



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA TELECOMUNICACIONES

**IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DIFFSERV (QOS) EN UN
ENTORNO DE TRÁFICO REAL PARA EVALUAR EL
COMPORTAMIENTO DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE
SERVICIO EN EQUIPOS CISCO Y MIKROTIK.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: ROBINSON PAÚL CANDO BASANTES

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

**IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DIFFSERV (QOS) EN UN
ENTORNO DE TRÁFICO REAL PARA EVALUAR EL
COMPORTAMIENTO DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE
SERVICIO EN EQUIPOS CISCO Y MIKROTIK**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES, Y
REDES**

AUTOR: ROBINSON PAÚL CANDO BASANTES

DIRECTOR: Ing. OSWALDO GEOVANNY MARTINEZ GUASHIMA MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, **Robinson Paúl Cando Basantes**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **ROBINSON PAÚL CANDO BASANTES**, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de noviembre de 2022



Robinson Paúl Cando Basantes

060397392-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

El tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico, “IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DIFFSERV (QOS) EN UN ENTORNO DE TRÁFICO REAL PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO EN EQUIPOS CISCO Y MIKROTIK”, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Paúl David Moreno Aviles PHd.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



2023-04-03

Ing. Oswaldo Geovanny Martínez Guásima MSc.
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-04-03

Ing. Raúl Marcelo Lozada Yánez MSc.
**ASESOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-04-03

DEDICATORIA

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy actualmente, por los principios y valores inculcados, por la motivación constante para alcanzar mis anhelos. Mi familia que fue el pilar fundamental que al caer fue el motor para levantarme. A mis estimados compañeros que me acompañaron en esta jungla de adversidades, pero no imposibles y así poder cumplir este objetivo tan anhelado.

Robinson Cando

AGRADECIMIENTO

A mis padres, hermanos, compañeros, cuerpo docente de la carrera de la Facultad de Informática y Electrónica, especialmente a los miembros de tribunal Ing. Oswaldo Martínez MSc, Ing Raúl Lozada MSc y Ing. David Moreno PHd que me guiaron en la elaboración correcta del Trabajo de Integración Curricular.

Robinson Cando

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.3.1. Justificación teórica.....	3
1.3.2. Justificación aplicativa.....	5
1.4. Objetivos.....	7
1.4.1. Objetivo general.....	7
1.4.2. Objetivos específicos.....	7
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	8
2.1. Calidad de Servicio.....	8
2.1.1. Parámetros calidad de servicio.....	8
2.1.1.1 Ancho de Banda (Bandwidth).....	8
2.1.1.2 Retador (Delay).....	9
2.1.1.3 Variación del Retardo (Jitter).....	9
2.1.1.4 Pérdida (Loss).....	9
2.1.2. Modelos de Calidad de Servicio.....	9
2.1.2.1 Mejor esfuerzo (Best-Effort).....	9
2.1.2.2 Servicios Integrados (IntServ).....	10
2.1.2.3 Servicios Diferenciados (DiffServ).....	10
2.1.3. Tipos de tráfico.....	14

2.1.3.1	<i>Tráfico Elástico</i>	14
2.1.3.2	<i>Tráfico no Elástico</i>	15
2.1.3.3	<i>Clasificación de tráfico</i>	15
2.2.	Embedded Packet Capture	16
2.3.	Packet Sniffer	16
2.4.	Omnipeek	16
2.5.	Elementos hardware	17
2.5.1.	<i>Mikrotik</i>	17
2.5.1.1	<i>RouterOS</i> . 17	
2.5.1.2	<i>Router CCR1016-12G</i>	18
2.5.2.	<i>Cisco</i>	19
2.5.2.1	<i>Sistema Operativo Internetwork (IOS)</i>	19
2.5.2.2	<i>Router Cisco2911/9K</i>	21
 CAPÍTULO III		
3.	MARCO METODOLÓGICO	22
3.1.	Materiales	22
3.2.	Generación de tráfico.	22
3.2.1.	<i>Configuración del software TRex</i>	23
3.2.1.1	<i>Configuración de direccionamiento</i>	23
3.2.1.2	<i>Configuración y ejecución del archivo de tráfico</i>	24
3.3.	Diagrama de implementación de Calidad de Servicio	26
3.3.1.	<i>Análisis e identificación</i>	27
3.3.2.	<i>Marcado</i>	27
3.3.3.	<i>Administración y control</i>	27
3.3.4.	<i>Análisis y Monitoreo</i>	27
3.4.	Análisis e identificación del tráfico	27
3.5.	Escenario con equipos Mikrotik	28
3.5.1.	<i>Configuración básica Mikrotik R1</i>	30
3.5.1.1	<i>Direccionamiento y habilitación de interfaces</i>	30
3.5.1.2	<i>Enrutamiento mediante Rutas Estáticas</i>	30
3.5.2.	<i>Configuración básica Mikrotik R2</i>	31
3.5.2.1	<i>Direccionamiento y habilitación de interfaces</i>	31
3.5.2.2	<i>Enrutamiento mediante Rutas Estáticas</i>	32
3.5.3.	<i>Implementación de Servicios Diferenciados de Calidad de Servicio Mikrotik R1-R2</i>	32
3.5.3.1	<i>Clasificación y marcado de tráfico</i>	32

3.5.3.2	<i>Control de tráfico</i>	40
3.6.	Escenario con equipos Cisco	42
3.6.1.	Configuración básica Cisco R1	43
3.6.1.1	<i>Direccionamiento y habilitación de interfaces</i>	43
3.6.1.2	<i>Enrutamiento mediante Rutas Estáticas</i>	44
3.6.2.	Configuración básica Cisco R2	45
3.6.2.1	<i>Direccionamiento y habilitación de interfaces</i>	45
3.6.2.2	<i>Enrutamiento mediante Rutas Estáticas</i>	46
3.6.3.	Implementación de Servicios Diferenciados de Calidad de Servicio Cisco R1-R2 47	
3.6.3.1	<i>Clasificación y marcado de tráfico</i>	47
3.6.3.2	<i>Control de tráfico</i>	48
 CAPÍTULO IV		
4.	MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS	51
4.1.	Tabulación de datos equipos Mikrotik	51
4.1.1.	<i>Sin Calidad de Servicio</i>	51
4.1.1.1	<i>Distribución de tráfico</i>	51
4.1.1.2	<i>Ancho de banda total</i>	52
4.1.1.3	<i>Ancho de banda servicio Streaming</i>	52
4.1.1.4	<i>Latencia</i>	53
4.1.1.5	<i>Pérdida de paquetes</i>	53
4.1.1.6	<i>Jitter</i>	53
4.1.1.7	<i>Cpu R1</i>	54
4.1.1.8	<i>Cpu R2</i>	54
4.1.1.9	<i>Resumen de parámetros</i>	55
4.1.1.10	<i>Calidad de las llamadas</i>	55
4.1.2.	<i>Con Calidad de Servicio</i>	56
4.1.2.1	<i>Distribución de tráfico</i>	56
4.1.2.2	<i>Ancho de banda total</i>	57
4.1.2.3	<i>Ancho de banda servicio Streaming</i>	57
4.1.2.4	<i>Latencia</i>	58
4.1.2.5	<i>Pérdida de paquetes</i>	58
4.1.2.6	<i>Jitter</i>	59
4.1.2.7	<i>Cpu R1</i>	59
4.1.2.8	<i>Cpu R2</i>	59
4.1.2.9	<i>Resumen de parámetros</i>	60
4.1.2.10	<i>Calidad de las llamadas</i>	60

4.2.	Tabulación de datos equipos Cisco	62
4.2.1.	<i>Sin Calidad de Servicio</i>	62
4.2.1.1	<i>Distribución de tráfico</i>	62
4.2.1.2	<i>Ancho de banda total</i>	62
4.2.1.3	<i>Ancho de banda servicio Streaming</i>	63
4.2.1.4	<i>Latencia</i>	63
4.2.1.5	<i>Pérdida de paquetes</i>	63
4.2.1.6	<i>Jitter</i>	64
4.2.1.7	<i>Cpu R1</i>	64
4.2.1.8	<i>Cpu R2</i>	65
4.2.1.9	<i>Resumen de parámetros</i>	66
4.2.1.10	<i>Calidad de las llamadas</i>	66
4.2.2.	<i>Con Calidad de Servicio</i>	67
4.2.2.1	<i>Distribución de tráfico</i>	67
4.2.2.2	<i>Ancho de banda total</i>	68
4.2.2.3	<i>Ancho de banda servicio Streaming</i>	68
4.2.2.4	<i>Latencia</i>	68
4.2.2.5	<i>Pérdida de paquetes</i>	69
4.2.2.6	<i>Jitter</i>	69
4.2.2.7	<i>Cpu R1</i>	70
4.2.2.8	<i>Cpu R2</i>	70
4.2.2.9	<i>Resumen de parámetros</i>	71
4.2.2.10	<i>Calidad de las llamadas</i>	71
4.3.	Resultados inferenciales con y sin modelo de Calidad de Servicio	72
4.3.1.	<i>Marca Mikrotik</i>	75
4.3.1.1	<i>Hipótesis específica 1</i>	75
4.3.1.2	<i>Hipótesis específica 2</i>	75
4.3.1.3	<i>Hipótesis específica 3</i>	76
4.3.1.4	<i>Hipótesis específica 4</i>	77
4.3.1.5	<i>Hipótesis específica 5</i>	78
4.3.1.6	<i>Hipótesis específica 6</i>	79
4.3.2.	<i>Marca Cisco</i>	80
4.3.2.1	<i>Hipótesis específica 1</i>	80
4.3.2.2	<i>Hipótesis específica 2</i>	81
4.3.2.3	<i>Hipótesis específica 3</i>	81
4.3.2.4	<i>Hipótesis específica 4</i>	82
4.3.2.5	<i>Hipótesis específica 5</i>	83

4.3.2.6	<i>Hipótesis específica 6</i>	84
4.4.	Resultados inferenciales entre marcas Mikrotik y Cisco	85
4.4.1.	<i>Sin Calidad de Servicio</i>	85
4.4.1.1	<i>Hipótesis específica 1</i>	85
4.4.1.2	<i>Hipótesis específica 2</i>	86
4.4.1.3	<i>Hipótesis específica 3</i>	86
4.4.1.4	<i>Hipótesis específica 4</i>	87
4.4.1.5	<i>Hipótesis específica 5</i>	88
4.4.1.6	<i>Hipótesis específica 6</i>	89
4.4.2.	<i>Con Calidad de Servicio</i>	90
4.4.2.1	<i>Hipótesis específica 1</i>	90
4.4.2.2	<i>Hipótesis específica 2</i>	91
4.4.2.3	<i>Hipótesis específica 3</i>	91
4.4.2.4	<i>Hipótesis específica 4</i>	92
4.4.2.5	<i>Hipótesis específica 5</i>	93
4.4.2.6	<i>Hipótesis específica 6</i>	93
4.5.	Discusión de resultados	94
	CONCLUSIONES	96
	RECOMENDACIONES	97
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Códigos para selector de clase.....	13
Tabla 2-2:	Valores DSCP correspondientes AF.....	14
Tabla 3-2:	Requerimientos de calidad de servicio de aplicaciones	16
Tabla 1-3:	Tabla de direccionamiento	29
Tabla 2-3:	Tabla de direccionamiento	43
Tabla 1-4:	Recolección de medidas parámetro ancho de banda Streaming.....	52
Tabla 2-4:	Recolección de medidas parámetro latencia del enlace	53
Tabla 3-4:	Recolección de medidas parámetro pérdida de paquetes Streaming	53
Tabla 4-4:	Recolección de medidas parámetro jitter Streaming.....	54
Tabla 5-4:	Recolección de medidas parámetro CPU en R1	54
Tabla 6-4:	Recolección de medidas parámetro CPU en R2	54
Tabla 7-4:	Resumen de los parámetros recolectados	55
Tabla 8-4:	Recolección de medidas parámetro ancho de banda Streaming.....	58
Tabla 9-4:	Recolección de medidas parámetro latencia del enlace	58
Tabla 10-4:	Recolección de medidas parámetro pérdida de paquetes Streaming	58
Tabla 11-4:	Recolección de medidas parámetro jitter Streaming.....	59
Tabla 12-4:	Recolección de medidas parámetro CPU en R1	59
Tabla 13-4:	Recolección de medidas parámetro CPU en R2	60
Tabla 14-4:	Resumen de los parámetros recolectados	60
Tabla 15-4:	Recolección de medidas parámetro ancho de banda Streaming.....	63
Tabla 16-4:	Recolección de medidas parámetro latencia del enlace	63
Tabla 17-4:	Recolección de medidas parámetro pérdida de paquetes Streaming	64
Tabla 18-4:	Recolección de medidas parámetro jitter Streaming.....	64
Tabla 19-4:	Recolección de medidas parámetro CPU en R1	64
Tabla 20-4:	Recolección de medidas parámetro CPU en R2	65
Tabla 21-4:	Resumen de los parámetros recolectados	66
Tabla 22-4:	Recolección de medidas parámetro ancho de banda Streaming.....	68
Tabla 23-4:	Recolección de medidas parámetro latencia del enlace	69
Tabla 24-4:	Recolección de medidas parámetro pérdida de paquetes Streaming	69
Tabla 25-4:	Recolección de medidas parámetro jitter Streaming.....	69
Tabla 26-4:	Recolección de medidas parámetro CPU en R1	70
Tabla 27-4:	Recolección de medidas parámetro CPU en R2	70
Tabla 28-4:	Resumen de los parámetros recolectados	71
Tabla 29-4:	Pruebas de normalidad antes de aplicar Calidad de Servicio con equipos Mikrotik.....	73

Tabla 30-4:	Pruebas de normalidad antes de aplicar Calidad de Servicio con equipos Cisco.....	73
Tabla 31-4:	Pruebas de normalidad después de aplicar Calidad de Servicio con equipos Mikrotik.....	74
Tabla 32-4:	Pruebas de normalidad después de aplicar Calidad de Servicio con equipos Cisco.....	74
Tabla 33-4:	Estadísticas de grupo parámetro de ancho de banda.....	75
Tabla 34-4:	Prueba T-Student parámetro de ancho de banda de la marca Mikrotik.....	75
Tabla 35-4:	Estadísticas de grupo parámetro de latencia	76
Tabla 36-4:	Prueba T-Student parámetro de latencia de la marca Mikrotik	76
Tabla 37-4:	Cálculo del error absoluto	77
Tabla 38-4:	Estadísticas de grupo parámetro de jitter	77
Tabla 39-4:	Prueba T-Student parámetro de jitter de la marca Mikrotik.....	77
Tabla 40-4:	Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 1	78
Tabla 41-4:	Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 1 de la marca Mikrotik.....	78
Tabla 42-4:	Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 2	79
Tabla 43-4:	Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 2 de la marca Mikrotik.....	79
Tabla 44-4:	Estadísticas de grupo parámetro de ancho de banda.....	80
Tabla 45-4:	Prueba T-Student parámetro de ancho de banda de la marca Cisco.....	80
Tabla 46-4:	Estadísticas de grupo parámetro de latencia	81
Tabla 47-4:	Prueba T-Student parámetro de latencia de la marca Cisco	81
Tabla 48-4:	Cálculo del error absoluto	82
Tabla 49-4:	Estadísticas de grupo parámetro de jitter	82
Tabla 50-4:	Prueba T-Student parámetro de jitter de la marca Cisco.....	83
Tabla 51-4:	Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 1	83
Tabla 52-4:	Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 1 de la marca Cisco	83
Tabla 53-4:	Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 2	84
Tabla 54-4:	Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 2 de la marca Cisco	84
Tabla 55-4:	Estadísticas de grupo parámetro de ancho de banda.....	85
Tabla 56-4:	Prueba T-Student parámetro de ancho de banda sin aplicar Calidad de Servicio.....	85
Tabla 57-4:	Estadísticas de grupo parámetro de latencia	86
Tabla 58-4:	Prueba T-Student parámetro de latencia sin aplicar Calidad de Servicio.....	86
Tabla 59-4:	Estadísticas de grupo parámetro de latencia	87
Tabla 60-4:	Prueba T-Student parámetro de latencia sin aplicar Calidad de Servicio.....	87

Tabla 61-4:	Estadísticas de grupo parámetro de jitter	88
Tabla 62-4:	Prueba T-Student parámetro de jitter sin aplicar Calidad de Servicio	88
Tabla 63-4:	Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 1	88
Tabla 64-4:	Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 1 sin aplicar Calidad de Servicio.....	89
Tabla 65-4:	Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 2	89
Tabla 66-4:	Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 2 sin aplicar Calidad de Servicio.....	89
Tabla 67-4:	Estadísticas de grupo parámetro de ancho de banda.....	90
Tabla 68-4:	Prueba T-Student parámetro de ancho de banda con Calidad de Servicio	90
Tabla 69-4:	Estadísticas de grupo parámetro de latencia	91
Tabla 70-4:	Prueba T-Student parámetro de latencia con Calidad de Servicio	91
Tabla 71-4:	Cálculo del error absoluto	92
Tabla 72-4:	Estadísticas de grupo parámetro de jitter	92
Tabla 73-4:	Prueba T-Student parámetro de jitter con Calidad de Servicio.	92
Tabla 74-4:	Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 1	93
Tabla 75-4:	Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 1 con Calidad de Servicio.....	93
Tabla 76-4:	Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 2	94
Tabla 77-4:	Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 2 con Calidad de Servicio.....	94

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Esquema de red para implementación de QoS	6
Ilustración 2-1: Diagrama de ejecución para la evaluación de parámetros.	6
Ilustración 1-2: Flujo de tráfico con y sin QoS.....	8
Ilustración 2-2: Funcionamiento de encolamiento Fifo	10
Ilustración 3-2: Funcionamiento de reservas mediante RSVP	10
Ilustración 4-2: Esquema de funcionamiento router de frontera	11
Ilustración 5-2: Cabecera IPV4 campo TOS	12
Ilustración 6-2: Campo de servicios diferenciados	12
Ilustración 7-2: Diagrama de funcionamiento Packet Sniffer	16
Ilustración 8-2: Logo de herramienta Omipeek	17
Ilustración 9-2: Logo de Mikrotik RouterOS.....	17
Ilustración 10-2: Router Mikrotik CCR1016-12G.....	19
Ilustración 11-2: Logo de la marca Cisco	19
Ilustración 12-2: Esquema de componentes Cisco	20
Ilustración 13-2: Router Cisco2911/9k.....	21
Ilustración 1-3: Esquema de etapas principales del proyecto.....	22
Ilustración 2-3: Interfaces virtuales en CentOS7	23
Ilustración 3-3: Interfaces virtuales para el software TRex	23
Ilustración 4-3: Directorio donde se encuentran los tráficos capturados.....	24
Ilustración 5-3: Archivos de tráficos capturados	24
Ilustración 6-3: Archivo de tráfico Sfr3_yaml.....	25
Ilustración 7-3: Comando de ejecución	25
Ilustración 8-3: Estado de generación de tráfico puesta en marcha	26
Ilustración 9-3: Diagrama de implementación de calidad de servicio.....	26
Ilustración 10-3: Análisis del tráfico del archivo generado en la herramienta omnipeek.....	28
Ilustración 11-3: Análisis de tráfico capturado mediante Omnipeek	28
Ilustración 12-3: Esquema de red con equipos Mikrotik	29
Ilustración 13-3: Habilitación y asignación de direccionamiento en el equipo Mikrotik R1	30
Ilustración 14-3: Enrutamiento mediante rutas estáticas.....	31
Ilustración 15-3: Habilitación y asignación de direccionamiento en el equipo Mikrotik de R2	31
Ilustración 16-3: Enrutamiento mediante rutas estáticas.....	32
Ilustración 17-3: Reglas necesarias para el marcado de tráfico	32
Ilustración 18-3: Regla para marcado de conexiones en el router R1	33

Ilustración 19-3: Regla de marcado de conexiones en el router R2	34
Ilustración 20-3: Acción de marcado de conexión.....	34
Ilustración 21-3: Configuración para el vínculo de las conexiones marcadas.	35
Ilustración 22-3: Acción del cambio del parámetro DSCP	36
Ilustración 23-3: Configuración del vínculo de los paquetes que contengan como parámetro DSCP=46	37
Ilustración 24-3: Acción de marcado de paquete.....	38
Ilustración 25-3: Configuración del vínculo del tráfico que contenga el parámetro DSCP=0	39
Ilustración 26-3: Acción de marcado de paquetes	40
Ilustración 27-3: Creación de la cola padre	41
Ilustración 28-3: Creación de la primera cola.....	41
Ilustración 29-3: Creación de la segunda cola	42
Ilustración 30-3: Esquema de red con equipos Mikrotik	43
Ilustración 31-3: Habilitación y asignación de direccionamiento en el equipo Cisco R1 ...	44
Ilustración 32-3: Enrutamiento mediante rutas estáticas en el equipo Cisco R1	45
Ilustración 33-3: Habilitación y asignación de direccionamiento en el equipo Cisco R2 ...	46
Ilustración 34-3: Enrutamiento mediante rutas estáticas en el equipo Cisco R2.....	46
Ilustración 35-3: Policy-map de entrada generado en R1 y R2.....	49
Ilustración 36-3: Policy-map de salida de streaming generado en R1 y R2.....	49
Ilustración 37-3: Policy-map de salida del resto de tráfico generado en R1 y R2.....	50
Ilustración 1-4: Gráfico del porcentaje de tráfico distribuido.	51
Ilustración 2-4: Ancho de banda ocupado por diferentes servicios.....	52
Ilustración 3-4: Calidad de las llamadas primera medida tomada.....	55
Ilustración 4-4: Calidad de las llamadas segunda medida tomada	55
Ilustración 5-4: Calidad de las llamadas tercera medida tomada	56
Ilustración 6-4: Calidad de las llamadas cuarta medida tomada	56
Ilustración 7-4: Calidad de las llamadas quinta medida tomada	56
Ilustración 8-4: Porcentaje de ancho de banda distribuido	57
Ilustración 9-4: Ancho de banda ocupado por diferentes servicios después de implementar el modelo de Calidad de Servicio.....	57
Ilustración 10-4: Calidad de las llamadas primera medida tomada.....	60
Ilustración 11-4: Calidad de las llamadas segunda medida tomada	61
Ilustración 12-4: Calidad de las llamadas tercera medida tomada	61
Ilustración 13-4: Calidad de las llamadas cuarta medida tomada	61
Ilustración 14-4: Calidad de las llamadas quinta medida tomada	61
Ilustración 15-4: Gráfico del porcentaje de tráfico distribuido.	62

Ilustración 16-4: Ancho de banda ocupado por diferentes servicios.....	62
Ilustración 17-4: Calidad de las llamadas primera medida tomada.....	66
Ilustración 18-4: Calidad de las llamadas segunda medida tomada	66
Ilustración 19-4: Calidad de las llamadas tercera medida tomada	66
Ilustración 20-4: Calidad de las llamadas cuarta medida tomada	67
Ilustración 21-4: Calidad de las llamadas quinta medida tomada	67
Ilustración 22-4: Porcentaje de ancho de banda distribuido	67
Ilustración 23-4: Ancho de banda ocupado por diferentes servicios.....	68
Ilustración 24-4: Calidad de las llamadas primera medida tomada.....	71
Ilustración 25-4: Calidad de las llamadas segunda medida tomada	71
Ilustración 26-4: Calidad de las llamadas tercera medida tomada	71
Ilustración 27-4: Calidad de las llamadas cuarta medida tomada	72
Ilustración 28-4: Calidad de las llamadas quinta medida tomada	72

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	GENERADOR DE TRÁFICO TREX MONTADO EN COMPUTADOR
ANEXO B	CONEXIÓN DE PUERTOS TARJETA DE RED INTEGRADA (SERVIDORES) Y TARJETA DE RED EXTERNA (CLIENTES)
ANEXO C	ESCENARIO CON MARCA MIKROTIK
ANEXO D	ELEMENTOS R1 DEL ESCENARIO DE MARCA MIKROTIK
ANEXO E	ELEMENTOS R2 DEL ESCENARIO DE MARCA MIKROTIK
ANEXO F	CONFIGURACIÓN Y RECOLECCIÓN DE MEDIDAS EN ESCENARIO MARCA MIKROTIK
ANEXO G	ESCENARIO CON EQUIPOS DE MARCA CISCO
ANEXO H	ELEMENTOS R1 DEL ESCENARIO DE MARCA CISCO
ANEXO I	ELEMENTOS R2 DEL ESCENARIO DE MARCA CISCO
ANEXO J	CONFIGURACIÓN Y RECOLECCIÓN DE MEDIDAS EN ESCENARIO MARCA CISCO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

DiffServ	Servicios Diferenciados
CS PHB	Comportamientos por salto Selector de Clase
EF PHB	Comportamientos por salto Reenvío acelerado
AF PHB	Comportamientos por salto Reenvío asegurado
Ssh	Secure SHell
Qos	Calidad de Servicio
Poe	Alimentación a través de Ethernet
Dsp	Procesador de señal digital
Wan	Red de área amplia
Epc	Captura de paquetes integrada
Udp	Protocolo de datagramas de usuario
Tos	Tipo de servicio
Ftp	Protocolo de transferencia de archivos
Ds	Servicios Diferenciados
Disp.	Punto de código de servicios diferenciados
Mttr	Tiempo estimado o promedio para reparar
Rsvp	Protocolo de reservación de recursos
Fifo	Primero en entrar, Primero en salir
Rtp	Protocolo en tiempo real de transporte
Http	Protocolo de Transferencia de Hipertexto
Mbps	Megabits por segundo
Ms	Milisegundos
%	Porcentaje
Isp	Proveedor de servicio de Internet
Cpu	Unidad central de proceso

RESUMEN

El objetivo del presente Trabajo de Integración Curricular es evaluar el comportamiento de los parámetros de ancho de banda, latencia, pérdida de paquetes, jitter y cpu, mediante la implementación de un entorno de tráfico real sobre dos escenarios de equipos Mikrotik y Cisco. La generación de tráfico real se implementó mediante la herramienta TRex la cual permitió crear un entorno de tráfico de clientes y servidores enfocado al servicio de Streaming y Web. El generador TRex se implementó en una máquina virtual, con dos tarjetas de red. La conectividad de clientes y servidores entre los dos routers del núcleo se estableció mediante rutas estáticas. La implementación del modelo de Calidad de Servicio DiffServ se realizó mediante las etapas de identificación, marcado en el campo DSCP de la cabecera IP y establecimiento de políticas para el tratamiento del tráfico. La etapa de identificación se realizó mediante la herramienta Omnippeek con el fin de clasificar el tráfico generado. La etapa de marcado y tratamiento se enfocó a la forma de configuración por cada marca. Para el análisis de resultados se utilizó la prueba T-Student mediante un estudio comparativo de parámetros en ambas marcas antes y después de aplicar el modelo de Calidad de Servicio DiffServ. En base a los resultados obtenidos y analizados se puede apreciar una diferencia significativa en ancho de banda, latencia y pérdida de paquetes con una diferencia entre los valores promedios 0.1502 Mbps, 39.56 ms y 14.4352 porcentaje respectivamente entre las marcas antes de aplicar el modelo de Calidad de Servicio DiffServ. Después de aplicar el modelo de Calidad de Servicio DiffServ el ancho banda y jitter presentaron una diferencia significativa entre ambas marcas con una diferencia en sus valores promedios de 0.0844 Mbps y 0.162 ms respectivamente.

Palabras clave: <GENERADOR DE TRÁFICO REALISTA>, <MODELO DE CALIDAD DE SERVICIO DE SERVICIOS DIFERENCIADOS>, <ANCHO BANDA>, <LATENCIA>, <PÉRDIDA DE PAQUETES>, <JITTER>, <UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO>, <ANALIZADOR DE TRÁFICO>.



ABSTRACT

The objective of this Curricular Integration work was to evaluate the behavior of the parameters of bandwidth, latency, packet loss, jitter and cpu, by implementing a real traffic environment on two scenarios of Mikrotik and Cisco equipment. The generation of real traffic was implemented through the TRex tool, which allowed the creation of a client and server traffic environment focused on the Streaming and Web service. The TRex generator was implemented in a virtual machine, with two network cards. Client and server connectivity between the two core routers was established using static routes. The implementation of the DiffServ Quality of Service model was carried out through the stages of identification, marking in the DSCP field of the IP header and establishment of policies for traffic treatment. The identification stage was carried out using the Omnipcap tool in order to classify the generated traffic. The marking and treatment stage focused on the form of configuration for each brand. For the analysis of results, the T-Student test was used through a comparative study of parameters in both brands before and after applying the DiffServ Service Quality model. Based on the results obtained and analyzed, a significant difference can be seen in bandwidth, latency and packet loss with a difference between the average values of 0.1502 Mbps, 39.56 ms and 14.4352 percentage respectively between the brands before applying the Quality model. Service DiffServ. After applying the DiffServ Quality of Service model, the bandwidth and jitter presented a significant difference between both brands with a difference in their average values of 0.0844 Mbps and 0.162 ms respectively.

Keywords: <QUALITY OF SERVICE MODEL>, <DIFFERENTIATED SERVICES>, <BANDWIDTH>, <LATENCY>, <PACKET LOSS>, <JITTER>, <CENTRAL PROCESSING UNIT>, <TRAFFIC ANALYZER>.



MSc. Wilson G. Rojas

C.I 0602361842

INTRODUCCIÓN

Debido al avance significativo de las redes y en general en las tecnologías, ha existido la integración de múltiples servicios y aplicaciones. Estos servicios han tenido requerimientos de rendimiento diferente tales como los servicios elásticos y no elásticos que funcionan en una arquitectura de red en común. En base a los requerimientos de estos servicios existe una variación de parámetros importantes tales como latencia, jitter, pérdida de paquetes y ancho de banda. El ancho de banda juega un papel muy importante ya que este es el parámetro esencial dentro de la configuración de calidad de servicio en una red de múltiples servicios, ya que es el parámetro que garantiza la capacidad máxima de soporte en los enlaces creados dentro de la red. Al no tener un mecanismo o modelo de calidad de servicio esta capacidad es entregada a los múltiples servicios de una manera no planificada, ya que no existe una relación de prioridad que esté vinculada a los servicios.

En el presente Trabajo de Integración Curricular se pretende evaluar los parámetros esenciales de calidad de servicio en un entorno de tráfico realista creado por Trex, teniendo así una red de condiciones iguales con diferentes marcas como Mikrotik y Cisco. Se realizará el análisis antes y después de aplicar el modelo o mecanismo de calidad de servicio Diffserv. Se verificará la complejidad de configuración en las dos marcas y el rendimiento en base al parámetro del CPU de los equipos a utilizar. Finalmente se realizará la evaluación de los resultados mediante la prueba T-Student en cada tipo de entorno y parámetro.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La calidad de servicio (QoS), durante estos últimos tiempos ha sido un tema de profundo análisis de implementación en las principales empresas de servicio de Internet que tienen como prioridad el brindar una comunicación eficiente a cada uno de sus clientes, es por ello que en el presente apartado se hace referencia a proyectos o investigaciones realizadas al nivel mundial, regional y local en donde la calidad de servicio juega un papel fundamental para el transporte de tráfico con requerimientos específicos. Dentro de las redes de Proveedor de servicios de Internet inalámbrico (WISP) y en general en redes empresariales se dispone de una gran variedad de equipos para utilizar, entre los más comunes tenemos Cisco, Hpe, Ubiquiti, Mikrotik, Juniper, D-link, Tp-link entre otros. Dentro del mercado de la región existe una gran aceptación por marcas como Mikrotik y Cisco, entre estas dos marcas existe una diferencia en costo, rendimiento y soporte por aquella razón se desea realizar una evaluación de QoS el fin de obtener una conclusión entre una marca elevada en costo en el mercado y una de menor costo.

Dentro de las redes WISP y en general en redes empresariales existe una gran variedad de equipos para utilizar, entre los más comunes tenemos Cisco, Hpe, Ubiquiti, Mikrotik, Juniper, D-link, Tp-link entre otros. Dentro del mercado de la región existe una gran aceptación por marcas como Mikrotik y Cisco, entre estas dos marcas existe una diferencia en costo, rendimiento y soporte por aquella razón se desea realizar una evaluación de QoS entre estas dos marcas en la con el fin de obtener una conclusión entre una marca elevada en costo en el mercado y una de menor costo.

Según el siguiente trabajo “CALIDAD DE SERVICIO (QoS) CON ROUTERS CISCO” se ha podido ver la importancia de aplicar configuración QoS en una red. Si no se aplican medidas QoS todo el tráfico tiene que competir para enviar paquetes, obteniendo como resultado variabilidad en los parámetros óptimos de QoS. Se analizo el tráfico en un entorno de trabajo, se puede decir que el router dispone de varias medidas para la integración de QoS. Diffserv es implementado sobre equipos Cisco en donde el comportamiento de ancho de banda es igual a la configuración CBWFQ, en el cual existe un comportamiento optimo del tráfico analizado. (Blasco, 2019)

De acuerdo al proyecto de “Evaluación de QoS en accesos a Internet para aplicaciones Multimedia (EQoSIM)” desarrollado en España presentan el desarrollo de un sistema de medida

on-line de la calidad de servicio (QoS) que obtienen los usuarios en sus accesos a Internet, basados en cuatro importantes parámetros que condicionan la calidad de servicio para aplicaciones multimedia en tiempo real: la capacidad del acceso, el ancho de banda disponible en el mismo, el retardo de la comunicación y la tasa de pérdidas, en donde los resultados obtenidos permiten al usuario final de Internet conocer las prestaciones ofrecidas por su acceso. (Fernández, et al., 2006)

En cuanto al nivel regional se ha desarrollado en México el proyecto de “ANÁLISIS DE LOS MODELOS DE SERVICIOS DIFERENCIALES Y SERVICIOS INTEGRALES PARA BRINDAR QoS EN INTERNET”, donde ayudan a satisfacer la demanda de QoS en una red, por medio de un estudio detallado de dos de los modelos propuestos por la IETF: los Diff-Serv y los Int-Serv. Presentando una propuesta de representación con UML. (Castillo & Rodríguez, 2007)

Y finalmente podemos dar a conocer el trabajo desarrollado en la ciudad de Quito donde realizaron el “DESARROLLO DE UN ESQUEMA DE CALIDAD DE SERVICIO PARA EL PROVEEDOR DE SERVICIOS DE INTERNET EFINET-TV” en la cual el trabajo indica que la empresa Efinet-tv mejoró significativamente su servicio de provisión de Internet optimizando los recursos tecnológicos existentes en la empresa. Dado que el esquema de calidad de servicio implementado en Efinet-tv contribuyó a que los servicios y aplicaciones consigan una apropiada asignación del ancho de banda y estén disponibles incluso si la red llegara a congestionarse, disminuyendo los tiempos de respuesta y una ejecución óptima de las aplicaciones según la demanda de los usuarios. (Jaramillo, 2020)

1.2. Formulación del problema

¿Al evaluar los parámetros de calidad de servicio (QoS) del modelo Diffserv sobre equipos Cisco y Mikrotik se logrará obtener la mejor marca en términos de eficiencia y costo?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

Hoy en día, tener acceso a Internet se ha convertido en una herramienta casi indispensable para realizar las distintas actividades cotidianas, con la llegada de la pandemia, esta situación no ha hecho más que aumentar de una manera considerable, pues gran parte de las actividades se han trasladado de la modalidad presencial a la virtual. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) revelan un sólido incremento en el uso de Internet a escala mundial, que se evidencia en un

aumento del número estimado de usuarios de Internet de 4.100 millones en 2019 a 4.900 millones en 2021 (UIT, 2023).

El incremento de usuarios en el Internet y el uso en los diversos servicios, ha generado problemas de congestión en la red y alteraciones en los parámetros de los servicios, el tráfico que es transportado puede ser de tipo elástico y no elástico, la diferencia es que el tráfico elástico se puede ajustar a los cambios de retardos y rendimientos de una red, sin dejar de satisfacer las necesidades de sus aplicaciones, mientras que el tráfico no elástico no se adapta fácilmente a las variaciones de retardos o rendimiento de la red, está enfocado a tráfico en transmitido en tiempo real (Duarte, 2014a).

Es por ello por lo que la implementación para priorizar los servicios conocido como la Calidad de Servicio (QoS) se ha convertido en una necesidad en los proveedores de servicio de Internet (ISP), redes empresariales, redes institucionales e incluso en los hogares. La Calidad de Servicio o QoS es el conjunto de mecanismos utilizados para diferenciar los distintos flujos de tráfico que circulan por una red y garantizar que una conexión pueda mantener la calidad necesaria para que los usuarios disfruten de un servicio satisfactorio (Blasco, 2017, pp. 1-66).

Cada red puede tomar ventaja de distintos aspectos de implementación de Calidad de Servicio (QoS), para garantizar una mayor eficiencia, razón por la cual existen 3 modelos de Calidad de Servicio como: Mejor Esfuerzo, Servicios Integrados y Servicios Diferenciados.

En base a estos tres modelos se pueden definir el comportamiento y priorización del tráfico en la red, el tipo mejor esfuerzo se basa en Lack of QoS es un modelo que trabaja sobre Primero en Entrar y Primero en Salir (FIFO) es decir no garantiza QoS, Servicio integrado se basa en hard QoS esto quiere decir que existe un mecanismo de reserva de recursos enfocado directamente a la parte del hardware del equipo, Servicio diferenciado se basa en Soft QoS Es el punto medio entre las dos categorías anteriores. En este caso se hace una diferenciación de tráfico, los cuales son analizados, solamente algunas de ellos, teniendo en cuenta la mejoría referenciada a sus características (expedición más rápida, más ancho de banda promedio, menos tasa de error promedio) (Anzola y Mendoza, 2004, pp. 1-113).

En referencia a los modelos de Calidad de Servicio revisados anteriormente, se evidencia modelo de Servicios de Diferenciados el cual se enfoca en ofrecer distintos niveles de Calidad de Servicio basados en las diversas clases que existen para el marcaje o clasificación por cada tipo de servicio. Esto brinda la facilidad de implementar este modelo en entornos de red pequeña y grande dimensión (Diaz, 2016, pp. 1-68).

El objetivo principal de la calidad de servicio (QoS) es dar prioridad a las redes, incluido el ancho de banda dedicado, la fluctuación de fase controlada, la baja latencia y las características de pérdida mejoradas. Hay tres componentes fundamentales para la implementación básica de QoS:

- ✓ Técnicas de identificación y marcado para coordinar Calidad de Servicio (QoS) de extremo a extremo entre elementos de red
- ✓ Calidad de Servicio (QoS) dentro de un solo elemento de red.
- ✓ Funciones de política, administración y contabilidad de Calidad de Servicio (QoS) para controlar y administrar el tráfico de extremo a extremo a través de una red (Hossain, 2017).

El proceso de implementación de Calidad de servicio (QoS) específicamente el modelo de Servicios Diferenciados es de forma general en cualquier tipo de marca de equipo en donde se define el proceso como la identificación, marcado de tráfico e implementación de políticas. Por esta razón las diferencias entre marcas pueden variar en la forma de configuración para implementar, en la forma en la cual se procese el mecanismo, el precio de adquisición de los equipos, el nivel de soporte de la marca. Mikrotik es una marca enfocada en la fabricación de enrutadores que parte desde el año 1997 en donde comenzó a trabajar en su software RouterOS la cual brinda una combinación óptima entre el software y hardware. La principal característica de Mikrotik es la relación entre precio y calidad. Entre los principales competidores tenemos a Cisco System enfocada en el segmento de red cableada, en donde la principal diferencia entre estas marcas está enfocada al precio o costo (MikroTik, 2017a).

Por esta razón se desea realizar la evaluación de los parámetros esenciales de Calidad de Servicio entre una marca de alto costo y una de bajo costo, el margen de mercado de la red es bajo, especialmente en el segmento de las pequeñas y medianas empresas, donde tradicionalmente MikroTik es fuerte.

1.3.2. Justificación aplicativa

De manera breve en el siguiente proyecto se procede a la recolección y revisión de información referente al tema en general de calidad de servicio QoS, de tal forma de tener en conocimiento todos los aspectos, características, conceptos, modelos entre otros parámetros claros del tema. Como punto central se tratará de investigar a profundidad del modelo Diffserv que es propuesto en el tema, con el fin estudiar los aspectos esenciales para la integración sobre los equipos Mikrotik y Cisco. Se propone dos esquemas de red iguales para los dos equipos propuestos como se observa en la Ilustración 1-1 en donde existe una etapa de generación tráfico, mediante el uso de un generador de tráfico real TRex, el cual estará montado en un computador, se utilizará el

computador como punto de servidores y clientes mediante 2 tarjetas de red. Se establecerá conectividad entre los routers para el flujo del tráfico e implementar el mecanismo de Calidad de Servicio Diffserv.

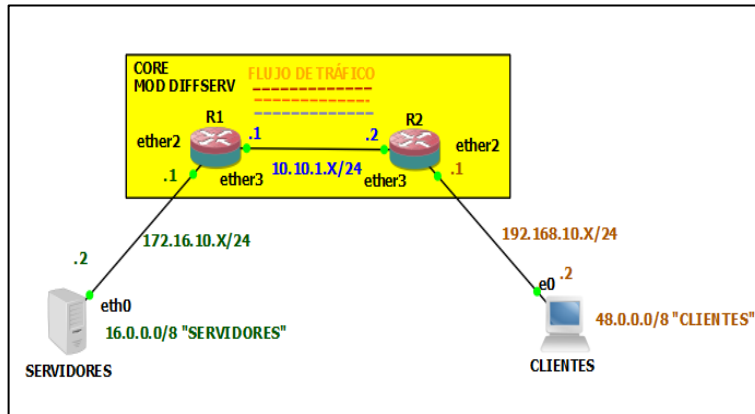


Ilustración 1-1: Esquema de red para implementación de QoS

Realizado por: Cando Robinson 2022.

Como se observa en la Ilustración 1-2 existe un esquema de ejecución del proyecto, en donde después de realizar la investigación teórica correspondiente se procederá a implementar los esquemas de red propuestos, con la idea de generar tráfico de múltiples servicios o aplicaciones antes de la implementación de QoS, esto ayudará a tener un panorama de cómo se comportan los parámetros esenciales de QoS sin integrar el mismo en los equipos. Como siguiente punto se plantea implementar o integrar QoS sobre los equipos y realizar nuevamente un análisis o evaluación del panorama ya integrando Calidad de Servicio QoS sobre los equipos propuestos.

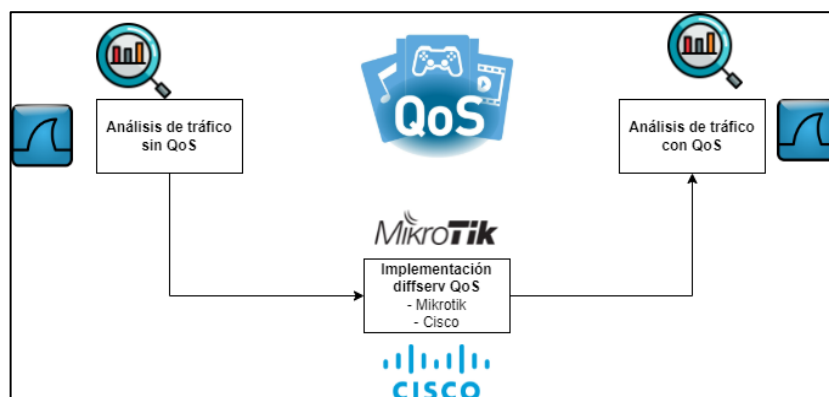


Ilustración 2-1: Diagrama de ejecución para la evaluación de parámetros.

Realizado por: Cando, Robinson; 2023

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Implementar el modelo Diffserv (QoS) en un entorno de tráfico real para evaluar parámetros de calidad de servicio en equipos Cisco y Mikrotik

1.4.2. Objetivos específicos

- ❖ Crear un entorno de tráfico real para la implementación y evaluación de calidad de servicio QoS.
- ❖ Estudiar el modelo Diffserv de QoS para optimizar y priorizar los servicios del tráfico generado en equipos Cisco y Mikrotik
- ❖ Implementar las configuraciones respectivas en equipos Cisco y Mikrotik para generar calidad de servicio (QoS).
- ❖ Evaluar la calidad de servicio (QoS) en los equipos Cisco y Mikrotik mediante el análisis de los parámetros de ancho de banda, latencia, jitter, pérdida de paquetes y cpu.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Calidad de Servicio

Calidad de servicio (QoS) hace referencia a la capacidad que tiene la red, para brindar una calidad del servicio eficientemente, esto se basa en cumplir una serie de requisitos con el fin de asegurar un nivel de servicio optimizado y adecuado como se muestra en la Ilustración 1-2. Los principales parámetros para controlar y monitorear en base a Calidad de Servicio son el ancho de banda, el retardo, jitter y la pérdida de paquetes. Con el fin de garantizar cierto nivel de calidad en el tráfico elástico y no elástico. (Chauca, 2016).

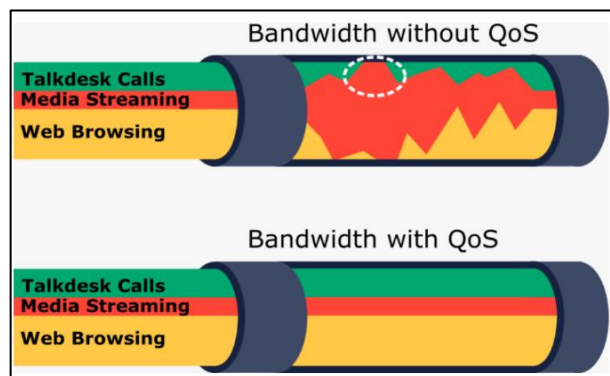


Ilustración 1-2: Flujo de tráfico con y sin QoS

Fuente: (Michel, 2021)

2.1.1. *Parámetros calidad de servicio*

2.1.1.1 *Ancho de Banda (Bandwidth)*

Define la capacidad de transferir información extrema a extremo. Cuando existe suficiente ancho de banda, no se encuentran problemas a nivel de calidad, ya que el esquema de QoS se aplica al existir congestión. De esta forma, incrementar el ancho de banda es una forma de resolver este problema. (Valdez et al., 2018a, pp. 279)

2.1.1.2 Retador (*Delay*)

Define el retardo que existe en las comunicaciones entre los extremos. La causa de este es el retardo asociado a las líneas y tecnologías de transmisión, y el retardo de *buffering* asociado a las colas de tráfico en redes que usan multiplicación estadística. (Valdez et al., 2018b, pp. 279)

2.1.1.3 Variación del Retardo (*Jitter*)

Este parámetro indica los diferentes valores de retardo que pueden presentar los paquetes de una comunicación. Si bien un valor de retardo alto es indeseable, tener un valor variable es más disruptivo para las aplicaciones, ya que no es predecible y es difícil que las aplicaciones puedan ajustarse al mismo. (Valdez et al., 2018c, pp. 279)

2.1.1.4 Pérdida (*Loss*)

Este parámetro está enfocado y relacionado al porcentaje de paquetes perdidos en una comunicación. En aplicaciones que se transmiten en tiempo real, este parámetro puede ser muy disruptivo ya que la retransmisión de los paquetes puede tener un impacto más alto y disruptivo en la información que se transmite. La retransmisión se relaciona al aumento o incremento en el tiempo de transmisión normal. La pérdida de paquetes puede ser causado a errores en los mismos, problema con los equipos o saturación de la red (buffers excedidos) (Valdez et al., 2018d, pp. 279-280).

2.1.2. Modelos de Calidad de Servicio

Enfocado a la mejora y optimización de calidad de servicio, ha surgido una serie de técnicas que se relacionan a diferentes aspectos y con un diferente proceso, pero con un mismo fin, tenemos a las siguientes:

2.1.2.1 Mejor esfuerzo (*Best-Effort*)

El servicio de mejor esfuerzo, *Best-Effort*, es un mecanismo o modelo de servicio el cual existe el libre flujo de tráfico de datos o servicios, siempre que se solicite y lo realiza sin pedir autorización o permiso a la red. No existe ninguna complejidad asociada a este modelo. En este mecanismo no garantiza parámetros importantes de calidad de servicio hacia el receptor y utiliza el encolamiento FIFO, el primero ingresar es el primero que será enviado o transmitido. Con las condiciones de que el paquete 2 y 5 son de baja prioridad, se obtiene el siguiente resultado como en la Ilustración 2-2.

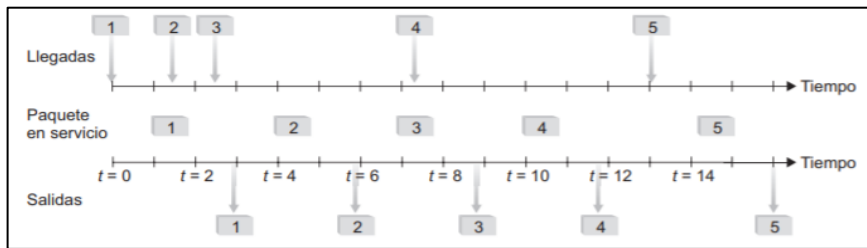


Ilustración 2-2: Funcionamiento de encolamiento Fifo

Fuente (Kurose, J. F., & Ross, 2010, pp. 793).

2.1.2.2 Servicios Integrados (IntServ)

Este modelo mantiene dos clases de calidad de servicio en Internet: servicio de carga controlada y servicio garantizado. IntServ ofrece de flujo de datos garantizado de extremo a extremo. Utiliza el estándar RSVP para la señalización para una aplicación determinada, realiza el envío de un mensaje path hacia el punto de destino, este mensaje especifica los requerimientos que se deben otorgar y cumplir en la Ilustración 3-2 se muestra el funcionamiento. En este modelo existe un problema de escalabilidad, provocado por el incremento de la información de control generada dentro de la red, esta es proporcional al número de datos lo cual produce colapso en el núcleo de la red (Muñoz, 2008a, pp. 1).

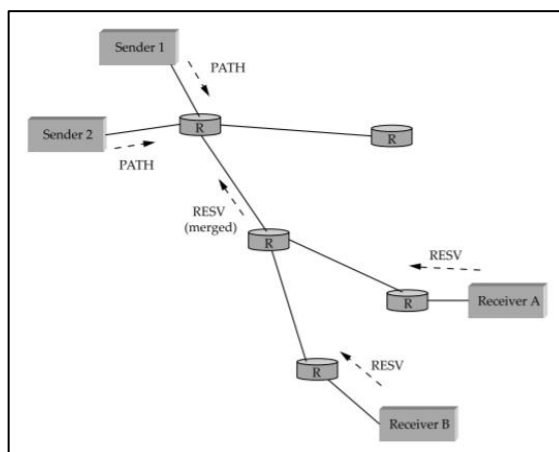


Ilustración 3-2: Funcionamiento de reservas mediante RSVP

Fuente: (Peterson y Davie, 2005, pp. 54-54).

2.1.2.3 Servicios Diferenciados (DiffServ)

Este modelo encasilla y clasifica el tráfico entrante en varias clases y niveles de servicios, cada clase de servicio se aplicará un comportamiento particular dependiendo los requerimientos. Cada

clase creada se identificará mediante un campo único de servicio diferenciado (DS), Este modelo clasifica el tráfico entrante en diferentes niveles de servicios, con el fin de aplicarle un comportamiento agregado a todos los datos de una determinada clase de servicio. Cada comportamiento se identifica con un único campo de servicio diferenciado (DS). El comportamiento de cada clase se llama comportamiento por salto PHB. En la red del núcleo los paquetes tienen un tratamiento según un PHB vinculado al campo DS colocado. Este campo DS tiene 8 bits de los cuales destina 6 para el campo denominado DSCP (*Differentiated Services Code Point*) (Muñoz, 2008b, pp. 29).

Respecto a escalabilidad en referencia al modelo por diferenciado de servicio se tienen aspectos como funciones simples en el núcleo de la red y procesos más complejos en la frontera de la red o terminales.

Router de frontera: En este segmento de la red se efectúa la clasificación de paquetes y acondicionamiento del tráfico mediante el modelo y vigilancia como se muestra en la Ilustración 4-2. En este segmento además se hace el uso de un *Token bucket* con granularidad de tráfico, con el fin de regular el tráfico utilizado con el contratado. La marca de los paquetes se realiza mediante un *In-profile* y *Out-profile* con el fin de definir cuales clases aprueban o no lo planteado como política. (Kurose, & Ross, 2010a, pp. 598).

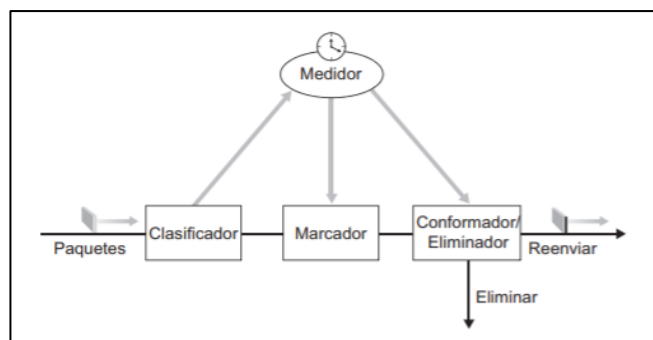


Ilustración 4-2: Esquema de funcionamiento router de frontera

Fuente: (Kurose, & Ross, 2010, pp. 600).

Como primer paso se realiza la clasificación de los paquetes que recibe el router de frontera, esta clasificación se realiza en base a la Ilustración 5-2 o establecimiento de parámetros de la cabecera del paquete en relación con las políticas o normas establecidas. Se marcan en los diferentes perfiles o clases que se han creado, según los perfiles creados se realiza una limitación en la tasa de inyección de tráfico, como la tasa pico, tasa promedio y tamaño de ráfaga, de esta manera el

tráfico es medido y optimizado separándolo en los que si cumplen las normas y los que no cumplen.

En el router de frontera se estudia y utiliza la estructura del datagrama o cabecera de IPV4, este está constituido por un tamaño de 32 bits, distribuidos en diferentes campos como se observa en la Ilustración 5-2.

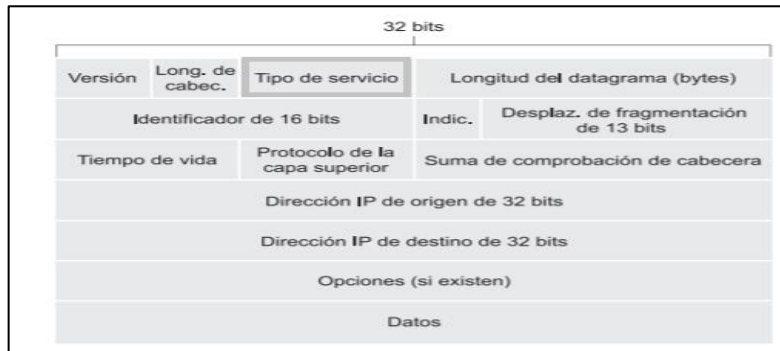


Ilustración 5-2: Cabecera IPV4 campo TOS

Fuente: (Kurose, & Ross, 2010, pp. 274).

Dentro de esta cabecera existe un apartado que hace referencia al tipo de servicio que se desea dar prioridad, este campo es conocido como Tipo de servicio.

Tipo de servicio (TOS) o como actualmente se conoce Servicios diferenciados está constituido por 8 bits estos son incluidos en la cabecera de IPv4 como se observa en la Ilustración 6-2 con el fin de poder diferenciar entre distintos tipos de datagramas IP, existen datagramas que necesitan requerimientos mínimos para mejor en un bajo retardo, ancho de banda o una entrega fiable. Resulta muy óptimo realizar un tratamiento de la información en base el tipo de tráfico generado, es decir no será igual la prioridad de un tráfico que se genera en tiempo real como es telefonía IP, a la de un tráfico que no es en tiempo real como FTP, el modelo de servicio diferenciado aplica una política de control que será integrada por el administrador de red (Kurose, & Ross, 2010b, pp. 593).

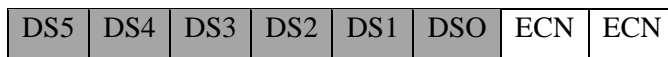


Ilustración 6-2: Campo de servicios diferenciados

Fuente: (Muñoz, 2008, pp. 35).

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Servicios diferenciados (DS) está distribuido por 8 bits en total, en donde 6 bits son utilizados como *Differentiated Service Code Point* los cuales definen el comportamiento por salto *Per-Hop Behavior* de los paquetes que se inyecten en la red Diffserv. Los 2 bits restantes no son usados

para el modelo Diffserv, sino que se utilizan para emitir una notificación de congestión. (Muñoz, 2008c, pp. 35)

Router del núcleo: Los routers establecidos en el *core* o núcleo de la red tienen la función de realizar el reenvío de paquetes basados en las clases o perfiles creados por tipo de servicio. Existe la granularidad de cada clase creada, se da preferencia a los perfiles creados como *In-profile*. (Kurose & Ross, 2010c, pp. 599).

PHB Selector de Clase

Denominado CS PHB este comportamiento engloba hasta ocho clases distintas en la red. El formato de código toma en cuenta los primeros 3 bits del octeto xxx000. Los tres bits del inicio tienen un significado del 0 al 7, en donde existe una prioridad de forma ascendente es decir los tres primeros bits son cero y representa un comportamiento de mejorar esfuerzo, a diferencia del número mayor que representa una prioridad alta, esto se puede observar en la Tabla 1-2 (Muñoz, 2008d, pp. 36-37).

Tabla 1-2: Códigos para selector de clase

Clase	Código	Servicio Correspondiente
0	000000	Best Effort
1	001000	Encaminamiento Asegurado Clase 1
2	010000	Encaminamiento Asegurado Clase 2
3	011000	Encaminamiento Asegurado Clase 3
4	100000	Encaminamiento Asegurado Clase 4
5	101000	Encaminamiento Expedito
6	110000	Reservado
7	111000	Reservado

Fuente: (Muñoz, 2008, pp. 37)

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

PHB Reenvío acelerado

PHB Reenvío acelerado o también EF PHB su característica principal es que tiene asociado una tasa de transmisión, la cual es otorgada según el análisis del administrador de red ISP. La función

de este PHB es proveer las herramientas necesarias para proporcionar un servicio extremo a extremo con bajas pérdidas, bajo retardo, bajo jitter y un ancho de banda asegurado dentro de un dominio Diffserv. Este PHB tiene la función que la tasa de inicio o partida de los paquetes debe ser similar o menor a una tasa configurada por el administrador. Esta tasa configurada no debe ser menor a la tasa de llegada de paquetes (Muñoz, 2008e, pp. 37).

El funcionamiento consiste en que el momento antes de que ingrese el paquete en el nodo tienen tres opciones a) Reenviar el paquete inmediatamente b) Reenviar el paquete en el tiempo configurado c) Descartar el paquete.

PHB de Reenvió Asegurado

PHB de Reenvió Asegurado este compuesto por cuatro clases como se observa en la Tabla 2-2, estas clases están relacionadas a otorgarse un espacio en el buffer y ancho de banda en cada punto de la red (nodo). A cada una de las clases se les especifican tres niveles de descarte. No será necesario implementar los tres niveles de descarte, esto dependerá del análisis que realice el administrador de red según la congestión.

Tabla 2-2: Valores DSCP correspondientes AF

TIPO	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Baja probabilidad de descarte	001010	010010	011010	100010
Media probabilidad de descarte	001100	010100	011100	100100
Alta probabilidad de descarte	001110	010110	011110	100110

Fuente: Muñoz, 2008, pp. 39)

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

2.1.3. Tipos de tráfico

El tráfico o generación de paquetes dentro de una red, es la información que se solicita mediante un cliente a uno o varios servidores, estos servidores nos permiten usar servicios los cuales tienen una estructura de encapsulamiento diferente, esto permite identificar cuales servicios tienen una mayor prioridad sobre otros.

2.1.3.1 Tráfico Elástico

Tráfico Elástico es aquel tráfico que tolera cambios de rendimiento o retardo de una red de datos, sin la prioridad de solventar requerimientos de sus aplicaciones o servicios que se transmitan por el medio. Este tráfico está enfocado o basado en TCP/IP.

- ✓ **Transferencia de archivos** – sensible a retardos
- ✓ **Correo Electrónico** – bastante insensible a variaciones de retardo
- ✓ **Conexión Remota** – sensible a retardos
- ✓ **Gestión de Red** – los retardos no son una preocupación
- ✓ **Acceso a la Web** – sensibles a retardos (Duarte, 2014b, p. 10).

2.1.3.2 *Tráfico no Elástico*

Es aquel tráfico que no se adapta fácilmente a las variaciones de retardos y rendimientos de una red, tráfico en tiempo real Voz y Audio.

- ✓ **Rendimiento:** Mide la cantidad de bytes de datos de usuario, transferidos por segundo, medido durante un intervalo de tiempo.
- ✓ **Retardos:** Mide el tiempo entre el envío de un mensaje por el usuario de origen y su recepción por el usuario destino
- ✓ **Variaciones de Retardo:** La magnitud de las variaciones de retardo es un factor crítico en las aplicaciones en tiempo real.
- ✓ **Pérdidas de paquetes:** Las aplicaciones en tiempo real varían según la cantidad de paquetes perdidos, si es que se produce alguna, que pueda sufrir (Duarte, 2014c, p. 11).

2.1.3.3 *Clasificación de tráfico*

En la clasificación de tráfico por servicio o aplicaciones existen diferencias, debido a diferentes requerimientos como se muestra en la Tabla 3-2, en la cual se evalúan parámetros importantes como el grado de fiabilidad, retardo, jitter y ancho de banda.

Tabla 3-2: Requerimientos de calidad de servicio de aplicaciones

Aplicación	Fiabilidad	Retardo	Jitter	Ancho de banda
Correo electrónico	Alta *	Alto	Alto	Bajo
Transferencia de archivos	Alta *	Alto	Alto	Medio
Acceso web	Alta *	Medio	Alto	Medio
Login remoto	Alta *	Medio	Medio	Bajo
Audio bajo demanda	Medio	Alto	Medio	Medio
Video bajo demanda	Media	Alto	Medio	Alto
Telefonía	Media	Bajo	Bajo	Bajo
Video conferencia	Media	Bajo	Bajo	Alto

Fuente: (Ormachea, M 2022)

2.2. Embedded Packet Capture

Embedded Packet Capture (EPC) es una función integrada de captura de paquetes que permite a los administradores de red capturar paquetes que fluyen hacia, a través y desde el dispositivo y analizarlos localmente o guardarlos y exportarlos para el análisis fuera de línea. Los datos capturados se almacenan en formato de archivo. pcap (Cisco IOS, 2013, pp. 1-4).

2.3. Packet Sniffer

Packet sniffer es una herramienta integrada en el software de Mikrotik, utilizada para la captura de tráfico que ingresan y abandonan un router, se puede establecer filtro como las interfaces de interés. Activar la opción de *Streaming* nos permite la captura de este flujo de tráfico, se muestra el funcionamiento en la Ilustración 7-2 (Atlassian, 2022).

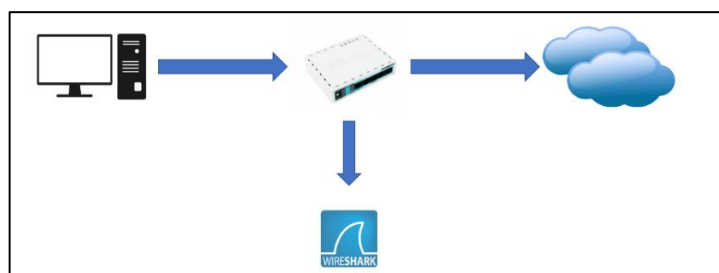


Ilustración 7-2: Diagrama de funcionamiento Packet Sniffer

Fuente: (Velasco. A 2017)

2.4. Omnippeek

Omnipeek es uno de los mejores softwares de su clase para el diagnóstico de rendimiento, análisis de redes y parámetros de servicios. Se caracteriza por ser más que una colección de análisis de datos, estadísticas y visualizaciones. Facilita y otorga la exploración, la comparación, análisis, el tiempo medio de resolución (MTTR). Es un software proporciona un análisis rápido y visión del

problema, con la idea de tomar mejores decisiones de una manera eficiente y rápida, en la Ilustración 8-2 se muestra el logo (AYSCOM, 2018).



Ilustración 8-2: Logo de herramienta Omipeek

Fuente: (Jiménez, 2022, p. 4)

2.5. Elementos hardware

2.5.1. Mikrotik



Ilustración 9-2: Logo de Mikrotik RouterOS

Fuente: (Mikrotik)

Mikrotik es una compañía fundada en 1996 en Riga, capital de Latvia, desarrolla routers y sistemas inalámbricos para ISP en la Ilustración 9-2 se muestra el logo Mikrotik (Escalante, 2018a, p. 1).

2.5.1.1 RouterOS

RouterOS es el sistema operativo del hardware de la marca de equipos Mikrotik RouterBOARD, posee excelentes características para un Proveedor de Servicio: Firewall, Router, MPLS, VPN, Wireless, HotSpot, Qos, etc. Está desarrollado o basando en kernel de Linux v3.3.5 que proporciona todas las funciones de una instalación fácil y rápida, integra una interfaz visual fácil de entender. Con una arquitectura de Hardware y Software donde varios procesadores idénticos son vinculados a una memoria compartida, son manipulados o controlados por una instancia simple del OS. Abarca una gran variedad de interfaces, tarjetas de Ethernet de 10 Gigabit, tarjetas Wireless 802.11a/b/g/n/ac y módems 3G y 4G (Escalante, 2018b, p. 1).

Mikrotik RouterOS está constituido de varias opciones y características las cuales son beneficiosas y se pueden configurar:

- ✓ Soporte de hardware

- ✓ Respaldo y restauración
- ✓ Firewall
- ✓ Ruteo
- ✓ MPLS
- ✓ VPN
- ✓ Wireless
- ✓ Dhcp
- ✓ HotSpot
- ✓ QoS
- ✓ Proxy

Dentro de todas estas características tenemos muchas que hacen referencia y son necesarias para poder establecer Calidad de Servicio dentro de una red.

El enrutamiento es importante ya que nos permite la conectividad entre la red, esta característica soporta varios protocolos como RIP v1/v2, OSPFv2, BGP v4 y enrutamiento estático. Estos protocolos nos permitirán tener conectividad entre el servidor y cliente dentro de la red.

Firewall es una característica necesaria para implementar Calidad de Servicio, ya que nos permitirá establecer políticas para controlar aspectos que nos ayuden a mejorar los parámetros fundamentales de Calidad de Servicio en redes, la parte de marcas internas, el filtrado basado en direccionamiento IP y rangos de direcciones, puerto y rango de puertos, protocolo IP, DSCP y muchos más (Escalante, 2018c, p. 2).

QoS es una característica fundamental ya que nos brinda beneficios como Sistema *Hierarchical Token Bucket* (HTB) QoS con CIR, MIR, *burst* y soporte de prioridades entre otras más (Escalante, 2018d, p. 3).

2.5.1.2 Router CCR1016-12G

CCR1016-12G es un enrutador de grado industrial con CPU de 16 núcleos de última generación. La unidad está equipada con 12 puertos Gigabit Ethernet y una pantalla táctil LCD a color como se muestra en la Ilustración 10-2 (MikroTik, 2017b).

- ✓ CPU de red de 16 núcleos
- ✓ Reloj de 1,2 GHz por núcleo
- ✓ Caché total en chip de 12 Mbytes

- ✓ Arquitectura TILE GX de última generación
- ✓ Puertos conectados directamente a la CPU
- ✓ Caja de montaje en rack de 1U
- ✓ 12 puertos Gigabit Ethernet
- ✓ Pantalla LCD táctil a color
- ✓ Rendimiento de hasta 17,8 mpps en modo fastpath
- ✓ (velocidad de cable)
- ✓ Rendimiento de hasta 12 Gbps con RouterOS
- ✓ configuración de cola/cortafuegos (Mikrotik)



Ilustración 10-2: Router Mikrotik CCR1016-12G

Fuente: (Mikrotik)

2.5.2. Cisco

Cisco es una empresa que fue fundada en el año 1984, creada por un pequeño grupo de científicos asociados a la Universidad de Stanford. En la actualidad es una de las empresas más representativas en las áreas de routing y switching, soluciones inalámbricas y seguridad en la Ilustración 11-2 se muestra el logo de Cisco (Cisco, 2008, pp. 1-98).



Ilustración 11-2: Logo de la marca Cisco

Fuente:(Cisco, 2020).

2.5.2.1 Sistema Operativo Internetwork (IOS)

El sistema operativo IOS fue creado para interconexión de equipos de la marca Cisco en redes. Fue desarrollado por Cisco Systems para programar, configurar y controlar equipos de redes como los conmutadores y enrutadores. Para la configuración el usuario debe acceder al interfaz de

consola o terminal mediante un cable serial, o de forma remota mediante telnet o ssh con la habilitación previa de los puertos.(Jiménez, 2022, p. 3).

La arquitectura interna de un equipo Cisco soporta componentes que cumplen un papel fundamental en el proceso de inicio como se muestra en la Ilustración 12-2.

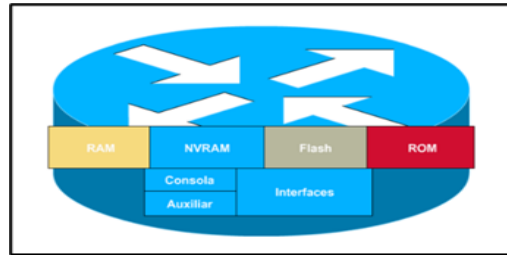


Ilustración 12-2: Esquema de componentes Cisco

Fuente: (Jiménez, 2022, p. 4)

- **RAM/DRAM:** Almacena las tablas de enrutamiento, el caché ARP, el caché de conmutación rápida, el *búfering* de paquetes (RAM compartida) y las colas de espera de paquetes. La RAM también proporciona memoria temporal y/o de trabajo para el archivo de configuración de un router mientras el router está encendido.
- **NVRAM:** La RAM no volátil almacena la copia de respaldo del archivo de configuración/archivo de configuración de inicio del router. El contenido de la NVRAM se conserva durante un corte de energía o si se reinicia el equipo.
Flash: ROM borrable y reprogramable que retiene la imagen y el microcódigo del sistema operativo. La memoria Flash activa las actualizaciones del software sin eliminar ni reemplazar los chips del procesador. El contenido de la Flash se conserva durante los cortes de energía o reinicio. La memoria Flash puede almacenar múltiples versiones del software IOS.
- **ROM:** Contiene diagnósticos de encendido, un programa *bootstrap* y software del sistema operativo. Las actualizaciones del software en la ROM requieren la eliminación y el reemplazo de chips enchufables en la CPUMPLS
- **Interfaces:** Conexiones de red, en la *motherboard* o en módulos de interfaz separados, a través de las cuales los paquetes entran y salen de un equipo (Jiménez, 2022, p. 4)

Abarcan diversas áreas tecnológicas, tales como seguridad, voz, alta disponibilidad, *routing* y multidifusión IP, calidad de servicio (QoS), movilidad IP, *switching* por etiquetas multiprotocolo (MPLS), redes VPN y administración integrada (Cisco, 2009, pp. 1-13).

2.5.2.2 Router Cisco2911/9K

Los Routers Cisco2911/9k ofrecen aceleración de cifrado de hardware incorporado, ranuras de Procesador de Señal Digital (DSP) con capacidad de voz y video, firewall opcional, prevención de intrusiones, procesamiento de llamadas, correo de voz y servicios de aplicación. Además, las plataformas admiten la gama más amplia de conectividad alámbrica e inalámbrica de la industria en la Ilustración 13-2 se muestra el equipo Cisco2911. opciones como T1/E1, T3/E3, xDSL, cobre y fibra GE.

- ✓ 3 puertos Ethernet 10/100/1000 integrados (solo RJ-45)
- ✓ 1 ranura para módulo de servicio
- ✓ 4 ranuras para tarjetas de interfaz WAN de alta velocidad mejoradas
- ✓ 2 ranuras de procesador de señal digital (DSP) integradas
- ✓ 1 ranura de módulo de servicio interno para servicios de aplicaciones
- ✓ Distribución de energía completamente integrada a módulos compatibles con 802.3af *Power over Ethernet* (PoE) y *Cisco Enhanced PoE* (LASYSTEMS, 2018, pp. 1-2).



Ilustración 13-2: Router Cisco2911/9k

Fuente:(Cisco)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En esta sección hace referencia a las etapas necesarias para la creación de un entorno de tráfico real, análisis antes y después de aplicar Calidad de Servicio sobre equipos Mikrotik y Cisco.

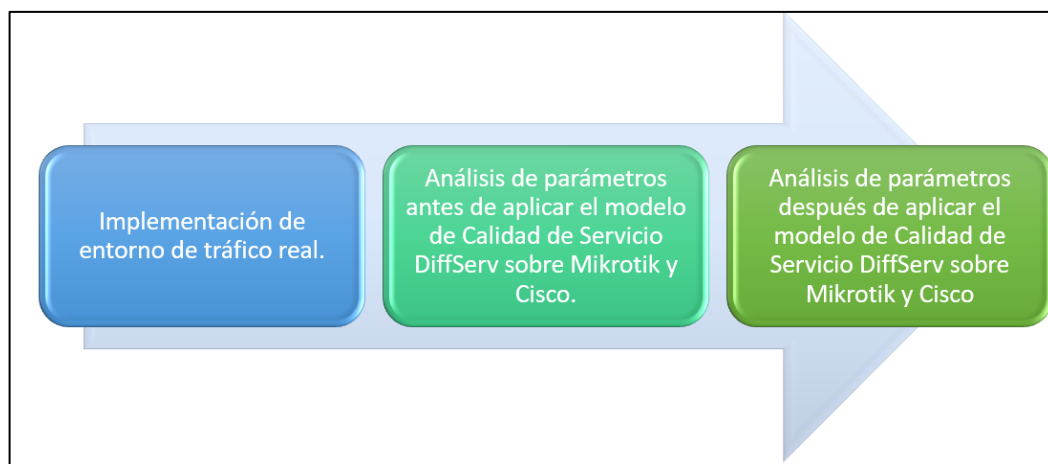


Ilustración 1-3: Esquema de etapas principales del proyecto

Realizado por: Cando, Robinson ;2023

3.1. Materiales

Para la realización de las pruebas y evaluación fue necesario lo siguiente:

- ✓ 2 routers MIKROTIK CCR1016-12G
- ✓ 2 routers CISCO2911/9K
- ✓ 4 patchcore
- ✓ 1 cable de consola
- ✓ 4 cables de alimentación
- ✓ 1 adaptador de red
- ✓ 1 computador en forma de servidor y cliente.

3.2. Generación de tráfico.

La generación de tráfico se realizó y mediante el uso del del generador de tráfico realista TRex, el cual es un software de código abierto que se ejecutó en procesadores estándar basados en Intel DPDK y admite modos con estado / sin estado. Este tráfico fue generado en los diferentes escenarios que se han planteado con la marca de equipos Cisco y Mikrotik. El enrutamiento se

estableció mediante rutas estáticas tanto para la conectividad entre el borde del Servidor y el borde de los Clientes. Tanto los servidores y clientes fueron creados mediante el uso del software de código libre TRex, este software fue montado en un sistema operativo CentOS. Para la captura de tráfico se utilizó dos mecanismos para cada marca.

3.2.1. Configuración del software TRex

3.2.1.1 Configuración de direccionamiento

Para la configuración de las interfaces virtuales montadas en la distribución CentOS 7, se establecieron 2 redes para la conexión a la puerta enlace alojada en los enrutadores respectivamente. Se utilizó la tarjeta de red física del computador para los servidores y un adaptador de red USB para los clientes en la Ilustración 2-3 se observa la configuración en Linux y en la Ilustración 3-3 se muestra la configuración en TRex.

```
2: ens37: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP group default qlen 1000
    link/ether 00:0c:29:41:3a:00 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 172.16.10.2/24 brd 172.16.10.255 scope global noprefixroute ens37
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::e5b5:f1b8:9943:35eb/64 scope link noprefixroute
        valid_lft forever preferred_lft forever
3: ens38: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP group default qlen 1000
    link/ether 00:0c:29:41:3a:f6 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 192.168.10.2/24 brd 192.168.10.255 scope global noprefixroute ens38
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::d4db:31e:c35c:2c7d/64 scope link noprefixroute
        valid_lft forever preferred_lft forever
```

Ilustración 2-3: Interfaces virtuales en CentOS7

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

```
- version: 2
  interfaces: ['02:05.0', '02:06.0']
  port_info:
    - ip: 172.16.10.2
      default_gw: 172.16.10.1
    - ip: 192.168.10.2
      default_gw: 192.168.10.1

  platform:
    master_thread_id: 0
    latency_thread_id: 1
    dual_if:
      - socket: 0
        threads: [2, 3, 4, 5]
```

Ilustración 3-3: Interfaces virtuales para el software TRex

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

3.2.1.2 Configuración y ejecución del archivo de tráfico

En las carpetas alojadas del generador de tráfico, existe la carpeta Cap2/ como en la Ilustración 4-3 que hace referencia a todos los tráficos capturados reales, los cuales se modificaron y combinaron con un servicio de tráfico elástico y no elástico, en la Ilustración 5-3 se observo los tipos de tráficos que existen.

```
[root@localhost /]# cd /opt/trex/v3.00/cap2/
```

Ilustración 4-3: Directorio donde se encuentran los tráficos capturados

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Se accedió al directorio de tráfico capturado como se observa en la Ilustración 5-3.

```
[root@localhost cap2]# ls
190_packet.pcap          http_get.pcap          limit_single_pkt.yaml  sfr3.yaml
asa_exploit.pcap        http_plugin.yaml       mail_pop.pcap          sfr4.yaml
asa_exploit1.yaml       http_post.pcap         many_client_example.yaml  sfr_agg_tcp14_udp11_http200msec_new_high_new_nir_profile_ipg_mix.yaml
citrifx.pcap            http_short.yaml        nat_test.yaml          sfr_agg_tcp14_udp11_http200msec_new_high_new_nir_profile.yaml
cluster_example.yaml    http_simple_ipv6.yaml  Oracle.pcap            sfr.yaml
cur_flow_single_tx_8.yaml http_simple.yaml        per_template_gen1.yaml  sfr.yaml-
cur_flow_single.yaml     https.pcap             per_template_gen2.yaml  short_tcp.yaml
cur_flow.yaml           http_very_long.yaml    per_template_gen3.yaml  sip_short1.yaml
delay_10_rtp_250k_short.pcap http.yaml              per_template_gen4.yaml  sip_short2.yaml
dhcp_req_ack_plugin.yaml imix_1518.yaml         per_template_gen5.yaml  smtp.pcap
dns_no_delay.yaml       imix_64_100k.yaml     rtp_160k.pcap          test_pcap_mode1.yaml
dns_one_server.yaml     imix_64_fast.yaml     rtp_250k_rtp_only_1.pcap test_pcap_mode2.yaml
dns.pcap                imix_64.yaml          rtp_250k_rtp_only_2.pcap tuple_gen.yaml
dns_single_server.yaml  imix_9k_burst_10.yaml rtp_250k_rtp_only.pcap  udp_10_pkts.pcap
dns_tw.yaml             imix_9k.yaml          rtsp_full1.yaml        udp_1518B.pcap
dns_wlen1.yaml          ipv4_load_balance.yaml rtsp_full2.yaml        udp_594B.pcap
dns_wlen2.yaml          ipv6_load_balance.yaml rtsp_short1_slow.yaml  udp_64B.pcap
dns_wlength.yaml        ipv6.pcap              rtsp_short1.yaml       Video_calls.pcap
dns_wlen.yaml           jumbo.pcap             rtsp_short2.yaml       Voice_calls_rtp_only.pcap
dns.yaml                jumbo.yaml            rtsp_short3.yaml       wrong_ip.pcap
dyn_pyldi.yaml          lb_ex1.yaml            rtsp_short.pcap        wrong_ip.yaml
exchange.pcap           limit_multi_pkt.yaml  rtsp.yaml              sfr2.yaml
http_browsing.pcap      limit_multi_pkt.yaml  sfr2.yaml
```

Ilustración 5-3: Archivos de tráficos capturados

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Se combinó el tráfico de aplicación Web y *Stream*. Este archivo generó tráfico en el escenario tanto de la marca Mikrotik y Cisco. Se optó por editar el archivo Sfr3.yaml como se muestra en la Ilustración 6-3.

```
[root@localhost cap2]# cat sfr3.yaml
- duration : 1.0
  generator :
    distribution : "seq"
    clients_start : "16.0.0.1"
    clients_end : "16.0.0.255"
    servers_start : "48.0.0.1"
    servers_end : "48.0.255.255"
    clients_per_gb : 201
    min_clients : 101
    dual_port_mask : "1.0.0.0"
    tcp_aging : 0
    udp_aging : 0
  cap_info :
    - name: cap2/Voice_calls_rtp_only.pcap
      cps : 1
      ipg : 10000
      rtt : 10000
      w : 4
    - name: cap2/http_get.pcap
      cps : 25
      ipg : 10000
      rtt : 10000
      w : 4
    - name: cap2/http_post.pcap
      cps : 12
      ipg : 10000
      rtt : 10000
      w : 4
```

Ilustración 6-3: Archivo de tráfico Sfr3_yaml

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

En la configuración de los tráficos se establecieron los valores por defecto configurados previamente. Estos parámetros nos permitieron variar el nivel de congestión por cada servicio establecido. Para la ejecución se emplea el siguiente comando donde se especifica la herramienta Trex de ejecución, el archivo de tráfico, el número de veces a ejecutar el archivo durante la ejecución y la duración como se muestra en la Ilustración 7-3.

```
[root@localhost v3.00]# sudo ./t-rex-64 -f cap2/sfr.yaml -c 1 -d 100
```

Ilustración 7-3: Comando de ejecución

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

```

-Per port stats table
  ports |          0 |          1
-----|-----|-----
opackets |         2170 |         3565
obytes   |        176545 |       5182270
ipackets |          51 |         2221
ibytes   |         3286 |       179831
ierrors  |          0 |          0
oerrors  |          0 |          0
Tx Bw    |       25.58 Kbps |       739.23 Kbps

-Global stats enabled
Cpu Utilization : 0.4 % 0.4 Gb/core
Platform_factor : 1.0
Total-Tx       :    764.81 Kbps
Total-Rx       :     25.90 Kbps
Total-PPS      :    103.06 pps
Total-CPS      :     2.76 cps

Expected-PPS   :    102.71 pps
Expected-CPS   :     2.78 cps
Expected-BPS   :    767.80 Kbps

Active-flows   :     0 Clients :    255 Socket-util : 0.0000 %
Open-flows    :    155 Servers :   65535 Socket      : 0 Socket/Clients : 0.0
drop-rate     :    738.90 Kbps
current time  :    57.6 sec
test duration  :    42.4 sec

```

Ilustración 8-3: Estado de generación de tráfico puesta en marcha

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

3.3. Diagrama de implementación de Calidad de Servicio

Para la implementación de Calidad de Servicio se planteó un diagrama basado en diversas fuentes como se muestra en la Ilustración 9-3, en donde se realizaron cuatro procesos necesarios para una correcta implementación.



Ilustración 9-3: Diagrama de implementación de calidad de servicio

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

3.3.1. *Análisis e identificación*

En este bloque se realizó el proceso necesario para poder identificar el tráfico que fue seleccionado y controlado, con y sin calidad de servicio. Este proceso estuvo enfocado en la recopilación de información en la interfaz de interés, donde se generó el archivo Pcap para seguidamente ser analizado en la herramienta Wireshark u Omnippeek. Se identificaron los protocolos y puertos de origen y destino para proceder con el siguiente proceso de Marcado. Este proceso fue utilizado y aprovechado para los dos escenarios planteados de las diferentes marcas.

3.3.2. *Marcado*

Una vez identificado y analizado el tráfico, se generaron políticas o reglas para el marcado del tráfico de interés. Se realizó el cambio del parámetro DSCP de los paquetes y tráfico antes analizado, los routers de ambas marcas generaron las prioridades necesarias mediante las políticas establecidas por el RFC 2475 y RFC2474, las cuales indican un tratamiento especial para las diversas clases existentes del campo DSCP.

3.3.3. *Administración y control*

Una vez marcado el tráfico que se deseó controlar, se procedió a aplicar las políticas de control necesario como las de prioridad, ancho de banda garantizado y preferencia del tráfico que se desea administrar.

3.3.4. *Análisis y Monitoreo*

Este proceso se ejecutó antes y después de la implementación del mecanismo de Calidad de Servicio. Este proceso fue importante para la verificación y monitoreo del comportamiento del tráfico, después de haber sido implementado el mecanismo de Calidad de Servicio.

3.4. *Análisis e identificación del tráfico*

Para el análisis de tráfico se utilizó las herramientas Wireshark y Omnippeek. Estas herramientas se utilizaron con la finalidad de identificar el tráfico, marcarlos, tratarlo y analizarlos antes y después de aplicar Calidad de Servicio. La gran diferencia entre estas dos herramientas fue la variedad de herramientas que nos brindaban, Omnippeek fue una herramienta mucho más visual y despliega los resultados de una manera ordenada. De esta manera se logró identificar el tráfico

Stream y Web como se muestra en la Ilustración 10-3 y 11-3, para el seguidamente realizar el tratamiento y control en cada escenario.

Packet	Source	Source Port	Destination	Dest. Port	Flow ID	Flags	Direction	Size	Relative Time	Protocol	Application	Summary
75814	48.0.1.37	http	16.0.0.38	30300	1243		To DTE	52	31.704001	HTTP	HTTP	Src= 80, Dst=30300, ..A
75815	16.0.0.45	21063	48.0.1.44	http	1267		To DTE	298	31.704001	HTTP	HTTP	C PORT=21063 GET /10k_
75816	48.0.1.41	http	16.0.0.42	34383	1251		To DTE	1506	31.704001	HTTP	HTTP	R PORT=34383 HTML Data
75817	16.0.0.41	16977	48.0.1.40	http	1250		To DTE	46	31.704001	HTTP	HTTP	Src=16977, Dst= 80, ..A
75818	48.0.1.41	http	16.0.0.42	34381	1248		To DTE	1506	31.708001	HTTP	HTTP	R PORT=34381 HTML Data
75819	16.0.0.43	51787	48.0.1.42	http	1255		To DTE	46	31.708001	HTTP	HTTP	Src=51787, Dst= 80, ..A
75820	16.0.0.153	lbc-measure	48.0.0.153	ndsp	767		To DTE	66	31.708001 G.729	RTCP	SSRC=0x9856437, Seq=3	
75821	16.0.0.191	6282	48.0.0.191	ndsp	806		To DTE	66	31.708001 G.729	RTP	SSRC=0x9856437, Seq=3	
75822	16.0.0.191	6283	48.0.0.191	ndsp	847		To DTE	66	31.708001 G.729	RTP	SSRC=0x9856437, Seq=3	
75823	16.0.0.191	6284	48.0.0.191	ndsp	886		To DTE	66	31.708001 G.729	RTP	SSRC=0x9856437, Seq=3	
75824	16.0.0.191	6285	48.0.0.191	ndsp	925		To DTE	66	31.708001 G.729	RTP	SSRC=0x9856437, Seq=3	
75825	16.0.0.229	12312	48.0.0.229	ndsp	964		To DTE	66	31.708001 G.729	RTP	SSRC=0x9856437, Seq=3	
75826	16.0.0.229	12313	48.0.0.229	ndsp	1003		To DTE	66	31.708001 G.729	RTP	SSRC=0x9856437, Seq=3	
75827	16.0.0.229	12314	48.0.0.229	ndsp	1043		To DTE	66	31.708001 G.729	RTP	SSRC=0x9856437, Seq=3	
75828	16.0.0.229	12315	48.0.0.229	ndsp	1082		To DTE	48	31.708001 G.729	RTP	SSRC=0x9856437, Seq=3	
75829	16.0.0.45	21062	48.0.1.44	http	1266		To DTE	46	31.708001	HTTP	HTTP	Src=21062, Dst= 80, ..A
75830	48.0.1.40	http	16.0.0.41	16978	1253		To DTE	1506	31.708001	HTTP	HTTP	R PORT=16978 HTML Data
75831	48.0.1.42	http	16.0.0.43	51789	1259		To DTE	1506	31.708001	HTTP	HTTP	R PORT=51789 HTML Data
75832	48.0.1.39	http	16.0.0.40	avenue	1247		To DTE	1506	31.712001	HTTP	HTTP	R PORT=2134 HTML Data
75833	16.0.0.43	51786	48.0.1.42	http	1254		To DTE	46	31.712001	HTTP	HTTP	Src=51786, Dst= 80, ..A
75834	48.0.1.42	http	16.0.0.43	51787	1255		To DTE	1506	31.712001	HTTP	HTTP	R PORT=51787 HTML Data

Ilustración 10-3: Análisis del tráfico del archivo generado en la herramienta omnipeek

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

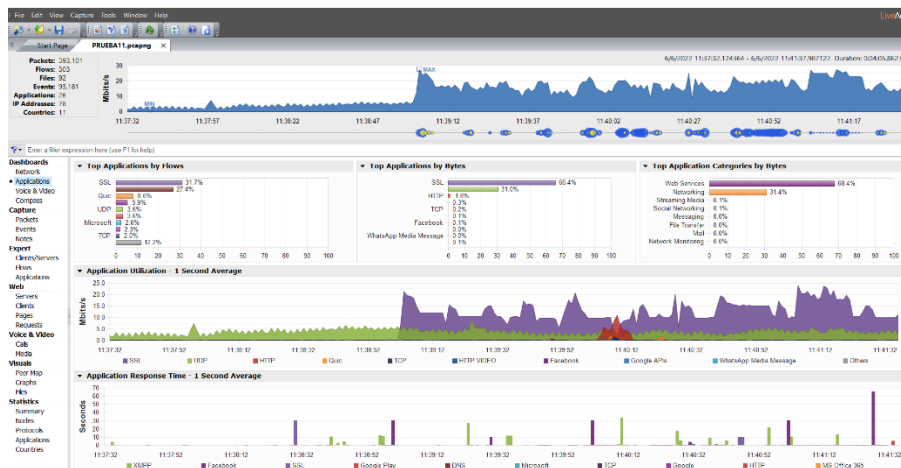


Ilustración 11-3: Análisis de tráfico capturado mediante Omnicap

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

3.5. Escenario con equipos Mikrotik

Para evaluar los parámetros en la implementación del mecanismo de Servicios Diferencia de Calidad de servicio, fue necesario plantear un escenario para la evaluación de los parámetros del tráfico que fluye por el enlace a estudiar R1-R2 como se muestra en la Ilustración 12-3 y el direccionamiento en la Ilustración 1-3.

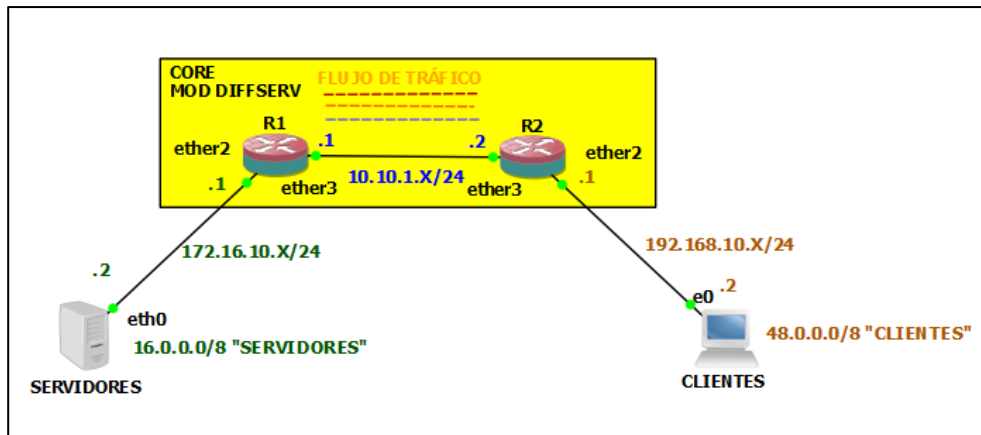


Ilustración 12-3: Esquema de red con equipos Mikrotik

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 1-3: Tabla de direccionamiento

Dispositivo	Interfaz	Dirección IP	Mascara
R2	e0/3	10.10.1.2	255.255.255.0
	e0/2	192.168.10.1	255.255.255.0
R1	e0/3	10.10.1.1	255.255.255.0
	e0/2	172.16.10.1	255.255.255.0
TRex	eth0	172.16.10.2	255.255.255.0
	Servidores	48.0.0.0	255.0.0.0
	eth1	192.168.10.2	255.255.255.0
	Clientes	16.0.0.0	255.0.0.0

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

El escenario fue constituido por dos routers Mikrotik CCR1016-12G, los cuales simularon la red de Core, en esta red simulada se implementó el modelo de Servicios Diferenciado de Calidad de Servicio. Se empleó la herramienta Packet Sniffer para capturar y generar el archivo de tráfico según los filtros que se necesiten, el archivo generado se analizó en la herramienta Omnipcap. Teniendo en cuenta las características de los puertos de los equipos usados, se tuvo una capacidad de 1 Gbps que se pudo reducir o limitar a la capacidad de 10 Mbps y generar congestión de tráfico y poder analizarlo.

3.5.1. Configuración básica Mikrotik R1

3.5.1.1 Direccionamiento y habilitación de interfaces

Para la configuración de los equipos Mikrotik se utilizó la herramienta Winbox, la cual nos muestra una interfaz gráfica para la configuración.

Para la habilitación de las interfaces se establecieron los siguientes comandos, los cuales nos permitieron configurar el direccionamiento necesario para tener conectividad entre puertos, en donde se configuró una dirección en el *core* o enlace de interés para el análisis de calidad de servicio y el borde que conecto directamente a los servidores alojados en el puerto designado del generador de tráfico TRex como se muestra en la Ilustración 13-3.

```
/Ip address
```

```
add address=10.10.1.1/24 interface=ether3 network=10.10.1.0
```

```
add address=172.16.10.1/24 interface=ether2 network=172.16.10.0
```

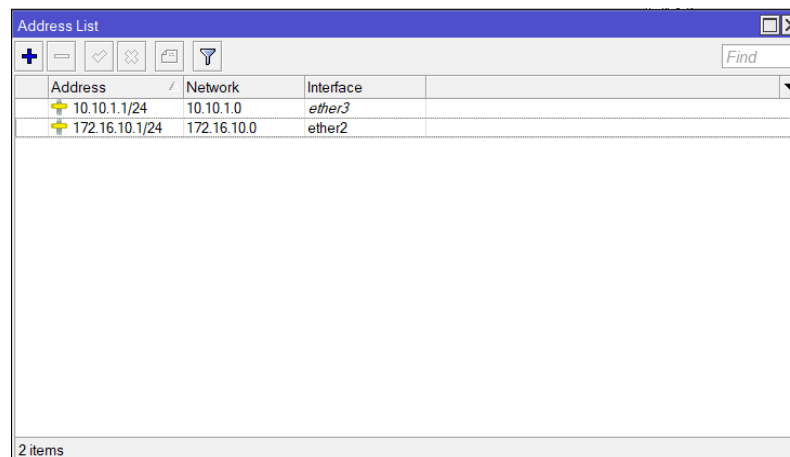


Ilustración 13-3: Habilidad y asignación de direccionamiento en el equipo Mikrotik R1

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

3.5.1.2 Enrutamiento mediante Rutas Estáticas

Se establecieron rutas estáticas para la conectividad entre los servidores y clientes alojados en el generador de tráfico TRex como se muestra en la Ilustración 14-3.

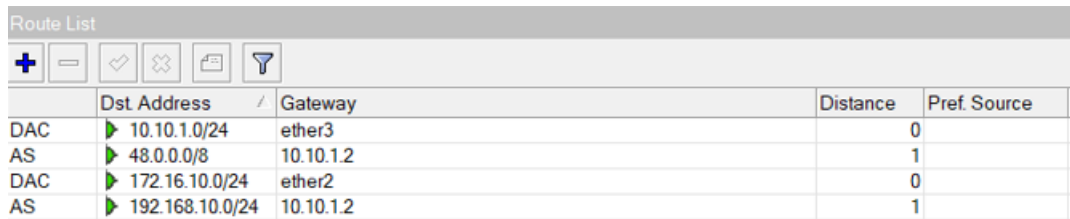
```
/Ip route
```

```
add disabled=no dst-address=48.0.0.0/8 gateway=10.10.1.2 routing-table=main \
```

```
suppress-hw-offload=no
```

```
add disabled=no dst-address=192.168.10.0/24 gateway=10.10.1.2 routing-table=\
```

```
main suppress-hw-offload=no
```



	Dst Address	Gateway	Distance	Pref. Source
DAC	10.10.1.0/24	ether3	0	
AS	48.0.0.0/8	10.10.1.2	1	
DAC	172.16.10.0/24	ether2	0	
AS	192.168.10.0/24	10.10.1.2	1	

Ilustración 14-3: Enrutamiento mediante rutas estáticas

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

3.5.2. Configuración básica Mikrotik R2

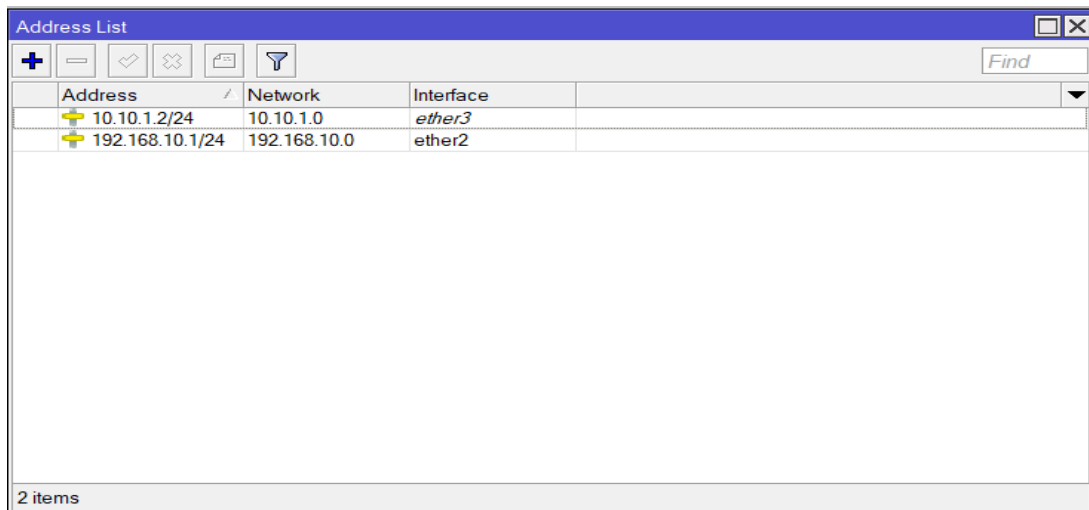
3.5.2.1 Direccionamiento y habilitación de interfaces

Para la habilitación de las interfaces se establecieron los siguientes comandos, estos permitieron configurar el direccionamiento necesario para tener conectividad entre puertos, en donde se configuró una dirección en el *core* para el análisis de calidad de servicio y el borde que conecto a los clientes alojados en el puerto designado del generador de tráfico TRex como se muestra en la Ilustración 15-3.

```
/Ip address
```

```
add address=10.10.1.2/24 interface=ether3 network=10.10.1.0
```

```
add address=192.168.10.1/24 interface=ether2 network=192.168.10.0
```



Address	Network	Interface
10.10.1.2/24	10.10.1.0	ether3
192.168.10.1/24	192.168.10.0	ether2

Ilustración 15-3: Habilitación y asignación de direccionamiento en el equipo Mikrotik de R2

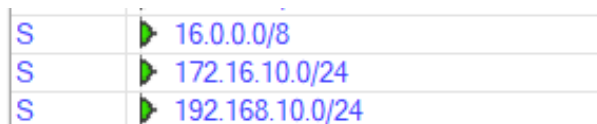
Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

3.5.2.2 Enrutamiento mediante Rutas Estáticas

Se establecieron rutas estáticas para la conectividad entre los servidores y clientes alojados en el generador de tráfico TRex como se muestra en la Ilustración 16-3.

/Ip route

```
add distance=1 dst-address=16.0.0.0/8 gateway=10.10.1.1
add distance=1 dst-address=172.16.10.0/24 gateway=10.10.1.1
add distance=1 dst-address=192.168.10.0/24 gateway=ether2
```



S	▶	16.0.0.0/8
S	▶	172.16.10.0/24
S	▶	192.168.10.0/24

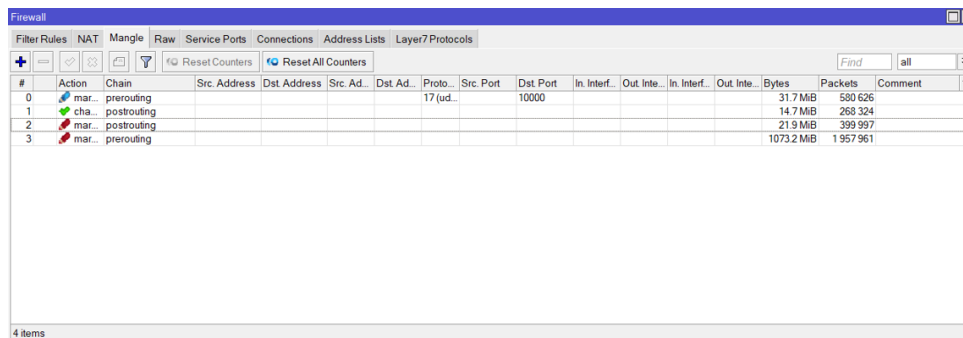
Ilustración 16-3: Enrutamiento mediante rutas estáticas

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

3.5.3. Implementación de Servicios Diferenciados de Calidad de Servicio Mikrotik R1-R2

3.5.3.1 Clasificación y marcado de tráfico

En este proceso se realizó el marcado de tráfico previamente identificado, se establecieron una serie de reglas y políticas de control. En la sección Ip / Firewall / Mangle se establecieron cuatro reglas para el marcado de tráfico en el router R1 y R2 ya que actuaron como routers de borde tanto hacia los servidores y clientes respectivamente. Estas cuatro reglas nos permitieron marcar el tráfico de *Stream* y el tráfico que interfiere en la Calidad de Servicio como se muestra en la Ilustración 17-3.



#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Src. Ad...	Dst. Ad...	Proto.	Src. Port	Dst. Port	In. Interf.	Out. Inte...	In. Interf.	Out. Inte...	Bytes	Packets	Comment
0	mar...	prerouting					17(ud...		10000					31.7 MiB	580 626	
1	cha...	postrouting												14.7 MiB	268 324	
2	mar...	postrouting												21.9 MiB	399 997	
3	mar...	prerouting												1073.2 MiB	1 957 961	

Ilustración 17-3: Reglas necesarias para el marcado de tráfico

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

La primera regla se empleó para el marcado de conexiones, esta regla es la única que cambió entre el router R1 y R2 ya que realizó el marcado de conexiones con las condiciones previamente analizadas en el proceso de identificación de tráfico. En el router R1 se establecieron las condiciones de Protocolo UDP y puerto de destino 10000. En el router R2 se establecieron condiciones Protocolo UDP y puerto de origen 10000 con el fin de realizar el marcado total de todo el tráfico de solicitud y respuesta generado como se muestra en la Ilustración 18-3, 19-3, y 20-3.

The screenshot shows the configuration window for a Mangle Rule named '<10000>'. The window has several tabs: 'General', 'Advanced', 'Extra', 'Action', and 'Statistics'. The 'General' tab is selected. The 'Chain' is set to 'prerouting'. The 'Src. Address' and 'Dst. Address' fields are empty. The 'Protocol' is set to '17 (udp)'. The 'Src. Port' is empty, and the 'Dst. Port' is '10000'. The 'Any. Port' field is empty. The 'In. Interface' and 'Out. Interface' fields are empty. The 'In. Interface List' and 'Out. Interface List' fields are empty. The 'Packet Mark', 'Connection Mark', 'Routing Mark', and 'Routing Table' fields are empty. The 'Connection Type', 'Connection State', and 'Connection NAT State' fields are empty. The 'enabled' checkbox is checked. On the right side of the window, there are buttons for 'OK', 'Cancel', 'Apply', 'Disable', 'Comment', 'Copy', 'Remove', 'Reset Counters', and 'Reset All Counters'.

Ilustración 18-3: Regla para marcado de conexiones en el router R1

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

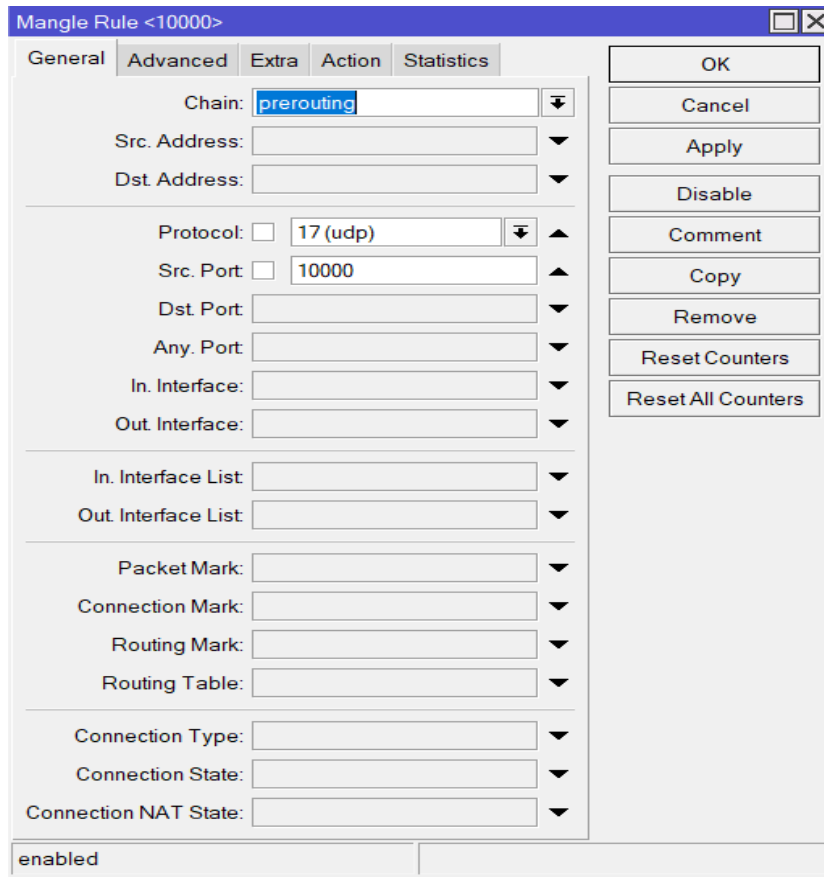


Ilustración 19-3: Regla de marcado de conexiones en el router R2

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

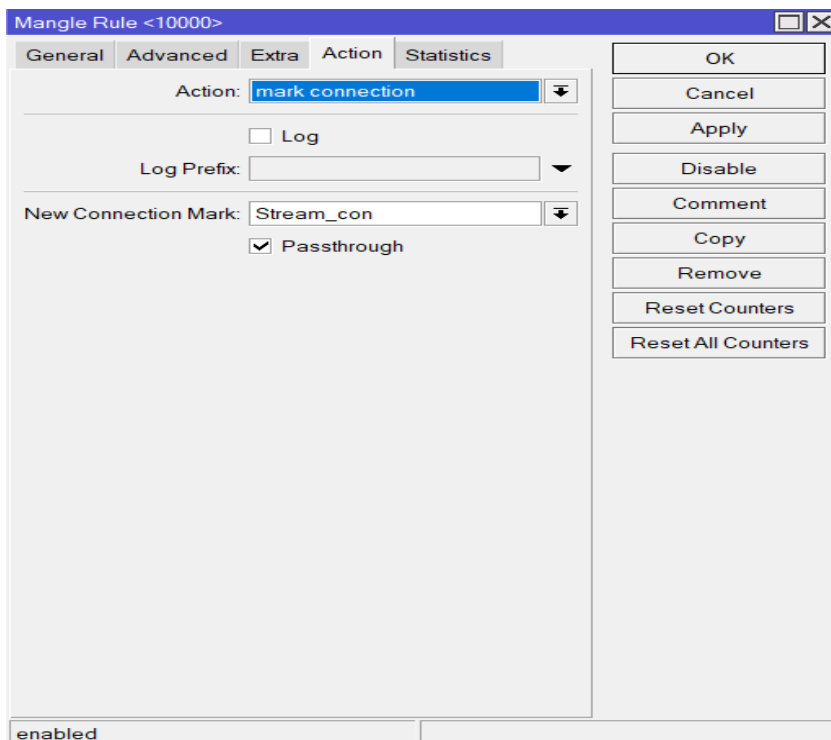


Ilustración 20-3: Acción de marcado de conexión.

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

En la segunda regla se estableció que todas las conexiones marcadas, cambien el parámetro DSCP=46, como se muestra en la Ilustración 21-3 y 22-3.

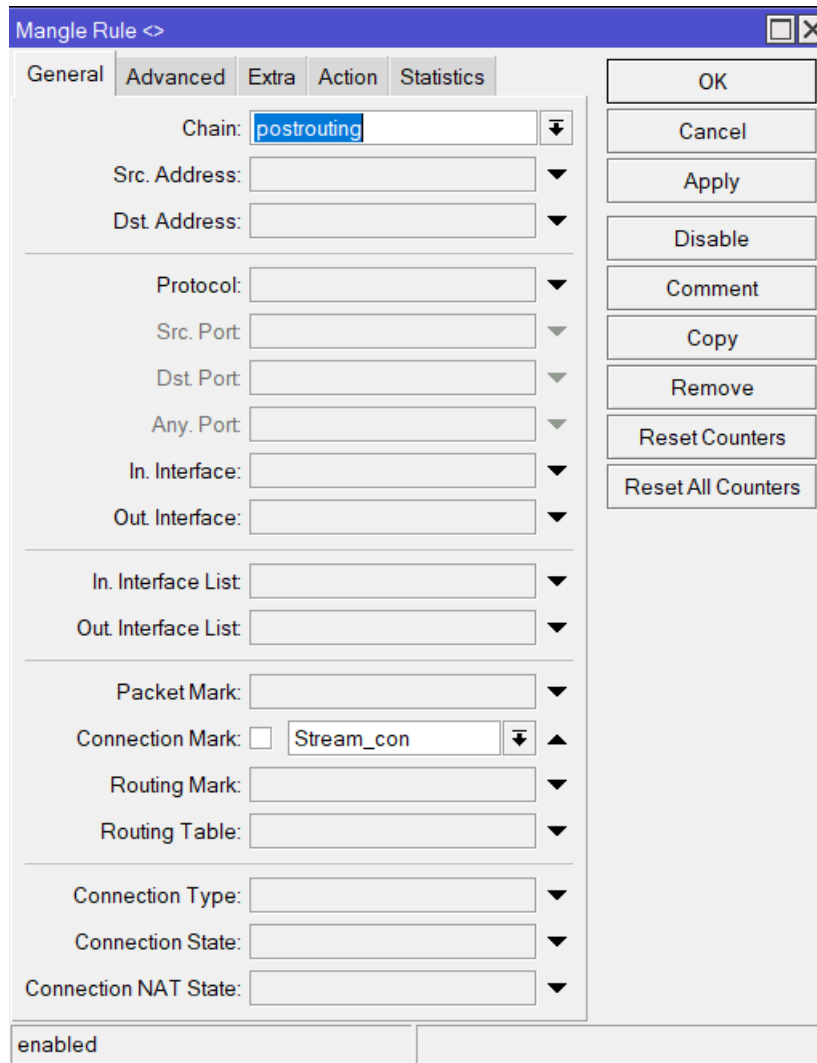


Ilustración 21-3: Configuración para el vínculo de las conexiones marcadas.

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

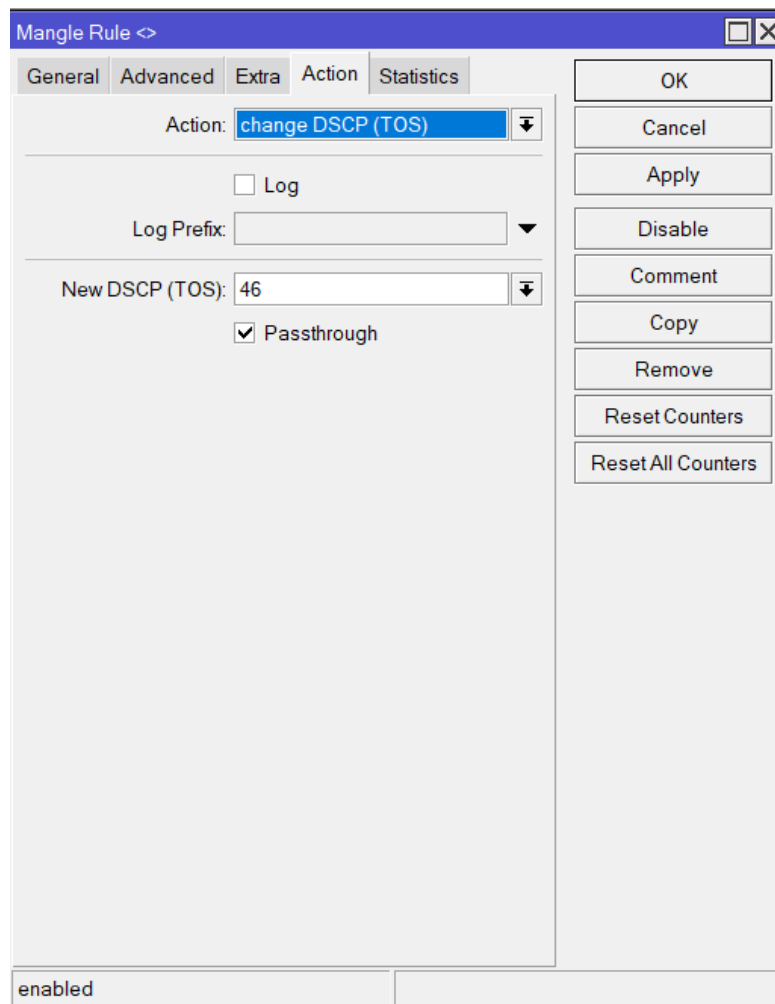


Ilustración 22-3: Acción del cambio del parámetro DSCP

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

En la tercera regla se realizó el marcado de los paquetes que contenga el parámetro DSCP=46, es decir, esta regla logró segmentar el tráfico *Stream* que es de interés para el tratamiento. Como se muestra en la Ilustración 23-3 y 24-3.

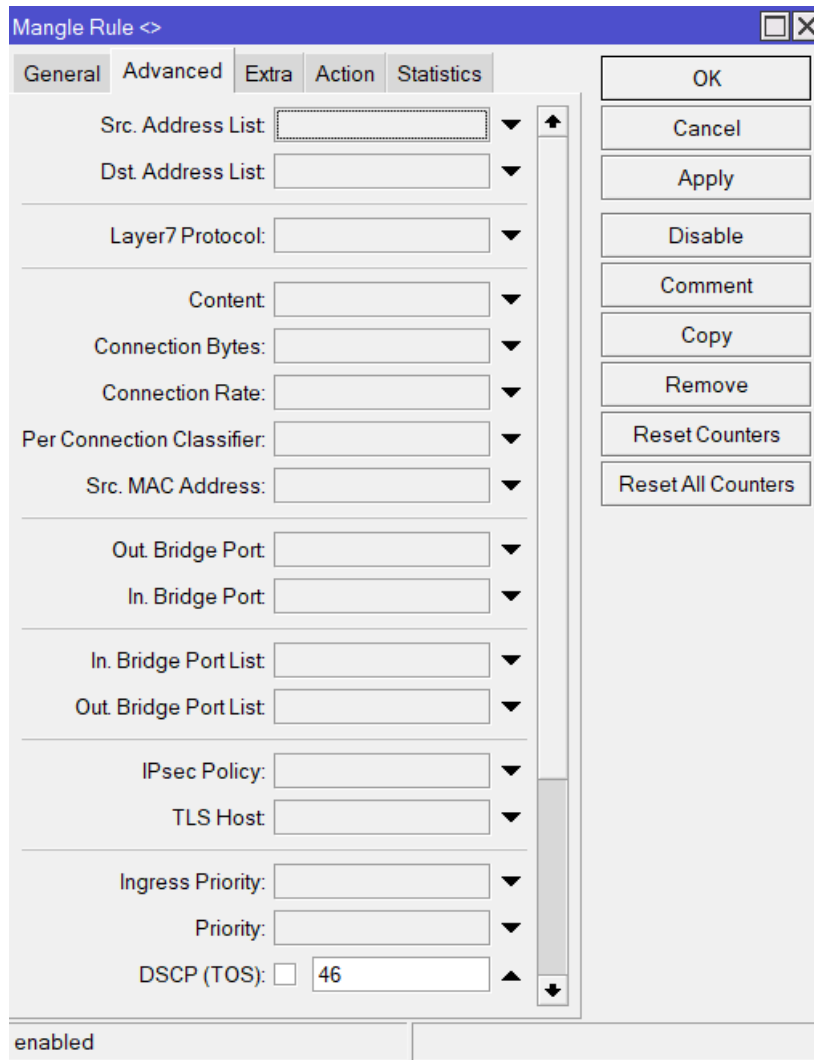


Ilustración 23-3: Configuración del vínculo de los paquetes que contengan como parámetro DSCP=46

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

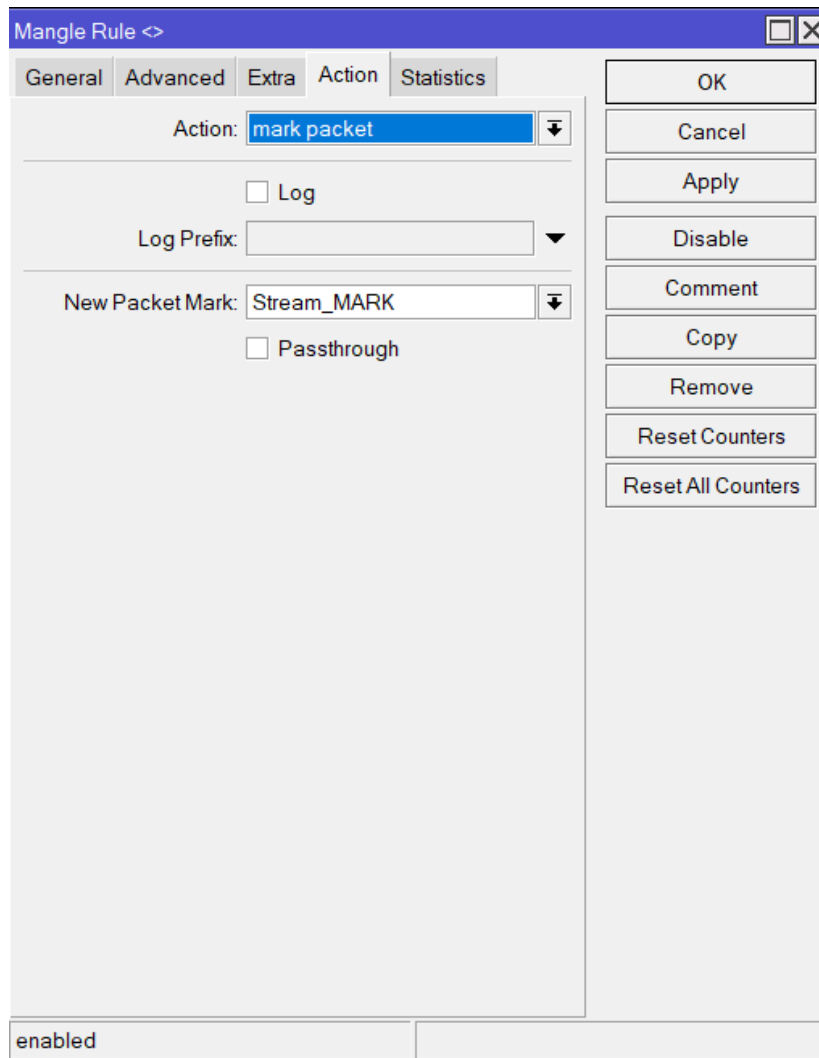


Ilustración 24-3: Acción de marcado de paquete.

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Como cuarta regla se estableció una regla general que marque todo el tráfico restante, con el fin de establecer parámetros para que no afecte al tráfico preferencial. Este tráfico fue marcado con la condición de que el parámetro DSCP=0. Como se muestra en la Ilustración 25-3 y 26-3.

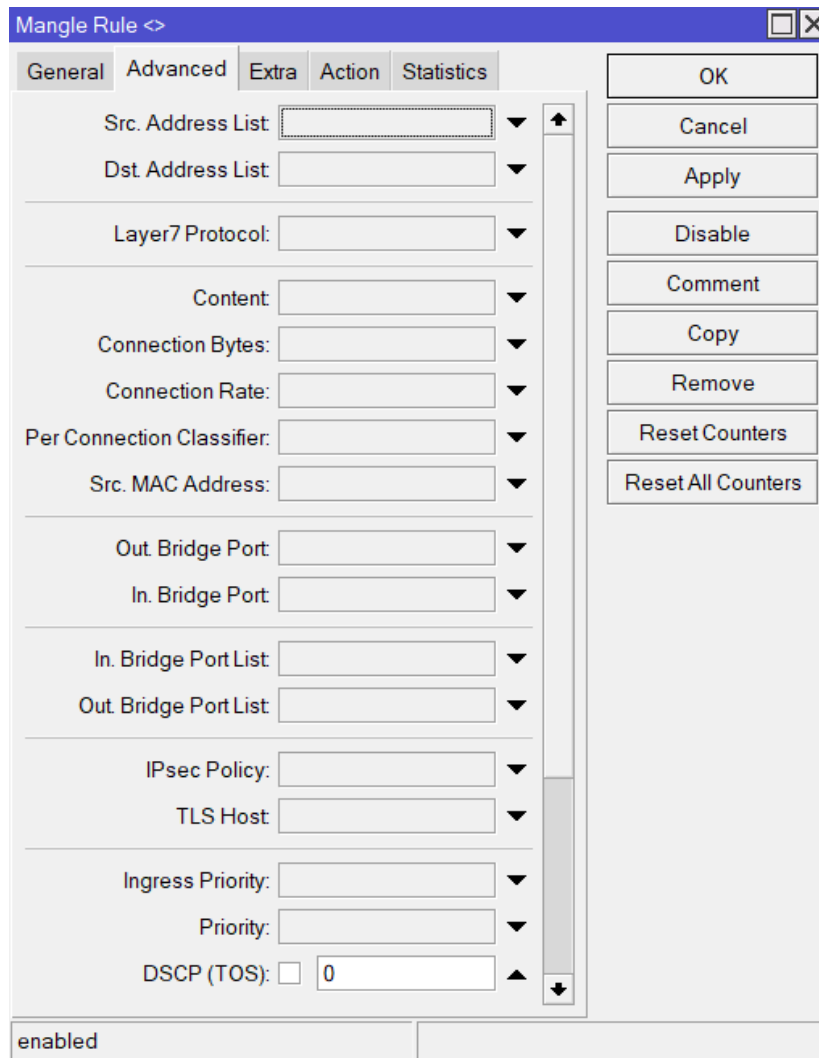


Ilustración 25-3: Configuración del vínculo del tráfico que contenga el parámetro DSCP=0

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

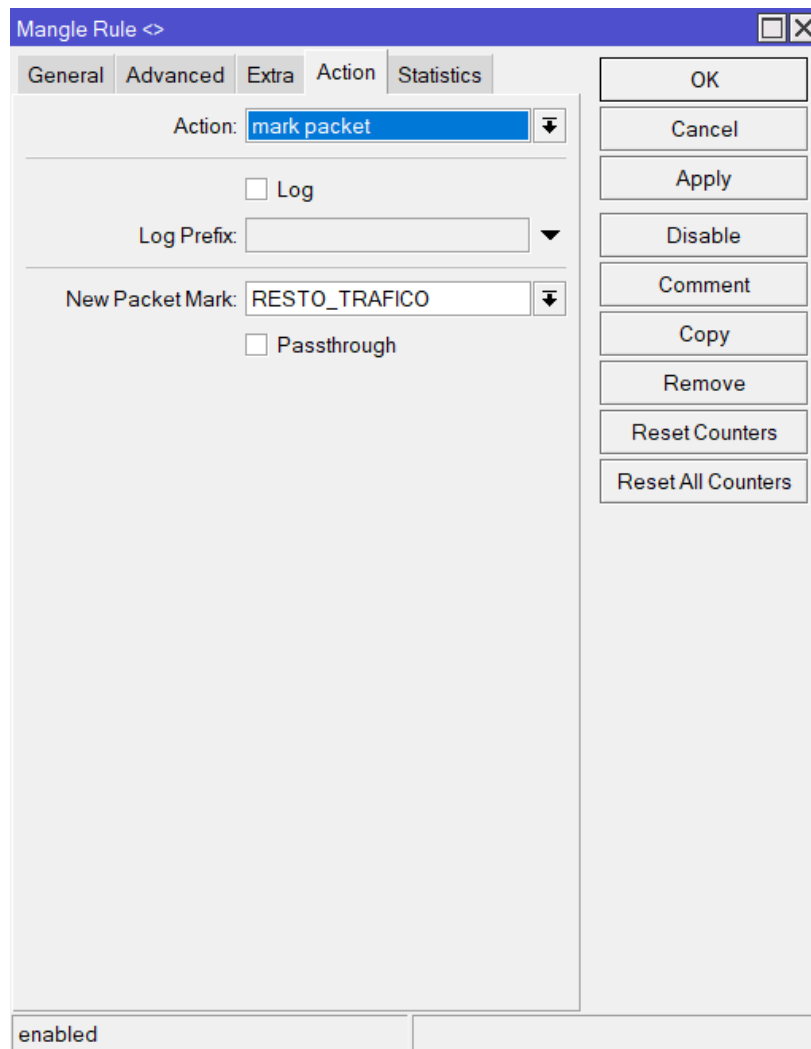


Ilustración 26-3: Acción de marcado de paquetes

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

3.5.3.2 *Control de tráfico*

En este proceso se realizó el control e implementación de políticas para mejorar el tratamiento del tráfico mediante encolamiento. En la sección *Queues / Queue Tree* se establecieron tres colas, una cola padre y dos colas hijos. Estas colas se crearon de forma global, ya que funcionara en todas las interfaces del router.

En la cola padre GENERAL se agregaron las colas hijas, esta cola controla la capacidad total de transmisión y recepción. Los parámetros que estaban configurados por defecto fueron conservados por recomendación del equipo. Como se muestra en la Ilustración 27-3.

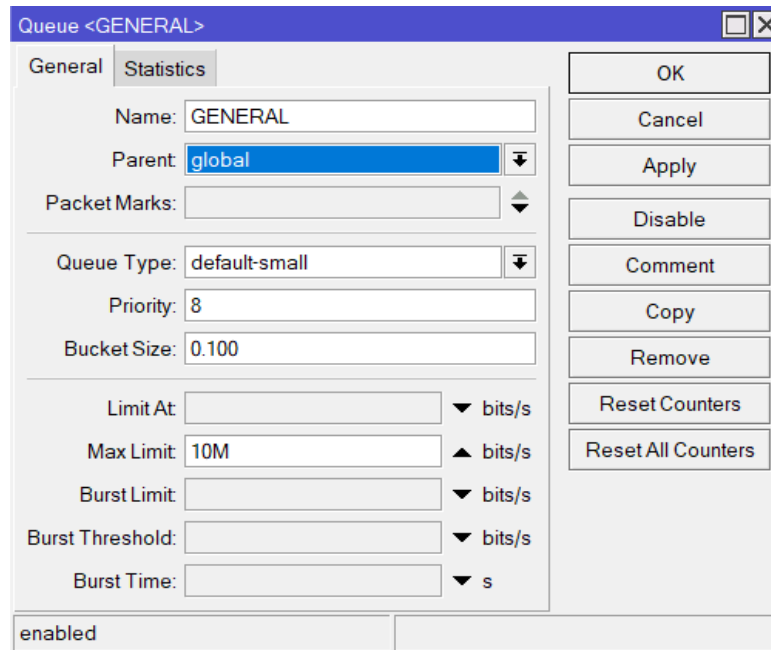


Ilustración 27-3: Creación de la cola padre

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

En la primera cola hija, se vincularon los paquetes marcados de *Stream* con la idea de brindar una prioridad alta 1 y con un ancho de banda garantizado de 600kbits/s, que fue el ancho de banda que se obtuvo después de análisis de tráfico y un ancho de banda máximo de 1 Mbits/s. Esto ayudo a garantizar que no influya la congestión de otro tipo de tráfico. Los demás parámetros se conservaron como vienen por defecto. Como se muestra en la Ilustración 28-3.

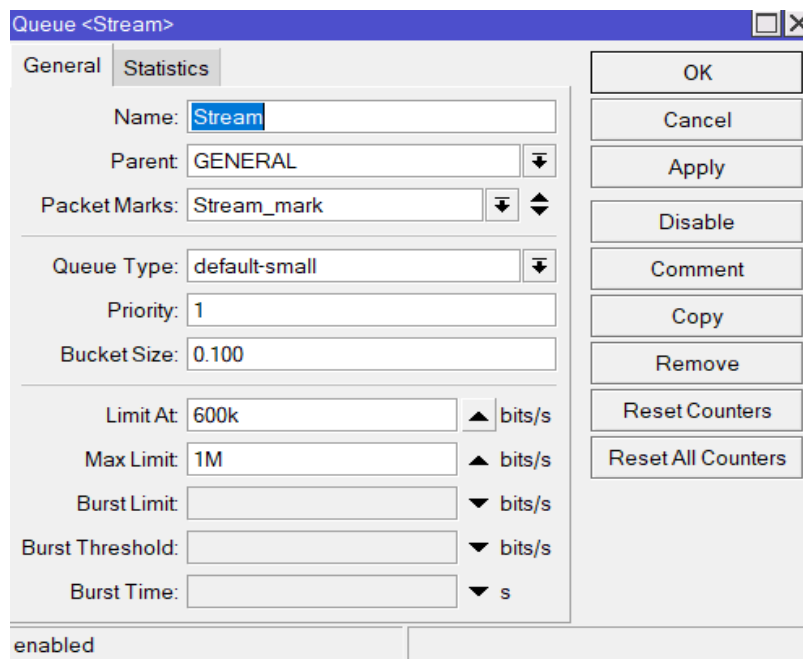


Ilustración 28-3: Creación de la primera cola

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

En la segunda cola hija que se vinculó al tráfico restante, se estableció una prioridad de 8, no se estableció un ancho de banda mínimo garantizado ya que este tráfico no es el preferencial, pero si se colocó un ancho de banda máximo de 9 Mbits/s que es el ancho de banda restante. Los demás parámetros se conservaron como vienen por defecto. Como se muestra en la Ilustración 29-3.

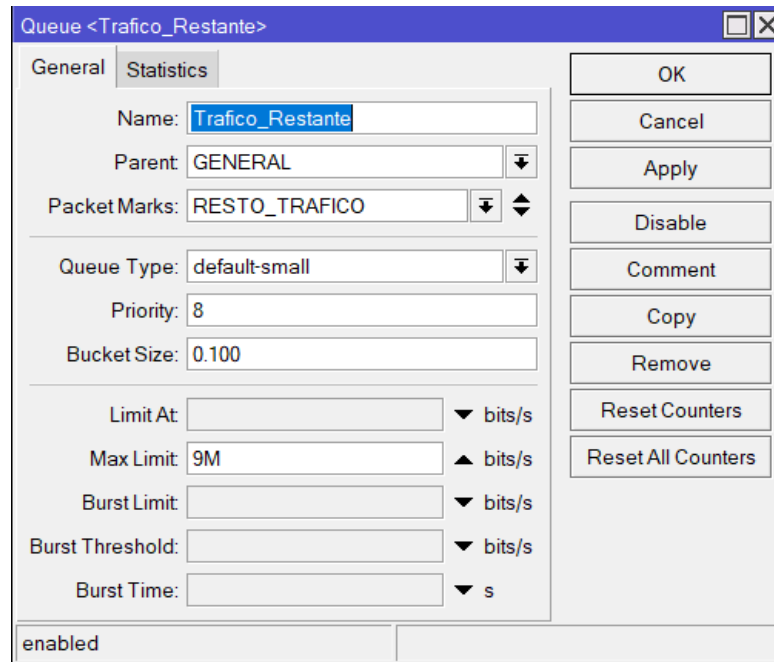


Ilustración 29-3: Creación de la segunda cola

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

3.6. Escenario con equipos Cisco

Para evaluar los parámetros en la implementación del mecanismo de Servicios Diferencia de Calidad de servicio, fue necesario plantear un escenario para la evaluación de los parámetros del tráfico que fluye por el enlace a estudiar R1-R2 con equipos Cisco, como se muestra en la Ilustración 30-3 y el direccionamiento en la Tabla 2-3.

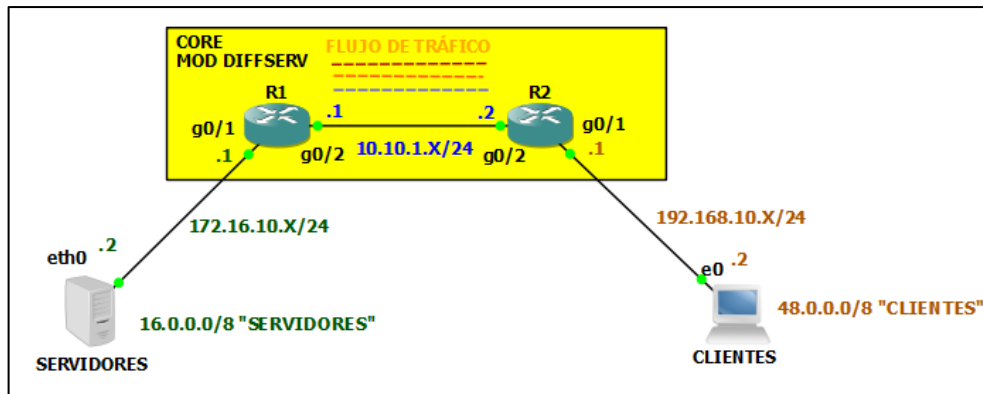


Ilustración 30-3: Esquema de red con equipos Mikrotik

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 2-3: Tabla de direccionamiento

Dispositivo	Interfaz	Dirección IP	Mascara
R2	g0/2	10.10.1.2	255.255.255.0
	g0/1	192.168.10.1	255.255.255.0
R1	g0/2	10.10.1.1	255.255.255.0
	g0/1	172.16.10.1	255.255.255.0
TRex	eth0	172.16.10.2	255.255.255.0
	Servidores	48.0.0.0	255.0.0.0
	eth1	192.168.10.2	255.255.255.0
	Clientes	16.0.0.0	255.0.0.0

Realizado por: Cando Robinson, 2022

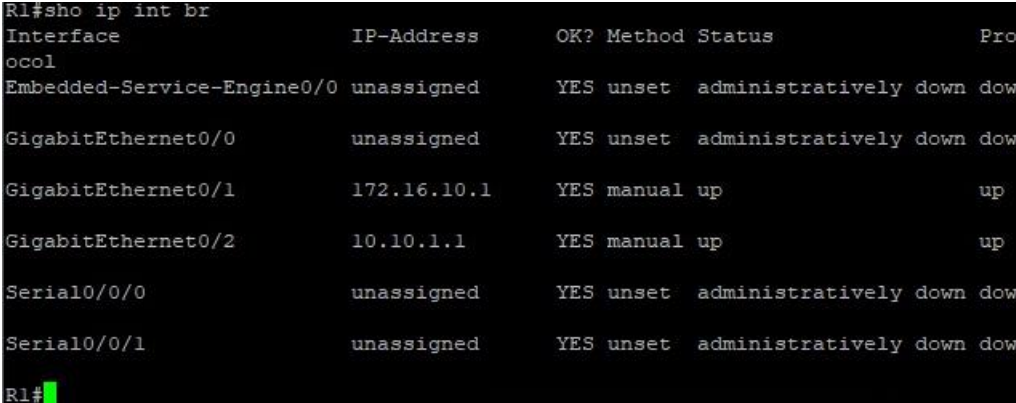
El escenario estuvo constituido por dos routers Mikrotik Cisco 2911, los cuales simularon la red del *Core*, en estos se implementó el modelo de Servicios Diferenciado de Calidad de Servicio. Se empleo una función integrada de cisco *Embedded Packet Capture* (EPC) la cual nos permitió generar el archivo de captura de tráfico según los filtros que se necesiten, el archivo generado se analizó en la herramienta Omnippeek. De igual manera en base a las características de los puertos de los equipos usados, se tuvo una capacidad de 1 Gbps se pudo reducir o limitar la capacidad de los puertos del router del *core* a la capacidad 10 Mbps y se generó congestión de tráfico en el enlace de interés.

3.6.1. Configuración básica Cisco R1

3.6.1.1 Direccionamiento y habilitación de interfaces

Para la configuración del equipo Cisco 2911 se empleó el uso de la herramienta Putty. Se realizó la configuración en la consola y se emplearon los siguientes comandos para la configuración de las interfaces. Como se muestra en la Ilustración 31-3.

```
en
conf t
interface GigabitEthernet0/1
ip address 172.16.10.1 255.255.255.0
speed auto
no shut
!
interface GigabitEthernet0/2
ip address 10.10.1.1 255.255.255.0
speed 10
no shut
```



Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
Embedded-Service-Engine0/0	unassigned	YES	unset	administratively down	down
GigabitEthernet0/0	unassigned	YES	unset	administratively down	down
GigabitEthernet0/1	172.16.10.1	YES	manual	up	up
GigabitEthernet0/2	10.10.1.1	YES	manual	up	up
Serial0/0/0	unassigned	YES	unset	administratively down	down
Serial0/0/1	unassigned	YES	unset	administratively down	down

Ilustración 31-3: Habilitación y asignación de direccionamiento en el equipo Cisco R1

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

3.6.1.2 Enrutamiento mediante Rutas Estáticas

Para establecer la conectividad entre los servidores y clientes del generador TRex que pasaron por la red de tránsito se establecieron rutas estáticas con los siguientes comandos en el terminal de configuración. Como se muestra en la Ilustración 32-3.

```
ip route 48.0.0.0 255.0.0.0 10.10.1.2
ip route 192.168.10.0 255.255.255.0 10.10.1.2
```

```

R1#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       10.10.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/2
L       10.10.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/2
S       48.0.0.0/8 [1/0] via 10.10.1.2
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       172.16.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L       172.16.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
S       192.168.10.0/24 [1/0] via 10.10.1.2
R1#

```

Ilustración 32-3: Enrutamiento mediante rutas estáticas en el equipo Cisco R1

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

3.6.2. Configuración básica Cisco R2

3.6.2.1 Direccionamiento y habilitación de interfaces

Para la configuración del equipo Cisco 2911 se empleó el uso de la herramienta Putty. Se realizó la configuración en la consola y se emplearon los siguientes comandos para la configuración de las interfaces. Como se muestra en la Ilustración 33-3.

```

interface GigabitEthernet0/1
ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
speed auto
!
interface GigabitEthernet0/2
ip address 10.10.1.2 255.255.255.0
speed 10
no shut

```

```

R2#show ip int brief
Interface                               IP-Address      OK? Method Status      Prot
ocol
Embedded-Service-Engine0/0             unassigned      YES unset    administratively down down
GigabitEthernet0/0                     unassigned      YES unset    administratively down down
GigabitEthernet0/1                     192.168.10.1    YES manual    up          up
GigabitEthernet0/2                     10.10.1.2       YES manual    up          up
Serial0/1/0                             unassigned      YES unset    administratively down down
Serial0/1/1                             unassigned      YES unset    administratively down down
R2#

```

Ilustración 33-3: Habilitación y asignación de direccionamiento en el equipo Cisco R2

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

3.6.2.2 *Enrutamiento mediante Rutas Estáticas*

Para establecer la conectividad entre los servidores y clientes del generador TRex que pasaron por la red de tránsito se establecieron rutas estáticas con los siguientes comandos en el terminal de consola. Como se muestra en la Ilustración 34-3.

```

ip route 16.0.0.0 255.255.0.0 10.10.1.1
ip route 172.16.10.0 255.255.255.0 10.10.1.1

```

```

R2#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       10.10.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/2
L       10.10.1.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/2
S       16.0.0.0/8 [1/0] via 10.10.1.1
S       172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
        172.16.10.0 [1/0] via 10.10.1.1
C       192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L       192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
R2#
R2#
R2#

```

Ilustración 34-3: Enrutamiento mediante rutas estáticas en el equipo Cisco R2

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

3.6.3. *Implementación de Servicios Diferenciados de Calidad de Servicio Cisco R1-R2*

3.6.3.1 *Clasificación y marcado de tráfico*

En este proceso se realizó la clasificación y marcado del tráfico de interés, de esa de manera se realizaron los ajustes de control y tratamiento.

Para la clasificación se estableció un *Class-map* con su identificador respectivo para adjuntar todo el tráfico de interés que se desea controlar. En este caso se crearon varios *Class-map* tanto para la entrada y salida del tráfico del router R1 y R2 relacionado al interfaz de tránsito entre estos dos routers.

En los *Class-map* de entrada se establecieron varias clases con lo cual se realizó la clasificación de forma de organizada con la condición de que cumplan un DSCP específico.

Para el tráfico de *Streaming* con nombre de *Class-map Strem_IN*, se colocó la condición de que todo el tráfico que contenga en su parámetro DSCP = EF se vincule a esta clase.

Para el tráfico restante *Class-map Resto_IN* se estableció la condición que contenga en su parámetro DSCP = DEFAULT se vincule a esta clase.

Se estableció el parámetro DSCP como condición en los *Class-map* de entrada ya que de entrada se analizó todo el tráfico que ingresa ya clasificado y marcado desde el otro router, esto se aplicó tanto en R1 y R2.

```
class-map match-all Strem_IN
  match ip dscp ef
class-map match-all Resto_IN
  match ip dscp default
```

En los *Class-map* de salida de igual manera se establecieron el mismo número de clases de entrada, pero con la diferencia que la condición está dada por el protocolo que utilice cada tráfico.

Para el tráfico de *Streaming* con nombre *Class-map Strem*, se colocó la condición que todo el tráfico que este relacionado al protocolo rtp y aplicativo audio se vincule a esta clase.

Para el tráfico restante *Class-map Resto* se estableció la condición que contenga en su parámetro DSCP = DEFAULT se vincule a esta clase. Ya que todo el tráfico generado estuvo marcado con el DSCP = DEFAULT.

```
class-map match-any Strem
  match protocol rtp audio
class-map match-any Resto
  match dscp default
```

Una vez clasificado el tráfico se realizó el marcado mediante la creación de los *Policy-map* para entrada y salida en donde se modificó el valor DSCP = DEFAULT en el tráfico clasificado de *Streaming* por el valor de DSCP = EF, mientras que el resto de tráfico no se realizó ningún cambio, ya que ya estuvo marcado con el DSCP = DEFAULT.

```
policy-map SALIDA
  class Strem
    set ip dscp ef.
policy-map ENTRADA
  class Strem_IN
    set ip dscp ef.
```

3.6.3.2 Control de tráfico

En este proceso se realizó el control e implementación de políticas para mejorar el tratamiento del tráfico mediante la configuración de parámetros como el porcentaje de prioridad, este campo hace referencia al porcentaje del ancho de banda garantizado que se le otorgó a cada clase de tráfico. Dentro de la *Policy-map* de salida se agregó la prioridad en cual se colocó un porcentaje de prioridad del 10 porcentaje para *Streaming* y 80 porcentaje para el resto de tráfico. Mientras que en la *Policy-map* de entrada el tráfico *Streaming* se confirmó la colocación del parámetro DSCP=EF.

```
policy-map SALIDA
  class Strem
    priority percent 10
  class Resto
    priority percent 80
policy-map ENTRADA
  class Strem_IN
    set ip dscp ef.
```

Estas *Policy-map* finalmente se colocaron en el interfaz hacia el *core* de esta manera se aplicó la Calidad de Servicio. Como se muestra en la Ilustración 35-3, 36-3 y 37-3.

```
interface GigabitEthernet0/2
service-policy input ENTRADA
service-policy output SALIDA
```

```
R1#show policy-map interface
GigabitEthernet0/2

Service-policy input: ENTRADA

Class-map: Strem_IN (match-all)
  81000 packets, 5816160 bytes
  5 minute offered rate 63000 bps, drop rate 0000 bps
  Match: ip dscp ef (46)
  QoS Set
    dscp ef
    Packets marked 81000

Class-map: Resto_IN (match-all)
  112215 packets, 142036048 bytes
  5 minute offered rate 1623000 bps, drop rate 0000 bps
  Match: ip dscp default (0)
  QoS Set
    dscp default
    Packets marked 112215
```

Ilustración 35-3:Policy-map de entrada generado en R1 y R2

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

```
Service-policy output: SALIDA

queue stats for all priority classes:
  Queueing
  queue limit 64 packets
  (queue depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0
  (pkts output/bytes output) 161341/25768264

Class-map: Strem (match-any)
  81120 packets, 5778000 bytes
  5 minute offered rate 62000 bps, drop rate 0000 bps
  Match: protocol rtp audio
    81120 packets, 5778000 bytes
    5 minute rate 62000 bps
  QoS Set
    dscp ef
    Packets marked 81120
  Priority: 10% (1000 kbps), burst bytes 25000, b/w exceed drops: 0
```

Ilustración 36-3:Policy-map de salida de streaming generado en R1 y R2

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

```
Class-map: Resto (match-any)
  80221 packets, 19990264 bytes
  5 minute offered rate 224000 bps, drop rate 0000 bps
Match: dscp default (0)
  80221 packets, 19990264 bytes
  5 minute rate 224000 bps
Priority: 80% (8000 kbps), burst bytes 200000, b/w exceed drops: 0
```

Ilustración 37-3: Policy-map de salida del resto de tráfico generado en R1 y R2

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

En este capítulo final se exponen las mediciones y datos obtenidos de cada uno de los escenarios planteados con la marca Cisco y Mikrotik. Los resultados fueron obtenidos y analizados antes de aplicar el modelo de Servicios Diferencias de Calidad de servicio y después de aplicarlo, se realizó el análisis en el enlace entre R1-R2 de cada marca respectivamente. Para que exista congestión en el enlace de interés se estableció una negociación a 10 Megabits por segundo en el puerto que conecto los dos routers del *core*. Se realizó la toma de cinco medidas, evaluadas en 60 segundos cada una, se obtuvo valor promedio y preciso de cada parámetro. En el tiempo monitoreado se generó 22 llamadas de tráfico *Streaming*.

4.1. Tabulación de datos equipos Mikrotik

4.1.1. Sin Calidad de Servicio

4.1.1.1 Distribución de tráfico

En esta sección se detalla la distribución del tráfico analizado antes de aplicar el modelo de Servicios Diferencias de Calidad en el enlace R1-R2 como se muestra en la Ilustración 1-4. Se obtuvo un 93.3 de porcentaje de tráfico generado por el servicio Web, 6.6 de porcentaje de tráfico generado por el servicio *Streaming* y 0.1 de porcentaje de Monitoreo de Red.

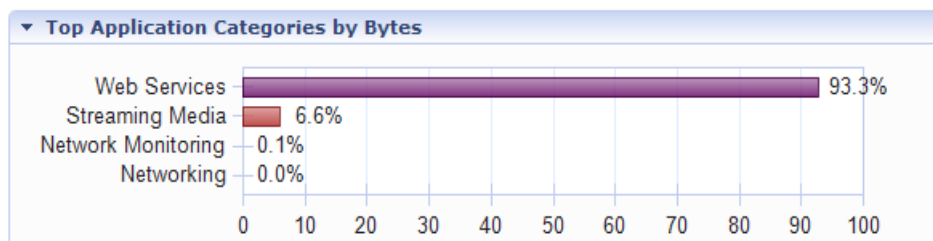


Ilustración 1-4: Gráfico del porcentaje de tráfico distribuido.

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.1.2 Ancho de banda total

En esta sección se detalla el ancho de banda total ocupado y distribuido por protocolo se muestra en la Ilustración 2-4. Se pudo apreciar que el protocolo HTTP del servicio Web es el aquel que comprende en su mayoría el ancho de canal total a diferencia de los otros servicios como Streaming y Monitoreo de Red. La capacidad máxima del enlace es de 10 megabits por segundo, lo cual el servicio Web provocó congestión y alteraciones en los parámetros de los servicios y del enlace, con un ancho de banda promedio de 11.322 megabits por segundo.

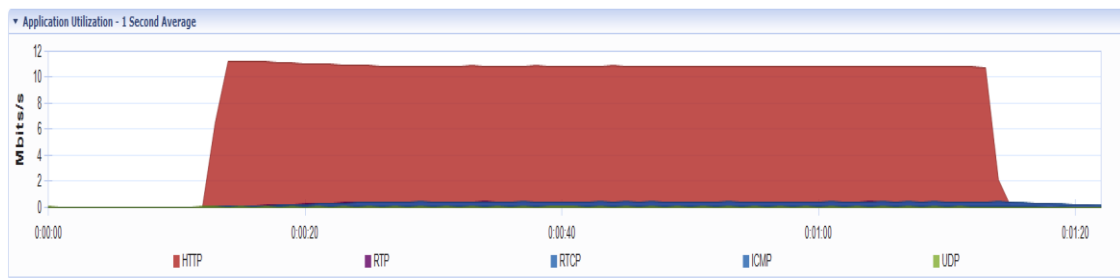


Ilustración 2-4: Ancho de banda ocupado por diferentes servicios

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.1.3 Ancho de banda servicio Streaming

Se detalla una tabla de los valores que fueron recopilados de ancho de banda del servicio Streaming durante las cinco pruebas efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 1-4. Donde se logró obtener una media de 0.5178 megabits por segundo de ancho de banda.

Tabla 1-4: Recolección de medidas parámetro ancho de banda Streaming

Nº Medida	Ancho de banda Mbits/s
1	0.510
2	0.519
3	0.514
4	0.524
5	0.522
Media	0.5178

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.1.4 Latencia

Se detalla una tabla de los valores recopilados de latencia del enlace durante las cinco pruebas efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 2-4. Donde se logró obtener una media de 141.06 milisegundos de latencia.

Tabla 2-4: Recolección de medidas parámetro latencia del enlace

N° Medida	Latencia ms
1	141.32
2	140.84
3	141.47
4	141.31
5	140.39
Media	141.06

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.1.5 Pérdida de paquetes

Se detalla una tabla de los valores recopilados de pérdida de paquetes servicio *Streaming* durante las cinco pruebas efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 3-4. Donde se logró obtener una media de 3.401 porcentaje de pérdida de paquetes.

Tabla 3-4: Recolección de medidas parámetro pérdida de paquetes Streaming

N° Medida	Pérdida de paquetes porcentaje
1	3.305
2	3.310
3	3.565
4	3.427
5	3.400
Media	3.401

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.1.6 Jitter

Se detalla una tabla de los valores recopilados de jitter servicio *Streaming* durante las cinco pruebas efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 4-4. Donde se logró obtener una media de 9.397 milisegundos de jitter.

Tabla 4-4:Recolección de medidas parámetro jitter Streaming

N° Medida	Jitter ms
1	9.305
2	9.806
3	7.358
4	9.658
5	10.859
Media	9.397

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.1.7 Cpu R1

Se detalla una tabla de los valores recopilados de CPU servicio *Streaming* durante las cinco pruebas efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 5-4. Donde se logró obtener una media de 2 por ciento de uso de cpu.

Tabla 5-4:Recolección de medidas parámetro CPU en R1

N° Medida	CPU porcentaje
1	2.00
2	2.00
3	3.00
4	1.00
5	2.00
Media	2

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.1.8 Cpu R2

Se detalla una tabla de los valores recopilados de CPU servicio *Streaming* durante las cinco pruebas efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 6-4. Donde se logró obtener una media de 2.2 por ciento de uso de cpu.

Tabla 6-4: Recolectión de medidas parámetro CPU en R2

N° Medida	CPU porcentaje
1	2.00
2	2.00
3	3.00
4	1.00
5	3.00
Media	2.2

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.1.9 Resumen de parámetros

Tabla 7-4: Resumen de los parámetros recolectados

PARÁMETROS					
Ancho de banda Stream (mbit/s)	Latencia (ms)	Pérdida de Paquetes (porcentaje)	Jitter (ms)	CPU – R1 (porcentaje)	CPU – R2 (porcentaje)
0.5178	141.066	3.4014	8.1972	2	2.2

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.1.10 Calidad de las llamadas

En la siguiente sección se puede observar la calidad de las llamadas en un orden de porcentaje de calidad de llamadas buena, justa, pobre y mala calidad de las mediciones que fueron tomadas como se muestran en las Ilustraciones 3-4, 4-4, 5-4, 6-4 y 7-4.

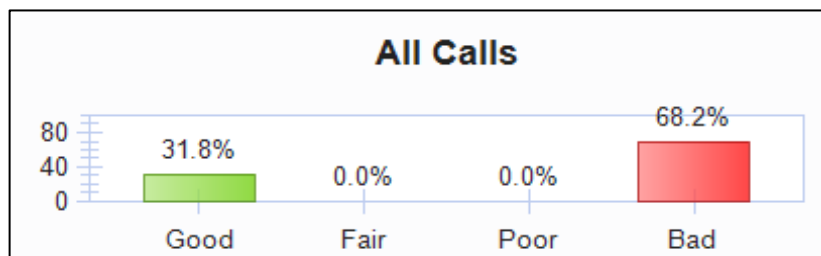


Ilustración 3-4: Calidad de las llamadas primera medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

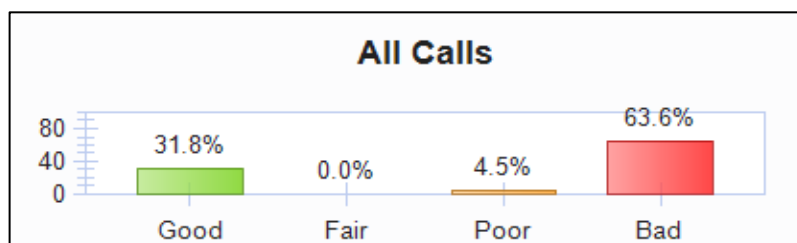


Ilustración 4-4: Calidad de las llamadas segunda medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

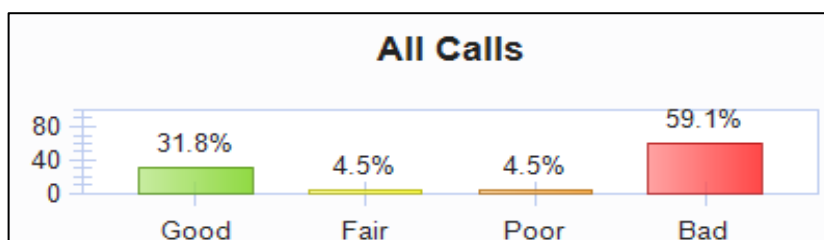


Ilustración 5-4: Calidad de las llamadas tercera medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

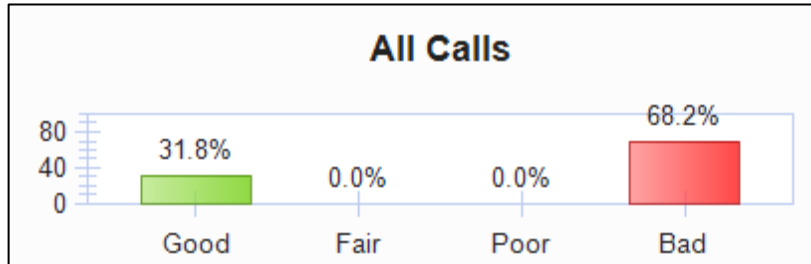


Ilustración 6-4: Calidad de las llamadas cuarta medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

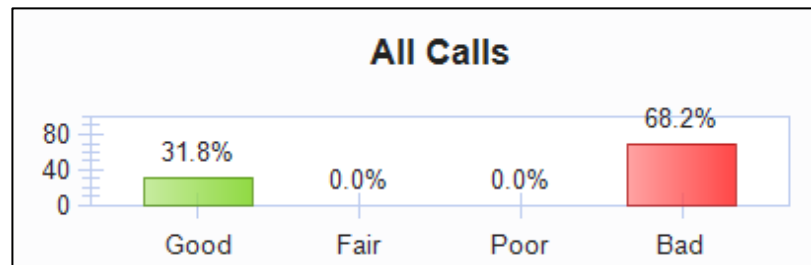


Ilustración 7-4: Calidad de las llamadas quinta medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.2. Con Calidad de Servicio

4.1.2.1 Distribución de tráfico

En esta sección se detalla la distribución del tráfico analizado aplicado el modelo de Servicios Diferencias de Calidad de servicios en el enlace R1-R2 como se muestra en la Ilustración 8-4. Se logró obtener un 90.3 porcentaje de tráfico generado por el servicio Web, 7.1 porcentaje de tráfico generado por el servicio *Streaming*, 2.4 porcentaje de tráfico generado por el servicio de Redes y 0.2 porcentaje de tráfico generado por el servicio de Monitoreo de Red.

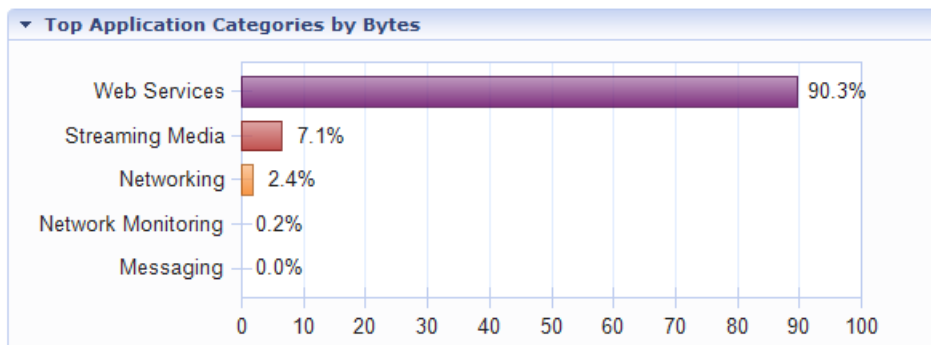


Ilustración 8-4: Porcentaje de ancho de banda distribuido

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.2.2 Ancho de banda total

En esta sección se detalla el ancho de banda total ocupado y distribuido por protocolo se muestra en la Ilustración 9-4. Se pudo apreciar que el protocolo HTTP del servicio Web es el aquel que obtuvo en su mayoría el ancho de canal total a diferencia de los otros servicios como *Streaming*, Redes y Monitoreo de Red. La capacidad máxima del enlace es de 10 megabits por segundos, se visualizó congestión, pero con las políticas que fueron implementadas de Calidad de Servicio en preferencia al servicio de *Streaming* no provocó alteraciones en sus parámetros.

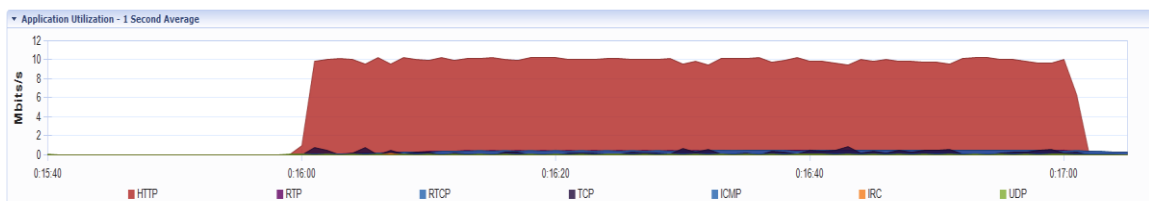


Ilustración 9-4: Ancho de banda ocupado por diferentes servicios después de implementar el modelo de Calidad de Servicio

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.2.3 Ancho de banda servicio Streaming

Se detalla una tabla de los valores recopilados de ancho de banda del servicio *Streaming* durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 8-4. Donde se obtuvo una media de ancho de banda para el servicio *Streaming* de 0.5378 megabits por segundo.

Tabla 8-4: Recolección de medidas parámetro ancho de banda Streaming

Nº Medida	Ancho de banda Mbits/s
1	0.530
2	0.537
3	0.535
4	0.548
5	0.535
Media	0.5376

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.2.4 Latencia

Se detalla una tabla de los valores que fueron recopilados de latencia del enlace durante las cinco pruebas efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 9-4. Donde se obtuvo una media de latencia de 21.99 milisegundos.

Tabla 9-4: Recolección de medidas parámetro latencia del enlace

Nº Medida	Latencia ms
1	22.27
2	22.26
3	21.96
4	21.61
5	21.87
Media	21.994

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.2.5 Pérdida de paquetes

Se detalla una tabla de los valores recopilados de pérdida de paquetes servicio *Streaming* durante las cinco pruebas efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 10-4. Donde se obtuvo una media de pérdida de paquetes de 0.000 porcentaje.

Tabla 10-4: Recolección de medidas parámetro pérdida de paquetes Streaming

Nº Medida	Latencia porcentaje
1	0.000
2	0.000
3	0.000
4	0.000
5	0.000
Media	0.000

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.2.6 Jitter

Se detalla una tabla de los valores recopilados de jitter servicio *Streaming* durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 11-4. Donde se obtuvo una media de jitter de 4.023 milisegundos.

Tabla 11-4: Recolección de medidas parámetro jitter Streaming

N° Medida	Jitter ms
1	4.094
2	3.796
3	4.210
4	3.360
5	4.655
Media	4.023

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.2.7 Cpu R1

Se detalla una tabla de los valores recopilados de CPU servicio *Streaming* durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 12-4. Donde se obtuvo una media de uso de cpu de 5.8 porcentaje.

Tabla 12-4: Recolección de medidas parámetro CPU en R1

N° Medida	CPU porcentaje
1	5
2	6
3	5
4	7
5	6
Media	5.8

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.2.8 Cpu R2

Se detalla una tabla de los valores recopilados de CPU servicio *Streaming* durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 7-4. Donde se obtuvo una media de uso de cpu de 6 porcentaje.

Tabla 13-4: Recolección de medidas parámetro CPU en R2

Nº Medida	CPU porcentaje
1	5
2	5
3	6
4	7
5	7
Media	6

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.2.9 Resumen de parámetros

Tabla 14-4: Resumen de los parámetros recolectados

PARÁMETROS					
Ancho de banda Stream (mbit/s)	Latencia (ms)	Pérdida de Paquetes (porcentaje)	Jitter (ms)	CPU – R1 (porcentaje)	CPU –R2 (porcentaje)
0.5376	21.994	0.000	4.023	5.8	6

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.1.2.10 Calidad de las llamadas

En la siguiente sección se puede observar la calidad de las llamadas en un orden de porcentaje de calidad de llamadas buena, justa, pobre y mala calidad de las mediciones que fueron tomadas. Como se muestran en las Ilustraciones 10-4, 11-4, 12-4, 13-4 y 14-4.

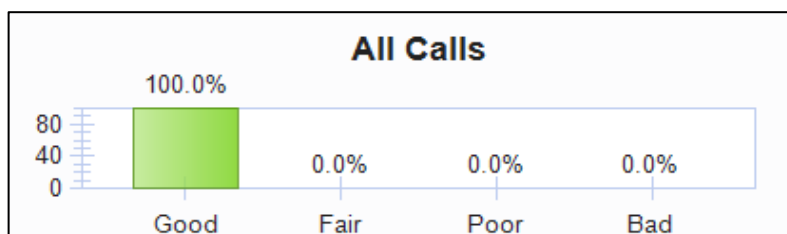


Ilustración 10-4: Calidad de las llamadas primera medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

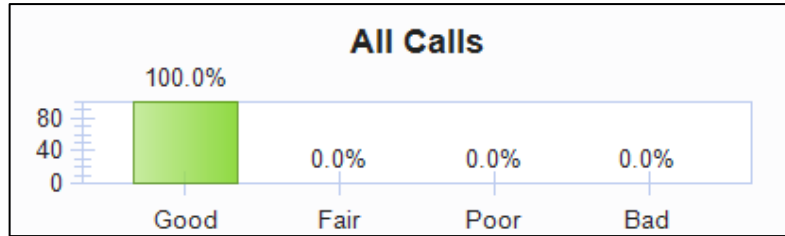


Ilustración 11-4: Calidad de las llamadas segunda medida tomada
Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

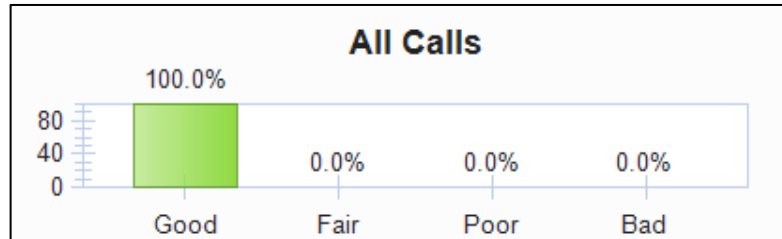


Ilustración 12-4: Calidad de las llamadas tercera medida tomada
Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

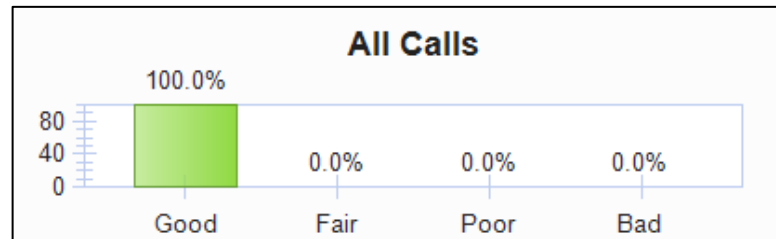


Ilustración 13-4: Calidad de las llamadas cuarta medida tomada
Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

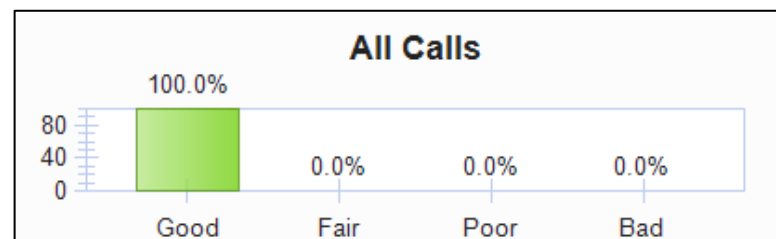


Ilustración 14-4: Calidad de las llamadas quinta medida tomada
Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2. Tabulación de datos equipos Cisco

4.2.1. Sin Calidad de Servicio

4.2.1.1 Distribución de tráfico

En esta sección se detalla la distribución del tráfico que fue analizado antes de aplicar el modelo de Servicios Diferenciados de Calidad de Servicio en el enlace R1-R2 como se muestra en la Ilustración 15-4. Se logró apreciar un 95.5 porcentaje de tráfico generado por el servicio Web, 4.4 porcentaje de tráfico generado por el servicio *Streaming*.

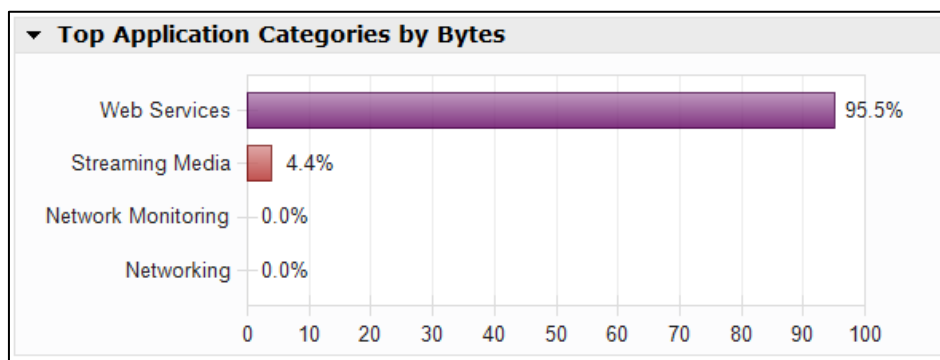


Ilustración 15-4: Gráfico del porcentaje de tráfico distribuido.

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.1.2 Ancho de banda total

En esta sección se detalla el ancho de banda total ocupado y distribuido por protocolo se muestra en la Ilustración 16-4. Se puede apreciar que el protocolo HTTP del servicio Web es el aquel que abarco en su mayoría el ancho de canal total a diferencia de los otros servicios como *Streaming*. La capacidad máxima del enlace es de 10 megabits por segundo, lo cual el servicio Web provoco congestión y alteraciones en los parámetros de los servicios y del enlace, con un ancho de banda promedio de 11.022 megabits por segundo.

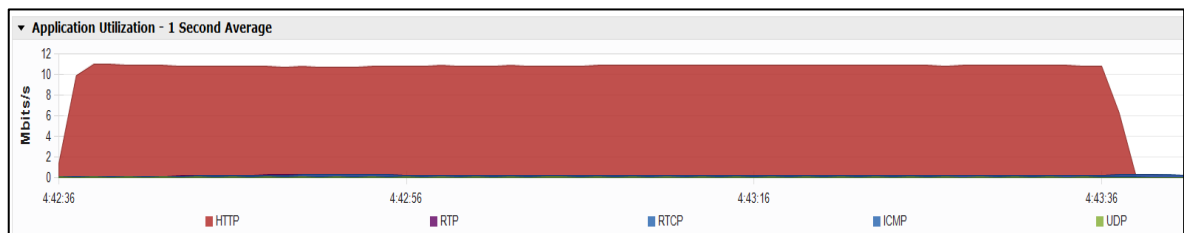


Ilustración 16-4: Ancho de banda ocupado por diferentes servicios

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.1.3 Ancho de banda servicio Streaming

Se detalla una tabla de los valores recopilados de ancho de banda del servicio *Streaming* durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 15-4. Donde se obtuvo una media de 0.3676 megabits por segundo de ancho de banda.

Tabla 15-4: Recolección de medidas parámetro ancho de banda Streaming

N° Medida	Ancho de banda Mbits/s
1	0.367
2	0.368
3	0.365
4	0.371
5	0.367
Media	0.3676

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.1.4 Latencia

Se detalla una tabla de los valores recopilados de latencia del enlace durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 16-4. Donde se obtuvo una media de 101.506 milisegundos de latencia.

Tabla 16-4: Recolección de medidas parámetro latencia del enlace

N° Medida	Latencia ms
1	101.97
2	101.68
3	100.69
4	101.51
5	101.68
Media	101.506

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.1.5 Pérdida de paquetes

Se detalla una tabla de los valores recopilados de pérdida de paquetes servicio *Streaming* durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 17-4. Donde se obtuvo una media de 17.836 porcentaje de pérdida de paquetes.

Tabla 17-4: Recolección de medidas parámetro pérdida de paquetes Streaming

N° Medida	Pérdida de paquetes porcentaje
1	17.937
2	18.018
3	17.684
4	17.538
5	18.006
Media	17.836

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.1.6 Jitter

Se detalla una tabla de los valores recopilados de jitter servicio *Streaming* durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 18-4. Donde se obtuvo una media de 8.481 milisegundos de jitter.

Tabla 18-4: Recolección de medidas parámetro jitter Streaming

N° Medida	Jitter ms
1	8.004
2	7.877
3	9.439
4	8.891
5	9.194
Media	8.481

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.1.7 Cpu R1

Se detalla una tabla de los valores recopilados de CPU servicio *Streaming* durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 19-4. Donde se obtuvo una media de 1.4 de porcentaje de uso de cpu.

Tabla 19-4: Recolección de medidas parámetro CPU en R1

N° Medida	CPU porcentaje
1	1.00
2	2.00
3	1.00
4	2.00
5	1.00
Media	1.4

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.1.8 Cpu R2

Se detalla una tabla de los valores recopilados de CPU servicio *Streaming* durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 20-4. Donde se obtuvo una media de 2 de porcentaje de uso de cpu.

Tabla 20-4: Recolección de medidas parámetro CPU en R2

N° Medida	CPU porcentaje
1	2.00
2	2.00
3	3.00
4	1.00
5	2.00
Media	2

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.1.9 *Resumen de parámetros*

Tabla 21-4: Resumen de los parámetros recolectados

PARÁMETROS					
Ancho de banda Stream (mbits/s)	Latencia (ms)	Pérdida de Paquetes (porcentaje)	Jitter (ms)	CPU – R1 (porcentaje)	CPU – R2 (porcentaje)
0.367	101.506	17.8366	8.161	1.4	2

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.1.10 *Calidad de las llamadas*

En la siguiente sección se puede observar la calidad de las llamadas en un orden de porcentaje de calidad de llamadas buena, justa, pobre y mala calidad de las mediciones que fueron tomadas. Como se muestran en las Ilustraciones 17-4, 18-4, 19-4, 20-4 y 21-4.

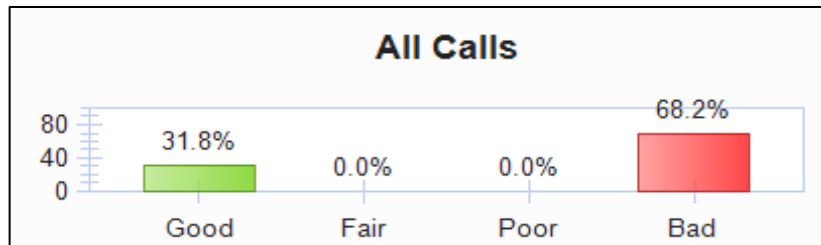


Ilustración 17-4: Calidad de las llamadas primera medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

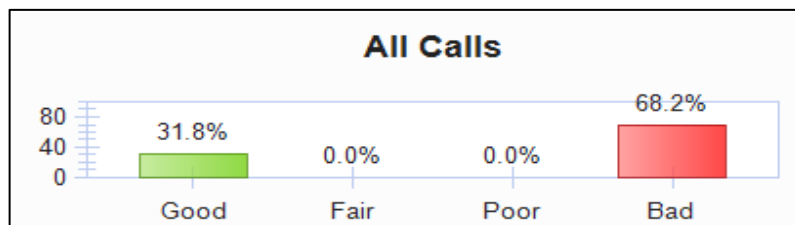


Ilustración 18-4: Calidad de las llamadas segunda medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

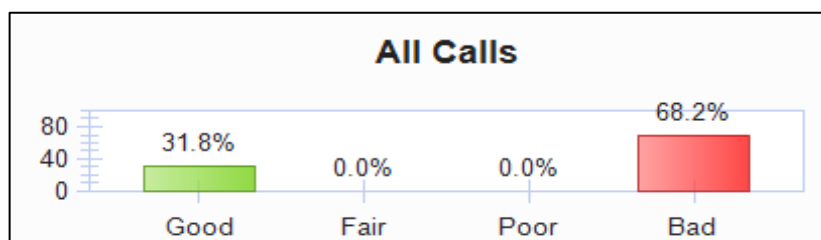


Ilustración 19-4: Calidad de las llamadas tercera medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

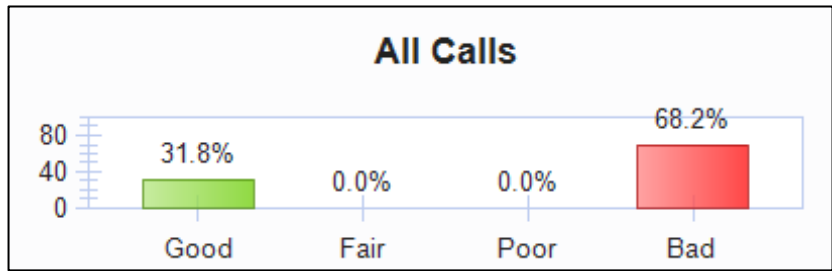


Ilustración 20-4: Calidad de las llamadas cuarta medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

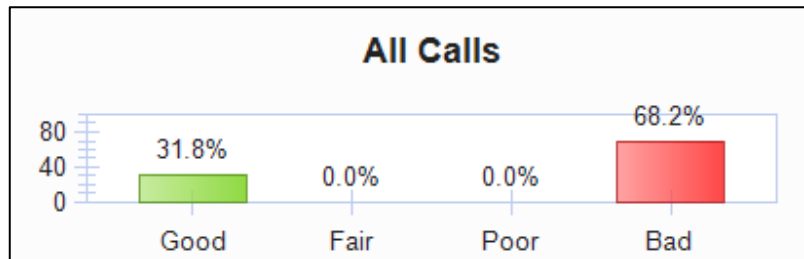


Ilustración 21-4: Calidad de las llamadas quinta medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.2. Con Calidad de Servicio

4.2.2.1 Distribución de tráfico

En esta sección se detalla la distribución del tráfico analizado aplicado el modelo de Servicios Diferencias de Calidad de servicios en el enlace R1-R2 como se muestra en la Ilustración 22-4. Se logró apreciar un 94.4porcentaje de tráfico generado por el servicio Web, 5.6 porcentaje de tráfico generado por el servicio *streaming*.

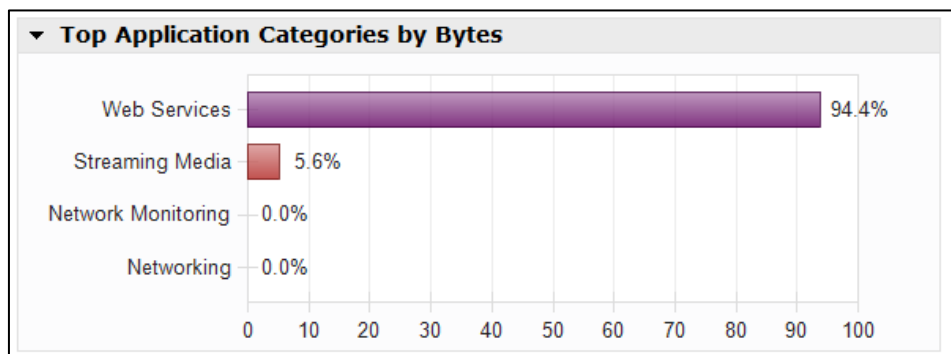


Ilustración 22-4: Porcentaje de ancho de banda distribuido

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.2.2 Ancho de banda total

En esta sección se detalla el ancho de banda total ocupado y distribuido por protocolo se muestra en la Ilustración 23-4. Se pudo apreciar que el protocolo HTTP del servicio Web comprendió en su mayoría el ancho de canal total a diferencia de los otros servicios como *Streaming*, Redes y Monitoreo de Red. La capacidad máxima del enlace es de 10 megabits por segundo. se visualizó congestión, pero con las políticas implementadas de Calidad de Servicio en preferencia al servicio de Streaming no provoco alteraciones en sus parámetros.



Ilustración 23-4: Ancho de banda ocupado por diferentes servicios

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.2.3 Ancho de banda servicio Streaming

Se detalla una tabla de los valores recopilados de ancho de banda del servicio *Streaming* durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 22-4. Donde se obtuvo una media de 0.4526 megabits por segundo de ancho de banda.

Tabla 22-4: Recolección de medidas parámetro ancho de banda Streaming

Nº Medida	Ancho de banda Mbits/s
1	0.452
2	0.453
3	0.455
4	0.45
5	0.453
Media	0.452

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.2.4 Latencia

Se detalla una tabla de los valores recopilados de latencia del enlace durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 27-4. Donde se obtuvo una media de 21.068 milisegundos de latencia.

Tabla 23-4: Recolección de medidas parámetro latencia del enlace

Nº Medida	Latencia ms
1	21.06
2	21.08
3	21.09
4	21.09
5	21.02
Media	21.068

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.2.5 Pérdida de paquetes

Se detalla una tabla de los valores recopilados de pérdida de paquetes servicio *Streaming* durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 24-4. Donde se obtuvo una media de 0.000 porcentaje de pérdida de paquetes.

Tabla 24-4: Recolección de medidas parámetro pérdida de paquetes Streaming

Nº Medida	Latencia porcentaje
1	0.000
2	0.000
3	0.000
4	0.000
5	0.000
Media	0.000

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.2.6 Jitter

Se detalla una tabla de los valores recopilados de jitter servicio *Streaming* durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 25-4. Donde se obtiene una media de 4.185 milisegundos de jitter.

Tabla 25-4: Recolección de medidas parámetro jitter Streaming

Nº Medida	Jitter ms
1	4.474
2	4.462
3	4.396
4	3.703
5	3.89
Media	4.185

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.2.7 Cpu R1

Se detalla una tabla de los valores recopilados de CPU servicio *Streaming* durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 26-4. Donde se obtuvo una media de 6.2 de porcentaje de uso de cpu.

Tabla 26-4: Recolección de medidas parámetro CPU en R1

N° Medida	CPU porcentaje
1	5.00
2	6.00
3	7.00
4	5.00
5	6.00
Media	6.2

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.2.8 Cpu R2

Se detalla una tabla de los valores recopilados de CPU servicio *Streaming* durante las cinco pruebas que fueron efectuadas, se muestra en la siguiente Tabla 27-4. Donde se obtuvo una media de 6.6 de porcentaje de uso de cpu.

Tabla 27-4: Recolección de medidas parámetro CPU en R2

N° Medida	CPU porcentaje
1	6.00
2	7.00
3	6.00
4	5.00
5	7.00
Media	6.6

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.2.9 *Resumen de parámetros*

Tabla 28-4: Resumen de los parámetros recolectados

PARÁMETROS					
Ancho de banda Stream (mbits/s)	Latencia (ms)	Pérdida de Paquetes (porcentaje)	Jitter (ms)	CPU – R1 (porcentaje)	CPU – R2 (porcentaje)
0.452	21.068	0	4.185	6.2	6.6

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.2.2.10 *Calidad de las llamadas*

En la siguiente sección se puede observar la calidad de las llamadas en un orden de porcentaje de calidad de llamadas buena, justa, pobre y mala calidad de las mediciones que fueron tomadas. Como se muestran en las Ilustraciones 24-4, 25-4, 26-4, 27-4 y 28-4.

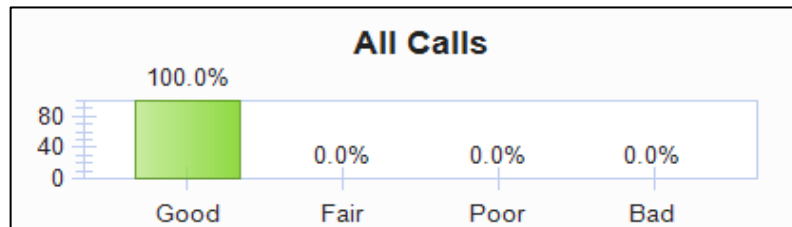


Ilustración 24-4: Calidad de las llamadas primera medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

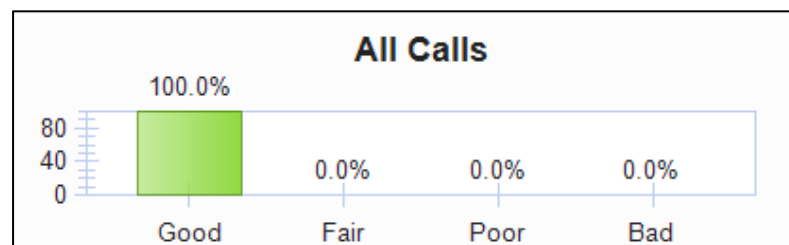


Ilustración 25-4: Calidad de las llamadas segunda medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

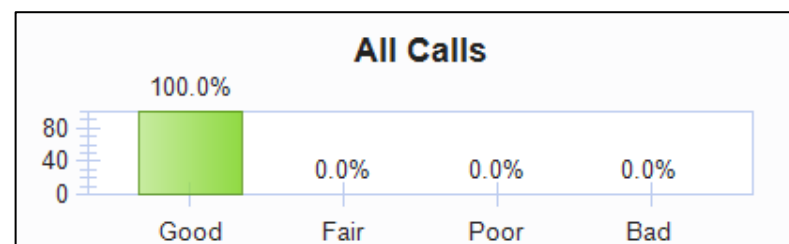


Ilustración 26-4: Calidad de las llamadas tercera medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

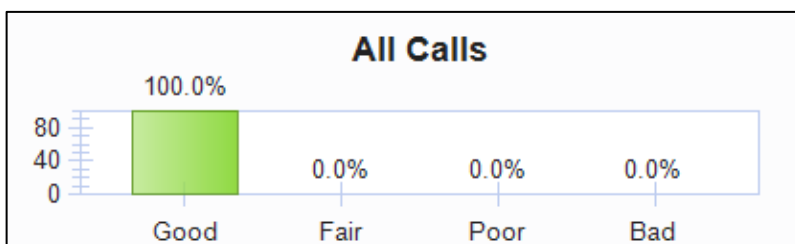


Ilustración 27-4: Calidad de las llamadas cuarta medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

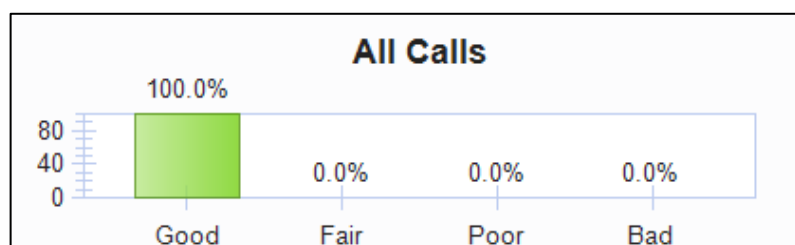


Ilustración 28-4: Calidad de las llamadas quinta medida tomada

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.3. Resultados inferenciales con y sin modelo de Calidad de Servicio

En el siguiente apartado se realizó el análisis de resultados basado en la prueba T-Student la cual se utilizó para determinar si hay diferencia entre las medias de los grupos de mediciones, es una prueba enfocada a tamaño de muestras pequeñas. T-Student requiere las condiciones que exista una distribución normal y que las muestras sean independientes. Dado el que se realizaron cinco mediciones es menor a 30 mediciones, se optó por aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Los resultados obtenidos sobre la prueba de normalidad se presentan en las siguientes tablas, estos resultados son válidos para ejecutar la prueba T-Student en el análisis entre marcas, con y sin el modelo de Calidad de Servicio. Según los valores obtenidos se puede verificar que todos los parámetros cumplen con una distribución normal a excepción del parámetro de pérdida de paquetes con Calidad de Servicio. Se considero el nivel de significancia $\alpha=0,05$.

- ✓ Prueba de normalidad de datos sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik como se muestra en la Tabla 29-4.

Tabla 29-4: Pruebas de normalidad antes de aplicar Calidad de Servicio con equipos Mikrotik

Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk	
	gl	Sig.
Tiempo de respuesta	5	.282
Jitter	5	.507
Pérdida de paquetes	5	.393
Ancho de Banda	5	.607
Cpu Router 1	5	.325
Cpu Router 2	5	.314

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

- ✓ Prueba de normalidad de datos sin Calidad de Servicio con equipos Cisco como se muestra en la Tabla 30-4.

Tabla 30-4: Pruebas de normalidad antes de aplicar Calidad de Servicio con equipos Cisco

Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk	
	gl	Sig.
Tiempo de respuesta	5	.178
Jitter	5	.329
Pérdida de paquetes	5	.210
Ancho de Banda	5	.607
Cpu Router 1	5	.060
Cpu Router 2	5	.325

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

- ✓ Prueba de normalidad de datos con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik como se muestra en la Tabla 31-4.

Tabla 31-4: Pruebas de normalidad después de aplicar Calidad de Servicio con equipos Mikrotik

Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk	
	gl	Sig.
Tiempo de respuesta	5	.486
Jitter	5	.985
Pérdida de paquetes	5	-
Ancho de Banda	5	.268
Cpu Router 1	5	.314
Cpu Router 2	5	.119

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

- ✓ Prueba de normalidad de datos con Calidad de Servicio con equipos Cisco como se muestra en la Tabla 32-4.

Tabla 32-4: Pruebas de normalidad después de aplicar Calidad de Servicio con equipos Cisco.

Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk	
	gl	Sig.
Tiempo de respuesta	5	.141
Jitter	5	.093
Pérdida de paquetes	5	-
Ancho de Banda	5	.826
Cpu Router 1	5	.314
Cpu Router 2	5	.314

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

4.3.1. Marca Mikrotik

4.3.1.1 Hipótesis específica 1

Hipótesis Nula: El promedio de ancho de banda del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik del servicio de *Streaming* es igual o similar al promedio de ancho de banda del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. $H_0 = U_{bsqm} = U_{bcqm}$.

Hipótesis Alterna: El promedio de ancho de banda del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik del servicio de *Streaming* es diferente al promedio de ancho de banda del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. $H_1 = U_{bsqm} \neq U_{bcqm}$.

Tabla 33-4: Estadísticas de grupo parámetro de ancho de banda

	Modelo	N	Media	Desv. Desviación
Ancho de Banda	Sin Calidad de Servicio	5	.51780	.005762
	Con Calidad de Servicio	5	.53700	.006671

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 34-4: Prueba T-Student parámetro de ancho de banda de la marca Mikrotik

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Ancho de Banda	-54.483	5.133	.000	-.150200	.002757	-.157232	-.143168

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.000$ como se muestra en la Tabla 34-4; y dado que $P_{valor}<0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 , lo cual indica que el promedio de ancho de banda del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio ancho de banda del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. Esto es debido a que se reduce el porcentaje de pérdida de paquetes del servicio gracias a las políticas que fueron establecidas, el ancho de banda incrementa.

4.3.1.2 Hipótesis específica 2

Hipótesis Nula: El promedio de latencia del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar al promedio de latencia del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. $H_0 = U_{lsqm} = U_{lcqm}$.

Hipótesis Alterna: El promedio de latencia del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio de latencia del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. $H_1 = \mu_{\text{sin}} \neq \mu_{\text{con}}$

Tabla 35-4: Estadísticas de grupo parámetro de latencia

	Modelo	N	Media	Desv. Desviación
Tiempo de respuesta	Sin Calidad de Servicio	5	141.06600	.445904
	Con Calidad de Servicio	5	21.99400	.278801

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 36-4: Prueba T-Student parámetro de latencia de la marca Mikrotik

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Tiempo de respuesta	506.291	8	.000	119.07200	.235185	118.52966	119.614338

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{\text{valor}}=0.000$ como se muestra en la Tabla 36-4; y dado que $P_{\text{valor}}<0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 , lo cual indica que el promedio de latencia del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente que al promedio de latencia del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. En este caso el parámetro de la latencia mejora significativamente al implementar el modelo de Calidad de Servicio.

4.3.1.3 Hipótesis específica 3

En el análisis del promedio de pérdida de paquetes sin Calidad de Servicio y con Calidad de Servicio no efectuó la prueba T-Student ya que en la prueba de distribución de normalidad los valores analizados después de aplicar Calidad de Servicio no cumplían la condición, estos valores son de manera constante cero. Como se muestra en la Tabla 37-4.

Tabla 37-4: Cálculo del error absoluto

	Marca	N	Media
Pérdida de paquetes	Sin Calidad de Servicio	5	3.40140
	Con Calidad de Servicio	5	0.00000
Error Absoluto			3.40140

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Se realizó el cálculo del error absoluto, donde se obtuvo una diferencia entre el valor promedio antes de aplicar Calidad de Servicio y después de aplicar Calidad de Servicio.

4.3.1.4 Hipótesis específica 4

Hipótesis Nula: El promedio de jitter del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar al promedio de jitter del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. $H_0 = U_{jsqm} = U_{jcqm}$.

Hipótesis Alterna: El promedio de jitter del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio de jitter del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. $H_1 = U_{jsqm} \neq U_{jcqm}$

Tabla 38-4: Estadísticas de grupo parámetro de jitter

	Modelo	N	Media	Desv. Desviación
Jitter	Sin Calidad de Servicio	5	9.39720	1.278557
	Con Calidad de Servicio	5	4.02300	.482320

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 39-4: Prueba T-Student parámetro de jitter de la marca Mikrotik

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Jitter	8.794	8	.000	5.374200	.611120	3.964954	6.783446

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.000$ como se muestra en la Tabla 39-4; y dado que $P_{valor}<0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 , lo cual indica que el promedio de jitter del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente que al promedio de jitter del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. En este caso el parámetro de la jitter mejora significativamente al implementar el modelo de Calidad de Servicio.

4.3.1.5 Hipótesis específica 5

Hipótesis Nula: El promedio de uso de cpu del router 1 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar al promedio de uso de cpu del router 1 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. $H_0 = U_{c1sqm} = U_{c1cqm}$.

Hipótesis Alterna: El promedio de uso de cpu del router 1 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio de uso de cpu del router 1 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. $H_1 = U_{c1sqm} \neq U_{c1cqm}$

Tabla 40-4: Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 1

	Modelo	N	Media	Desv. Desviación
Cpu Router 1	Sin Calidad de Servcio	5	2.0000	.70711
	Con Calidad de Servicio	5	5.8000	.83666

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 41-4: Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 1 de la marca Mikrotik

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Cpu Router 1	-7.757	8	.000	-3.80000	.48990	-4.92971	-2.67029

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.000$ como se muestra en la Tabla 41-4; y dado que $P_{valor}<0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 , lo cual indica que el promedio de uso de cpu del router 1 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente que al promedio de uso de cpu del router 1 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. En este caso el uso de cpu del router 1 incremento al implementar las políticas del modelo de Calidad de Servicio, requiere mayor procesamiento para el marcado y tratamiento del tráfico.

4.3.1.6 Hipótesis específica 6

Hipótesis Nula: El promedio de uso de cpu del router 1 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar al promedio de uso de cpu del router 1 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. $H_0 = U_{c2sqm} = U_{c2cqm}$.

Hipótesis Alternativa: El promedio de uso de cpu del router 2 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio de uso de cpu del router 2 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. $H_1 = U_{c2sqm} \neq U_{c2cqm}$

Tabla 42-4: Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 2

	Modelo	N	Media	Desv. Desviación
Cpu Router 2	Sin Calidad de Servicio	5	2.2000	.83666
	Con Calidad de Servicio	5	6.0000	1.00000

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 43-4: Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 2 de la marca Mikrotik

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Cpu Router 2	-6.517	8	.000	-3.80000	.58310	-5.14462	-2.45538

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.000$ como se muestra en la Tabla 43-4; y dado que $P_{valor}<0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 , lo cual indica que el promedio de uso de cpu del router 2 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente que al promedio de uso de cpu del router 2 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. En este caso el uso de cpu del router 2 incremento al implementar las políticas del modelo de Calidad de Servicio, requiere mayor procesamiento para el marcado y tratamiento del tráfico.

4.3.2. Marca Cisco

4.3.2.1 Hipótesis específica 1

Hipótesis Nula: El promedio de ancho de banda del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco del servicio de *Streaming* es igual o similar al promedio de ancho de banda del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = U_{bsqc} = U_{bcqc}$.

Hipótesis Alternativa: El promedio de ancho de banda del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco del servicio de *Streaming* es diferente al promedio de ancho de banda del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = U_{bsqc} \neq U_{bcqc}$

Tabla 44-4: Estadísticas de grupo parámetro de ancho de banda

	Modelo	N	Media	Desv. Desviación
Ancho de Banda	Sin Calidad de Servicio	5	.36760	.002191
	Con Calidad de Servicio	5	.45260	.001817

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 45-4: Prueba T-Student parámetro de ancho de banda de la marca Cisco

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Ancho de Banda	-66.782	8	.000	-.085000	.001273	-.087935	-.082065

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.000$ como se muestra en la Tabla 45-4; y dado que $P_{valor}<0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 , lo cual indica que el promedio de ancho de banda del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco es diferente al promedio ancho de banda del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. Esto es debido a que se reduce el porcentaje de pérdida de paquetes del servicio gracias a las políticas que fueron establecidas, el ancho de banda incrementa.

4.3.2.2 Hipótesis específica 2

Hipótesis Nula: El promedio de latencia del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco es igual o similar al promedio de latencia del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco.

$H_0 = U_{lsqc} = U_{lcqc}$.

Hipótesis Alternativa: El promedio de latencia del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco es diferente al promedio de latencia del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. H_1

$= U_{lsqc} \neq U_{lcqc}$

Tabla 46-4: Estadísticas de grupo parámetro de latencia

	Modelo	N	Media	Desv. Desviación
Tiempo de respuesta	Sin Calidad de Servicio	5	101.50600	.485211
	Con Calidad de Servicio	5	21.06800	.029496

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 47-4: Prueba T-Student parámetro de latencia de la marca Cisco

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Tiempo de respuesta	370.011	8	.000	80.438000	.217394	79.936689	80.939311

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.000$ como se muestra en la Tabla 47-4; y dado que $P_{valor}<0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 , lo cual indica que el promedio de latencia del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco es diferente que al promedio de latencia del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. En este caso el parámetro de la latencia mejora significativamente al implementar el modelo de Calidad de Servicio.

4.3.2.3 Hipótesis específica 3

En el análisis del promedio de pérdida de paquetes sin Calidad de Servicio y con Calidad de Servicio no se efectuó la prueba T-Student ya que en la prueba de distribución de normalidad los

valores analizados después de aplicar Calidad de Servicio no cumplían la condición, estos valores son de manera constante cero. Como se muestra en la Tabla 48-4.

Tabla 48-4: Cálculo del error absoluto

	Marca	N	Media
Pérdida de paquetes	Sin Calidad de Servicio	5	17.83660
	Con Calidad de Servicio	5	0.00000
Error Absoluto			17.83660

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Se realizó el cálculo del error absoluto, donde se obtuvo una diferencia significativa entre el valor promedio antes de aplicar Calidad de Servicio y después de aplicar Calidad de Servicio.

4.3.2.4 Hipótesis específica 4

Hipótesis Nula: El promedio de jitter del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco es igual o similar al promedio de jitter del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = U_{jsqc} = U_{jcqc}$.

Hipótesis Alternativa: El promedio de jitter del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco es diferente al promedio de jitter del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = U_{jsqc} \neq U_{jcqc}$

Tabla 49-4: Estadísticas de grupo parámetro de jitter

	Modelo	N	Media	Desv. Desviación
Jitter	Sin Calidad de Servicio	5	8.68100	.704730
	Con Calidad de Servicio	5	4.18500	.361981

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 50-4: Prueba T-Student parámetro de jitter de la marca Cisco

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Jitter	12.689	5.973	.000	4.496000	.354309	3.628096	5.363904

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado Pvalor=0.000 como se muestra en la Tabla 50-4; y dado que Pvalor<0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 , lo cual indica que el promedio de jitter del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco es diferente que al promedio de jitter del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. En este caso el parámetro de la jitter mejora significativamente al implementar el modelo de Calidad de Servicio.

4.3.2.5 Hipótesis específica 5

Hipótesis Nula: El promedio de uso de cpu del router 1 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco es igual o similar al promedio de uso de cpu del router 1 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = U_{c1sqc} = U_{c1cq}$.

Hipótesis Alterna: El promedio de uso de cpu del router 1 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco es diferente al promedio de uso de cpu del router 1 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = U_{c1sqc} \neq U_{c1cq}$.

Tabla 51-4: Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 1

	Modelo	N	Media	Desv. Desviación
Cpu Router 1	Sin Calidad de Servicio	5	1.4000	.54772
	Con Calidad de Servicio	5	5.8000	.83666

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 52-4: Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 1 de la marca Cisco

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Cpu Router 1	-9.839	8	.000	-4.40000	.44721	-5.43128	-3.36872

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.000$ como se muestra en la Tabla 52-4; y dado que $P_{valor}<0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 , lo cual indica que el promedio de uso de cpu del router 1 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco es diferente que al promedio de uso de cpu del router 1 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. En este caso el uso de cpu del router 1 incremento al implementar las políticas del modelo de Calidad de Servicio, requiere mayor procesamiento para el marcado y tratamiento del tráfico.

4.3.2.6 Hipótesis específica 6

Hipótesis Nula: El promedio de uso de cpu del router 2 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco es igual o similar al promedio de uso de cpu del router 2 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = \mu_{2sc} = \mu_{2cqc}$.

Hipótesis Alternativa: El promedio de uso de cpu del router 2 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco es diferente al promedio de uso de cpu del router 2 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = \mu_{2sc} \neq \mu_{2cqc}$.

Tabla 53-4: Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 2

	Modelo	N	Media	Desv. Desviación
Cpu Router 2	Sin Calidad de Servicio	5	2.0000	.70711
	Con Calidad de Servicio	5	6.2000	.83666

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 54-4: Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 2 de la marca Cisco

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Cpu Router 2	-8.573	8	.000	-4.20000	.48990	-5.32971	-3.07029

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.000$ como se muestra en la Tabla 54-4; y dado que $P_{valor}<0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 , lo cual indica que el promedio de uso de cpu del router 2 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco es diferente que al promedio de uso de cpu del router 2 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. En este caso el uso de cpu del router 2

incremento al implementar las políticas del modelo de Calidad de Servicio, requiere mayor procesamiento para el marcado y tratamiento del tráfico.

4.4. Resultados inferenciales entre marcas Mikrotik y Cisco

4.4.1. Sin Calidad de Servicio

4.4.1.1 Hipótesis específica 1

Hipótesis Nula: El promedio de ancho de banda del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik del servicio de *Streaming* es igual o similar al promedio de ancho de banda del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = U_{bsqm} = U_{bsqc}$.

Hipótesis Alternativa: El promedio de ancho de banda del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik del servicio de *Streaming* es diferente al promedio de ancho de banda del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = U_{bsqm} \neq U_{bsqc}$.

Tabla 55-4: Estadísticas de grupo parámetro de ancho de banda

	Marca	N	Media	Desv. Desviación
Ancho de Banda	Cisco	5	.36760	.002191
	Mikrotik	5	.51780	.005762

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 56-4: Prueba T-Student parámetro de ancho de banda sin aplicar Calidad de Servicio

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Ancho de Banda	-54.483	5.133	.000	-.150200	.002757	-.157232	-.143168

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.000$ como se muestra en la Tabla 56-4; y dado que $P_{valor}<0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 , lo cual indica que el promedio de ancho de banda del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio ancho de banda del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. Se obtuvo un valor inferior de ancho de banda en equipos Cisco, debido a que existe mayor porcentaje de pérdida de paquetes de este servicio.

4.4.1.2 Hipótesis específica 2

Hipótesis Nula: El promedio de latencia del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar al promedio de latencia del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = U_{lsqm} = U_{lsqc}$.

Hipótesis Alterna: El promedio de latencia del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio de latencia del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = U_{lsqm} \neq U_{lsqc}$.

Tabla 57-4: Estadísticas de grupo parámetro de latencia

	Marca	N	Media	Desv. Desviación
Latencia	Cisco	5	101.50600	.485211
	Mikrotik	5	141.06600	.445904

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 58-4: Prueba T-Student parámetro de latencia sin aplicar Calidad de Servicio

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Latencia con Cisco / Mikrotik	-134.235	7.944	.000	-39.560000	.294707	-40.240436	-38.879564

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.000$ como se muestra en la Tabla 58-4; y dado que $P_{valor}<0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 , lo cual indica que el promedio de latencia del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente que al promedio de latencia del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. En este caso se obtuvo un promedio de latencia mayor en los equipos Mikrotik.

4.4.1.3 Hipótesis específica 3

Hipótesis Nula: El promedio de pérdida de paquetes del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar al promedio de pérdida de paquetes del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = U_{psqm} = U_{psqc}$.

Hipótesis Alternativa: El promedio de pérdida de paquetes del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio de pérdida de paquetes del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = \text{Upsqm} \neq \text{Upsqc}$.

Tabla 59-4: Estadísticas de grupo parámetro de latencia

	Marca	N	Media	Desv. Desviación
Pérdida de paquetes	Cisco	5	17.83660	.214553
	Mikrotik	5	3.40140	.106148

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 60-4: Prueba T-Student parámetro de latencia sin aplicar Calidad de Servicio

	t	gl	Sig. (bilatera l)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Pérdida de paquetes	134.844	5.847	.000	14.4352	.107051	14.171	14.698

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{\text{valor}}=0.000$ como se muestra en la Tabla 60-4; y dado que $P_{\text{valor}} < 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 , lo cual indica que el promedio de pérdida de paquetes del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio de pérdida de paquetes del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. En este caso se obtuvo un promedio de pérdida de paquetes mayor en los equipos Cisco.

4.4.1.4 Hipótesis específica 4

Hipótesis Nula: El promedio de jitter del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar al promedio de jitter del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = \text{Ujsqm} = \text{Ujsqc}$.

Hipótesis Alternativa: El promedio de jitter del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio de jitter del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = \text{Ujsqm} \neq \text{Ujsqc}$.

Tabla 61-4: Estadísticas de grupo parámetro de jitter

	Marca	N	Media	Desv. Desviación
Jitter con Cisco / Mikrotik	Cisco	5	8.48100	.769184
	Mikrotik	5	9.39720	1.278557

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 62-4: Prueba T-Student parámetro de jitter sin aplicar Calidad de Servicio

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Jitter con Cisco / Mikrotik	-1.373	6.560	.215	-.916200	.667286	-2.515787	.683387

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.215$ como se muestra en la Tabla 62-4; y dado que $P_{valor}>0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula H_0 y se rechaza la hipótesis alterna H_1 , lo cual indica que el promedio de jitter del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar que al promedio de jitter del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. En este caso el parámetro jitter se comporta de forma similar sobre las dos marcas.

4.4.1.5 Hipótesis específica 5

Hipótesis Nula: El promedio de uso de cpu del router 1 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar al promedio de uso de cpu del router 1 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = U_{c1sqm} = U_{c1sqc}$.

Hipótesis Alterna: El promedio de uso de cpu del router 1 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio de uso de cpu del router 1 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = U_{c1sqm} \neq U_{c1sqc}$.

Tabla 63-4: Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 1

	Marca	N	Media	Desv. Desviación
Cpu Router 1	Cisco	5	1.4000	.54772
	Mikrotik	5	2.0000	.70711

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 64-4: Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 1 sin aplicar Calidad de Servicio

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Cpu Router 1	-1.500	7.529	.174	-.60000	.40000	-1.53253	.33253

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado Pvalor=0.174 como se muestra en la Tabla 64-4; y dado que Pvalor>0.05, entonces se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula H_0 y se rechaza la hipótesis alterna H_1 , lo cual indica que el promedio de uso de cpu del router 1 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar que al promedio de uso de cpu del router 1 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. En este caso el parámetro de cpu de router 1 en ambas marcas se comporta de forma igual o similar.

4.4.1.6 Hipótesis específica 6

Hipótesis Nula: El promedio de uso de cpu del router 2 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar al promedio de uso de cpu del router 2 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = \mu_{c2sqm} = \mu_{c2sqc}$.

Hipótesis Alterna: El promedio de uso de cpu del router 2 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio de uso de cpu del router 2 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = \mu_{c2sqm} \neq \mu_{c2sqc}$.

Tabla 65-4: Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 2

	Marca	N	Media	Desv. Desviación
Cpu Router 2	Cisco	5	2.4000	.54772
	Mikrotik	5	2.6000	.89443

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 66-4: Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 2 sin aplicar Calidad de Servicio

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Cpu Router 2	-.426	6.630	.683	-.20000	.46904	-1.32177	.92177

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.683$ como se muestra en la Tabla 66-4; y dado que $P_{valor}>0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula H_0 y se rechaza la hipótesis alterna H_1 , lo cual indica que el promedio de uso de cpu del router 2 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar que al promedio de uso de cpu del router 2 del entorno sin Calidad de Servicio con equipos Mikrotik. En este caso el uso de cpu del router 2 en ambas marcas tiene un comportamiento similar.

4.4.2. Con Calidad de Servicio

4.4.2.1 Hipótesis específica 1

Hipótesis Nula: El promedio de ancho de banda del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik del servicio de *Streaming* es igual o similar al promedio de ancho de banda del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = Ubcqm = Ubcqc$.

Hipótesis Alterna: El promedio de ancho de banda del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik del servicio de *Streaming* es diferente al promedio de ancho de banda del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = Ubcqm \neq Ubcqc$

Tabla 67-4: Estadísticas de grupo parámetro de ancho de banda

	Marca	N	Media	Desv. Desviación
Ancho de Banda	Cisco	5	.45260	.001817
	Mikrotik	5	.53700	.006671

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 68-4: Prueba T-Student parámetro de ancho de banda con Calidad de Servicio

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Ancho de Banda	-27.297	4.590	.000	-.084400	.003092	-.092566	-.076234

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.000$ como se muestra en la Tabla 68-4; y dado que $P_{valor}>0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 , lo cual indica que el promedio de ancho de banda del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio ancho de banda del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco.

4.4.2.2 Hipótesis específica 2

Hipótesis Nula: El promedio de latencia del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar al promedio de latencia del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = \mu_{Cq} = \mu_{Mq}$.

Hipótesis Alternativa: El promedio de latencia del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio de latencia del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = \mu_{Cq} \neq \mu_{Mq}$.

Tabla 69-4: Estadísticas de grupo parámetro de latencia

	Marca	N	Media	Desv. Desviación
Latencia	Cisco	5	21.06800	.029496
	Mikrotik	5	21.99400	.278801

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 70-4: Prueba T-Student parámetro de latencia con Calidad de Servicio

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Tiempo de respuesta	- 7.386	4.090	.002	-.926000	.125379	- 1.271124	-.580876

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.002$ como se muestra en la Tabla 70-4; y dado que $P_{valor}<0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 , lo cual indica que el promedio de latencia del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente que al promedio de latencia del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco.

4.4.2.3 Hipótesis específica 3

En el análisis del promedio de pérdida de paquetes entre las dos marcas no se efectuó la prueba T-Student ya que en la prueba de distribución de normalidad los valores analizados antes y después de aplicar Calidad de Servicio no cumplían la condición, estos valores son de manera constante cero. Como se muestra en la Ilustración 71-4.

Tabla 71-4: Cálculo del error absoluto

	Marca	N	Media
Pérdida de paquetes	Cisco	5	0.00000
	Mikrotik	5	0.00000
Error Absoluto			0.00000

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Se realizó el cálculo del error absoluto, se obtuvo un valor promedio igual entre las dos marcas.

4.4.2.4 Hipótesis específica 4

Hipótesis Nula: El promedio de jitter del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar al promedio de jitter del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = U_{jcqm} = U_{jcqc}$.

Hipótesis Alterna: El promedio de jitter del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio de jitter del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = U_{jcqm} \neq U_{jcqc}$.

Tabla 72-4: Estadísticas de grupo parámetro de jitter

	Marca	N	Media	Desv. Desviación
Jitter	Cisco	5	4.18500	.361981
	Mikrotik	5	4.02300	.482320

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 73-4: Prueba T-Student parámetro de jitter con Calidad de Servicio.

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Jitter	.601	7.421	.566	.162000	.269690	-.468458	.792458

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.566$ como se muestra en la Tabla 73-4; y dado que $P_{valor}>0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula H_0 y se rechaza la hipótesis alterna H_1 , lo cual indica que el promedio de jitter del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar que el promedio de jitter del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. En este caso el parámetro Jitter se comporta de forma igual o similar en ambas marcas.

4.4.2.5 Hipótesis específica 5

Hipótesis Nula: El promedio de uso de cpu del router 1 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar al promedio de uso de cpu del router 1 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = U_{c1cqm} = U_{c1cq}$.

Hipótesis Alternativa: El promedio de uso de cpu del router 1 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio de uso de cpu del router 1 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = U_{c1cqm} \neq U_{c1cq}$.

Tabla 74-4: Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 1

	Marca	N	Media	Desv. Desviación
Cpu Router 1	Cisco	5	5.8000	.83666
	Mikrotik	5	5.8000	.83666

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 75-4: Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 1 con Calidad de Servicio

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Cpu Router 1	.000	8	1.000	.00000	.52915	-1.22022	1.22022

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=1.000$ como se muestra en la Tabla 75-4; y dado que $P_{valor}>0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula H_0 y se rechaza la hipótesis alternativa H_1 , lo cual indica que el promedio de uso de cpu del router 1 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar que al promedio de uso de cpu del router 1 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. El parámetro del cpu del router 1 en ambas marcas se comporta de forma igual o similar.

4.4.2.6 Hipótesis específica 6

Hipótesis Nula: El promedio de uso de cpu del router 2 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar al promedio de uso de cpu del router 2 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_0 = U_{c2cqm} = U_{c2cq}$.

Hipótesis Alternativa: El promedio de uso de cpu del router 2 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es diferente al promedio de uso de cpu del router 2 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. $H_1 = \mu_{Cm} \neq \mu_{Cc}$.

Tabla 76-4: Estadísticas de grupo parámetro de uso de cpu del router 2

	Marca	N	Media	Desv. Desviación
Cpu Router 2	Cisco	5	6.2000	.83666
	Mikrotik	5	6.0000	1.00000

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Tabla 77-4: Prueba T-Student parámetro de uso de cpu del router 2 con Calidad de Servicio

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Cpu Router 2	.343	8	.740	.20000	.58310	-1.14462	1.54462

Realizado por: Cando, Robinson; 2023.

Por cuanto el resultado $P_{valor}=0.740$ como se muestra en la Tabla 77-4; y dado que $P_{valor}>0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula H_0 y se rechaza la hipótesis alternativa H_1 , lo cual indica que el promedio de uso de cpu del router 2 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Mikrotik es igual o similar que al promedio de uso de cpu del router 2 del entorno con Calidad de Servicio con equipos Cisco. El parámetro del cpu del router 2 en ambas marcas se comporta de forma igual o similar

4.5. Discusión de resultados

En referencia a los parámetros que fueron evaluados de ancho de banda, latencia, jitter, pérdida de paquetes y cpu, en cada marca se ha evidenciado una mejora en los parámetros una vez aplicado el modelo DiffServ de Calidad de Servicio, es decir que antes de implementar el modelo DiffServ de Calidad de Servicio existe un comportamiento en los parámetros no adecuados que generaron problemas o una degradación de la calidad del servicio *Streaming*.

Tras el análisis realizado con la prueba T-Student entre marcas Mikrotik y Cisco, se pudo verificar que en Cisco y Mikrotik antes de implementar el modelo DiffServ de Calidad de Servicio tuvo diferencias en los parámetros de ancho banda, latencia y pérdida de paquetes como se muestran en las tablas 55-4, 57-4 y 59-4. Existe mayor porcentaje de pérdida de paquetes del servicio

Streaming en la marca Cisco, lo cual reduce el ancho de banda del servicio. Mientras que al dropear mayor número de paquetes del servicio Streaming mejoró el parámetro de latencia en la marca Cisco sobre Mikrotik.

En el análisis entre marcas después de aplicar el modelo DiffServ de Calidad de Servicio se pudo verificar que el comportamiento de los parámetros fue muy similar a excepción del parámetro de ancho de banda y latencia en donde la marca Cisco es mejor como se muestra en las tablas 67-4 y 69-4.

CONCLUSIONES

En base a la investigación realizada, se implementó un entorno de tráfico real mediante el generador de tráfico realista TRex, el cuál es un generador de tráfico de código abierto, pertenece a Cisco y existen equipos reales los cuales se pueden montar para realizar pruebas de tráfico. En este caso se implementó el software en una máquina virtual en un computador. Se utilizó el adaptador de red que tiene por defecto el computador como servidores y se agregó un adaptador de red externo como puerto de clientes.

Mediante revisión bibliográfica, opinión y puntos de vista de diferentes autores se realizó el estudio del modelo de Calidad de Servicio DiffServ para mejorar los parámetros fundamentales de calidad servicio en entornos con equipos Mikrotik y Cisco. Este modelo está basado en el marcado del tráfico mediante el campo de tipo de servicio de la cabecera IP, específicamente el DSCP en donde se establecen varias clases. Es un modelo escalable ya que existe un comportamiento por salto PHB que es establecido por el administrador de red según el DSCP que este establecido en su cabecera.

En la configuración por marcas se pudo verificar que para la marca Mikrotik existe un entorno de configuración visual mediante una interfaz gráfica, de igual manera tiene integrada la consola para realizarlo en texto plano, a diferencia de la configuración en la marca Cisco, que se enfoca a la configuración mediante texto plano en una consola. En ambos casos se estableció el modelo de Calidad de Servicio DiffServ mediante las etapas de marcado y establecimiento de políticas.

Para la evaluación de los parámetros establecidos de ancho de banda, latencia, jitter, pérdida de paquetes y cpu se empleó la prueba T-Student con el fin de verificar la diferencia entre parámetros entre marcas, antes y después de aplicar el modelo DiffServ, los resultados se detallan de mejor manera en la sección de Discusión de resultados.

RECOMENDACIONES

Se puede realizar la clasificación de varios servicios, la etapa de identificación es importante para la agrupación por clases según la condición que se desee, ya que se puede clasificar mediante el protocolo, el tipo de conexión, el puerto, la ip, el campo DSCP entre otros más.

Al aumentar más routers en el *core* o en la red de tránsito el control o tratamiento de los paquetes o tráfico está enfocado al comportamiento por salto PHB, es decir el tráfico ya viene marcado por los routers de frontera y solo se efectúa la agrupación por el valor DSCP.

Se recomienda efectuar el comportamiento por salto PHB según la capacidad máxima que tenga cada enlace de la red que, si se emplea un PHB igual en todos los enlaces con capacidades diferentes, puede generar cuellos de botella, de esta manera la implementación de Calidad de Servicio no sería adecuada.

BIBLIOGRAFÍA

ANZOLA, Hector G. & MENDOZA, Alvaro D. Quality of service: concepto, historia, evolución y tendencias [en línea] (Pregrado). Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias-Colombia. 2004. pp. 1-113. [Consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0026260.pdf>.

ATLASSIAN. "Packet Sniffer". [en línea]. 2022. [Consulta: 17 noviembre 2022]. Disponible en: <https://help.mikrotik.com/docs/display/ROS/Packet+Sniffer>.

AYSCOM. "¿Cómo analizar rápidamente el rendimiento red?". AYSCOM [en línea]. 2018. [Consulta: 18 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.ayscom.com/como-analizar-rapidamente-el-rendimiento-red/>.

CASTILLO, M. & RODRÍGUEZ, M. Análisis de los modelos de servicios diferenciales y servicios integrales para brindar QoS en internet. [en línea], Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, OAXACA, México, 2007 [Consulta: 29 noviembre 2022]. Disponible en: http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/10141.pdf

CISCO. "Conozca a Cisco, la empresa líder en redes para Internet". Cisco Systems [en línea], 2008, pp. 1-98. [Consulta: 27 octubre 2022]. Disponible en: https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/assets/docs/pdf/Conozca_Cisco.pdf.

CISCO. "Cisco Integrated Services Routers 2900 Series". Cisco Systems [en línea], 2009, (Estados Unidos) pp. 1-13. [Consulta: 27 octubre 2022]. Disponible en: https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/assets/docs/pdf/2900_data_sheet_c78_553896.pdf.

CISCO IOS. "Embedded Packet Capturer". CISCO IOS [en línea], 2013, pp. 1-4. [Consulta: 11 junio 2022]. Disponible en: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/cisco_ie3X00/software/16_11/config/b_16_11_IoT_scg/b_1611_IoT_scg_chapter_0110.pdf.

DIAZ, Daniel Giovanni. Estudio de la calidad de servicio en ambientes universitarios. Caso de estudio Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur [en línea] (Maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Quito-Ecuador. 2016. pp. 1-68.

[Consulta: 11 octubre 2022]. Disponible en: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11300/CASO DE ESTUDIO DE QoS EN AMBIENTES UNIVERSITARIOS.pdf?sequence=1](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11300/CASO_DE_ESTUDIO_DE_QoS_EN_AMBIENTES_UNIVERSITARIOS.pdf?sequence=1).

DUARTE, José, Calidad De Servicio [en línea]. 2014. [Consulta: 27 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/5207/208062.pdf?sequence=1>.

ESCALANTE, Mauro. *RouterOS*. [en línea]. Latvia: Academy Xperts, 2018. [Consulta: 21 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-continental/investigacion/conceptos-fundamentales-de-mikro-tik-router-os-v639/22675435>

FERNÁNDEZ, J. et al., “Evaluación de QoS en accesos a Internet para aplicaciones Multimedia (EQoSIM)”. Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), [en línea], 2006, Zaragoza, España. pp. 1-9 [Consulta: 29 noviembre 2022]. Disponible en: [http://diac.unizar.es/intranet/articulos/uploads/Evaluacion%20de%20QoS%20en%20accesos%20a%20Internet%20para%20aplicaciones%20Multimedia%20\(EQoSIM\).pdf](http://diac.unizar.es/intranet/articulos/uploads/Evaluacion%20de%20QoS%20en%20accesos%20a%20Internet%20para%20aplicaciones%20Multimedia%20(EQoSIM).pdf)

HOSSAIN, Monowar. "QoS implementation in multi-vendor network". LinkedIn [en línea]. 2017. [Consulta: 18 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/qos-implementation-multi-vendor-network-monowar-hossain>.

INTERNETWORKING TECHNOLOGY OVERVIEW. "Quality of Service (QoS) Networking". [en línea]. 1999. pp. 46. [Consulta: 17 diciembre 2022]. Disponible en: <https://tnlandforms.us/ipp05/qos.pdf>.

JARAMILLO, J. J. Desarrollo de un esquema de calidad de servicio para el proveedor de servicios de internet EFINET-TV. [en línea], Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Carrera: Ingeniería Electrónica, Quito-Ecuador, 2020, [Consulta: 29 noviembre 2022]. Disponible en: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18896/1/UPS%20-%20TTS036.pdf?fbclid=IwAR2SF10yV24FCmtREqYPq-DJl6QK-93xebyvJV_bM_nGUftp1DMj3ICzceE

KUROSE, J. & ROSS, K. *Redes de computadoras Un enfoque descendente*. [en línea], Estados Unidos: PEARSON, 2010, 5, p. 793. [Consulta: 11 junio 2022]. Disponible en: [https://irp.cdn-website.com/7b1aec33/files/uploaded/Libro%20Redes%20de%20Computadoras%2C%205ta%](https://irp.cdn-website.com/7b1aec33/files/uploaded/Libro%20Redes%20de%20Computadoras%2C%205ta%20Edici%20n.pdf)

20Edici%C3%B3n%20-%20James%20F.%20Kurose%20_%20Keith%20W.%20Ross%282%29.pdf

LASYSYSTEMS. "Cisco 2911 wired router (CISCO2911/K9)". [en línea], 2018, pp. 1-2. [Consulta: 19 junio 2022]. Disponible en: <https://5.imimg.com/data5/JM/MB/MY-28651719/cisco-2911-k9-integrated-router.pdf>.

MICHEL. "What exactly is QOS and Dynamic QOS: Should You Use it?". TECHVIBE [en línea]. 2021. [Consulta: 4 mayo 2022]. Disponible en: <https://techvibe.org/what-exactly-is-qos-and-dynamic-qos-should-you-use-it/>.

MIKROTIK. "MikroTik toma su lugar en el mercado ruso de TI". [blog]. 2017. [Consulta: 11 octubre 2022]. Disponible en: <https://somoswisp.blogspot.com/2018/01/mikrotik-toma-su-lugar-en-el-mercado.html>.

MIKROTIK. "CCR1016-12G". MIKROTIK. [en línea], 2022 [Consulta: 18 octubre 2022]. Disponible en: https://i.mt.lv/cdn/product_files/ccr1016-12G_200133.pdf.

MUÑOZ, Roberto. Diseño e implementación de un modelo de calidad de servicio en la red del IPN [en línea], Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México, 2008. pp. 136. [Consulta: 11 noviembre 2022] Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/17256/Dise%C3%83%2%b1o%20e%20imple%20mentaci%C3%83%2%b3n%20de%20un%20modelo%20de%20calidad%20de%20servicio%20en%20la%20red%20del%20ipn.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

PETERSON, L. & DAVIE, B. "Computer Networks: A System Approach". *IEEE Communications Magazine*, 2005, 36(5), pp. 54-54. ISSN 0163-6804.

SOBREVIELA, Luis Miguel. Calidad de servicio (QOS) con routers CISCO [en línea], (Trabajo Fin de Grado), Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2017, pp. 1-66. [Consulta: 27 octubre 2022]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/124665/Sobreviela-Calidad-de-servicio-porcentaje28QoSporcentaje29-con-routers-Cisco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

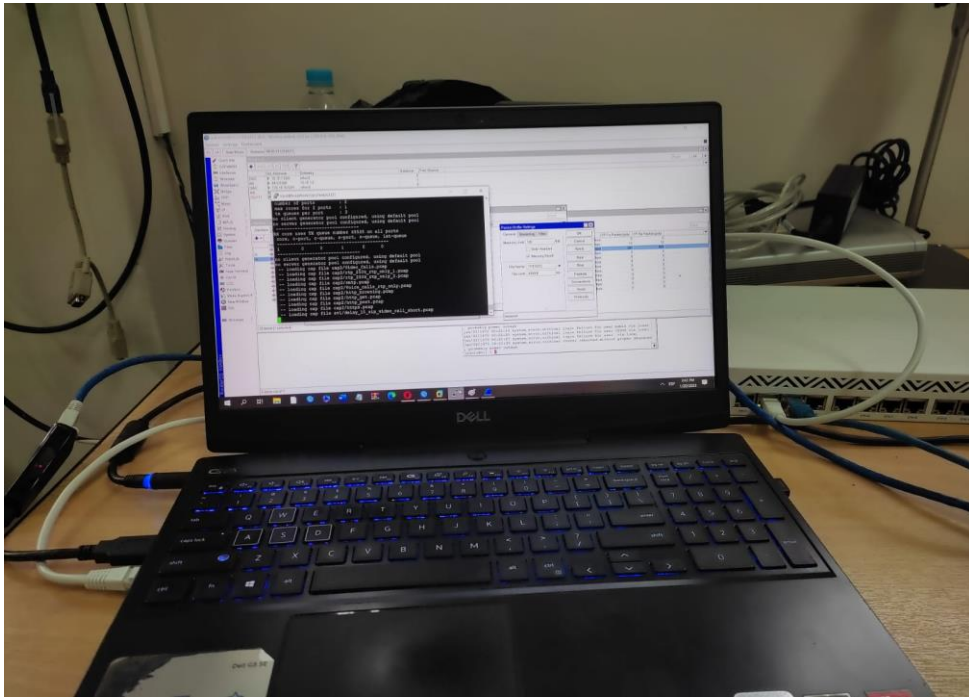
UIT. "2.900 millones de personas siguen careciendo de conexión". UIT [en línea]. 2023. [Consulta: 29 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.itu.int/es/mediacentre/Pages/PR-2021-11-29-FactsFigures.aspx>.

VALDEZ, A. et al., "Calidad de servicio en redes de telecomunicaciones". *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, [en línea], 2018, 4, p. 278. [Consulta: 29 noviembre 2022]. Disponible en: <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/eitt/article/view/2894/2563>

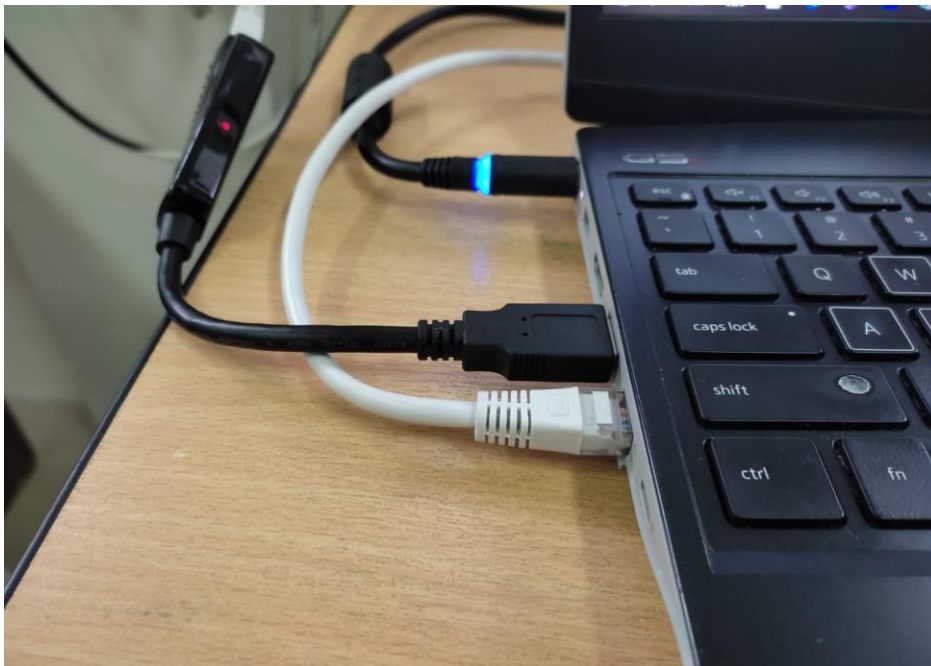
VALDÉS, A. "Cisco IOS". *Webcindario* [en línea]. 2022. [Consulta: 11 junio 2022]. Disponible en: https://diegotch.webcindario.com/IOS_Cisco.pdf.

ANEXOS

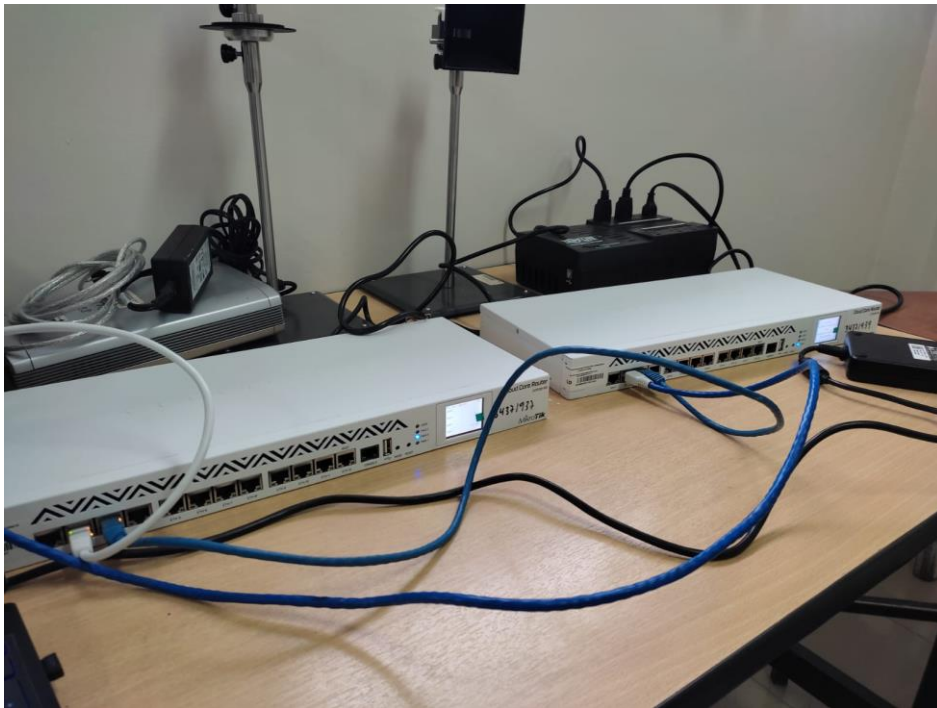
ANEXO A: GENERADOR DE TRÁFICO TREX MONTADO EN COMPUTADOR



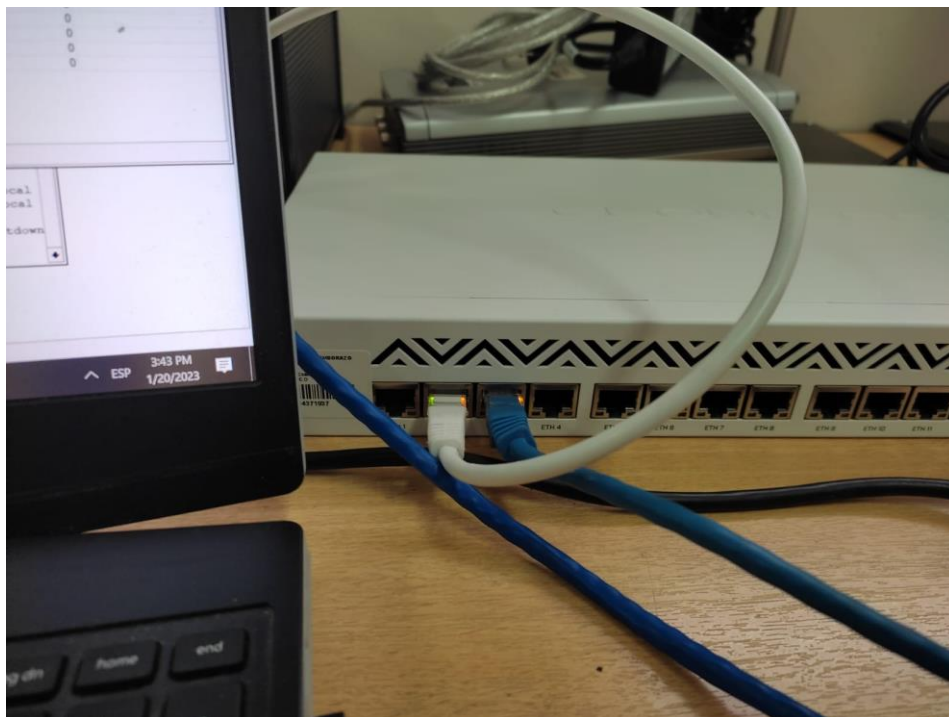
ANEXO B: CONEXIÓN DE PUERTOS TARJETA DE RED INTEGRADA (SERVIDORES) Y TARJETA DE RED EXTERNA (CLIENTES)



ANEXO C: ESCENARIO CON MARCA MIKROTIK



ANEXO D: ELEMENTOS R1 DEL ESCENARIO DE MARCA MIKROTIK



ANEXO E: ELEMENTOS R2 DEL ESCENARIO DE MARCA MIKROTIK



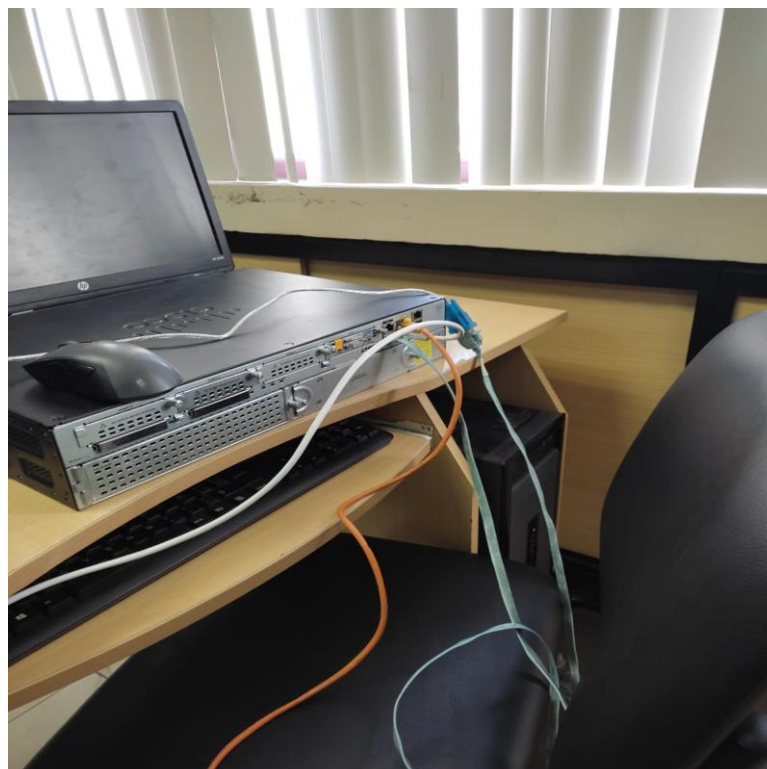
ANEXO F: CONFIGURACIÓN Y RECOLECCIÓN DE MEDIDAS EN ESCENARIO MARCA MIKROTIK



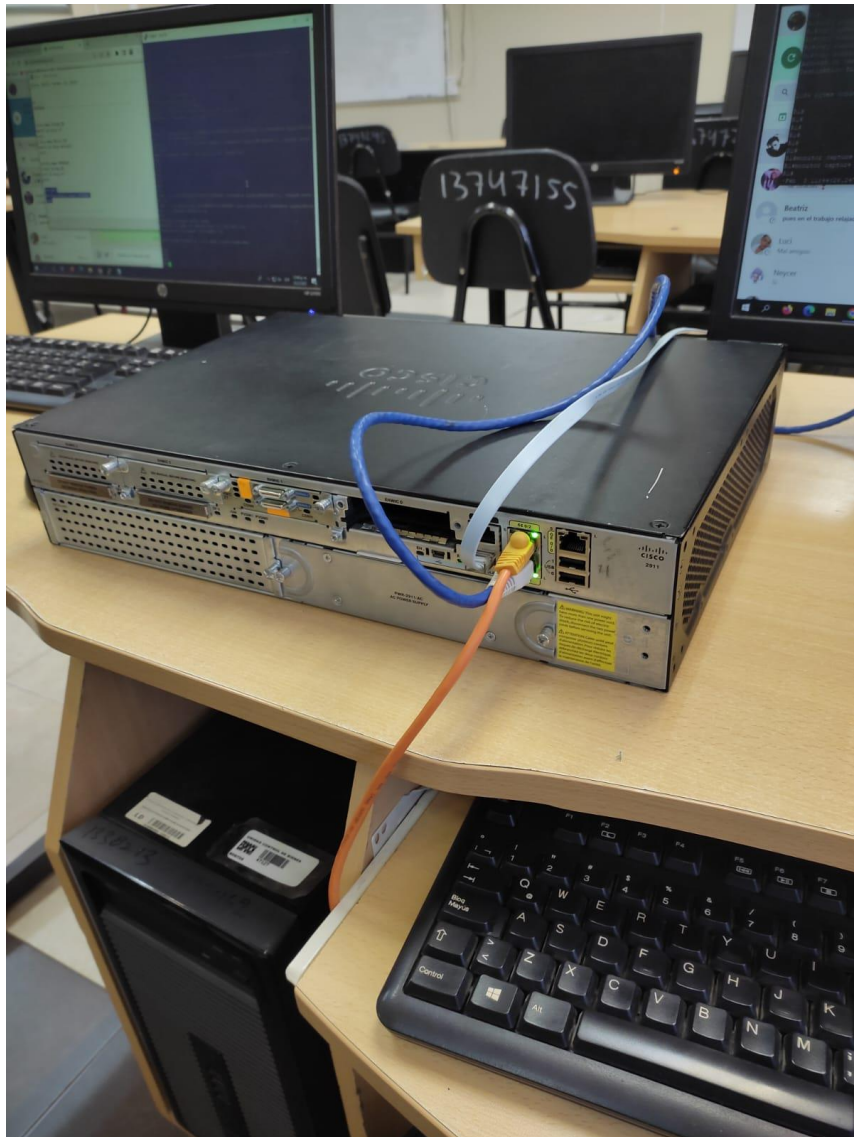
ANEXO G: ESCENARIO CON EQUIPOS DE MARCA CISCO



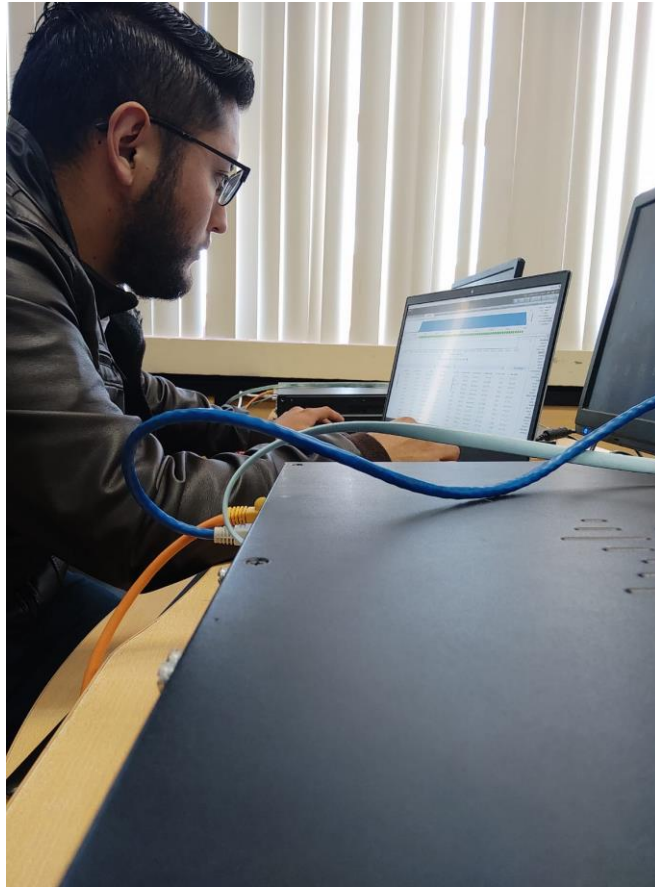
ANEXO H: ELEMENTOS R1 DEL ESCENARIO DE MARCA CISCO



ANEXO I: ELEMENTOS R2 DEL ESCENARIO DE MARCA CISCO



**ANEXO J: CONFIGURACIÓN Y RECOLECCIÓN DE MEDIDAS EN ESCENARIO
MARCA CISCO**






ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 05/04/2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR	
Nombres – Apellidos:	Robinson Paúl Cando Basantes
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad:	Informática y Electrónica
Carrera:	Telecomunicaciones
Título a optar:	Ingeniero en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes
f. Analista de Biblioteca responsable:	 Ing. Fernanda Arévalo M.

