfico entrante de CANTV.

Dentro del marco que encierra el desarrollo de esta etapa se encuentra la delimitación de los nodos en los cuales se tomaron las muestras de la red para posteriormente caracterizar el tráfico circulante en la misma, en la figura N° 16 y 17 (de Elaboración Propia) se representa la topología completa de la red Metro Ethernet de CANTV, y la representación de anillo de la Región Gran Caracas en donde fueron realizadas las mediciones y análisis de los nodos Boleíta, Chacao y CNT.



**Figura n° 16:** Topología General de Anillos Metro Ethernet integrantes del Backbone IP MPLS CANTV (se señala en anillo medido Dto. Capital).



**Figura n° 17:** Topología de medición Anillo Dto. Capital CANTV (se señalan los nodos medidos dentro del anillo).

En algunos puntos de los *switches* metro se conecta al *router* del *backbone* IP, y todo ese tráfico una vez que entra al *backbone* IP confluye hacia los *router* que se encuentran en sitios principales (CNT, Chacao, Boleíta, Rosal, entre otros). De igual modo es de importancia mencionar que en estos puntos se encuentra la realización del mapeado en MPLS, mediante el campo de la cabecera exp (clase de servicio), que es donde se realiza el mapeado final en MPLS. La IP, de igual modo, coloca esa

cabecera en el nivel 3. En realidad se tienen dos cabeceras una por la metro-Ethernet y otra por el Backbone IP; en caso de telefonía se relaciona con el *Soft switch*, pero en datos sería internet, por lo que al escoger esta topología para la realización de las mediciones se obtiene una mayor concentración de tráfico favorable para la concreta caracterización, en función de amplias cantidades de flujo de datos.

Todos los tráficos confluyen a esos grandes sistemas nodales, e inclusive los *switches* Metro que se conectan también en esos puntos, es por ello que se seleccionó los nodos CNT, Boleíta y Chacao para realizar las mediciones como nodos de gran concentración de tráfico dentro de la red Backbone de CANTV.

El estudio se basó en el análisis de tráfico en función del parámetro Hurst que lo definía, dado que este parámetro al no estar especificado para análisis en ninguna capa, puede ser implementado en todos los niveles, ayudando a medir así el tráfico caótico en cada uno de ellos. Al analizar tráfico en cualquier nivel capa2 o capa3, el análisis en los *routers* desarrollado involucra todos los paquetes circulantes en el momento de la muestra por el nodo sin establecer aislamiento por capas, tomando en cuenta así todos los paquetes que están llegando al *buffer* y observando su comportamiento.

Analizando esos punto se determinó que en la red se encuentra un tráfico fractal, cumpliendo el parámetro Hurst con el intervalo establecido para dicho tráfico ( $H > 0.7$ ), corroborando que no se cumple con la superposición de flujos entrantes para el dimensionamiento de troncales en la red y por ende, se está en presencia de un cálculo erróneo en los mismos, afectando la integración de servicios.

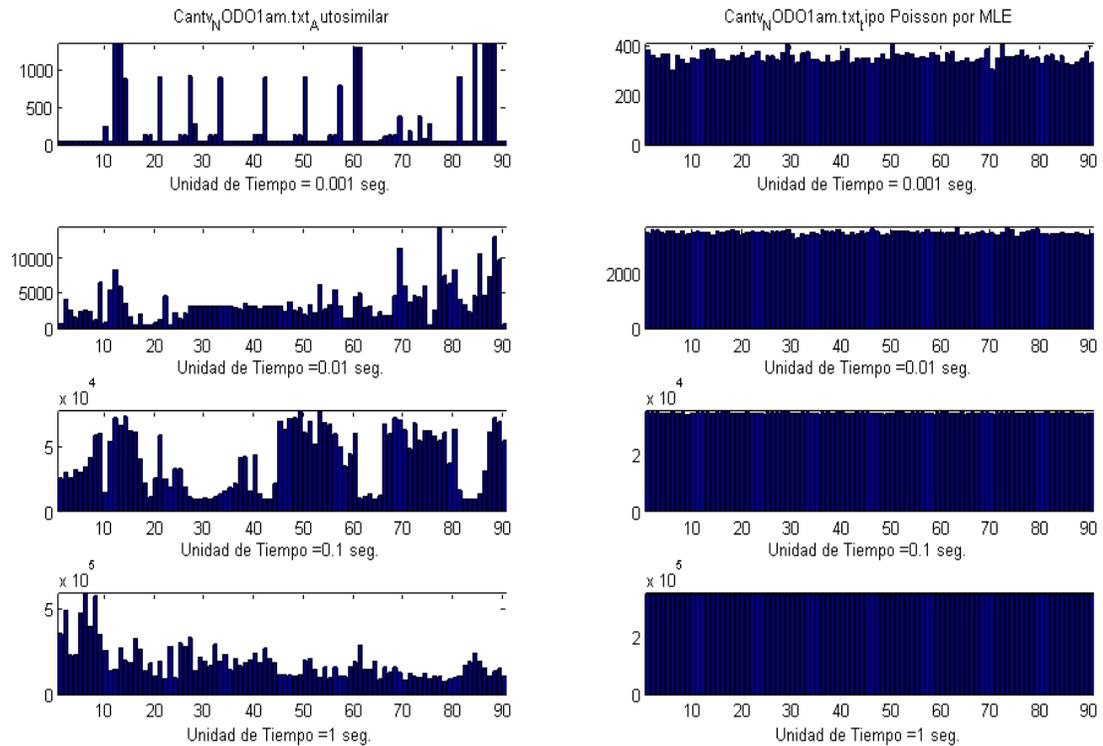
Luego del tratamiento de las muestras, posterior al procedimiento mencionado en la toma de las mismas, se obtuvieron las gráficas siguientes como resultado del parámetro de Hurst mediante los distintos métodos presentes del software NILO, pudiendo llegar al valor en tendencia de ese parámetro en cada uno de los nodos separados por tráfico cursante en el turno de la mañana y en el turno de la tarde.

#### IV.4.1.- Resultados turno de la Mañana en Nodo CNT

##### IV4.1.1.- Resultados para la variable tamaño en *bytes* de paquetes

- **Serie escalada:**

El estudio de los fenómenos de tráfico en diferentes escalas del tiempo ayuda a la visualización de la permanencia de estos independientemente de las condiciones en que se encuentre, característica básica de caos en las redes de datos. En este caso, este fenómeno de caos se ve representado en las redes por la presencia constante de ráfagas de información, cosa que en el tráfico clásico se predecían como eventos ocasionales sin permanencia significativa. Es por ello que en la actualidad se debe tomar en cuenta la presencia de las ráfagas al momento en que se dimensionan las memorias y por eso el parámetro Hurst es de importancia, pues el mismo establece cuan caótico es el tráfico circulante en la red; en la figura N° 18 (de elaboración propia) es imprescindible observar que las ráfagas se mantienen en todas las escalas, característica primordial de tráfico autosimilar, siendo estas innumerables dentro de la representación de este tráfico, siendo esto una gran diferencia con el tráfico poisson representado a la derecha de la figura. Cabe destacar que los usuarios y las compañías de telecomunicaciones se basan en las ráfagas contratadas, cosa que no involucra las micro-ráfagas que se encuentran dentro de ellas en diferentes escalas más pequeñas y que en cierta medida afectan los *buffers* con su presencia continua en la red, los troncales y servidores.



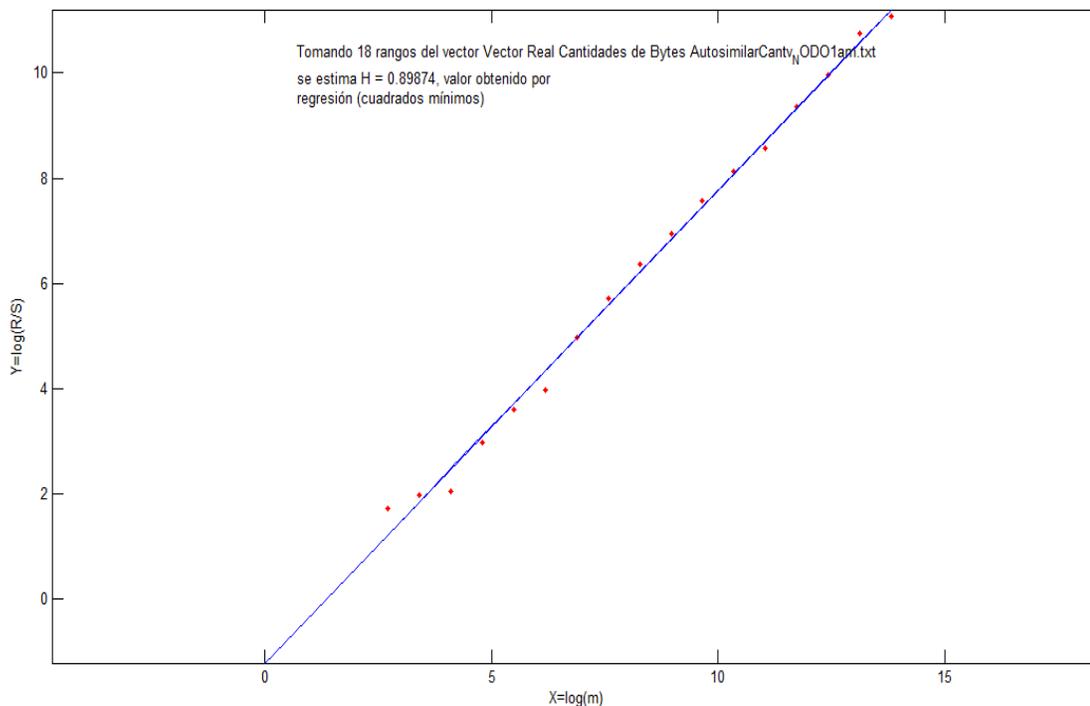
**Figura n° 18:** Serie escalada resultante del nodo CNT, turno de la mañana en función de tamaño en *bytes* de paquetes, comparada con trafico poisson.

La visualización del parámetro Hurst de manera gráfica se caracteriza por la forma de una recta, en donde se relaciona con la pendiente tanto directa como indirectamente. La raíz de las fórmulas de los métodos facilitados por el software para el cálculo del parámetro de Hurst, se obtiene mediante la aplicación de logaritmos para romper la estructura del exponente donde generalmente se encuentra el parámetro H, relacionado con los parámetros característicos de cada método.

- **Cálculo parámetro de Hurst, método Rango Escalado:**

Para este método se observa directamente el valor del parámetro de Hurst relacionado con la pendiente de la recta, este método toma en cuenta la cantidad de paquetes presentes en la muestra conjuntamente con el rango del paquete escogido respecto a un factor entre su desviación estándar, realizando las iteraciones de

acuerdo al número de paquetes presentes, para el nodo CNT turno de la mañana se observa el análisis mediante este método en la figura N° 19 de elaboración propia.



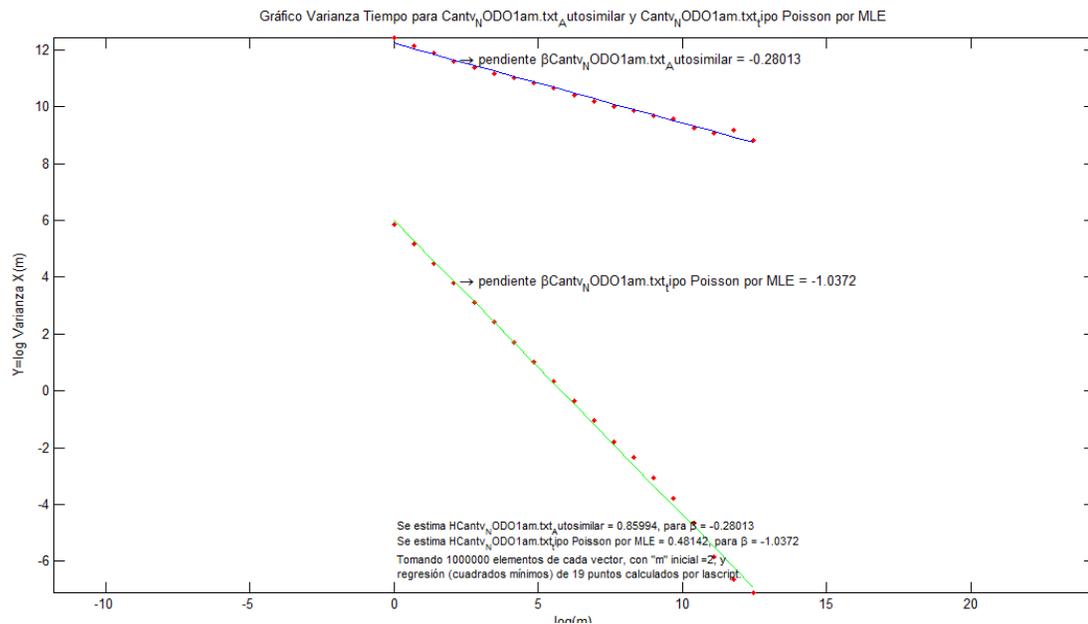
**Figura n° 19:** Gráfica nodo CNT turno de la mañana método rango escalado respecto a tamaño en *bytes* de los paquetes.

Siempre y cuando la pendiente sea más positiva en sentido hacia la derecha acercándose a la unidad se considera un proceso más autosimilar.

- **Cálculo parámetro de hurst método Varianza-Tiempo:**

El presente método emplea la varianza y la desviación estándar en cada una de las iteraciones de las escalas temporales en que se desee el cálculo, tomando la variación existente en cada uno de los planos que delimiten la escala establecida. Con respecto a la varianza en función de la desviación del producto de cada una de las escalas, es de importancia mencionar que la pendiente de este método es Beta, la cual está relacionada con H mediante la ecuación  $H = 1 - \frac{\beta}{2}$ , permitiendo así la obtención del valor del parámetro directamente. Por la forma de la relación, en este caso la inclinación será contraria al parámetro rango-escalado, en donde cuanto más

inclinado a la izquierda se encuentre, delimitara un proceso más autosimilar dentro de la red en estudio, para el nodo CNT turno de la mañana se observa el análisis mediante este método en la figura N° 20 de elaboración propia.



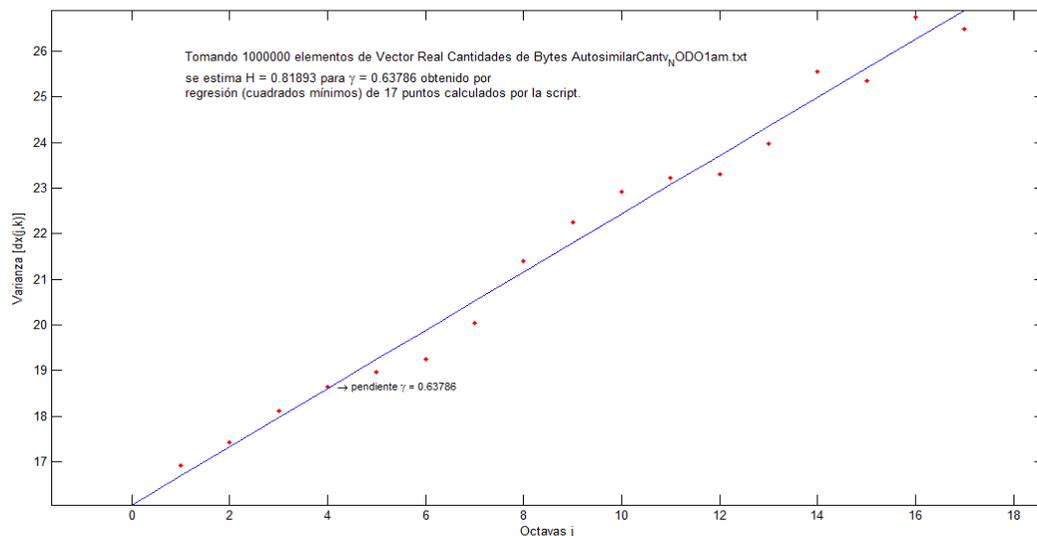
**Figura n° 20:** Gráfica nodo CNT turno de la mañana método varianza tiempo respecto a tamaño en *bytes* de los paquetes comparada con la representación poisson.

- **Cálculo parámetro de hurst método transformada *wavelet*:**

Este método plantea la forma de hallar el parámetro de Hurst en el plano de la frecuencia. Involucra el desplazamiento de una onda encargada de hacer el barrido a la onda de la señal de muestras. Básicamente orientado a establecer filtros en la onda inicial separando por intervalos el cálculo del parámetro de H, encontrando así el más óptimo adaptado a la red en estudio. El *wavelet* integra los cruces por cero, que a su vez es considerado el método más exacto debido a que este va calculando por zonas el parámetro H y lo calcula en las zonas donde exista mayor rango y mayor concentración de potencia, sin tomar en cuenta la mejor calidad debido a que este factor se podría encontrar en un rango infinitesimal. Luego de realizado el barrido se obtienen los coeficientes *wavelets*; esos coeficientes son los números para poder llegar a la ecuación de una recta, siendo esto el promedio de los coeficientes *wavelets*,

y se van calculando a partir de la ecuación donde se toma en cuenta la compresión de la onda y los cruces por cero al igual que la varianza de los coeficientes *wavelets*. De la misma forma es aplicada la función logaritmo para obtener el parámetro H directamente de la ecuación de la recta obtenida.

La interpretación de la curva lo que nos indica es que la señal puede tener varios parámetros H, pero se toma el mejor. El rango se debe a la concentración de la potencia debido a que la curva se encuentra arrojando diferentes componentes espectrales, en donde al final se arroja el valor óptimo de parámetro H acorde a la red. En este caso se plantea la orientación de la recta hacia una pendiente positiva más próxima a uno, para la presencia de tráfico autosimilar, para el nodo CNT turno de la mañana se observa el análisis mediante este método en la figura N° 21 de elaboración propia.



**Figura n° 21:** Gráfica nodo CNT turno de la mañana método transformada *wavelet*, tamaño en *bytes* de paquetes.

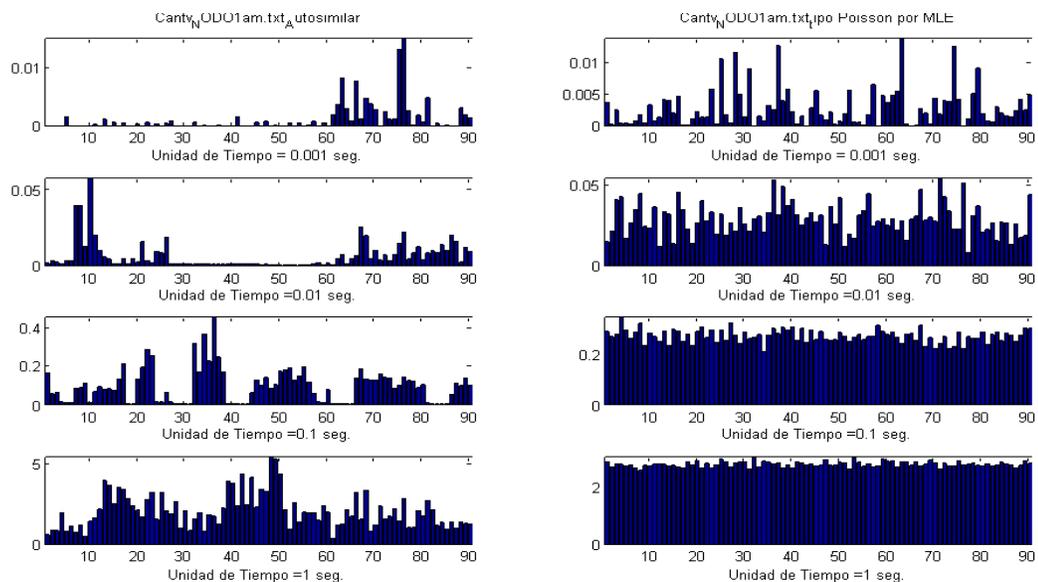
Cada uno de estos métodos es llevado a cabo mediante un código de Matlab, automatizado en el software NILO, realizando los cálculos y generando cada una de estas gráficas mostradas. Todas estas representaciones involucran interacciones tomando en cuenta la cantidad de paquetes que contenga la muestra en estudios donde cada punto de las rectas es un cálculo y luego se realiza la aproximación como

función de Matlab. Importante mencionar que los parámetros se mantienen próximos para todos los métodos, siendo unos en el dominio del tiempo y otro en el dominio de la frecuencia, donde en este último se observa mayor precisión en el valor obtenido; su proximidad facilita establecer una tendencia de este valor para la precisa caracterización de tráfico autosimilar que se observa cómo es el caso de este Trabajo Especial de Grado.

#### IV.4.1.2.- Resultados para la variable tiempo entre llegadas de los paquetes.

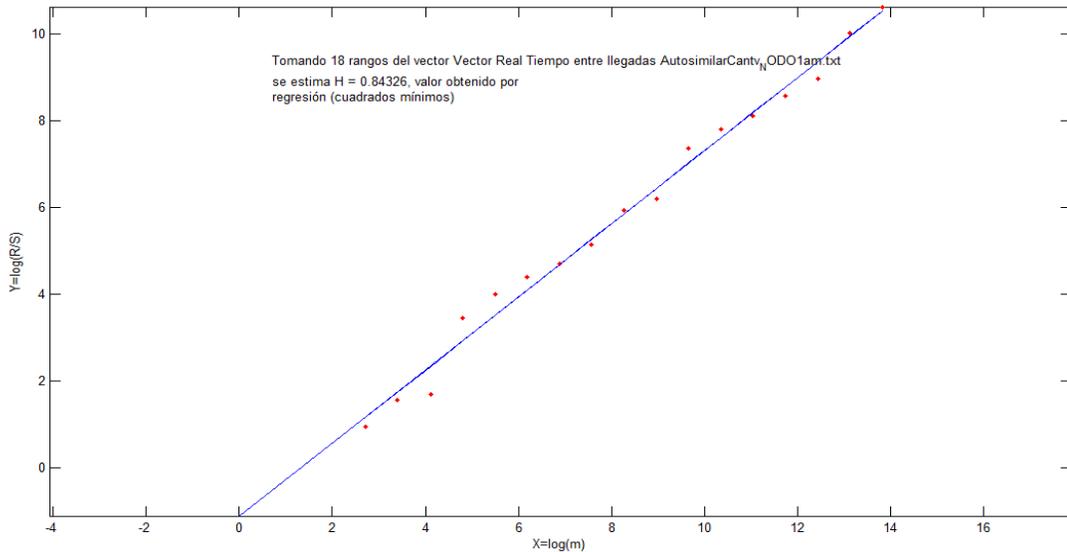
El proceso seguido para las muestras del nodo CNT con respecto a cantidad de *bytes* fue seguido igualmente para la variable tiempo entre llegadas, obteniendo en ambas circunstancias presencia de tráfico autosimilar con  $H > 0,7$ . Intervalo relacionado con la tendencia en tráfico de fuerte autosimilaridad y presencia de fractales no acordes al dimensionamiento actual de la red en estudio, por lo que a continuación se muestran las Figuras N° 22, 23, 24 y 25 (todas de elaboración propia) referentes a la variable tiempo entre llegada de paquetes en cada uno de los métodos y factores de estudio.

##### - Serie escalada:



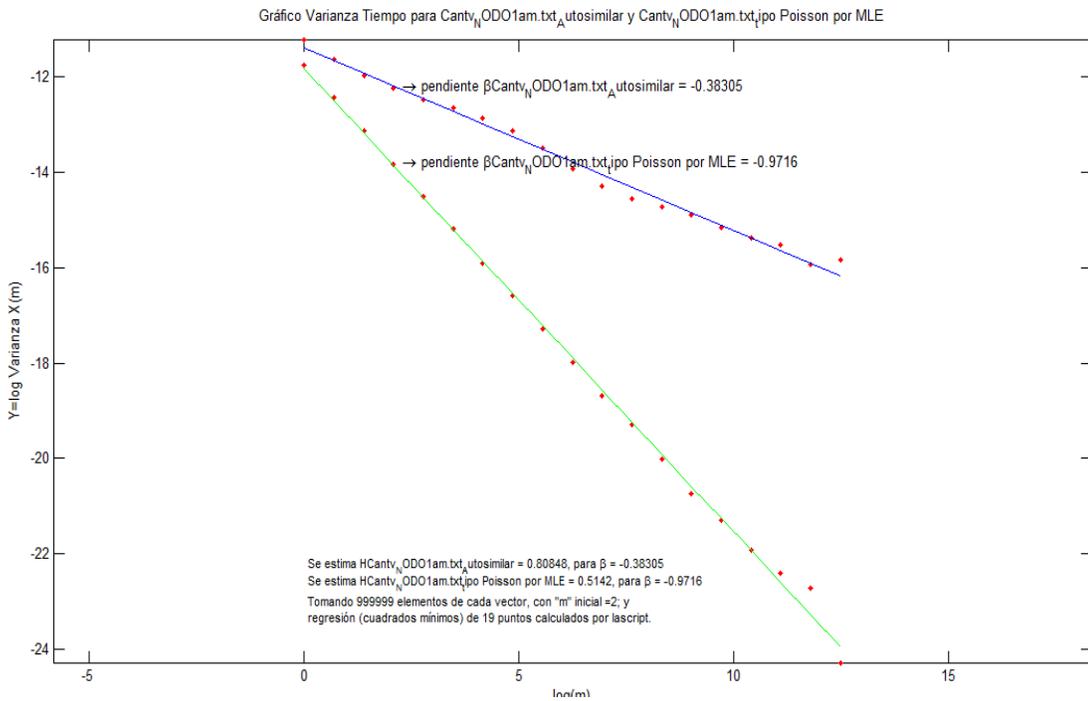
**Figura n° 22:** Serie escalada resultante del nodo CNT, turno de la mañana en función de tiempo entre llegada de paquetes, comparada con el tráfico poisson.

- **Cálculo parámetro de hurst método Rango Escalado:**



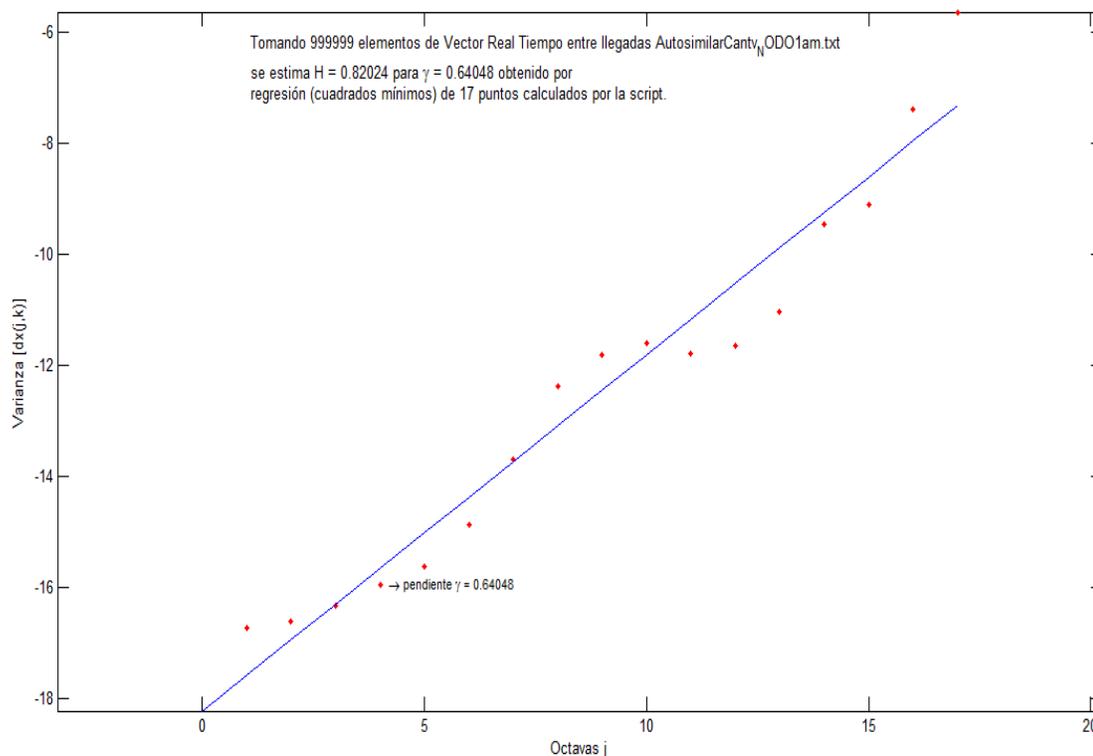
**Figura nº 23:** Gráfica nodo CNT turno de la mañana método rango escalado respecto a tiempo entre llegada de los paquetes.

- **Cálculo parámetro de hurst método Varianza-Tiempo:**



**Figura nº 24:** Gráfica nodo CNT turno de la mañana método varianza tiempo respecto a tiempo entre llegada de los paquetes comparada con el tráfico poisson.

- Cálculo parámetro de hurst método transformada *wavelet*:



**Figura n° 25:** Gráfica nodo CNT turno de la mañana método transformada *wavelet*, tiempo entre llegada de paquetes.

Al observar las características de las gráficas arrojadas para las dos variables en el Nodo CNT para el turno de la mañana, se establece que se encuentra en un régimen autosimilar, autosimilar estocástico en sentido amplio, con larga dependencia y correlación entre las diferentes escalas del tiempo donde es representada, visualizada en la serie escalada, estableciendo así la presencia de tráfico autosimilar y fractales en sus nodos.

De igual forma se observa mediante el análisis de los resultados obtenidos que el tamaño de los paquetes presenta mayor índice caótico que los tiempos de llegada a la red, basados en que la tendencia caótica de la variable cantidad de *bytes* se encuentra en  $H = 0,859203$ , en cambio el tiempo entre llegada  $H = 0,823993$ , teniendo mayor incidencia de esta manera en los *buffer* de almacenamiento y su

permanencia en los mismo por el impacto de tamaños en las variables dentro de las redes sin tratamiento predictivo alguno.

De igual forma se obtuvo un escenario similar en el nodo CNT turno de la tarde en el que se encuentra presente un tráfico autosimilar de índice elevado con tendencia  $H = 0,755939$  en la variable tiempo entre llegada de paquetes y  $H = 0,85903$  en la variable cantidad de *bytes*, corroborando el escenario de tráfico caótico con larga dependencia entre sucesos. A continuación se muestran las gráficas obtenidas para este nodo en el turno de la tarde en función de las dos variables estudiadas por el software (cantidad de *bytes* de paquetes y tiempo entre llegada de los mismos) que corroboran esta tendencia.

#### IV.4.2.- Resultados turno de la tarde en Nodo CNT

##### IV.4.2.1.- Resultados para la variable tamaño en *bytes* de paquetes

En esta sección se presentan en la figuras N° 26, 27, 28 y 29 (todas de elaboración propia) las gráficas resultantes del análisis del tráfico en cantidad de bytes en los tres métodos de estudio para el turno de la tarde en el nodo CNT.

##### - Serie escalada:

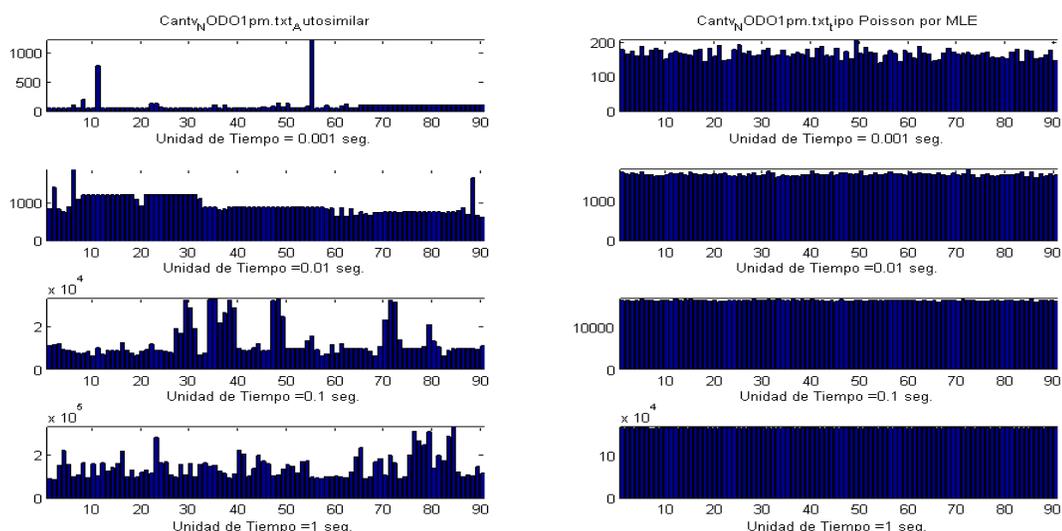
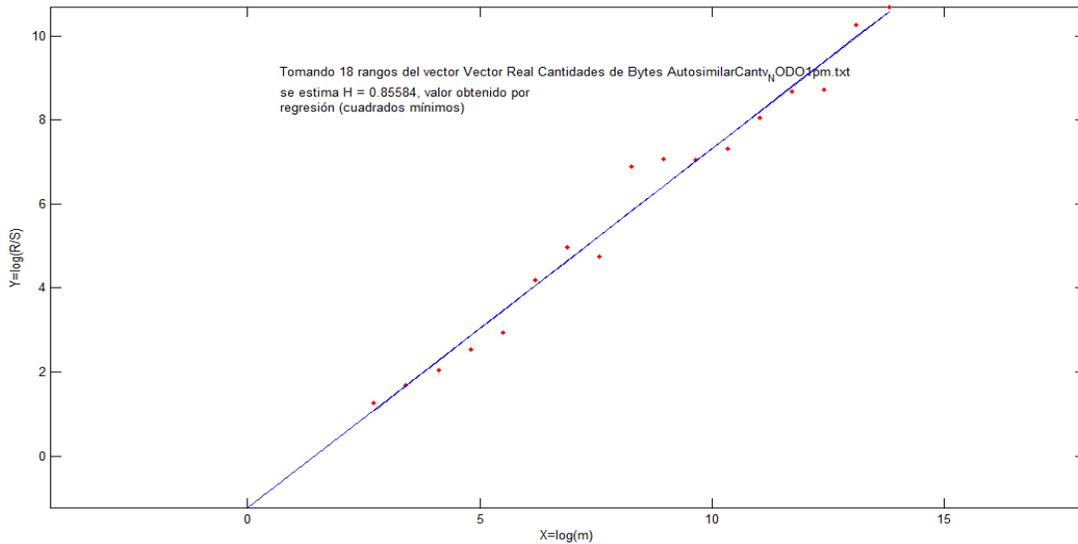


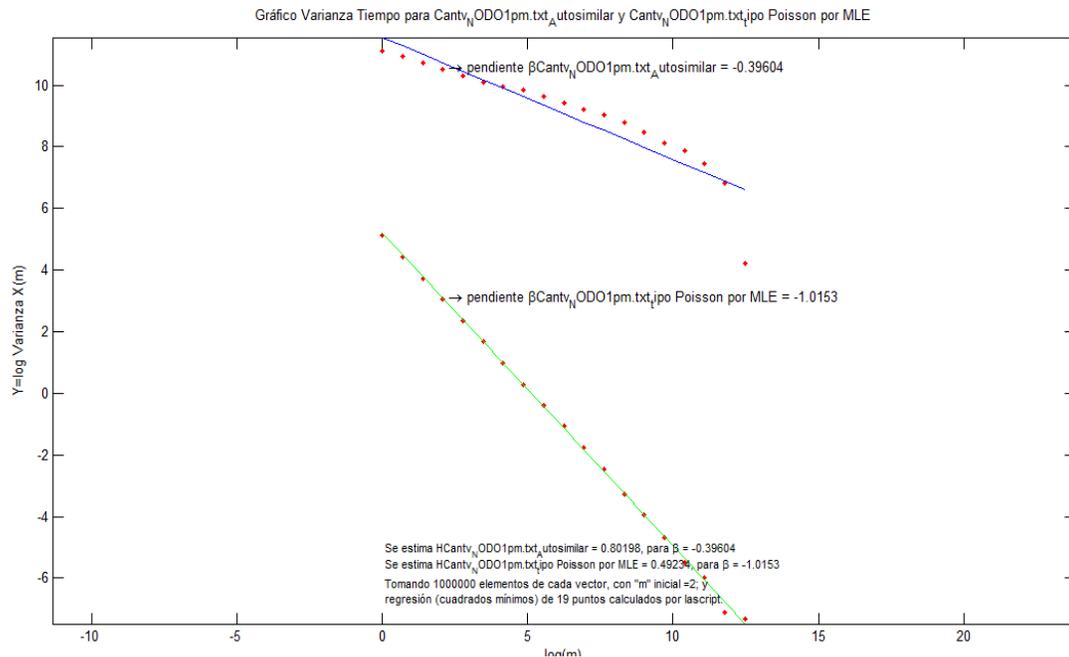
Figura n° 26: Serie escalada resultante nodo CNT turno de la tarde en función de tamaño en *bytes* de paquetes.

- **Cálculo parámetro de hurst método Rango Escalado:**



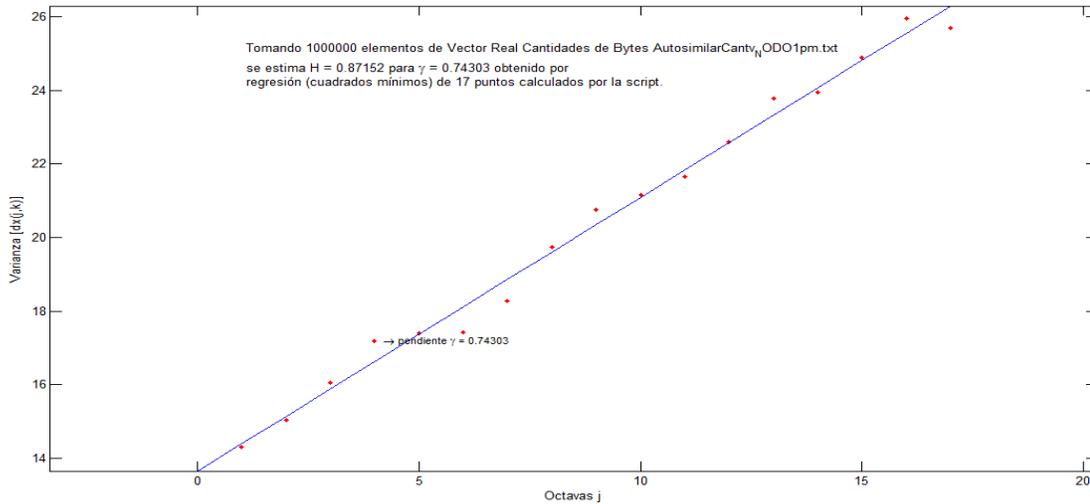
**Figura n° 27:** Gráfica nodo CNT turno de la tarde método rango escalado respecto a tamaño en *bytes* de los paquetes.

- **Cálculo parámetro de hurst método Varianza-Tiempo:**



**Figura n° 28:** Gráfica nodo CNT turno de la tarde método varianza tiempo respecto a tamaño en *bytes* de los paquetes.

- **Cálculo parámetro de hurst método transformada *wavelet*:**

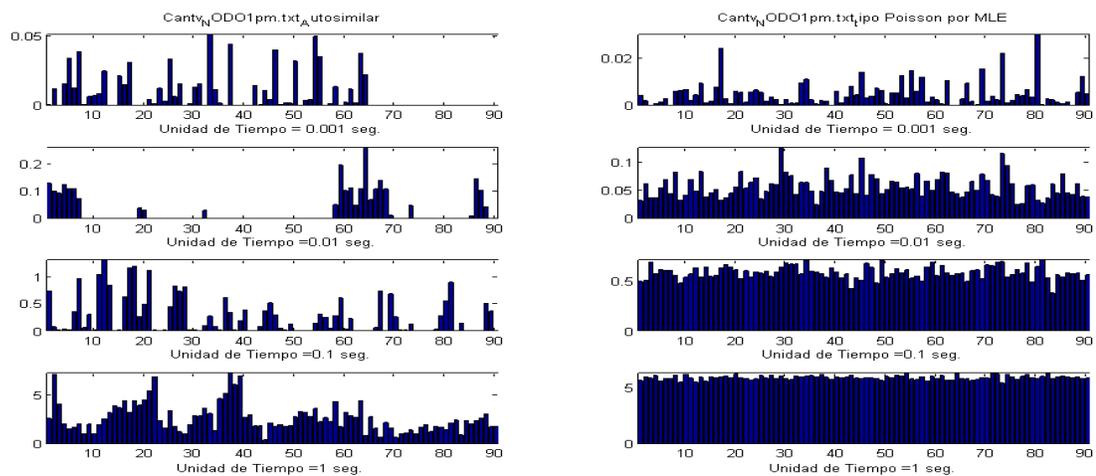


**Figura n° 29:** Gráfica nodo CNT turno de la tarde método transformada *wavelet*, tamaño en *bytes* de paquetes.

**IV.4.2.2.- Resultados para la variable tiempo entre llegadas de los paquetes**

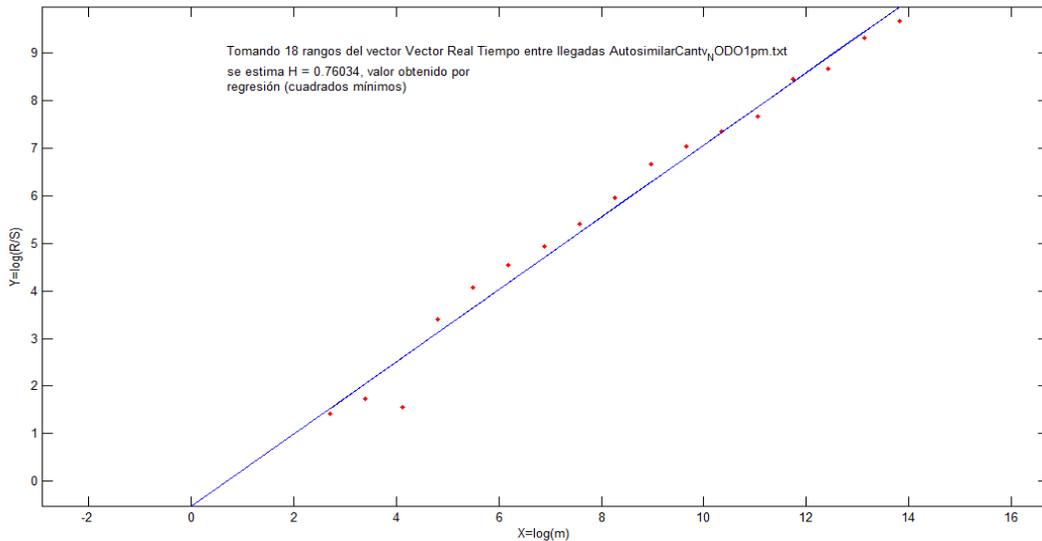
A continuación se presentan en la figuras N° 30, 31, 32 y 33 (todas de elaboración propia) las gráficas resultantes del análisis del tráfico en tiempo de llegada, en los tres métodos de estudio en el turno de la tarde, nodo CNT.

- **Serie escalada:**



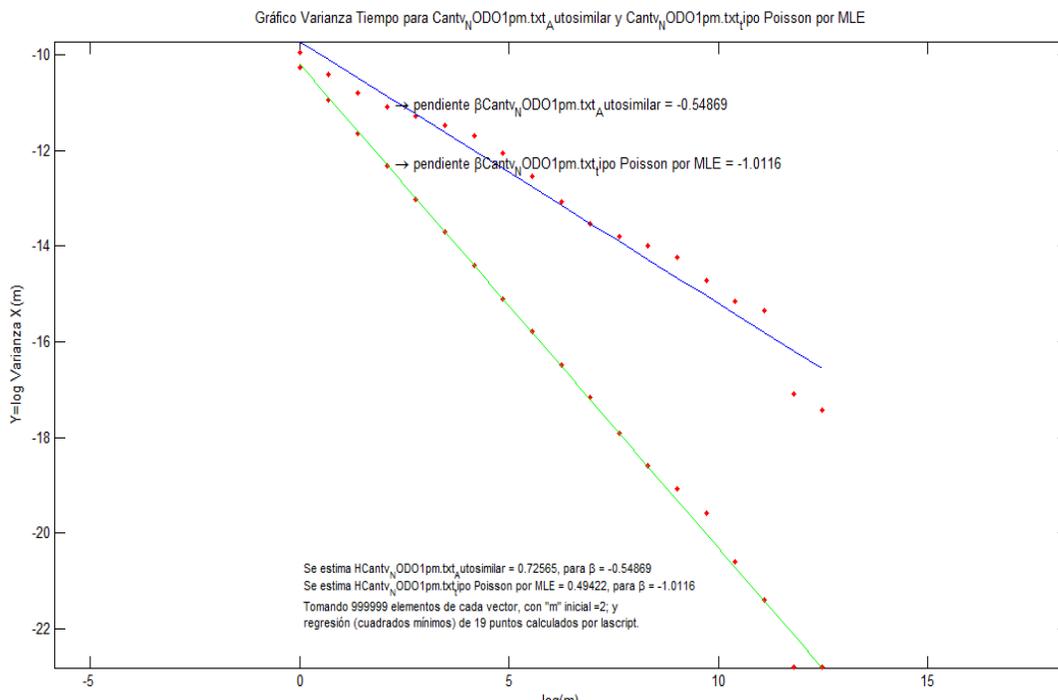
**Figura n° 30:** Serie escalada resultante del nodo CNT, turno de la tarde en función de tiempo entre llegada de paquetes.

- **Cálculo parámetro de hurst método Rango Escalado:**



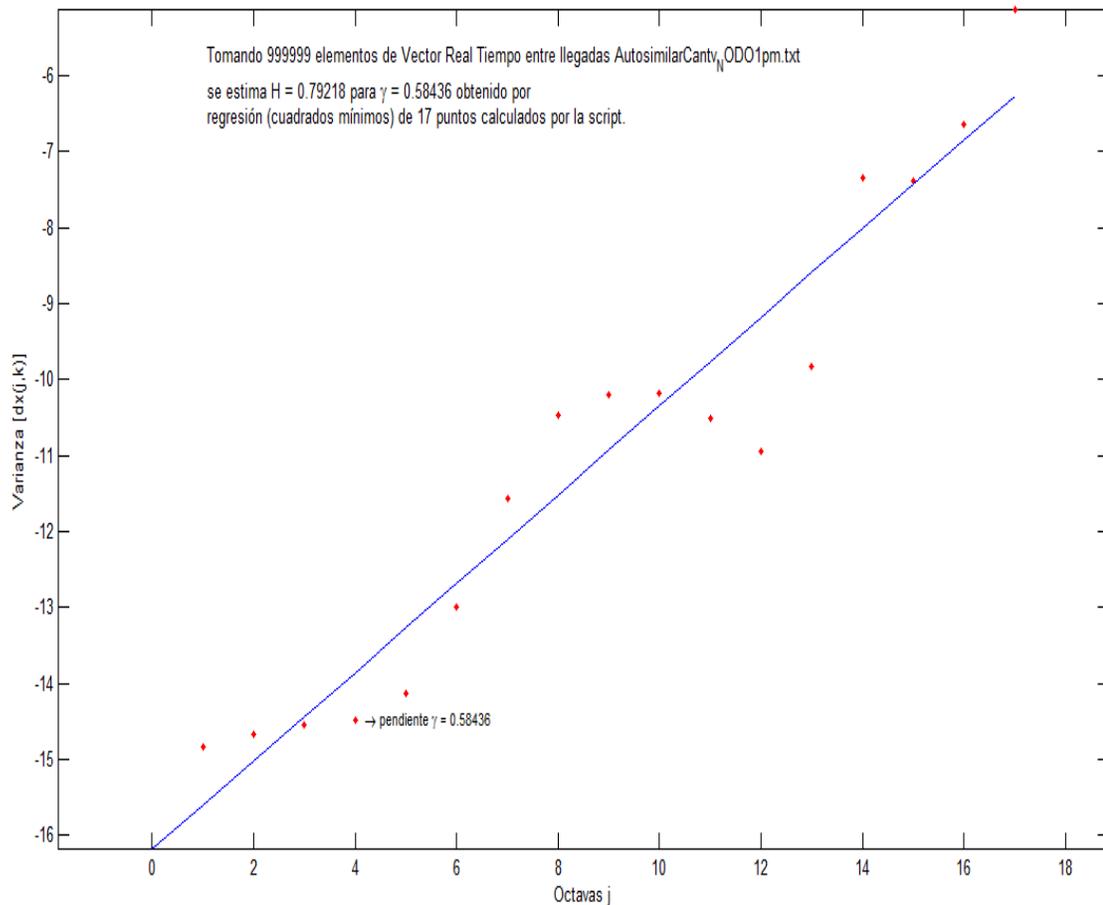
**Figura n° 31:** Gráfica nodo CNT turno de la tarde método rango escalado respecto a tiempo entre llegada de los paquetes.

- **Cálculo parámetro de hurst método Varianza-Tiempo:**



**Figura n° 32:** Gráfica nodo CNT turno de la tarde método varianza tiempo respecto a tiempo entre llegada de los paquetes.

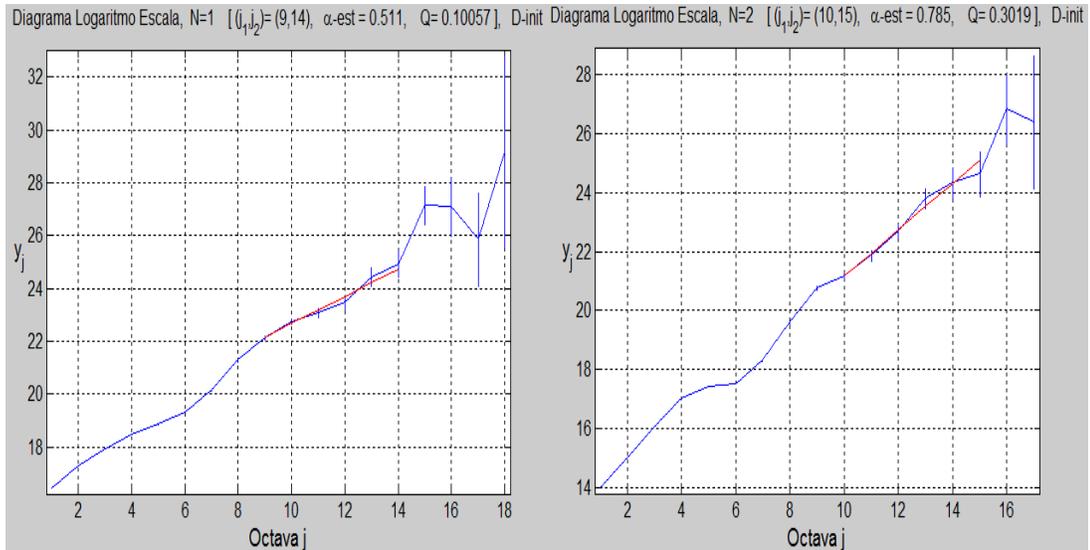
- Cálculo parámetro de hurst método transformada *wavelet*:



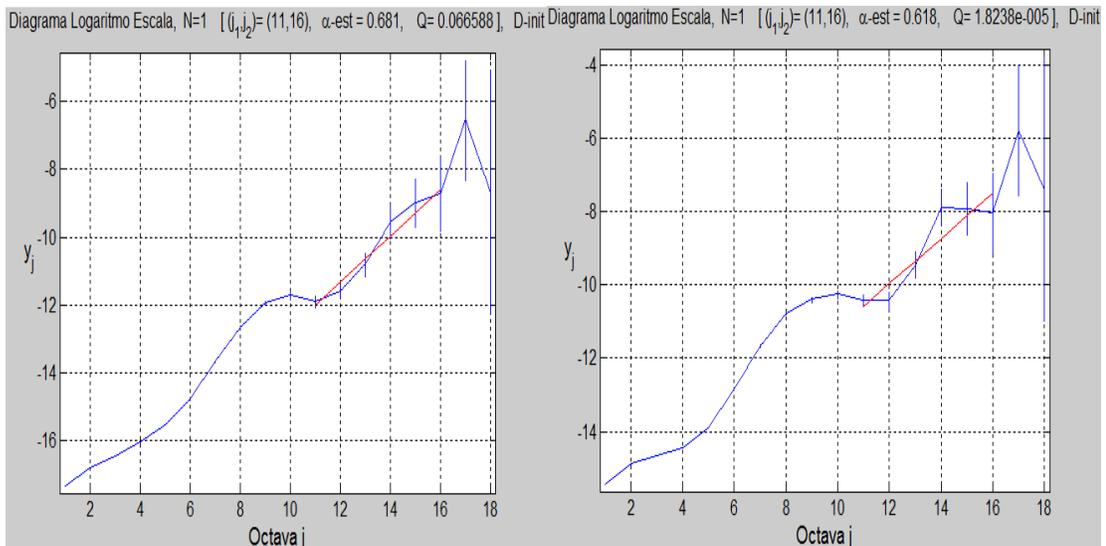
**Figura nº 33:** Gráfica nodo CNT turno de la tarde método transformada *wavelet*, tiempo entre llegada de paquetes.

De igual modo se presentan en las figuras N° 34 y 35 (de elaboración Propia), las gráficas representativas de los coeficientes *wavelets* del nodo en ambos turnos, se muestra la región de cálculos de la transformada (región en rojo del gráfico) y donde se desarrolló la estimación mediante este método para obtener el valor del parámetro de Hurst en función a la zona de más concentración de potencia, mostrando el intervalo más óptimo para el cálculo de este parámetro característico de la red y del fenómeno donde ella se encuentre.

Las gráficas de los coeficientes *wavelets* son las siguientes:



**Figura n° 34:** Coeficientes *Wavelet* en función de la variable cantidad de *bytes* de paquetes en el nodo CNT, turnos mañana y tarde respectivamente.



**Figura n° 35:** Coeficientes *Wavelet* en función de la variable tiempo entre llegada de paquetes en el nodo CNT, turnos mañana y tarde respectivamente.

En función de las gráficas mostradas se sitúa al nodo CNT en el escenario de tráfico con propiedad de fractales y fuertemente correlacionado en las escalas temporales, presentando mayor índice de tráfico caótico la variable cantidad de *bytes* de paquetes con una tendencia de  $H = 0.859203$  en el turno de la mañana y  $H=0.843113$  en el turno de la tarde. En cambio para la variable tiempo entre llegada de paquete  $H=0.823993$  turno de la mañana y  $H=0.75939$  turno de la tarde como se mencionó.

Con el fin de no recargar y redundar al momento de presentar las gráficas de los otros dos nodos, los cuales se rigen por el mismo procedimiento que el nodo CNT, sus detalles en cuanto a cada uno de los métodos, serie escalada y coeficientes *wavelets* se encuentran en el Anexo A, sin embargo a continuación se presenta un resumen de todos los valores de parámetro Hurst obtenidos para cada nodo estudiado en cada uno de los métodos, en donde se puede observar la tendencia en el nodo 2 (Chacao) en la variable cantidad de *bytes*  $H= 0.841247$  en la mañana y  $H=0.861013$  en la tarde. Igualmente la variable tiempo entre llegada con  $H= 0.71726$  en la mañana y  $H = 0.747587$  en la tarde. Así como también el nodo 3 (Boleíta) con  $H= 0.855637$  y  $H=0.87492$  para cantidad de *bytes* de paquete en la mañana y tarde respectivamente y  $H= 0.81489$  como tendencia para tiempo entre llegada turno de la mañana y  $H=0.787137$  en el turno de la tarde, situándose también estos nodos en el escenario de tráfico autosimilar con larga dependencia e incrementado índice de tráfico caótico; viéndose afectada en gran medida el tamaño de los paquetes en comparación con el tiempo entre llegadas, lo que a su vez incide en la calidad de la red cuyo valor  $Q$  se puede observar en la figura N° 36 (de elaboración Propia), la cual es un resumen de los valores de  $H$  obtenido en cada turno y nodos de estudio para cada uno de los métodos, siendo constante que el parámetro de calidad  $Q$  se encuentre dentro de un rango considerablemente bajo.

Resumen de los cálculos de los análisis de las muestras seleccionadas

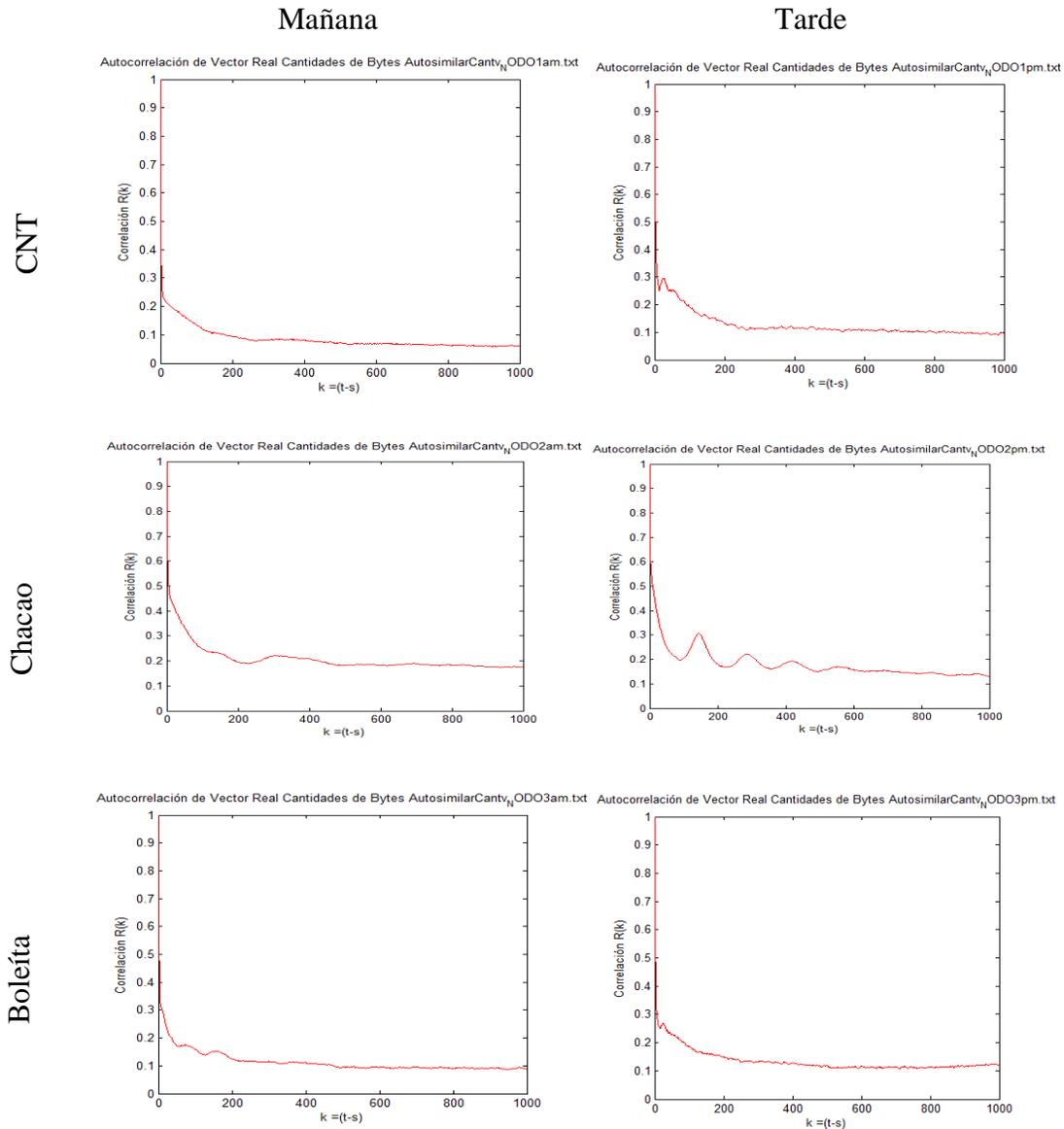
R/S	V/T	WE/Octava	Q	J1	J2	N	Nombre de la muestra
<b>Análisis: Tiempo entre llegadas</b>							
0.8433	0.8085	0.8202	0.0666	11	16	1	Cantv_NODO1am.txt
0.7603	0.7257	0.7922	0.0000	11	16	1	Cantv_NODO1pm.txt
0.7347	0.6884	0.7287	0.0021	11	16	1	Cantv_NODO2am.txt
0.7575	0.6608	0.8245	0.4320	11	16	3	Cantv_NODO2pm.txt
0.8356	0.8092	0.7998	0.0006	11	16	1	Cantv_NODO3am.txt
0.7552	0.7439	0.8623	0.0000	11	16	1	Cantv_NODO3pm.txt
<b>Análisis: Cantidad de bytes por paquetes</b>							
0.8987	0.8599	0.8189	0.1006	9	14	1	Cantv_NODO1am.txt
0.8558	0.8020	0.8715	0.3019	10	15	2	Cantv_NODO1pm.txt
0.8046	0.8029	0.9162	0.5121	11	16	4	Cantv_NODO2am.txt
0.8853	0.8163	0.8814	0.0000	11	16	1	Cantv_NODO2pm.txt
0.8680	0.8425	0.8565	0.5829	8	13	2	Cantv_NODO3am.txt
0.8782	0.9002	0.8464	0.2042	11	16	1	Cantv_NODO3pm.txt

**Figura nº 36:** Resumen valores parámetro de Hurst en los nodos CNT, Boleíta y Chacao del *Backbone* IP MPLS CANTV Dtto. Capital, turnos mañana y tarde.

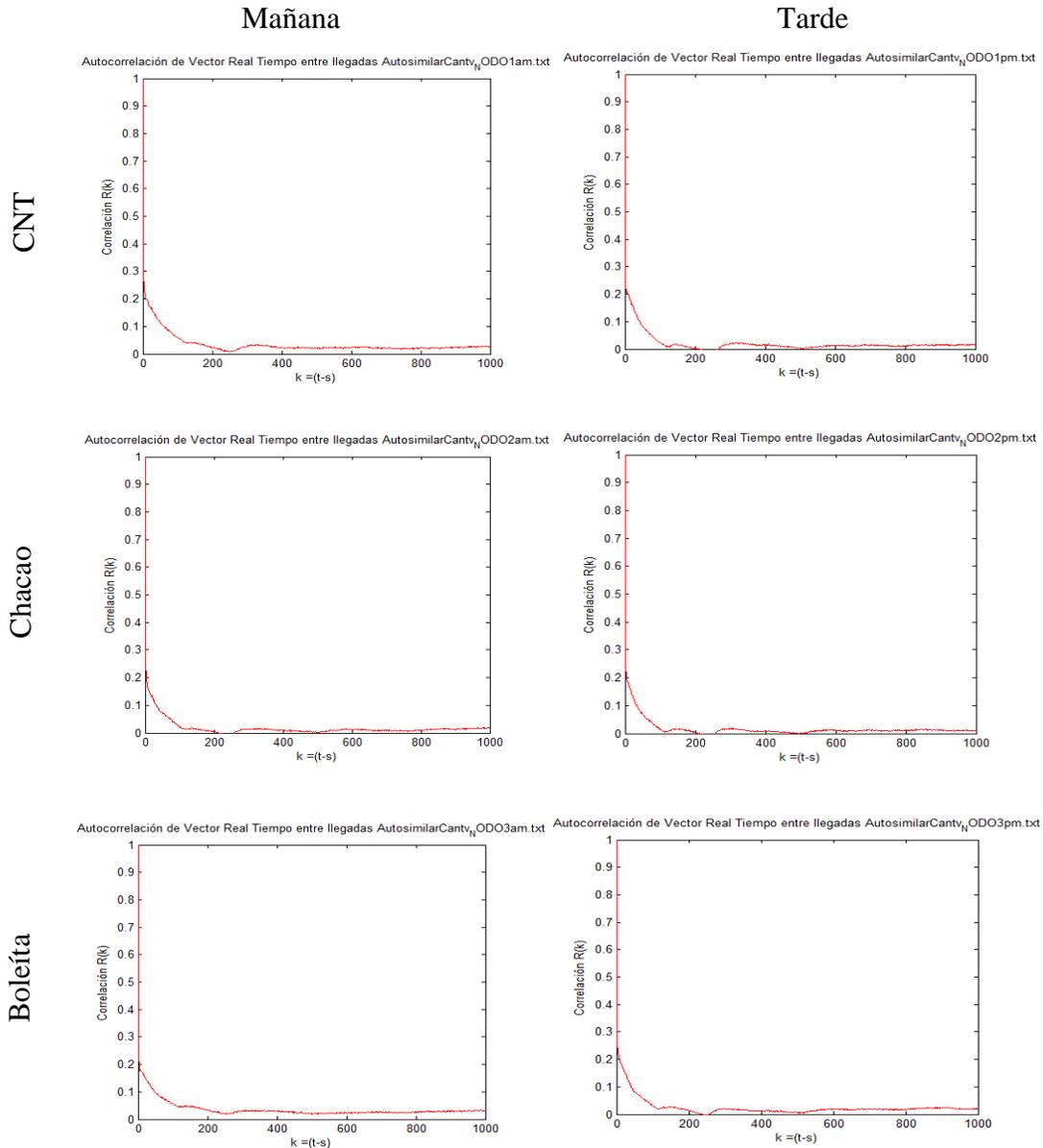
El factor de autocorrelación indica mediante la tendencia de la curva, si se está en presencia de un tráfico LRD o SRD, con fuerte correlación en escalas temporales y correlación con brusca tendencia a cero, respectivamente, permitiendo observar si las series temporales a diferentes escalas tienen una influencia de una sobre la otra; involucrando que la sumatoria de las autocorrelaciones tienden a infinito, definiendo así que las series están fuertemente autocorrelacionadas. Se observa entonces que, analizando el comportamiento de este parámetro junto con la serie escalada, se puede llegar a observar gráficamente la situación de la red, su tendencia hacia fenómenos caóticos y el impacto que la caracterice según su forma de curva, permitiendo corroborar los valores arrojados del parámetro Hurst por cada uno de los métodos, contribuyendo así a llegar a conclusiones concretas sobre los índices caóticos dentro de la topología en estudio.

El factor de autocorrelación también se toma como indicador importante de tráfico autosimilar donde se aprecia claramente la tendencia de largo alcance, siendo menos brusca la caída a cero de la curva, característica primordial en el tráfico clásico poisson, factor importante en el estudio de tráfico cuando se quiere determinar su tendencia.

Todas las muestras obtenidas en cada uno de los nodos fueron representadas mediante el factor de autocorrelación, tanto en cantidad de *bytes* como en tiempo de llegada de paquetes por muestras tomadas y de igual forma tanto para el turno de la mañana como para el turno de la tarde, mostradas a continuación en las figuras N° 37 y 38 de elaboración Propia.



**Figura n° 37:** Representación gráfica de la autocorrelación en los tres nodos estudiados en función de cantidad de *bytes* de paquetes, turnos mañana y tarde respectivamente.



**Figura n° 38:** Representación gráfica de la autocorrelación en los tres nodos estudiados en función de tiempo entre llegada de paquetes, turnos mañana y tarde respectivamente.

En función de las gráficas de autocorrelación mostradas anteriormente se corrobora lo mencionado con respecto al mayor índice caótico en la cantidad de *bytes* de los paquetes entrantes que en el tiempo de llegada de los mismo, evidencia con las caídas más suaves en cuanto a *bytes* y más bruscas en cuanto al tiempo de llegada en ambos turnos, aunque siendo en ambos casos con una tendencia a tráfico LRD considerable, definiendo así la red de CANTV en un estado caótico de tráfico circulante, persistiendo irregularidades en distintas escalas temporales y estando estas fuertemente correlacionadas entre si haciendo entonces incorrecto el dimensionamiento actual de la red para poder tratar con las exigencias del tráfico actual.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### V.1 Conclusiones

En la mayoría de las redes de datos y empresas de telecomunicaciones se aprecia considerablemente un aumento en los parámetros básicos que comprometen el funcionamiento eficiente de la red, con la rapidez que demanda la tecnología actualmente. El número de usuarios que acceden a las redes y solicitan sus servicios, traen como consecuencia el aumento en el tráfico entrante y saliente de las redes y las constantes apariciones de nuevos servicios a ser integrados en las nuevas tecnologías de redes; es por ello que la red tanto para usuarios como para expertos en telecomunicaciones no presenta el mismo comportamiento que presentaba hace algunos años cuando se encontraba en sus inicios y el auge no era tan considerable.

Los inicios de la redes de datos involucraban diseños de redes en donde los cálculos para sus parámetros de funcionamiento como anchos de banda, flujos de los nodos y variables estadísticas, se orientaban a cantidades de usuarios con crecimiento exponencial y tráfico medianamente ligero, con capacidades de soportar ráfagas de información que no fueran constates en el tiempo, llegando a caracterizar este tipo de tráfico como clásico exponencial, para el cual están dimensionadas la mayoría de la redes en la actualidad. Ante la problemática presentada en el párrafo anterior, esta situación lleva a considerar nuevas teorías como la del tráfico autosimilar e indicadores de tráfico caótico en redes como lo es el parámetro de Hurst, base fundamental de este estudio.

La teoría autosimilar sustenta como caótico la presencia de constantes ráfagas de información en el tiempo y la presencia de micro ráfagas dentro de ellas a diferentes escalas, variando considerablemente con la teoría clásica de tráfico exponencial y cuyo fenómeno afecta directamente a los equipos de redes en su

funcionamiento y actividad dentro de la red, especialmente a nivel de servidores donde la manipulación de las amplias cantidades de información se ve comprometida por su considerable comportamiento aleatorio involucrado en el manejo poco asertivo de las colas a nivel clásico y colapsando las memoria destinadas para *buffers* por la constantes demandas de la integración de los servicios actuales.

De igual forma los nuevos comportamientos del tráfico afectan el dimensionamiento de los nodos y su forma de reaccionar ante el flujo de datos presente, debido a que ya no se encuentra en un modelo clásico, por lo que el teorema de Jackson no se adapta para el tráfico autosimilar presente en los nodos, involucrando así el cálculo de flujos de tráfico entrante y saliente de los nodos debido a que el teorema de Jackson establece la suma de la ráfagas de información y mediante esto se establecen los troncales y capacidad de los mismos. Es por ello que a partir del escenario de autosimilaridad no se puede continuar con este paradigma. Las características del tráfico, se orientan a un sistema caótico, donde ya no basta con “sumar” los afluentes ya que no cumple el diseño de las estructuras en base a sumatorias de superposición, por lo que se tendría que tomar en cuenta, más allá de la sumatoria de los afluentes y sus promedios exponenciales, características que establece el teorema clásico de Jackson para el dimensionamiento de nodos en redes de datos. Esta teoría necesitaría complementos a nivel de aplicación para poder cubrir las necesidades y exigencias del flujo de datos presentes actualmente en la mayoría de la redes de telecomunicaciones a nivel mundial.

Con la elaboración de este trabajo especial de grado se pudo caracterizar el tráfico presente en tres nodos del *backbone* IP MPLS Dto. Capital como lo son el CNT, Boleíta y Chacao, permitiendo reconocer la necesidad de re-dimensionamiento de las estructuras de red actuales debido a la presencia de tráfico caótico en las mismas; situación que afecta la escalabilidad, flexibilidad, velocidades de transmisión y rendimiento en general de la red y los buffers de los dispositivos de red implementados.

La presencia de índices de parámetro de Hurst alrededor de 0,8 a manera general, permite colocar la red de CANTV en su anillo metro-Ethernet Dtto. Capital, en tráfico con propiedades fractales en sentido amplio de larga dependencia (LRD), con fuerte correlación que decae lentamente hacia su tendencia a cero como se predecía en tráfico clásico exponencial, siendo importante resaltar que para esta red se observa mayor índice caótico en cantidades de *bytes* de paquetes de tráfico entrante que en tiempo de llegada de los mismos a los nodos, aunque en ambas variables el parámetro se encuentra entre 0,85 y 0,74 respectivamente; estableciendo por vez primera en Venezuela la tendencia y dimensionamiento erróneo de *buffer* en servidores y troncales hacia el tráfico clásico, por encontrarse de manera considerable en el escenario de tráfico autosimilar.

## V.2 Recomendaciones

A partir de este escenario de tráfico caótico circulante no acorde con las dimensiones y cálculos para el funcionamiento de la red, se plantean las siguientes recomendaciones con el propósito de aportar ítems en la búsqueda de una eficiente solución posterior a la problemática presente.

- a) Al tomar en cuenta que generalmente la propiedad caótica presente en el tráfico de la red *Backbone* IP MPLS de CANTV se presenta en la cantidad de *bytes* de los paquetes que por ella circulan, se recomienda optimizar el manejo de memoria de los servidores y su asignación a los *buffers* y dimensionamiento de troncales en la red; esta recomendación no va orientada a implementar *buffers* más grandes para abarcar gran cantidad de información, debido a que no representaría ninguna solución ya que entre más cantidad de información más caos. Es por ello que es eficiente la implementación de un sistema dinámico de *buffers*, con el propósito de que cuando se presenten las grandes ráfagas, aumente el tamaño el *buffer* y en pequeñas ráfagas disminuya. A medida de predicción por la correlación se puede saber si vienen ráfagas grandes o pequeñas.

- b) Acompañado a la sugerencia anterior se recomienda establecer estrategias de dimensionamiento de la red en base a la predicción, optimizando las decisiones en las implementaciones de las colas que se manejen en los nodos más confluídos de la red, y que de esta manera se lleguen a cubrir las necesidades a nivel de núcleo de la red, característica primordial en la integración de servicios en la actualidad.
- c) Tomando en cuenta los tipos de cola que poseen los nodos, se recomienda aplicar a estos sistemas de políticas de ingreso y de egreso para el manejo de las colas, mejorando el proceso actual realizado por el teorema de Jackson, debido a que el tráfico autosimilar no cumple con la superposición de afluentes en los nodos como actualmente se encuentran dimensionados los nodos y por ende, la capacidad de los troncales. Su aplicación se encontraría optimizando la función de adaptación de los nodos (*Shaping*) la cual determinaría en los nodos el tráfico que entra y sale de ellos, siendo esto más controlado que el *policing* (en donde este último es muy aplicado en la actualidad), en vista de que adopta a las características estadísticas de la red, teniendo como requisito un fuerte proceso de almacenamiento. Es por ello que optimizando este proceso acompañado de la implementación de *Buffer* dinámico se reduciría la probabilidad de bloqueo considerablemente, disminuyendo de igual manera las constantes caídas de troncales dentro de la red.
- d) Adicionalmente se recomienda la optimización del Método WRED, hasta ahora implementado en las redes de CANTV; optimizando la característica básica de este método la cual trasciende en los paquetes que van llegando se les va midiendo el promedio y la varianza, para cumplir con los parámetros de los usuarios y el nodo. Cuando intuye que viene una crecida en tráfico lo hace con respecto a promedio y varianza, por lo que empieza a descartar paquetes, (descartando aquellos que tienen mayor probabilidad de descarte), que en este caso son los paquetes de internet. Para el caso de tráfico autosimilar no predicaría la presencia del mismo, sino que se adaptaría a sus características en la medida

de tendencias de usuarios, ya que no estaría basado en media ni promedio sino en las correlaciones de las escalas temporales aprovechando la propiedad que todas se encuentran relacionadas estando fuertemente correlacionadas, entonces podría predecir los flujos entrantes y hacer los respectivos procedimientos en el nodo. Implementando una unión entre el método WRED y el manejo dinámico de los *buffers* mencionado, se puede mejorar el descarte de la información tomando en cuenta el factor de la correlación como indicador en la red de la presencia de tráfico SRD o LRD, permitiendo introducir más fácilmente la característica de predicción.

Todo lo planteado busca mejorar la toma de decisiones y optimizar el método WRED actual en búsqueda de una alternativa diferente en base al diseño de los nodos, orientándolo a establecer prioridades entre la integración de los servicios, manejo eficiente de las colas, manejo eficiente de las memorias en los *buffers*, permitiendo así el dinamismo entre ellos, trabajando conjuntamente con métodos coherentes de descartes de paquetes, disminuyendo considerablemente los índices de caos tanto en la cantidad de *bytes* de los paquete como en el tiempo en que lleguen los mismos, ya que en el sistema actual no se adapta a las exigencias. Es presido decir que se está en presencia de ríos turbulentos y el dimensionamiento de la red está construido para ríos apacibles con una que otra ola.

- e) Por último se recomienda la mejora del software en Matlab NILO, básicamente con los códigos del método rango escalado promedio y estudios de tráfico Poisson, en los que en algunas muestras se presentaron problemas con el amplio manejo de información y la cantidad de las mismas para ser procesadas. Esta mejora facilitaría la implementación del software en la caracterización de otras redes de telecomunicaciones en el País, con el fin de establecer su parámetro caótico y así poder implementar recomendaciones a las mismas.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] LÓPEZ ARDAO, José Carlos. “Contribución al análisis del impacto de la correlación en las prestaciones de las redes de alta velocidad”. Director: Cándido López García. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo, España, 1999.
- [2] Obagi A. Juan J. (2003). “Elementos de teoría de probabilidad para ingenieros”. Pontificia Universidad Javeriana.
- [3] LÓPEZ BASSA, Oriol. “Caracterización de tráfico TCP con propiedades fractales sobre redes WLAN”. Director: David Rincón Rivera. Tesis Pregrado. Universidad Politécnica de Cataluña, España, Octubre de 2006.
- [4] Walpole Ronald E., Myers Raymond H. (1999). Probabilidad y Estadística para ingenieros. (6ta. Ed Ilustrada.). Pearson Educación
- [5] W.E Leland, M.S. Taquq, W. Willinger, D.V. Wilson (Febrero 1994) *On the self-similar nature of Ethernet traffic (extended version)*. IEEE/ACM Transactions on Networking Vol. 2 Issue: 1 Páginas: 1 – 15
- [6] PUENTE, Fabricio. Teoría de Colas. [Peru, Lima]. [ref. de 16 de septiembre de 2011]. Disponible en Web: <http://red-electronica.blogspot.com/2011/03/teoria-de-colas.html>
- [7] Figueiras, A. R. (2002). “Una panorámica de las Telecomunicaciones”. Madrid: Prentice Hall.
- [8] Franklin Planchart. Algoritmo de Simulación y Análisis de Tráfico Autosimilar con dependencia de largo alcance tipo G/M/N. Telecom Venezuela
- [9] Planchart, Franklin. (2011). Sistema de Información Académico y Científico para el análisis y simulación de tráfico caótico en Redes de Paquetes.

Universidad Central de Venezuela. Centro de Estudios de Telecomunicaciones de CANTV.

- [10] Ramón Scappini, Reinaldo José. Estudio del tráfico autosimilar orientado a la simulación mediante la utilización de Wavelets u onditas. Facultad Informática Universidad Nacional de la Plata. La Plata, Argentina. Agosto 2010.
- [11] De Castro, Rosa M. (2002). Análisis de la teoría de ondículas orientada a las aplicaciones en ingeniería eléctrica: Fundamentos. Madrid, España. E.T.S.I. Industriales. Departamento de ingeniería Eléctrica.
- [12] Franklin Planchart. Introducción a la aplicación de tráfico autosimilar en el desarrollo de redes WAN. Congreso Internacional de Telecomunicaciones. Cuba 2010.
- [13] Tanenbaum, A. (2003). “Redes de computadoras”. (4ta. Ed.). México: Prentice Hall.
- [14] MORENO NAVARRO, César. “Implementación de un proyecto para la migración de enlaces Frame Relay a Metro Ethernet sobre redes de servicios de datos bancarios”. Tutor: Inés Pereira. Tesis Pregrado. Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela, Marzo de 2011.
- [15] ROMERO T., María del Carmen. Calidad de Servicio (QoS) en redes. [Sevilla, España]. [ref. de 4 de julio de 2012]. Disponible en Web: <http://www.dte.us.es/personal/mcromero/masredes/docs/SMARD.0910.qos.pdf>
- [16] VACA ORELLANA, Cristina. “Estudio de VoIP aplicado en redes privadas”. Director: Ing. Irving Reascos. Tesis Pregrado. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. 2008

- [17] Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela CANTV, Empresa. [Venezuela]. [ref. de 20 de enero de 2012]. Disponible web: <http://www.cantv.com.ve/seccion.asp?pid=1&sid=1243>
- [18] Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela CANTV. Data Center. [Venezuela] [Ref. 20 de enero de 2012]. Disponible web: <http://www.cantv.com.ve/seccion.asp?pid=1&sid=1480&id=1&und=2>
- [19] Paolo H. Cardenas G. “Redes de próxima generación NGN”. Director: Ing. Fabián Brito. Tesis Pregrado. Facultad de Ingenierías. Escuela de Ingeniería Electrónica. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador. 2006
- [20] CANTV. (2011), “CANTV culmina modernización de todas las centrales fijas en la región capital”. [Ref. de 20 de marzo de 2012]. Disponible en web: <http://www.cantv.net/ciencia/resena.asp?id=201397&cat=2&Fresena=TRUE>

## APÉNDICE A

### **Sistema de Información Académico y Científico para el análisis y la simulación de Tráfico caótico en Redes de Paquetes NILO**

**Desarrollador: Franklin Planchart**

La idea de la creación de este software partió de la idea del estudio del caos, en donde este se puede expresar como la repetición de una irregularidad en el tiempo, lo que conlleva a la aparición de fractales, que no es otra cosa que la autosimilaridad estocástica por encontrarse innumerables repeticiones en diferentes escalas del tiempo.

De igual forma se debe partir de los modelos clásicos de tráfico en redes para poder establecer comparaciones entre comportamientos de flujos de paquetes en el tiempo, a su vez es imprescindible tener en cuenta que las redes están dimensionadas para el tipo de tráfico clásico-exponencial, cosa que conlleva también a la aparición del caos cuando en la actualidad se está en presencia de tráfico fractal, es por esto que en la actualidad se observa en mayor medida la caída de troncales, información, y una mayor probabilidad de bloqueo dentro de la red, básicamente presentado por la integración de todos los servicios.

Este software se orienta básicamente al manejo de dos variables como lo son el tiempo entre llegada de los paquetes y el tamaño que presentan los mismos en *bytes*, cosa que permite determinar su índice de utilización de memoria en el servidor y que a su vez va relacionado a un parámetro de redes como lo es *hurst*, este parámetro expresa la afección presente en el tiempo de ocupación del servidor y los sistemas de almacenamiento para los paquetes que llegan por lo que es un importante indicador de tráfico caótico, de persistencia de un fenómeno estadístico y también una medida de dependencia en un proceso estocástico.

Este software está basado en diferentes premisas de análisis de tráfico en redes de datos, tanto parámetros, modelos y características esenciales para establecer conclusiones sobre su comportamiento.

Parámetros tomados en consideración para el estudio del tráfico:

- Erlang B (memoria requerida para los paquetes entrantes).
- Hurst (indicador de tráfico caótico, calculado en el dominio de la frecuencia).

- Erlang C (promedio de los paquetes en espera).
- Autocorrelacion.
- Autosimilitud.
- Varianza (con el factor de autocovarianza en diferentes escalas).

De igual modo se realiza el estudio mediante modelos tales como:

- Método Rango Escalado R/S

El cual se basa en el número de muestras, los rangos y la desviación estándar de las mismas, en donde luego de tener esos datos se dividen las muestras por un factor hasta que esta no sea menor a la unidad y luego se grafican los valores la pendiente de esa recta será el valor del parámetros de hurst.

- Método Varianza/Tiempo

Se basa en la generación de varias representaciones en tiempo de las muestras, para posteriormente calcular la varianza de las mismas, y al aplicar el logaritmo, para luego ser expresada la función resultante con una expresión lineal y la pendiente de la recta nuevamente va relacionada al parámetro de hurst.

- Método Transformada *Wavelet*

Se orienta al cálculo del parámetro de hurst en el dominio de la frecuencia, donde presenta mayor exactitud, aunque en este dominio se encuentra también la transformada de Fourier como alternativa para el cálculo del parámetro hurst, no se tomó en cuenta debido a que no se pueden expresar el momento en que ocurren las frecuencias.

La transformada *wavelet* se basa principalmente en la transformada corta de Fourier para realizar el barrido a la señal con una ventana de amplitud y ancho de banda constante, en cada barrido se varían estos parámetros, a su vez tanto para altas frecuencias como para las bajas se establece un factor de compresión establecido, alto para las frecuencias altas y bajo para las frecuencias menores, cada barrido arrojará unos coeficientes de *wavelet* y estos serán tomados en cuenta al aplicarle la varianza para expresar un valor de hurst correspondiente a la señal en estudio.

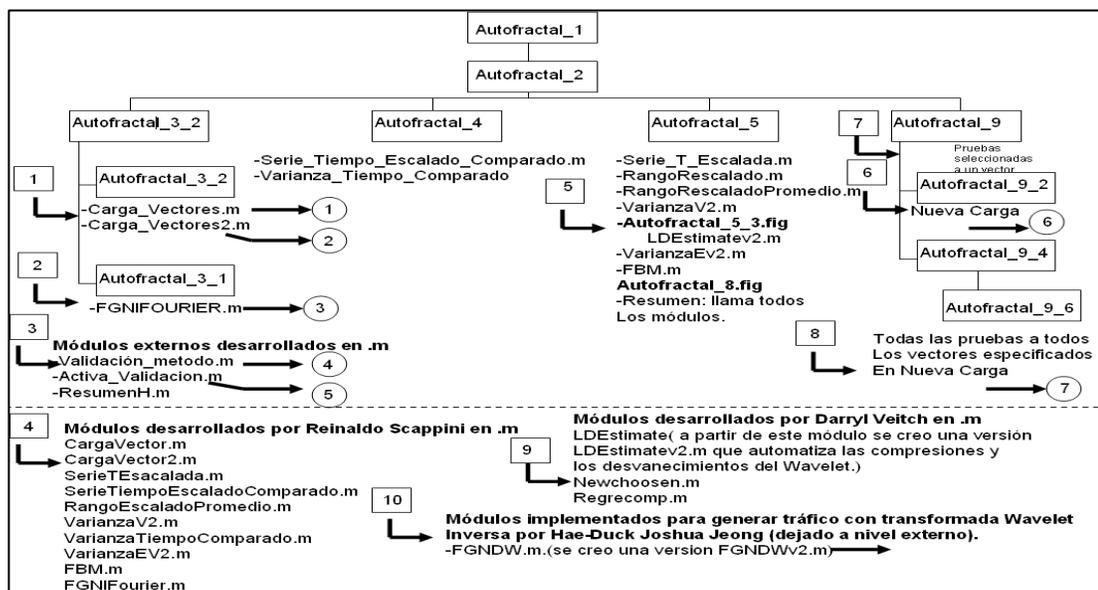
Los diversos métodos para el cálculo del parámetro de Hurst tienen demostraciones matemáticas que han posibilitado llegar a expresiones que han permitido realizar dimensionamientos correctos de las redes (a pesar de que todavía no existe un tratado de Ingeniería de tráfico como las heredadas del sistema tradicional), que abrió todo un esquema hacia lo referente al Earlang B y al Earlang C, para su establecimiento y en tiempos futuros consideración.

Este software posee varias secciones, tanto para secciones académicas como para delimitación de estudios científicos como el tratado en el presente trabajo especial de grado.

Por lo que presenta entre sus funciones:

- Generar tráfico autosimilar a través de Transformada Inversa de Fourier con Ruido Gaussiano
- Modulo externo .m para generar tráfico autosimilar a través de la transformada inversa *Wavelet*.
- Determinación del parámetro H de un tráfico usando los métodos temporales y método de transformada *Wavelet*.
- Modulo para análisis científico o de ingeniería de diversas muestras de tráfico.

Todas las funciones mencionadas se realizan mediante la integración de los archivos .m mostrados en la siguiente figura.



**Figura A. 1:** Estructura software de análisis y simulación tráfico autosimilar.

- Autofractal\_1.m, Ventana principal
- Autofractal\_2.m, Ventana de menús
- Autofractal\_3\_2.m, Introducción de muestras y generación de vectores cantidad de bytes y tiempo de llegadas
- Autofractal\_3\_1.m, Generación de un vector autosimilar a partir de ruido Gaussiano
- Autofractal\_4.m, Comparaciones de muestras y vector sintético autosimilar
- Autofractal\_5.m, Opciones de cálculo del parámetro H
- Autofractal\_5\_3.m, Cálculo del parámetro H a través de *Wavelet*
- Autofractal\_6.m, Información básica teórica
- Autofractal\_8.m, Cálculo de parámetro H con un resumen de los métodos

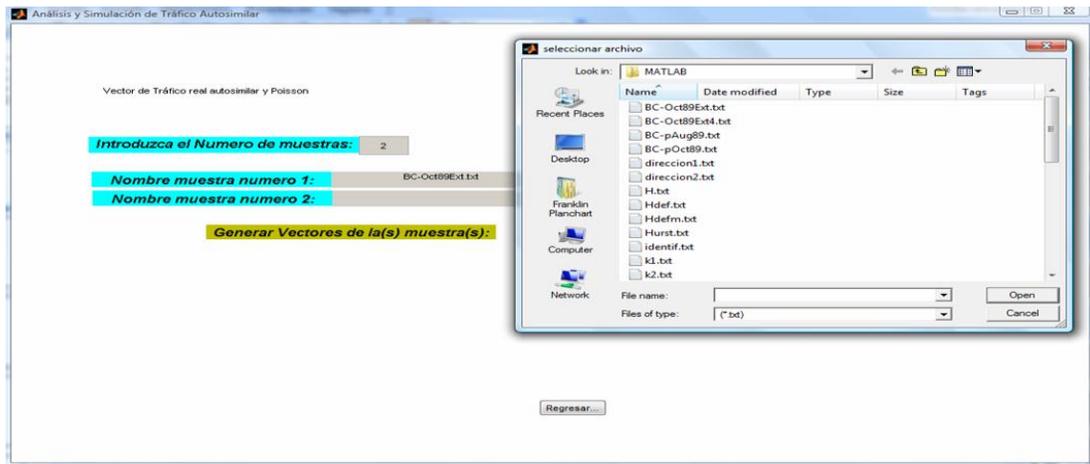
El modo GUI, todas estas aplicaciones tienen un archivo con el mismo nombre con extensión .fig. Aplicaciones desarrolladas en MATLAB, porque al igual que el FORTRAN, es especializado en manejo de matrices y vectores y manejo de fórmulas matemáticas, estadísticas y generación de números aleatorios.

Todas estas funciones pueden ser ejecutadas tanto en el área de trabajo de MATLAB, como por la interfaz gráfica, evitando así correr módulo por módulo .m, para el propósito de llevar a cabo en el presente trabajo especial de grado se ejecutó la interfaz gráfica.



**Figura A. 2:** Pantalla inicial software de análisis y simulación de tráfico autosimilar.

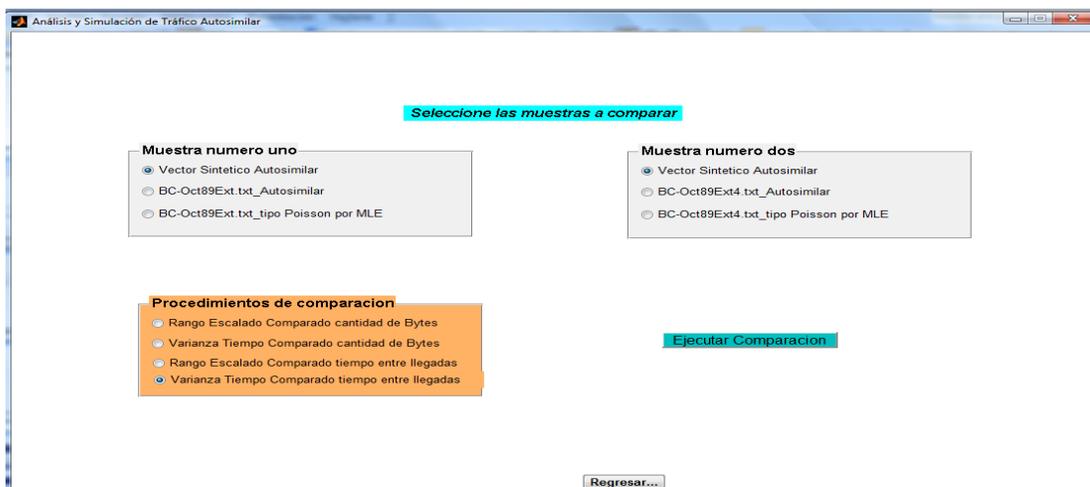
Al ingresar al software se procede a la carga del vector de muestras capturadas en la red mediante cualquier equipo de monitoreo de red, el cual debe estar guardado previamente en la carpeta del software a ser ejecutada en MATLAB.



**Figura A. 3:** Carga de vectores tomados de la red en estudio y obtención de muestras a tratar mediante el software.

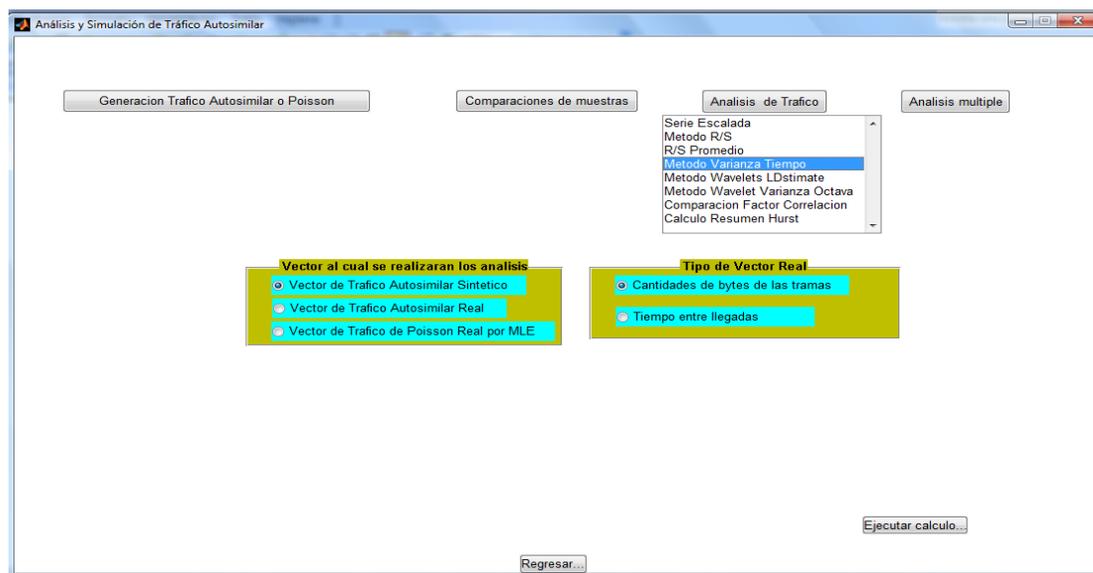
En la fase de carga de vectores se trabajó con el vector ubicado por el software de manera real, de tal forma que se evaluarán sus características originales y poder establecer su caracterización.

El Software presenta módulos destinados a la comparación entre muestras el cual permite observar características cambiantes o constante entre vectores estudiados permitiendo así evaluar comportamiento en el tiempo por estar disponibles solo los métodos en este dominio para este análisis como lo son el rango escalado y varianza tiempo, ayudando también a observar la periodicidad de los fenómenos presentes en el periodo de captura de muestras de red real.



**Figura A. 4:** Comparación de muestras en el dominio del tiempo.

Como se mencionó este software permite obtener de forma gráfica y numérica el valor del parámetro de Hurst, teniendo destinado un módulo GUI con las opciones de método a utilizar, de igual forma el factor de autocorrelacion de las muestras ingresadas y sus series escaladas, donde estos últimos permiten visualizar de una mejor forma el escenario donde se encuentran las muestras en cuanto a la severidad del caos , tanto en tendencia brusca a cero en la curva de factor de autocorrelacion, como en la permanencia de ráfagas las diferentes escalas donde se aprecie el trafico estudiado corroborando así la fuerte dependencia y correlación existente entre ellas.

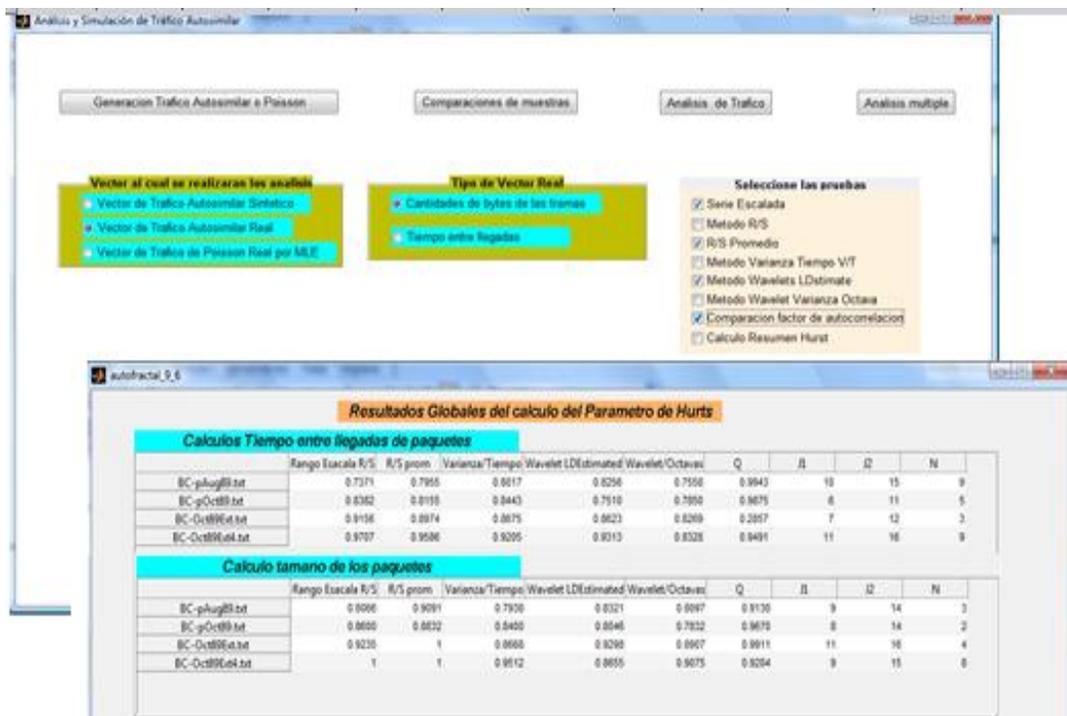


**Figura A. 5:** Módulo de Métodos para obtención del parámetro de Hurst en variables características.

Los resultados arrojados por el software en este módulo, para cada uno de los métodos y variables de estudio, se pueden ver ejemplificados y detallados dentro del trabajo especial de grado.

Es de importancia mencionar que el software posee un módulo de detalle global y pruebas múltiples a vectores en el cual se procesan grandes cantidades de muestras, permitiendo su rápida manipulación y análisis, cabe destacar que este módulo solo arroja el valor del parámetro hurst en forma numérica por cada uno de los métodos seleccionados, realizando un resumen completo en las variables tiempo entre llegada y cantidad de *bytes*, permitiendo caracterizar el tráfico de forma eficiente de acuerdo a su tendencia caótica numérica; módulo ideal para la obtención del parámetro Hurst. Luego de realizar estudios teóricos y prácticos iniciales con los módulos anteriores que se caracterizan por ser más explicativos y exhaustivos a nivel

gráfico a manera de entender su funcionalidad y conceptualización del parámetro Hurst es varias escalas, métodos temporales y de frecuencia.



**Figura A. 6:** Módulo de Pruebas, análisis múltiple y detalles globales de muestras masivas procesadas.

A manera de resumen de potencialidades aportadas por el software al trabajo especial de grado se encuentran:

- Obtención de tráfico Poisson y Autosimilar Sintético.
- Procesamiento de Muestras mediante los métodos mencionados para obtención de parámetro Hurst de forma gráfica y numérica, módulos detallados.
- Procesamiento de muestras con representación gráfica de Factor de Autocorrelacion, serie escalada y rango óptimos de coeficientes *wavelets*, como propiedades a estudiar en muestras.
- Procesamiento de muestras masivas tres nodos mediante todos los métodos y propiedades de las muestras, módulo de detalles globales a vectores.

## APÉNDICE B

### NOTACIÓN DE KENDALL:

En el año 1953, el matemático inglés David G. Kendall, implemento la notación de colas, la cual nos permite identificar por medio de iniciales las características de una línea de espera. Esta notación nos permite escribir de una manera resumida y simplificada todas las características que hemos estudiado.

Un ejemplo de la notación de Kendall puede ser de la siguiente manera:  $A/B/X/Y/Z/V$ , donde:

- A: es la distribución del tiempo entre llegadas. Donde alguna de las abreviaturas para las distribuciones entre llegadas son:
  - M o E: tiempo entre llegadas exponenciales.
  - D: tiempo entre llegadas deterministas
  - G: tiempo entre llegadas generales, para cualquier distribución.
- B: es la distribución del tiempo de servicio. Esta puede tomar los mismos valores que la abreviatura A.
- X: es el número de servidores del sistema. Este puede tomar valores enteros positivos o bien puede ser infinito ( $\infty$ )
- Y: es la capacidad de la cola, o bien la longitud máxima que puede tener. Puede ser un numero entero mayor o igual a cero, también puede tomar el valor infinito ( $\infty$ ) si no tiene límite y por lo tanto se puede omitir el valor de Y.
- Z: es el tamaño de la población potencial. Como el valor de Y, se puede omitir si su valor es infinito ( $\infty$ ).
- V: es la disciplina de la cola. Algunas de sus abreviaturas son FIFO, LIFO, entre otras. En caso de que se omita, su valor por defecto seria FIFO.

Por ejemplo, la notación  $M/D/2/\infty/\infty/FIFO$ , quiere decir que se trata de un sistema donde su tiempo entre llegadas es del tipo exponencial, su tiempo de servicio

es determinístico, que quiere decir que siempre se tarda el mismo tiempo en darle servicio a cada uno de los clientes, existen dos servidores, no existen límites para el número de clientes que puedan presentarse en la cola, la población potencial se administra con infinitos clientes y los clientes son atendidos según la disciplina FIFO (el primero que llega es el primero que sale). Ahora bien, la notación se pudiera abreviar como  $M/D/2$ , ya que luego los demás valores son los asignados por defecto ( $\infty/\infty/FIFO$ ).

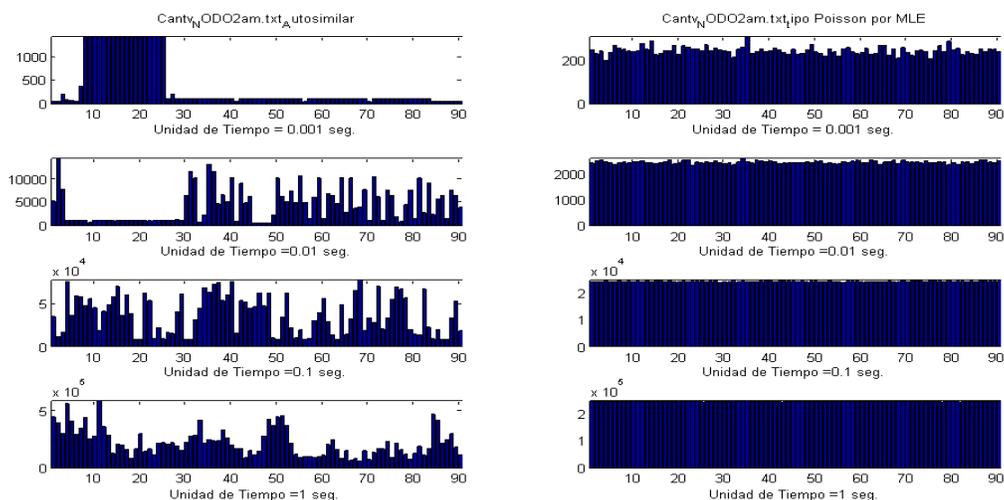
## ANEXO 1

A continuación se muestran de manera gráfica las pruebas completas realizadas a los nodos Chacao y Boleíta, resultados obtenidos a partir del procesamiento de las muestras mediante el software NILO de Matlab. Obteniendo la representación del parámetro Hurst a través de todos los métodos mencionados, así como también la tendencia de las muestras capturadas en cuanto a su serie escalada y su comportamiento visualizado desde la curva de factor autocorrelación, en donde estas últimas propiedades permiten observar el escenario en el que se encuentra la red y su tráfico circulante en cuanto al caos que por ella transita, debido a que en estos nodos también se presentó el escenario de tráfico fractal considerable, como se mencionó en el capítulo de análisis de resultados del presente trabajo; corroborando la presencia de autosimilaridad tanto para el tiempo de llegadas de paquetes en la red como para el tamaño de bytes de los mismos.

### Resultados turno de la Mañana en Nodo Chacao

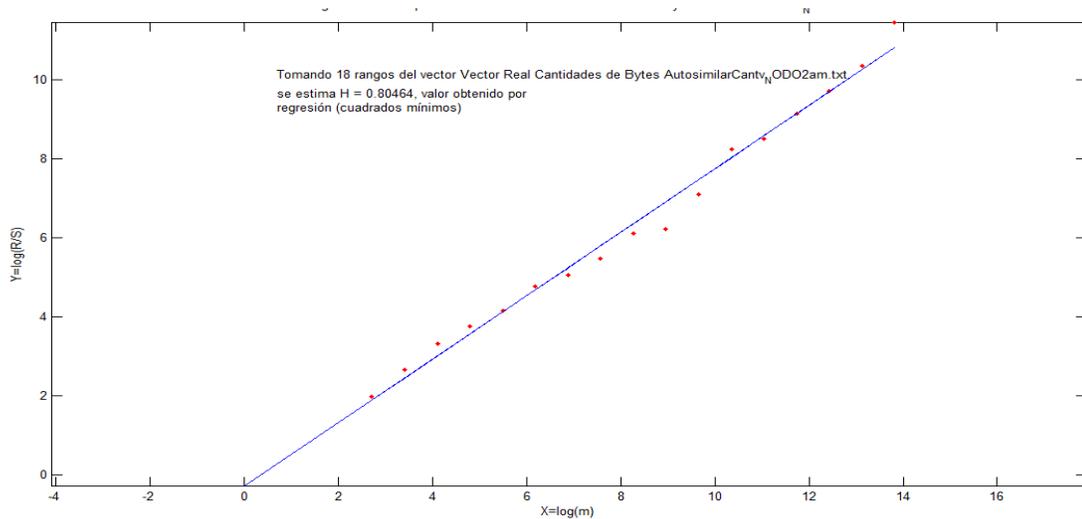
Resultados para la variable tamaño en *bytes* del paquete:

- **Serie escalada:**



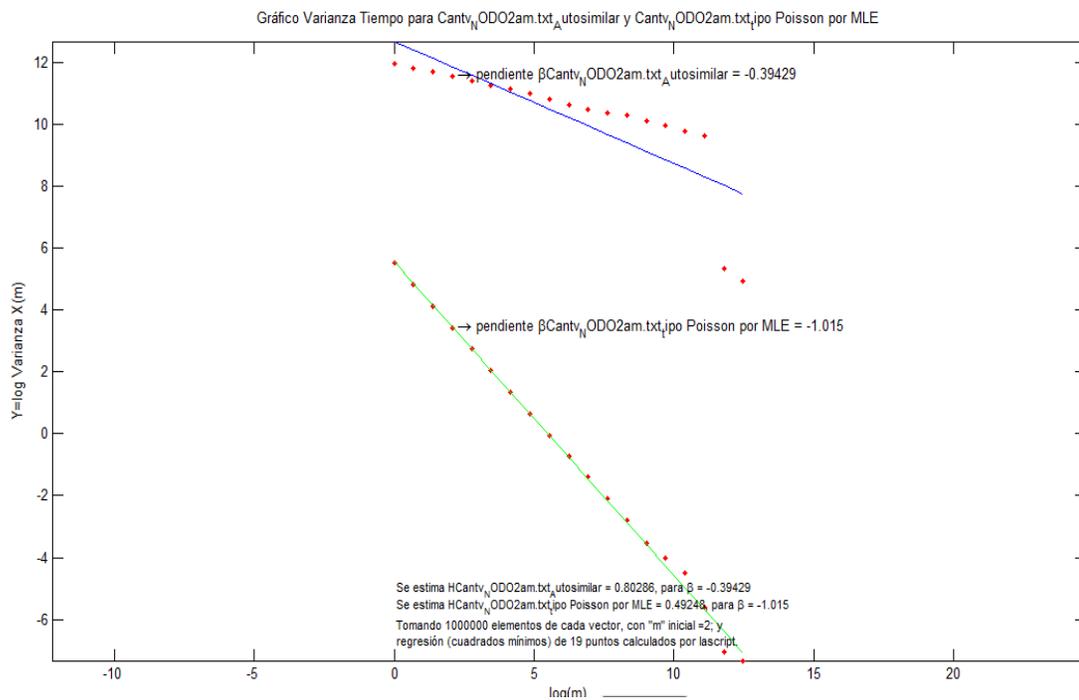
**Figura 1. 1:** Serie escalada resultante del nodo Chacao, turno de la mañana en función de tamaño en *bytes* de paquetes comparada con el tráfico poisson. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de Hurst método Rango Escalado:



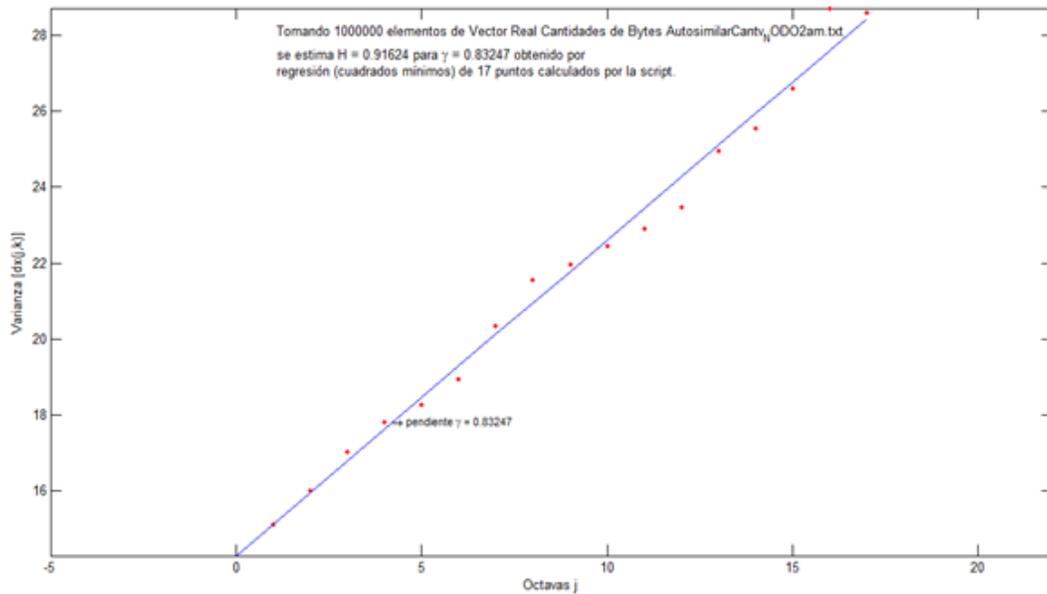
**Figura 1. 2:** Gráfica nodo Chacao turno de la mañana método rango escalado respecto a tamaño en *bytes* de los paquetes. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método Varianza-Tiempo:



**Figura 1. 3:** Gráfica nodo Chacao turno de la mañana método varianza tiempo respecto a tamaño en *bytes* de los paquetes comparado con el trafico poisson. Fuente: elaboración Propia.

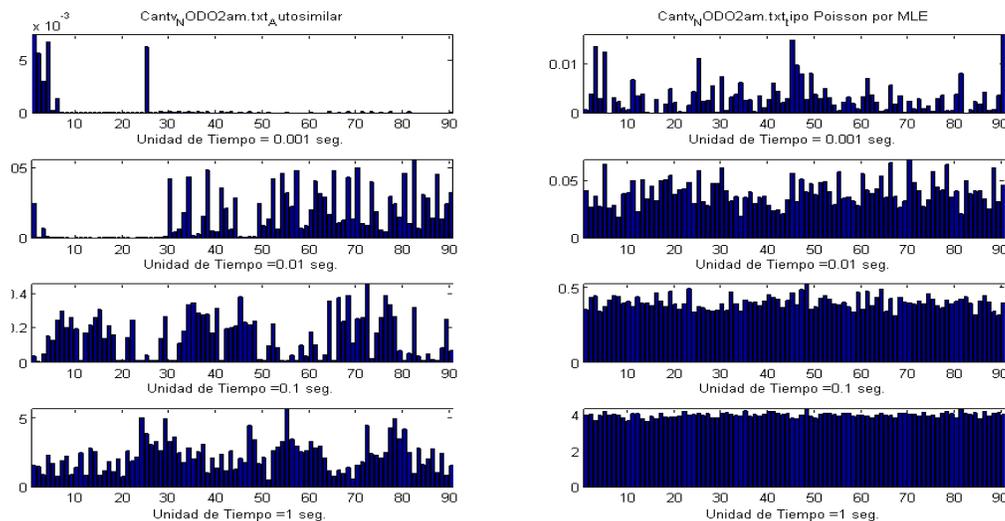
- Cálculo parámetro de hurst método transformada *wavelet*:



**Figura 1. 4:** Gráfica nodo Chacao turno de la mañana método transformada *wavelet*, tamaño en *bytes* de paquetes. Fuente: elaboración Propia.

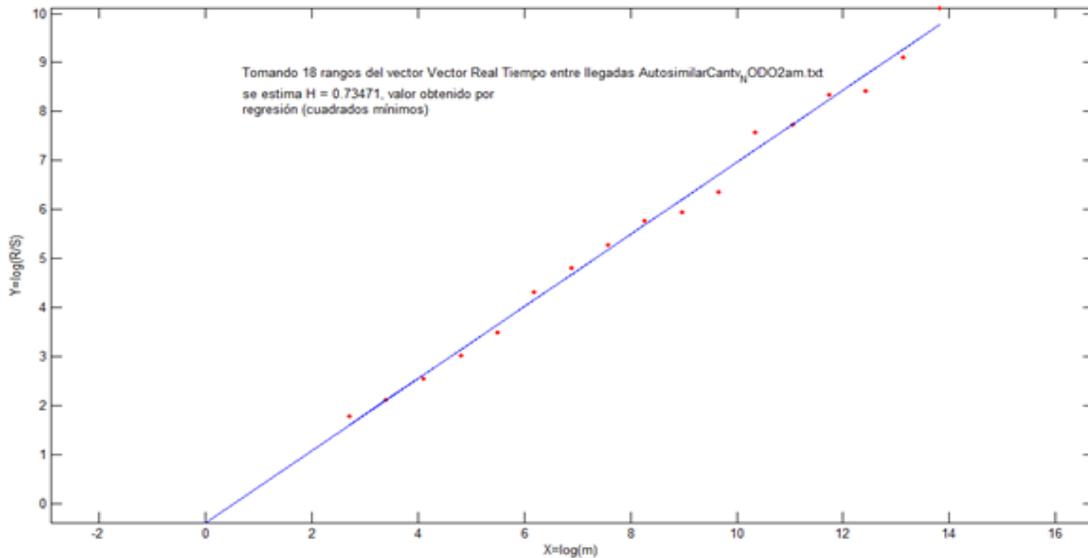
Resultados para la variable tiempo entre llegadas de los paquetes

- Serie escalada:



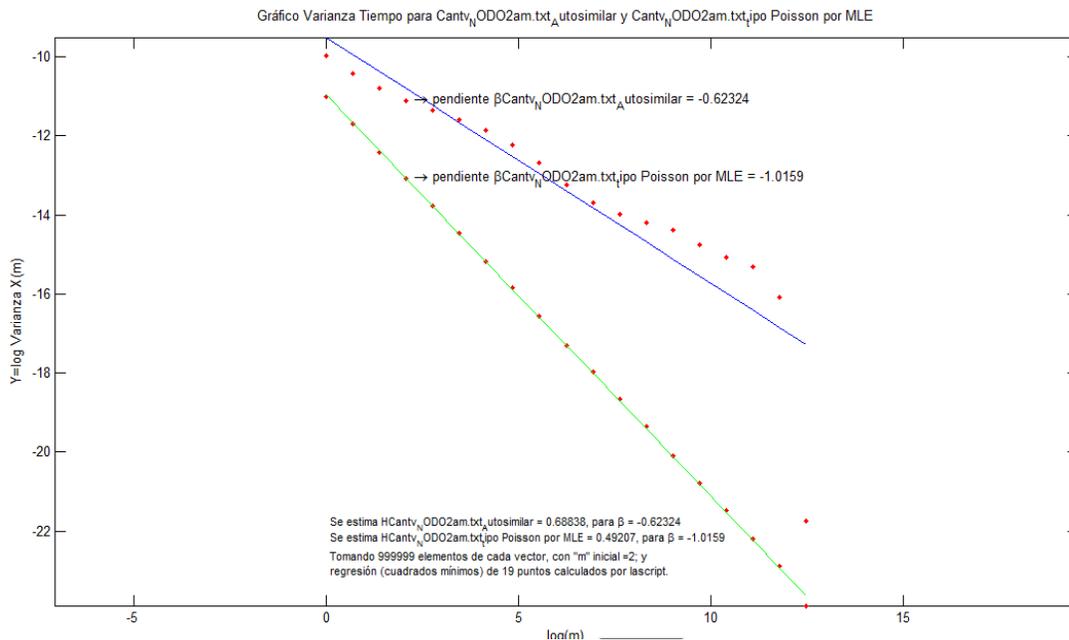
**Figura 1. 5:** Serie escalada resultante del nodo Chacao, turno de la mañana en función de tiempo entre llegada de paquetes comparada con el trafico poisson. Fuente: elaboración Propia.

- **Cálculo parámetro de hurst método Rango Escalado:**



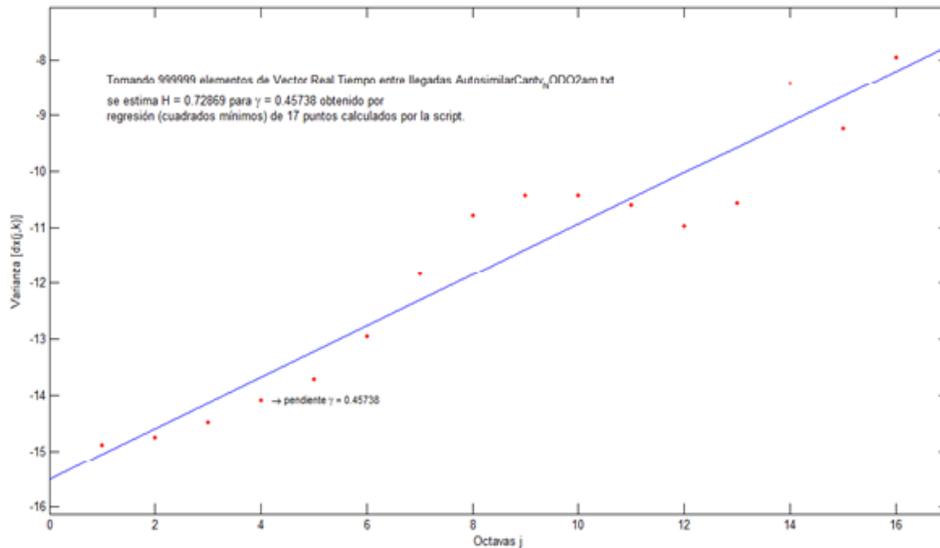
**Figura 1. 6:** Gráfica nodo Chacao turno de la mañana método rango escalado respecto a tiempo entre llegada de los paquetes. Fuente: elaboración Propia.

- **Cálculo parámetro de hurst método Varianza-Tiempo:**



**Figura 1. 7:** Gráfica nodo Chacao turno de la mañana método varianza tiempo respecto al tiempo entre llegada de los paquetes comparado con el tráfico poisson. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método transformada *wavelet*:

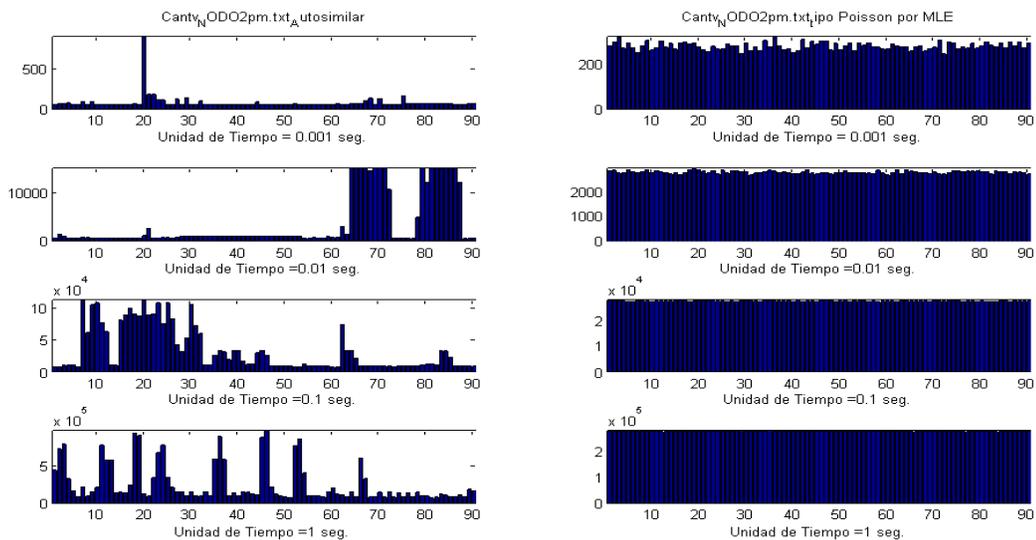


**Figura 1. 8:** Gráfica nodo Chacao turno de la mañana método transformada *wavelet*, tiempo entre llegada de paquetes. Fuente: elaboración Propia.

**Resultados turno de la tarde en Nodo Chacao**

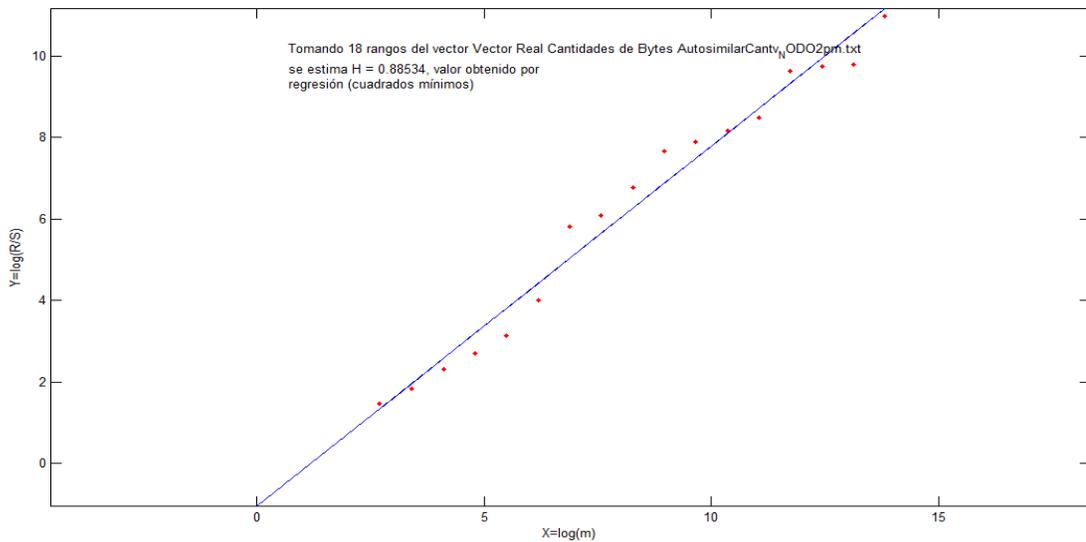
Resultados para la variable tamaño en *bytes* del paquete

- Serie escalada:



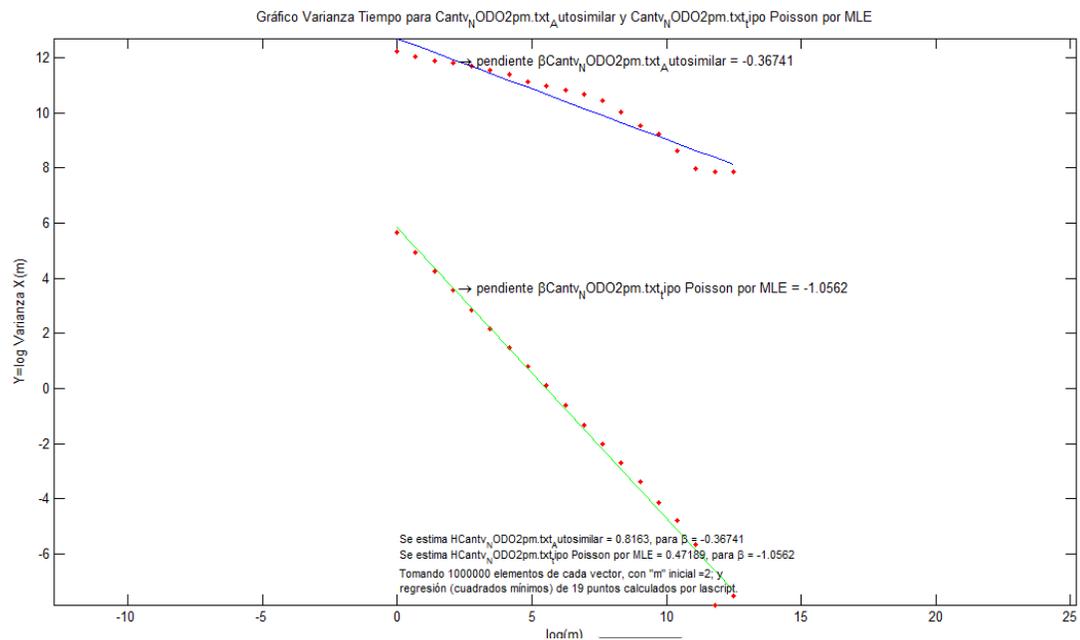
**Figura 1. 9:** Serie escalada resultante del nodo Chacao, turno de la tarde en función de tamaño en *bytes* de paquetes comparada con el trafico poisson. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método Rango Escalado:



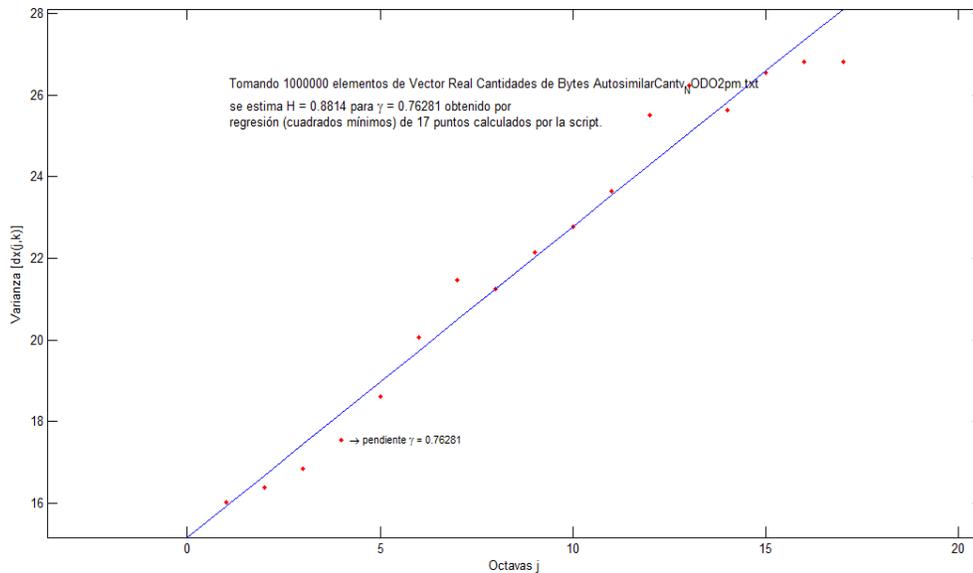
**Figura 1. 10:** Gráfica nodo Chacao turno de la tarde método rango escalado respecto a tamaño en *bytes* de los paquetes. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método Varianza-Tiempo:



**Figura 1. 11:** Gráfica nodo Chacao turno de la tarde método varianza tiempo respecto a tamaño en *bytes* de los paquetes comparado con el trafico poisson. Fuente: elaboración Propia.

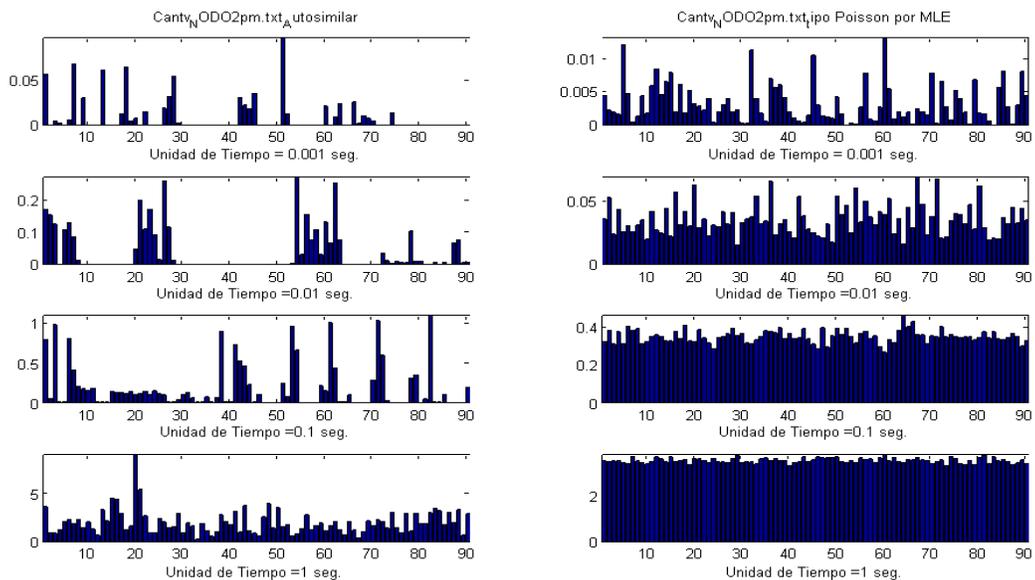
- Cálculo parámetro de hurst método transformada *wavelet*:



**Figura 1. 12:** Gráfica nodo Chacao turno de la tarde método transformada *wavelet*, tamaño en *bytes* de paquetes. Fuente: elaboración Propia.

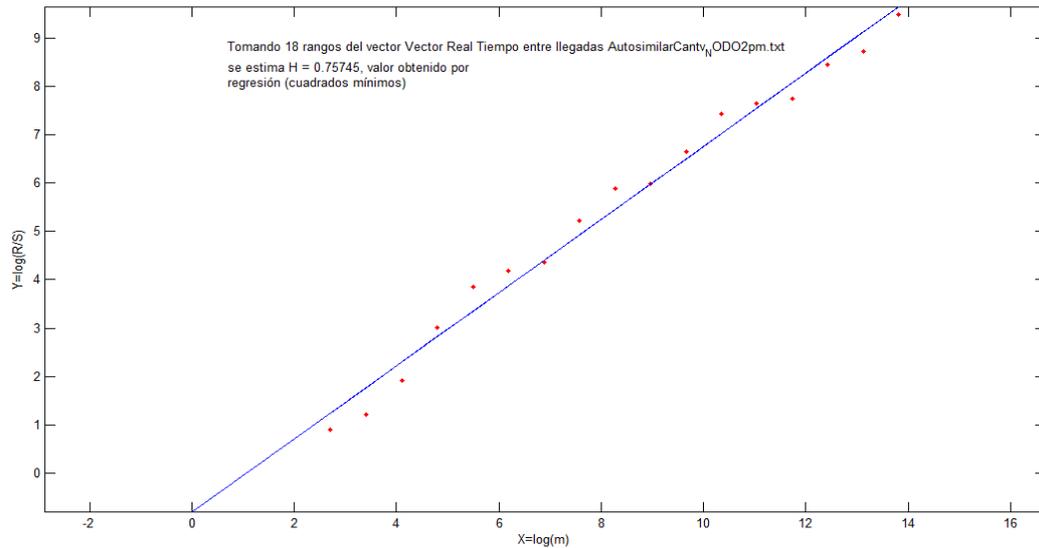
Resultados para la variable tiempo entre llegadas de los paquetes

- Serie escalada:



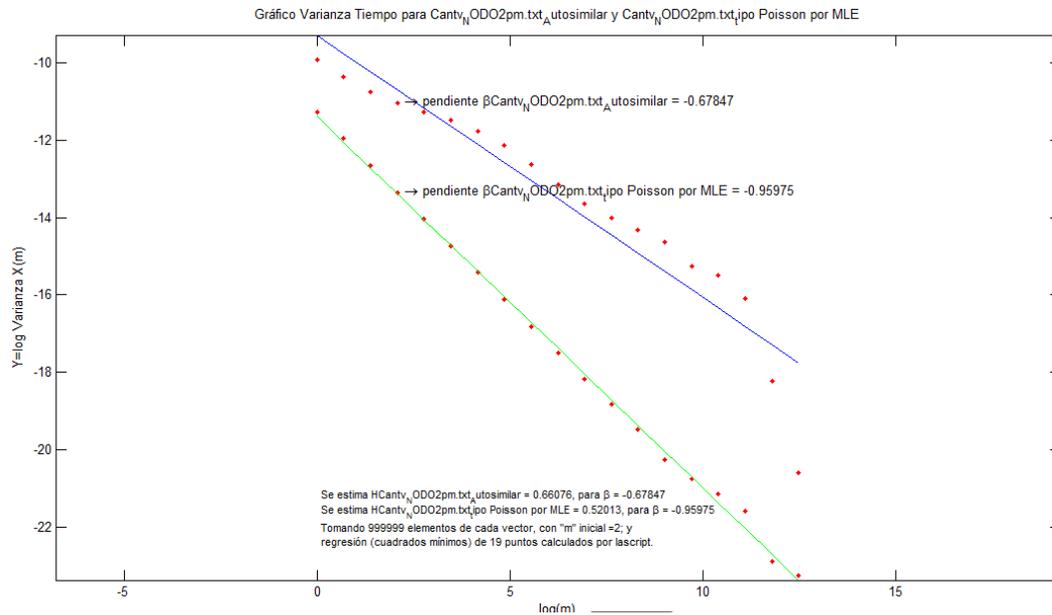
**Figura 1. 13:** Serie escalada resultante del nodo Chacao, turno de la tarde en función de tiempo entre llegada de paquetes comparada con el trafico poisson. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método Rango Escalado:



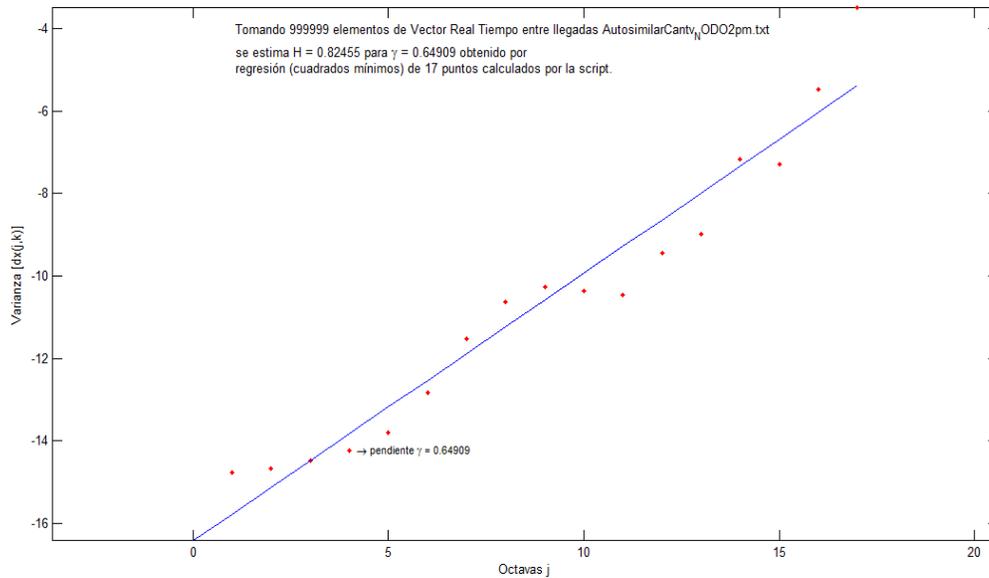
**Figura 1. 14:** Gráfica nodo Chacao turno de la tarde método rango escalado respecto a tiempo entre llegada de los paquetes. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método Varianza-Tiempo:



**Figura 1. 15:** Gráfica nodo Chacao turno de la tarde método varianza tiempo respecto a tiempo entre llegada de los paquetes comparado con el tráfico poisson. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método transformada *wavelet*:

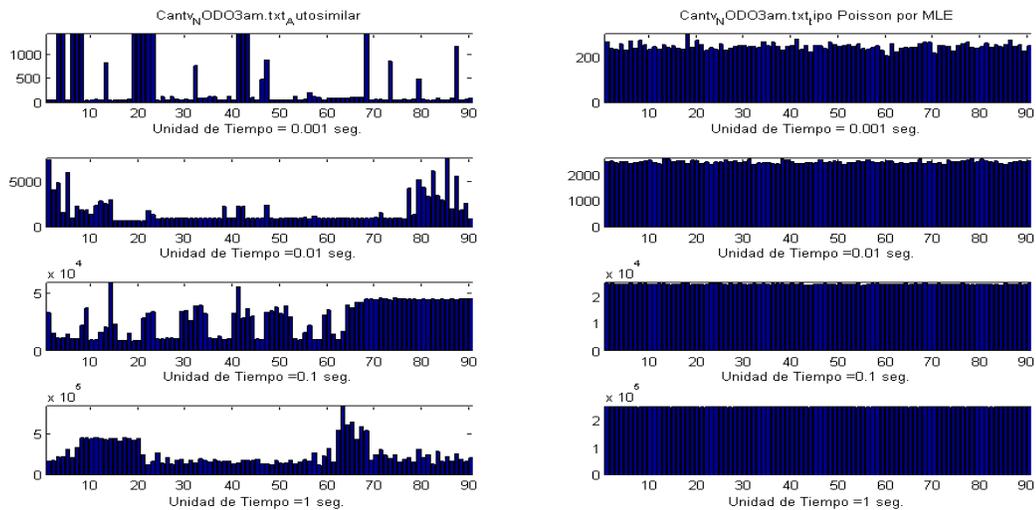


**Figura 1. 16:** Gráfica nodo Chacao turno de la tarde método transformada *wavelet*, tiempo entre llegada de paquetes. Fuente: elaboración Propia.

**Resultados turno de la Mañana en Nodo Boleíta**

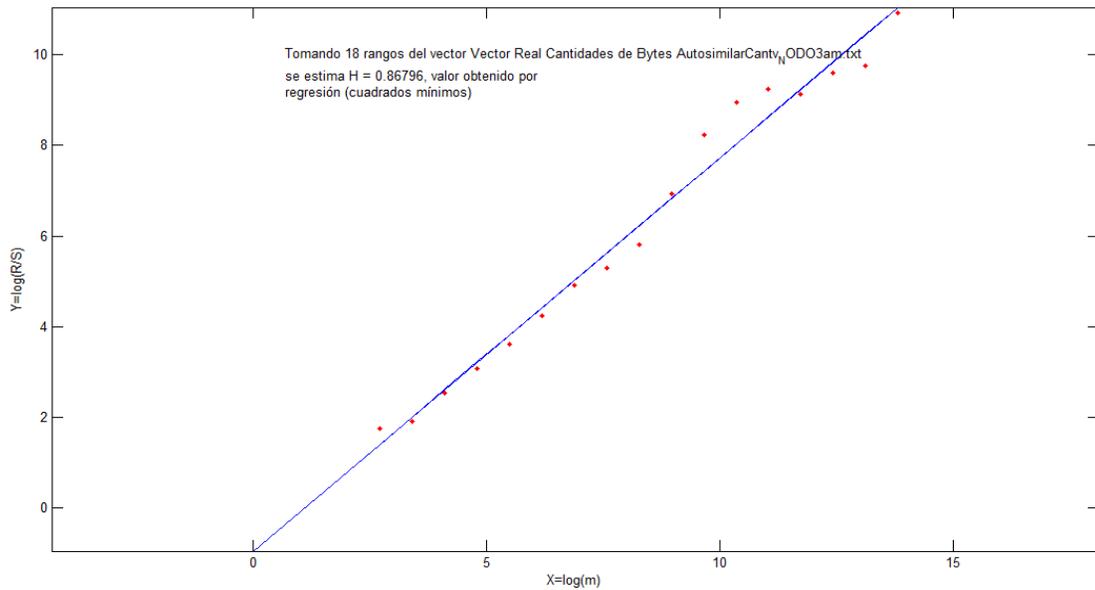
Resultados para la variable tamaño en *bytes* del paquete

- Serie escalada:



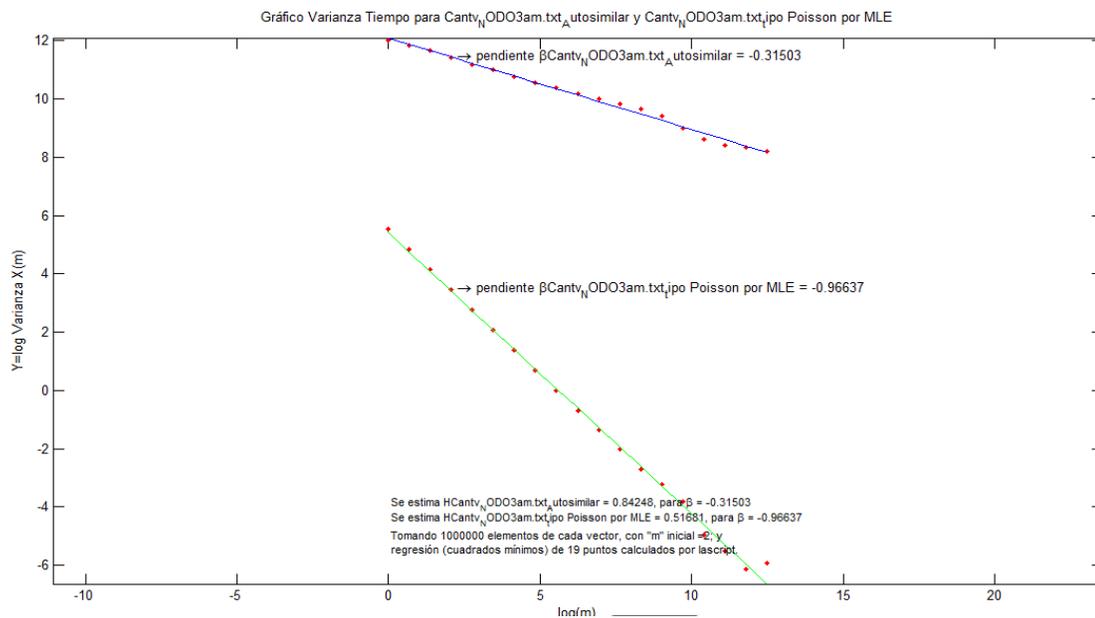
**Figura 1. 17:** Serie escalada resultante del nodo Boleíta, turno de la mañana en función de tamaño en bytes de paquetes comparada con el tráfico poisson. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método Rango Escalado:



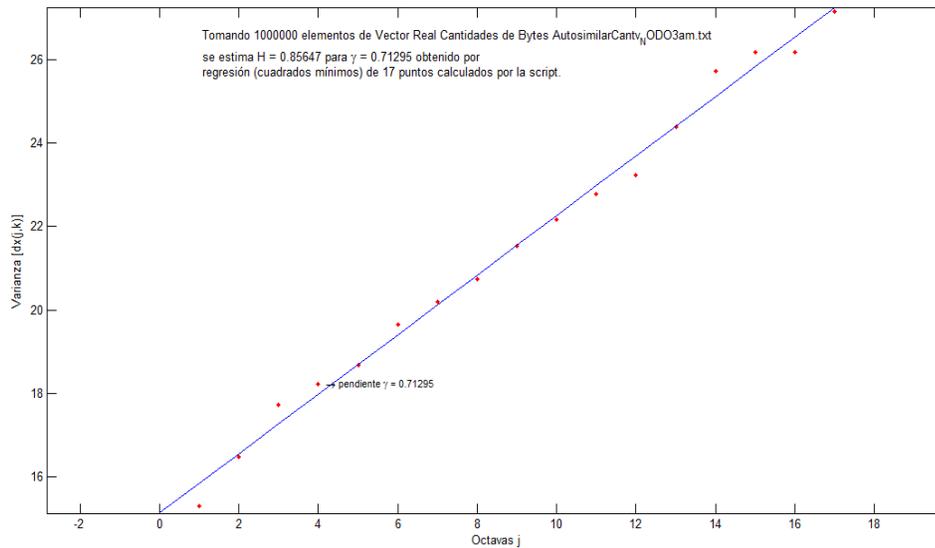
**Figura 1. 18:** Gráfica nodo Boleíta turno de la mañana método rango escalado respecto a tamaño en *bytes* de los paquetes. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método Varianza-Tiempo:



**Figura 1. 19:** Gráfica nodo Boleíta turno de la mañana método varianza tiempo respecto a tamaño en *bytes* de los paquetes comparada con el trafico poisson. Fuente: elaboración Propia.

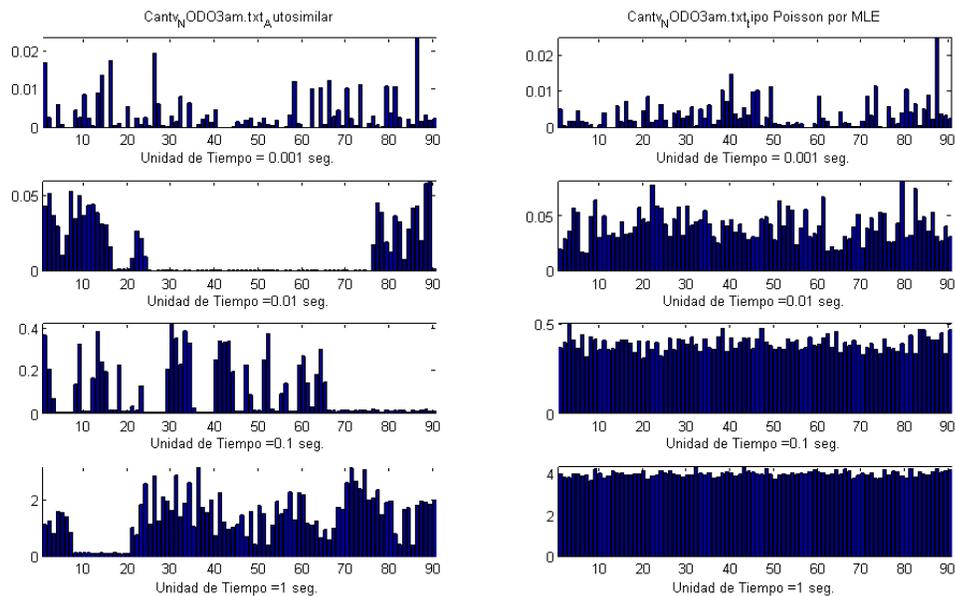
- Cálculo parámetro de hurst método transformada *wavelet*:



**Figura 1. 20:** Gráfica nodo Boleíta turno de la mañana método transformada *wavelet*, tamaño en *bytes* de paquetes. Fuente: elaboración Propia.

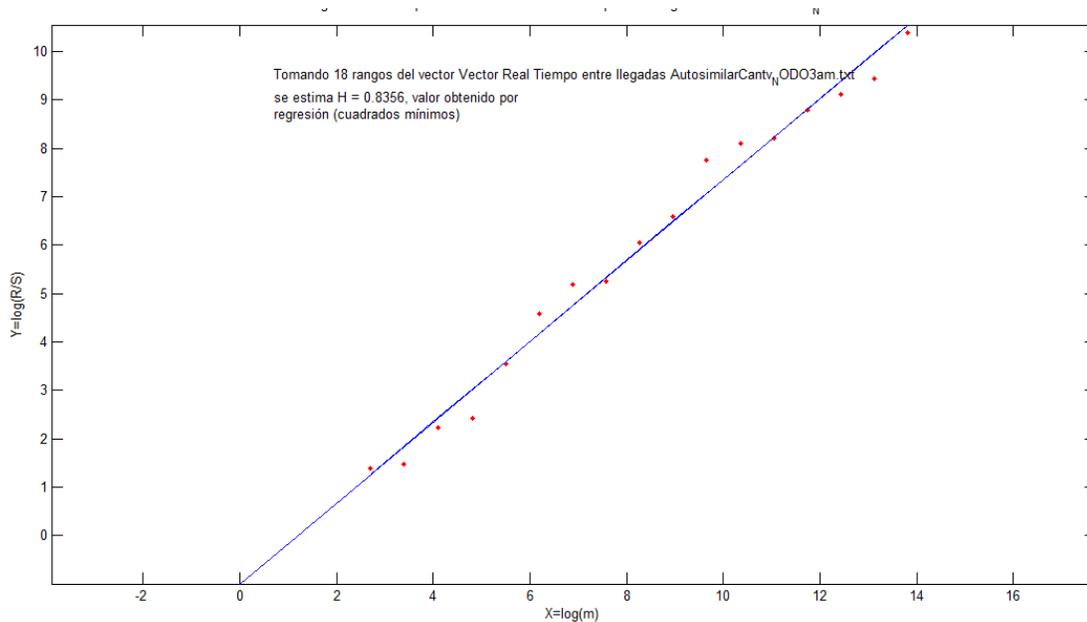
Resultados para la variable tiempo entre llegadas de los paquetes

- Serie escalada:



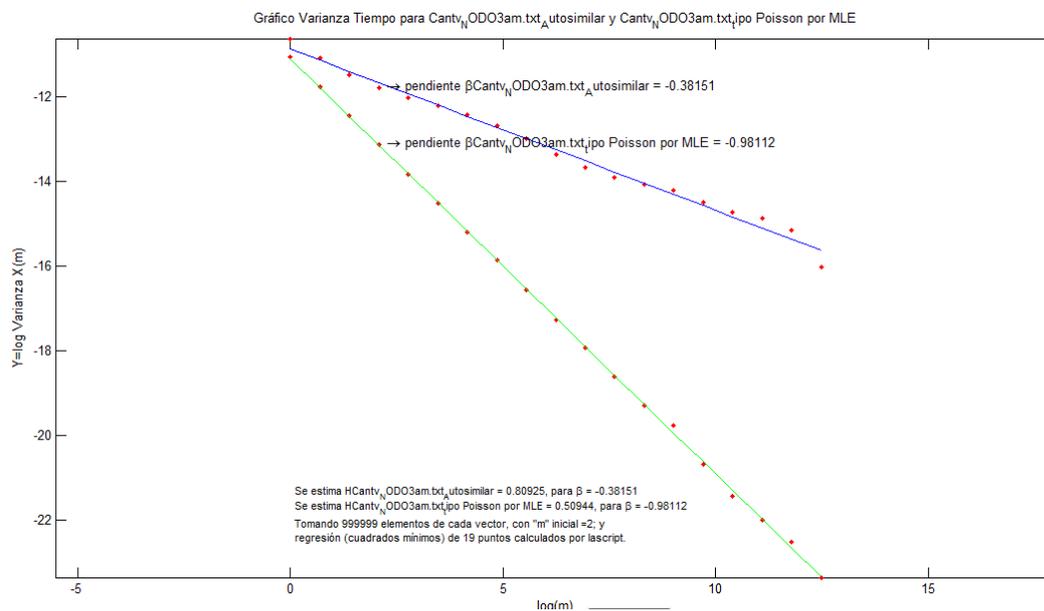
**Figura 1. 21:** Serie escalada resultante del nodo Boleíta, turno de la mañana en función de tiempo entre llegada de paquetes comparada con el trafico poisson. Fuente: elaboración Propia.

- **Cálculo parámetro de hurst método Rango Escalado:**



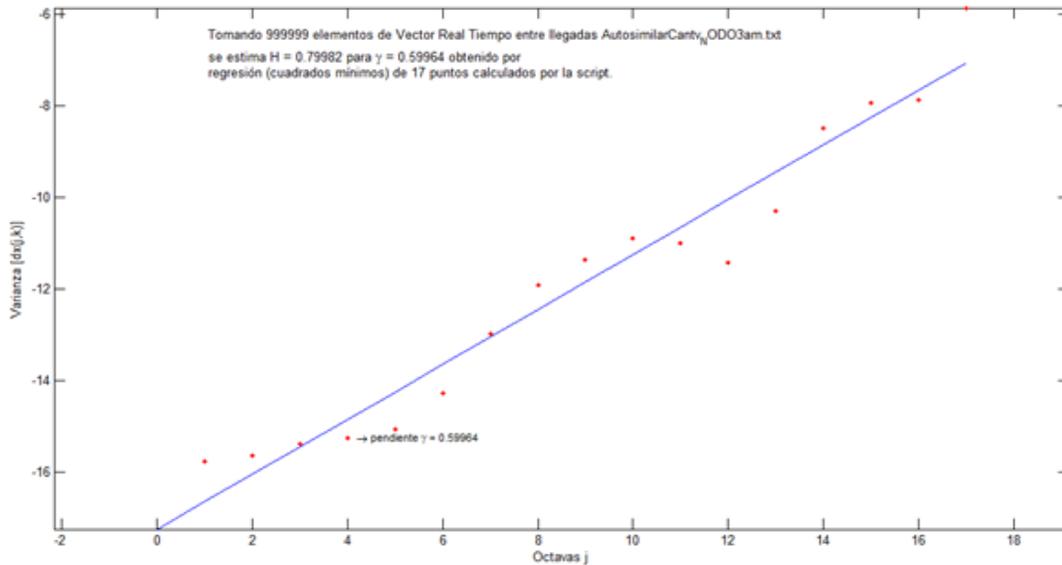
**Figura 1. 22:** Gráfica nodo Boleíta turno de la mañana método rango escalado respecto a tiempo entre llegada de los paquetes. Fuente: elaboración Propia.

- **Cálculo parámetro de hurst método Varianza-Tiempo:**



**Figura 1. 23:** Gráfica nodo Boleíta turno de la mañana método varianza tiempo respecto a tiempo entre llegada de los paquetes comparado con el trafico poisson. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método transformada *wavelet*:

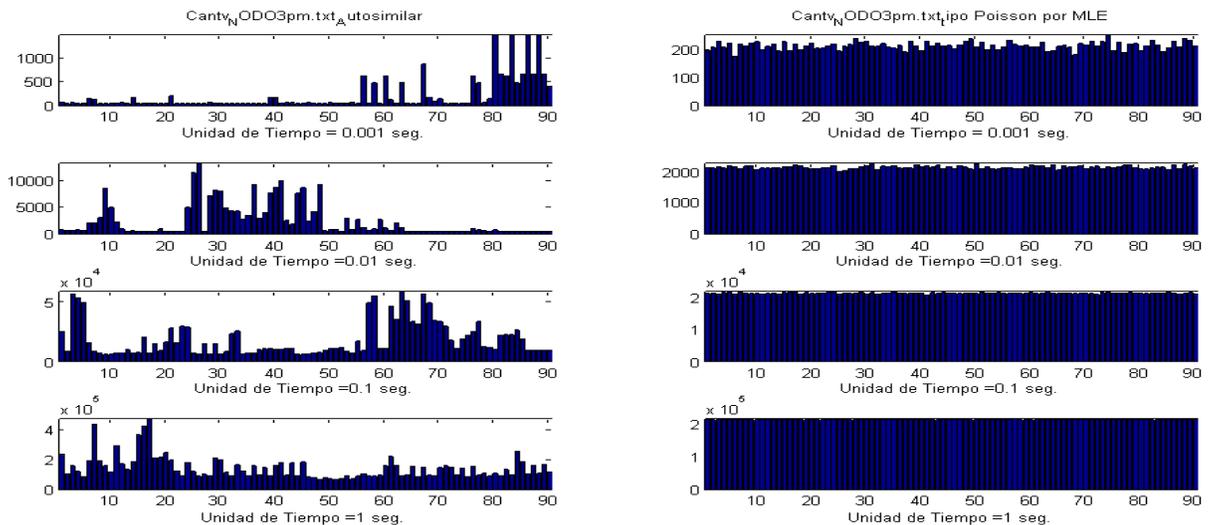


**Figura 1. 24:** Gráfica nodo Boleíta turno de la mañana método transformada *wavelet*, tiempo entre llegada de paquetes. Fuente: elaboración Propia.

**Resultados turno de la tarde en Nodo Boleíta**

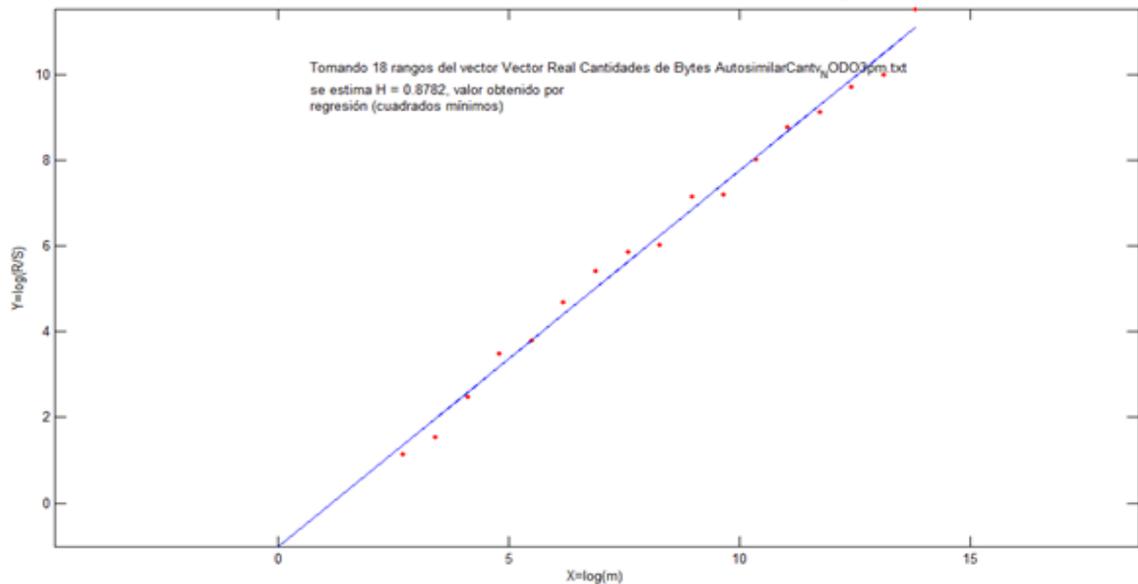
Resultados para la variable tamaño en *bytes* del paquete

- Serie escalada:



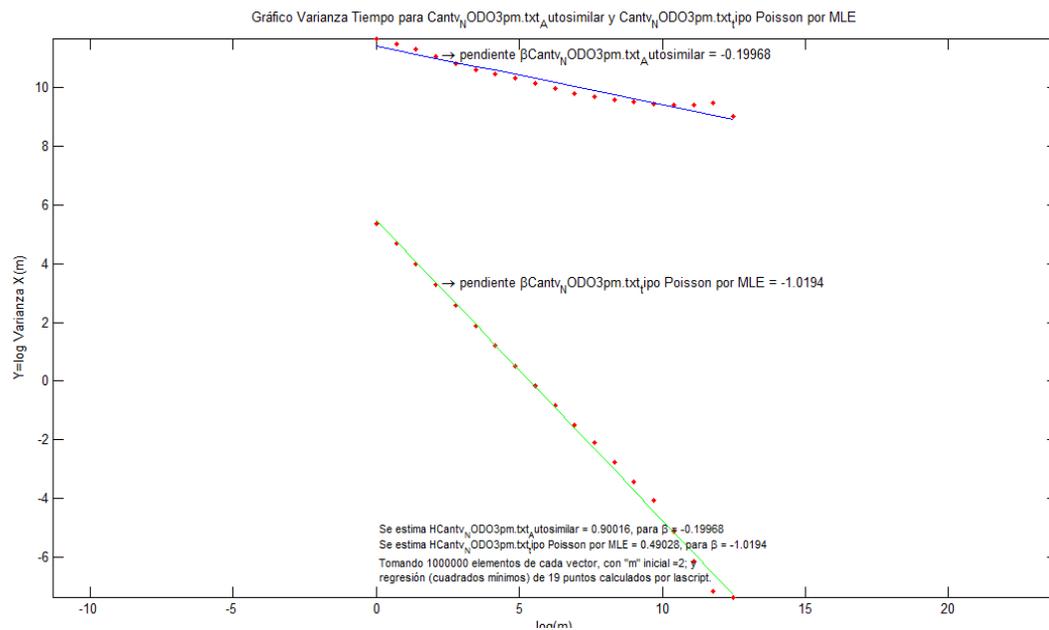
**Figura 1. 25:** Serie escalada resultante del nodo Boleíta, turno de la tarde en función de tamaño en *bytes* de paquetes comparada con el trafico poisson. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método Rango Escalado:



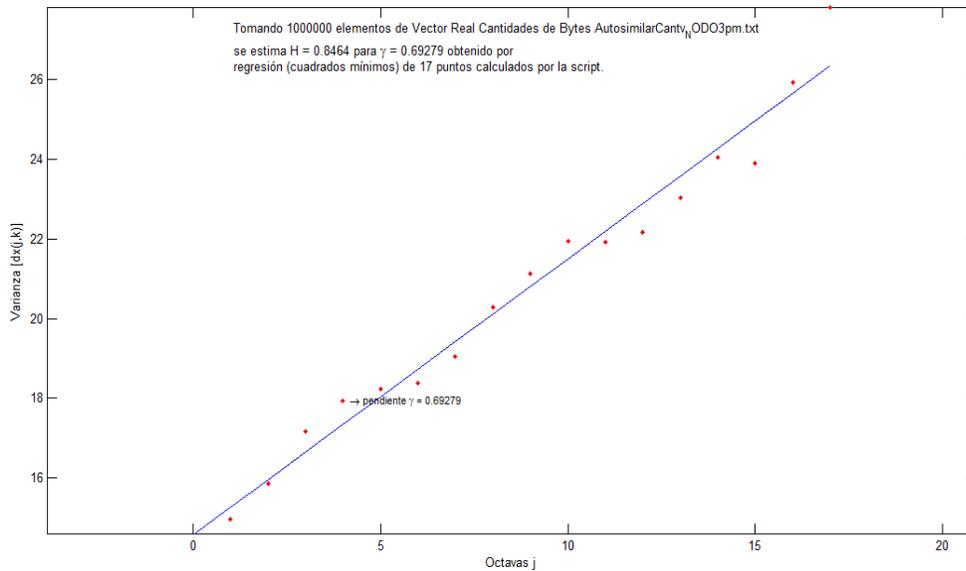
**Figura 1. 26:** Gráfica nodo Boleíta turno de la tarde método rango escalado respecto a tamaño en *bytes* de los paquetes. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método Varianza-Tiempo:



**Figura 1. 27:** Gráfica método varianza tiempo respecto a tamaño en *bytes* de los paquetes comparado con el tráfico poisson. Fuente: elaboración Propia.

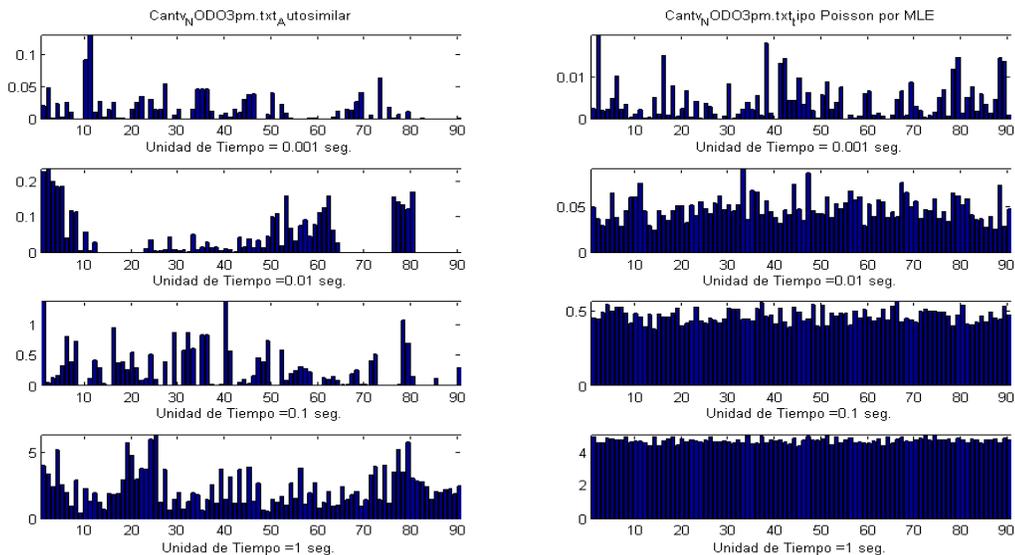
- Cálculo parámetro de hurst método transformada *wavelet*:



**Figura 1. 28:** Gráfica nodo Boleíta turno de la tarde método transformada *wavelet*, tamaño en *bytes* de paquetes. Fuente: elaboración Propia.

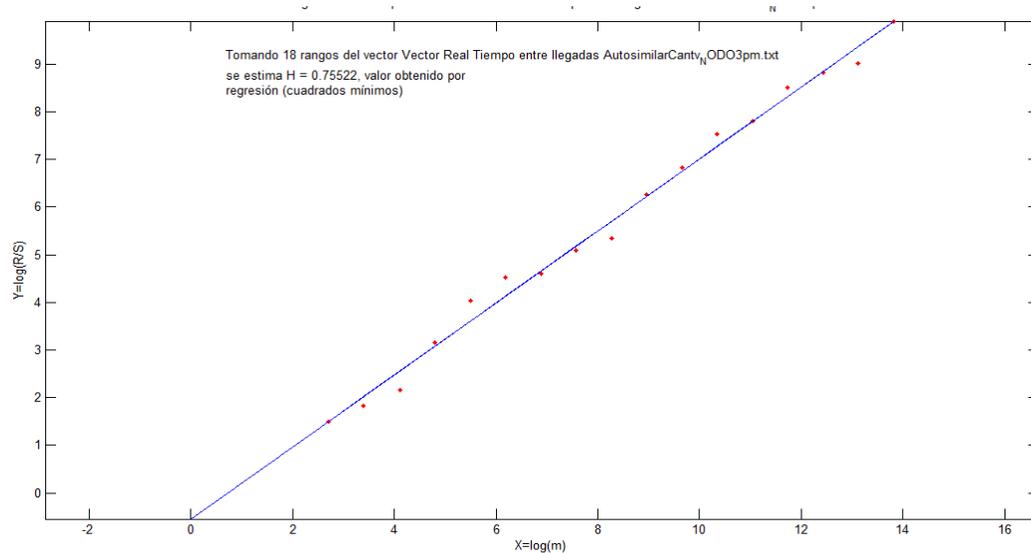
Resultados para la variable tiempo entre llegadas de los paquetes

- Serie escalada:



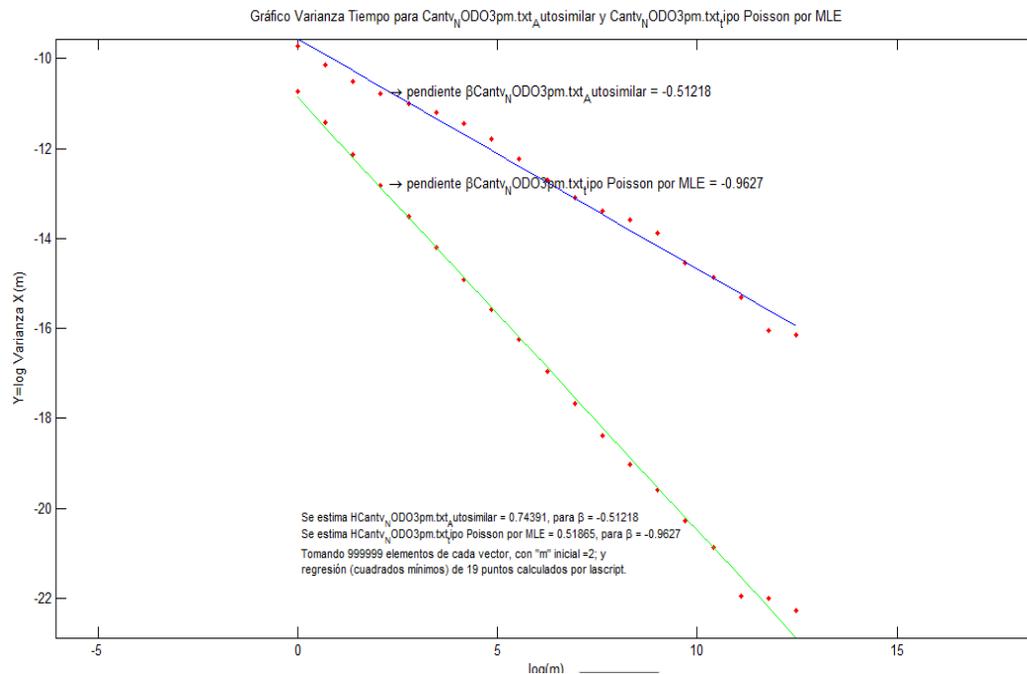
**Figura 1. 29:** Serie escalada resultante del nodo Boleíta, turno de la tarde en función de tiempo entre llegada de paquetes comparada con el tráfico poisson. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método Rango Escalado:



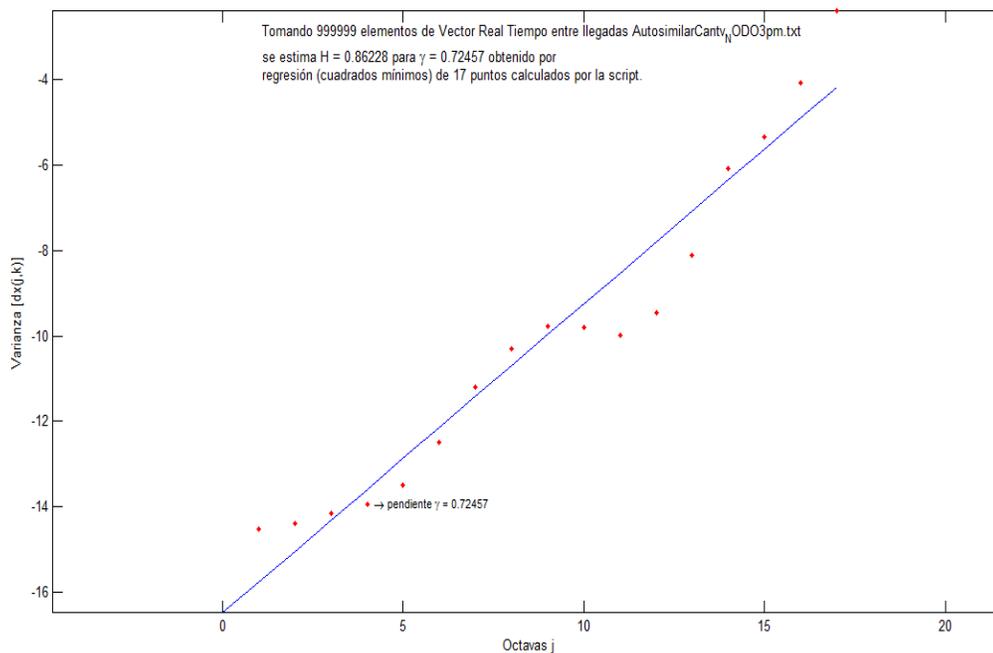
**Figura 1. 30:** Gráfica nodo Boleíta turno de la tarde método rango escalado respecto a tiempo entre llegada de los paquetes. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método Varianza-Tiempo:



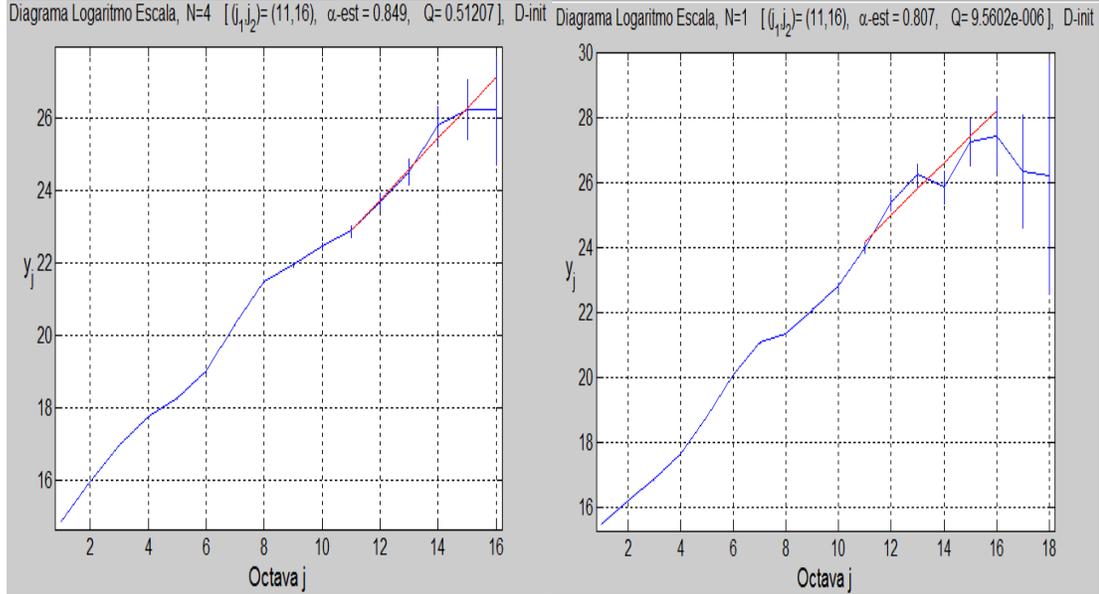
**Figura 1. 31:** Gráfica nodo Boleíta turno de la tarde método varianza tiempo respecto a tiempo entre llegada de los paquetes comparado con el trafico poisson. Fuente: elaboración Propia.

- Cálculo parámetro de hurst método transformada *wavelet*:

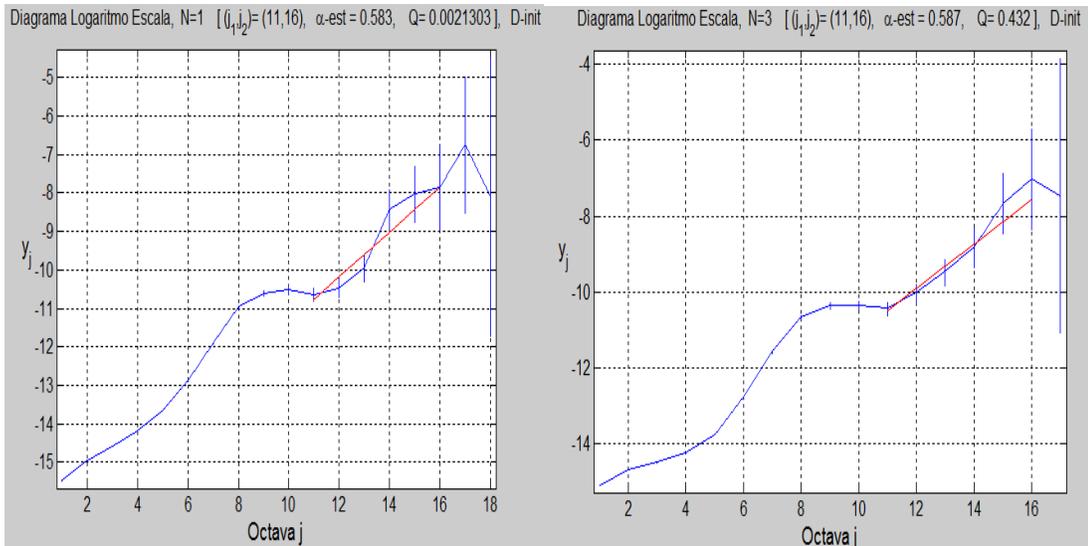


**Figura 1. 32:** Gráfica nodo Boleíta turno de la tarde método transformada *wavelet*, tiempo entre llegada de paquetes. Fuente: elaboración Propia.

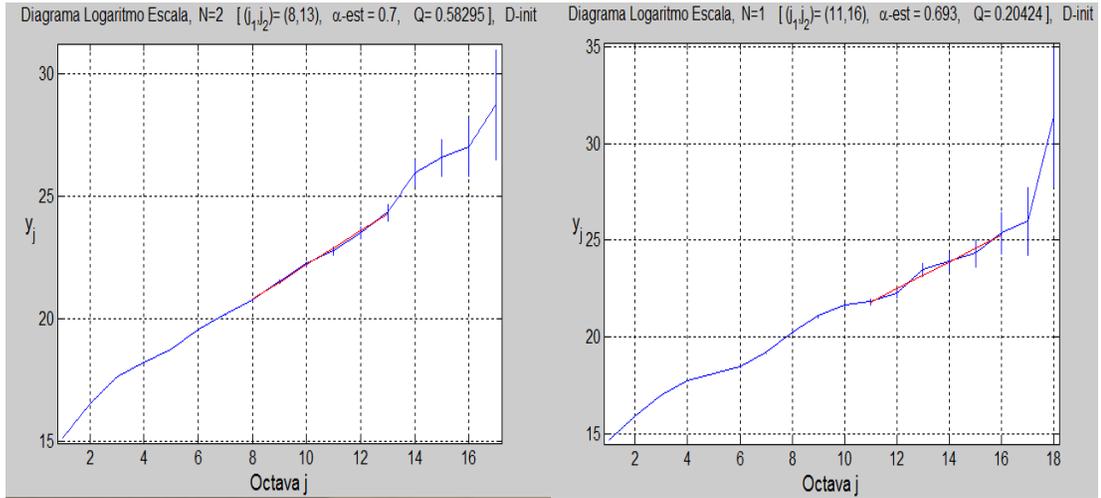
A continuación se muestran las representaciones gráficas de los rangos óptimos de cálculos del parámetro de Hurst en función a los coeficientes generados a partir del método de transformada *wavelets*, en donde se aprecia la tendencia en ambos nodos al escenario de propiedad de fractales evidenciado por la inclinación de la recta hacia pendiente positiva próxima a uno, el rango de la curva mostrado en color rojo indica el rango de mayor concentración de potencia de la curva de muestras luego de realizado el barrido por la ondícula, es en este intervalo donde se encuentra el parámetro Hurst más óptimo y que delimita de mejor forma el escenario en el que se encuentran las muestras en estudio según sea el caso.



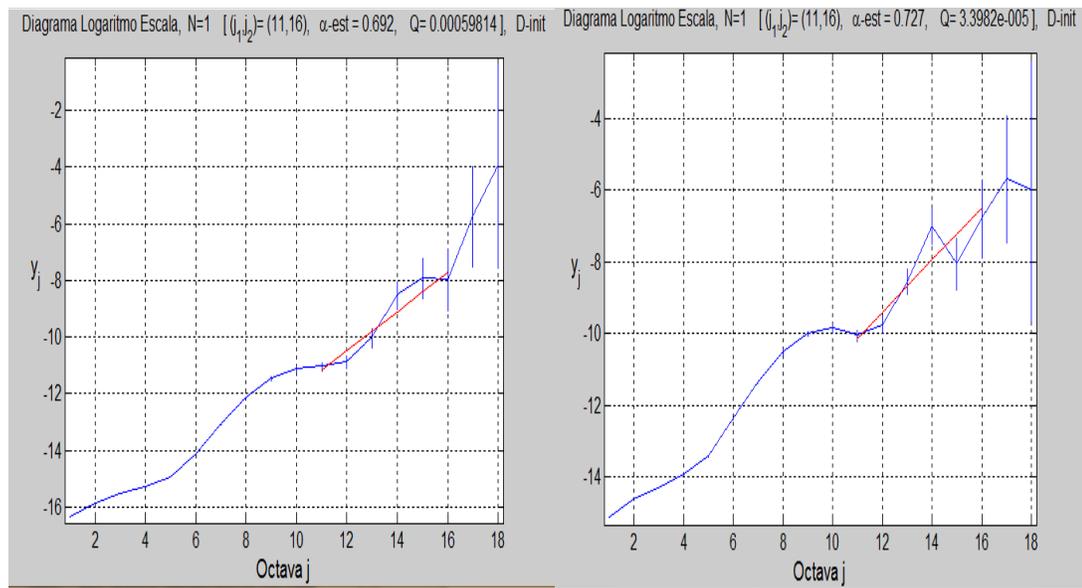
**Figura 1. 33:** Coeficientes *Wavelet* en función de la variable cantidad de *bytes* de paquetes en el nodo Chacao, turnos mañana y tarde respectivamente. Fuente: elaboración Propia.



**Figura 1. 34:** Coeficientes *Wavelet* en función de la variable tiempo entre llegada de paquetes en el nodo Chacao, turnos mañana y tarde respectivamente. Fuente: elaboración Propia.



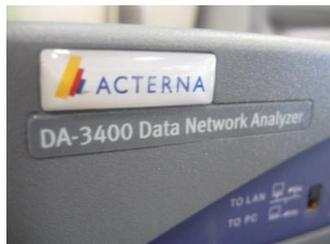
**Figura 1. 35:** Coeficientes *Wavelet* en función de la variable cantidad de *bytes* de paquetes en el nodo Boleíta, turnos mañana y tarde respectivamente. Fuente: elaboración Propia.



**Figura 1. 36:** Coeficientes *Wavelet* en función de la variable tiempo entre llegada de paquetes en el nodo Boleíta, turnos mañana y tarde respectivamente. Fuente: elaboración Propia.

## ANEXO 2

### Equipo implementado para la realización de las mediciones:



El equipo se distingue por el nombre DA-3400 en donde este es una poderosa plataforma multitecnologica que permite en un solo instrumento analizar de bajas a altas velocidades en las redes LAN, WAN y ATM. Proporciona una visibilidad de los difíciles problemas relacionados con la IP.

- Datos automatizados de los problemas de identificación de las redes LAN, WAN y ATM
- Sofisticado, señalización en tiempo real y análisis de protocolo de enrutamiento.
- Analizador integral que incl. uye filtros, capturas y decodificación.
- De uso local y remoto.
- Multicapa (físico, transporte y aplicación). Capa análisis.
- Multitecnologia (velocidad de T1/E1 a GigE) en un poderoso instrumento.
- Informes imprimibles y transferibles a bases de datos.
- RAM de captura a 1 Gigabyte con filtros y disparos.
- Análisis históricos del periodo de tiempo seleccionado.
- Análisis en tiempo real de los protocolos de encaminamiento, señalización y autenticación.

### Especificaciones:

- Factor de forma: Externo
- Tecnología de conectividad: Cableada
- Velocidad de transferencia de datos: 1 Gbps.
- Protocolo de enlace de datos: Ethernet, Gigabit Ethernet, Fast Ethernet.
- Interfaces: Puerto eléctrico CH1, CH2, 1.0 x Network – Ethernet 10Base-T/100Base-Tx – SC X 2, 1.0 x Network – Ethernet 1000Base-LX – RJ-45.
- Sistema Operativo Requerido: Microsoft Windows XP.
- Min. Tipo de procesador: 333.0 Mhz
- Detalles de Requerimiento del sistema: Windows XP – RAM 128.0 MB – HD 200.0 MB

- Soporte 10/100/Gigabit Ethernet en un único módulo.
- OC-3/STM-1 y OC-12/STM-4 en un único módulo de interfaz.
- T1/FT1, E1/FE1, DS3/FDS3 y E3 en un único módulo de interfaz.
- Soporte MPLS.
- Potentes funciones de filtrado, incluyendo direcciones, número de puerto y protocolo

### Compañía Fabricante:

JDSU, con sedes en América, Europa, Medio Oriente, Asia y el Pacífico.

### Sede Corporativa:

JDS Uniphase Corporation  
JDSU Headquarters  
430 N. McCarthy Blvd.  
Milpitas, CA  
95035, USA

### Interfaces del equipo:



CONEXIÓN A LA COMPUTADORA

**Figura 2. 1:** Diagrama de conexión a la computadora del equipo ACTERNA.  
Fuente: Investigación Web.



**Figura 2. 2:** Diagrama de conexión al router correspondiente y al Backbone del equipo ACTERNA. Fuente: Investigación Web.



**Figura 2. 3:** Topología de conexión del equipo ACTERNA en los Nodos de medición de CANTV. Fuente: elaboración Propia.

La captura de paquetes se lleva a cabo mediante la conexión del equipo mencionado, al cable que establece la conexión entre el router del nodo de CANTV a estudiar y el BACKBONE IP, como se muestra en las figuras de las interfaces del equipo.

Luego de haber establecido la conexión, se inicia la captura del tráfico, a través del software del equipo ACTERNA previamente instalado en la computadora a trabajar. Al obtener la cantidad de paquetes deseada, en este caso un millón de los mismos, se detiene y se guarda la captura del tráfico de paquetes para su próxima evaluación y estudio respectivo a realizar.

## **ANEXO 3**

### **LISTA DE ACRONIMOS**

#### **A:**

ASCII: American Standard Code for Information Interchange, Código Estándar Norteamericano para el Intercambio de Información

#### **C:**

CANTV: Compañía Anónima Nacional de Teléfonos de Venezuela

CNT: Centro Nacional de Telecomunicaciones

#### **F:**

FDDI: Fiber Distributed Data Interface, Interface de Fibra de Datos Distribuidos

FIFO: First In First Out, Primero en Entrar Primero en Salir

#### **H:**

HTTP: Hyper Text Transfer Protocol, Protocolo de Transferencia de Hipertexto.

#### **I:**

IEEE: The Institute of Electrical and Electronic Engineers, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

IETF: Internet Engineering Task Force, Fuerza de Trabajo de Ingeniería de Internet.

IP: Internet Protocol, Protocolo de Internet

ITU: International Telecommunications Union, Unión Internacional de Telecomunicaciones.

#### **L:**

LAN: Local Area Network, Red de Área Local.

LIFO: Last In First Out, Ultimo Entrado Primero Salido.

LRD: Long Range Dependence, Dependencia a Largo Rango.

**M:**

MPLS: Multi-Protocol Label Switching, Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo.

MRA: Multi-Resolution Analysis, Análisis Multi- Resolución.

**N:**

NGN: Next Generation Networking, Redes de Próxima Generación.

**O:**

OSI: Open System Interconnection, Interconexión de Sistemas Abiertos.

**P:**

POTS: Plain Old Telephone System, Sistema Telefónico Ordinario.

**Q:**

QoS: Quality Of System, Calidad de Servicio.

**R:**

RED: Random Early Detection, Detección Temprana Aleatoria.

RFC: Registro Federal de Contribuyentes.

**S:**

SNMP: Simple Network Management Protocol, Protocolo de Gestión de Red  
Simplificada.

SRD: Short Range Dependence, Dependencia a Corto Rango.

**T:**

TDM: Time Division Multiplexing, Multiplexación por División de Tiempo.

**V:**

VLAN: Virtual Local Area Network, Red de Area Local Virtual.

**W:**

WRED: Weighted Random Early Detection, Detección Temprana Aleatoria Ponderada.

**X:**

XDSL: X (Any type of) Digital Subscriber Line, Cualquier tipo de Linea Digital de Suscriptor.