

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN**

**TRABAJO PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**MÁSTER EN REDES DE COMUNICACIÓN**

**TEMA:**

Estudio para optimizar los multi-objetivos para el enrutamiento multicast  
en redes superpuestas mediante algoritmos evolutivos en las redes de un

ISP

**CESAR REMIGIO VEGA ABAD**

Quito – 2014

## **Dedicatoria**

Dedico este humilde trabajo de investigación a mi hijo Samael quien es mi norte y motivo de superación en la vida.

## **Agradecimiento**

Agradezco profundamente a mi tutor de esta tesis por su valioso concejo, apoyo y paciencia como también a mis queridos padres, hermanos, esposa e hijos quienes son mi fortaleza en la vida y a todos y cada una de las personas quienes de una u otra forma me apoyaron. Mil Gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>III</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	<b>IV</b>
<b>TABLA DE ILUSTRACIONES</b>	<b>IX</b>
<b>CAPÍTULO 1: ANTEPROYECTO</b>	<b>14</b>
1.1 INTRODUCCIÓN	14
1.2 JUSTIFICACIÓN	15
1.3 ANTECEDENTES	16
1.4 OBJETIVOS	17
<i>1.4.1 Objetivo General:</i>	17
<i>1.4.1 Objetivos Específicos:</i>	17
1.5 LIMITACIONES	18
1.6 ALCANCE	18
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO</b>	<b>19</b>
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	20
<i>2.2.1 Multicast</i>	20
<i>2.2.2 Algoritmos</i>	24

2.2.2.1 Algoritmos evolutivos	24
2.2.2.2 Algoritmos Evolutivos Multi-Objetivos	26
<b>2.2.2.2.1 Descripción de los Algoritmos</b>	27
<b>2.2.2.2.1.1 NSGA</b>	28
<b>2.2.2.2.1.2 SPEA</b>	28
<b>2.2.2.2.1.3 SPEA2</b>	29
<b>2.2.2.2.1.4 NSGA2</b>	29
<b>2.2.2.2.1.5 cNSGA2</b>	29
<b>2.2.2.2.1.6. Análisis comparativo de los Algoritmos</b>	30
2.2.2.3 Algoritmos de enrutamiento	30
<b>2.2.2.3.1 Algoritmos de ruteo</b>	31
<b>2.2.2.3.2 Modelo de Servicio IP Multicast (RFC-1112)</b>	32
<b>2.2.2.3.4 Traducción de direcciones IP de Clase D a direcciones MAC</b>	36
<b>2.2.2.3.5 IGMP</b>	37
<b>2.2.2.3.6 Routing IP Multicast</b>	41
2.2.2.4 Algoritmos de routing Multicast	42
<b>2.2.2.4.1 Inundación</b>	43
<b>2.2.2.4.2 Árboles de expansión</b>	43
<b>2.2.2.4.3 Reverse Path Broadcasting (RPB)</b>	45
<b>2.2.2.4.4 Truncated Reverse Path Broadcasting (TRPB)</b>	47
<b>2.2.2.4.5 Reverse Path Multicasting (RPM)</b>	49

<b>2.2.2.4.6 Árboles de Steiner (ST)</b>	51
<b>2.2.2.4.7 Core-Based Trees (CBT)</b>	52
2.2.2.5 Protocolos de routing Multicast	53
<b>2.2.2.5.1 Clasificación de los protocolos de Routing Multicast</b>	54
<b>2.2.2.5.2 DVMRP: Distance Vector Multicast Routing Protocol</b>	58
<b>2.2.2.5.3 MOSPF: Multicast Extensions to OSPF</b>	68
2.2.3 <i>Redes Superpuestas</i>	69
2.3 CONCEPTOS	70
2.3.1 <i>Comunicaciones Unicast</i>	70
2.3.2 <i>Comunicaciones broadcast</i>	71
2.3.3 <i>Comunicaciones Multicast</i>	71
2.3.4 <i>Diferencia entre broadcast y Multicast</i>	72
2.3.4.1 Formas de Implementar comunicación Multicasting	75
<b>2.3.4.1.1 Unidifusión de uno a todos</b>	75
<b>2.3.4.1.2 Multicasting de nivel de aplicación</b>	75
<b>2.3.4.1.3 Multicasting explícita</b>	76
2.4 BENEFICIOS DE LA TECNOLOGÍA MULTICAST	76
2.4.1 <i>Desempeño optimizado de la red</i>	76
2.4.2 <i>Soporte para aplicaciones distribuidas</i>	76
2.4.3 <i>Economía de recursos</i>	77

2.4.4	<i>Facilidad de crecimiento en escala</i>	77
2.4.5	<i>Mayor disponibilidad de la red</i>	77
2.4.6	<i>Servicio Multicast en internet</i>	78
2.6	DIRECCIONES IP MULTICAST	78
2.6.1	<i>Direcciones IP Multicast especiales</i>	79
2.6.2	<i>El servicio IP Multicast en internet</i>	80
2.7	MULTICAST EN EL INTERIOR DE UNA SUBRED	81
2.8	MULTICAST EN LA FRONTERA DE UNA SUBRED	82
2.9	ISP	82
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA</b>		<b>84</b>
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	84
3.2	IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE INVESTIGACIÓN	84
3.2.1	<i>Fuentes primarias</i>	84
3.2.2	<i>Fuentes secundarias</i>	85
3.3	ÁMBITO DE LA INFORMACIÓN	85
3.4	TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE INVESTIGACIÓN	85
3.4.1	<i>Recolección de la información</i>	85
3.4.1.1	La observación	85
3.4.1.2	La encuesta	86
3.4.1.3	Documentación	87

3.4.1.4 Consultas por internet	88
3.5 MUESTREO DE LA INVESTIGACIÓN	88
3.5.1 <i>Método aleatorio simple</i>	88
3.5.1 <i>Método aleatorio estratificado</i>	88
3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA	89
3.7 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	91
3.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA OBSERVACIÓN	91
3.9 RECOPIACIÓN DE DATOS MEDIANTE LA OBSERVACIÓN	92
3.10 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENCUESTAS	92
<b>CAPÍTULO 4: CONSTRUCCIÓN DE LA RED MULTICAST SUPERPUESTA Y ANÁLISIS</b>	<b>108</b>
4.1 RED FÍSICA	108
4.1.1 <i>Introducción</i>	108
4.1.2 <i>Red Propuesta</i>	110
4.1.3 <i>Implementación del Grafo no Dirigido en la red del ISP</i>	111
4.2 RED MULTICAST SUPERPUESTA	112
4.3 FUNCIONES OBJETIVO PARA UNA RED MULTICAS SUPERPUESTA	112
4.3.1 <i>Restricciones</i>	114
4.4. FUNCIONES OBJETIVO EN NIVEL IP/MPLS EN LA RED DEL ISP	116
4.4.1 <i>Restricciones</i>	117

4.5 RELACIÓN RED MULTICAS SUPERPUESTA NIVEL IP/MPLS	119
4.6 ALGORITMOS EVOLUTIVOS MULTI-OBJETIVOS	119
4.7 DESCRIPCIÓN DE ALGORITMOS EVOLUTIVOS MULTI- OBJETIVOS	120
4.8 RESULTADOS Y ANÁLISIS EXPERIMENTALES	121
4.9 CAPTURA DE DATOS DE TIEMPOS DE RESPUESTAS EN CADA UNO DE LOS ENLACES	128
4.10 CAPTURA DE DATOS DEL FLUJO QUE SALE DE LA FUENTE A CADA UNO DE LOS NODOS Y CAPACIDAD MÁXIMA DE LOS ENLACES ESTABLECIDO POR EL ISP.	131
4.11 CÁLCULOS A NIVEL IP MPLS	133
4.11.1 Retardo de Extremo a Extremo a nivel IP MPLS en la red del ISP	133
4.11.2 Máxima utilización de Enlaces a nivel IP MPLS en la red del ISP	133
4.12 CALCULO A NIVEL DE LA RED SUPERPUESTA	134
4.12.1 Retardo de Extremo a Extremo en la Red Superpuesta Multicast del ISP	134
4.12.2 Máxima utilización de enlaces en la Red Superpuesta Multicast del ISP	135
4.13 ALGORITMO EVOLUTIVO	135
<b>GRÁFICOS DE RESULTADOS</b>	<b>142</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>148</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>150</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>177</b>

## Tabla de Ilustraciones

FIGURA. 1 DIRECCIÓN IP DE CLASE D .....	33
---	----

FIGURA. 2 CONVERSIÓN ENTRE DIRECCIÓN IP Y DIRECCIÓN MAC ETHERNET .....	37
FIGURA. 3 FORMATO DEL MENSAJE IGMP V1 .....	39
FIGURA. 4 FORMATO DEL MENSAJE IGMP V2 .....	40
FIGURA. 5 FORMATO DEL MENSAJE IGMP V3 .....	41
FIGURA. 6 ÁRBOL DE EXPANSIÓN.....	44
FIGURA. 7 ALGORITMO RPB .....	46
FIGURA. 8 ÁRBOL RPB.....	46
FIGURA. 9 ALGORITMO TRPB .....	48
FIGURA. 10 ÁRBOL RPM.....	50
FIGURA. 11 ÁRBOL DE STEINER.....	51
FIGURA. 12 CORE-BASED TREE.....	53
FIGURA. 13 ÁRBOL CON RAÍZ EN EL EMISOR.....	55
FIGURA. 14 ÁRBOL CON RAÍZ COMPARTIDA .....	56
FIGURA. 15 VALORES DE CONTROL DE ÁMBITO TTL .....	59
FIGURA. 16 ROUTER DOMINANTE DVMP.....	62
FIGURA. 17 TABLA DE ROUTING DVMP .....	63
FIGURA. 18 TABLA DE ENCAMINAMIENTO DVMP .....	64
FIGURA. 19 DVMP JERÁRQUICO .....	67
FIGURA. 20 COMUNICACIÓN UNICAST .....	70
FIGURA. 21 COMUNICACIÓN BROADCAST .....	71

FIGURA. 22 COMUNICACIÓN MULTICAST .....	71
FIGURA. 23 DIFERENCIA ENTRE BROADCAST Y MULTICAST .....	72
FIGURA. 24 CLASES DE DIRECCIONES IP. ....	78
FIGURA. 25 VARIABLE DE RUTA PARA ALCANZAR NODOS .....	113
FIGURA. 26 REE .....	113
FIGURA. 27 IGUALDAD A CUMPLIR LA REE.....	114
FIGURA. 28 FORMULA PARA MAXIMIZAR LA UTILIZACIÓN DE LOS ENLACES .....	114
FIGURA. 29 NODO FUENTE DE RED SUPERPUESTA.....	115
FIGURA. 30 NODOS DESTINO .....	115
FIGURA. 31 NODO INTERMEDIO.....	115
FIGURA. 32 CAPACIDAD DE ENLACE.....	115
FIGURA. 33 VARIABLE PARA RUTA IP/MPLS .....	116
FIGURA. 34 RETARDO DE EXTREMO A EXTREMO.....	116
FIGURA. 35 CONDICIÓN PARA MEDIR EL RETARDO DE EXTREMO A EXTREMO .....	117
FIGURA. 36 FORMULA PARA MAXIMIZAR LA UTILIZACIÓN DE ENLACES (MUE) .....	117
FIGURA. 37 RESTRICCIÓN PARA IDENTIFICAR ENLACES IP/MPLS .....	117
FIGURA. 38 NODOS INTERMEDIOS EN IP/MPLS .....	118
FIGURA. 39 DESTINO IP/MPLS .....	118
FIGURA. 40 CAPACIDAD DE ENLACE IP/MPLS.....	118
FIGURA. 41 ORIGEN DEL CAMINO IP/MPLS .....	119

FIGURA. 42 RELACIÓN CAPACIDAD DE ENLACE.....	119
FIGURA. 43 RELACIÓN RETARDO EN UN ENLACE .....	119
FIGURA. 44 A) GRAFO QUE REPRESENTA LA RED FÍSICA PROPUESTA B) GRAFO QUE REPRESENTA LA RED MULTICAST SUPERPUESTA .....	127
FIGURA. 45 DURACIÓN EN EL PRIMER ENLACE .....	128
FIGURA. 46 DURACIÓN EN EL SEGUNDO ENLACE .....	128
FIGURA. 47 DURACIÓN EN EL TERCER ENLACE.....	128
FIGURA. 48 DURACIÓN EN EL CUARTO ENLACE.....	128
FIGURA. 49 DURACIÓN EN EL QUINTO ENLACE.....	128
FIGURA. 50 DURACIÓN EN EL SEXTO ENLACE .....	129
FIGURA. 51 DURACIÓN EN EL SÉPTIMO ENLACE.....	129
FIGURA. 52 DURACIÓN EN EL OCTAVO ENLACE.....	129
FIGURA. 53 DURACIÓN EN EL NOVENO ENLACE .....	129
FIGURA. 54 DURACIÓN EN EL DÉCIMO ENLACE .....	129
FIGURA. 55 DURACIÓN EN EL DÉCIMO PRIMER ENLACE.....	129
FIGURA. 56 DURACIÓN EN EL DÉCIMO SEGUNDO ENLACE .....	130
FIGURA. 57 DURACIÓN EN EL DÉCIMO TERCER ENLACE .....	130
FIGURA. 58 DURACIÓN EN EL DÉCIMO CUARTO ENLACE .....	130
FIGURA. 59 DURACIÓN EN EL DÉCIMO QUINTO ENLACE .....	130
FIGURA. 60 DURACIÓN EN EL DÉCIMO SEXTO ENLACE.....	130

FIGURA. 61 FLUJO ENVIADO DESDE LA FUENTE.....	131
FIGURA. 62 CAPACIDAD PROMEDIO MÁXIMA DE LOS ENLACES LA REDE DEL ISP ....	132
FIGURA. 63 GRAFICA DE INGRESO DE DATOS .....	142
FIGURA. 64 GRÁFICA LA GENERACIÓN DE ENLACES .....	143
FIGURA. 65 GRÁFICA DE POBLACIÓN INICIAL.....	144
FIGURA. 66 GRÁFICA DE PROBABILIDAD DE SELECCIÓN .....	145
FIGURA. 67 GRÁFICA DE PROBABILIDAD ACUMULADA.....	145
FIGURA. 68 GRÁFICA DE POBLACIÓN INTERMEDIA.....	146
FIGURA. 70 GRÁFICA DE POBLACIÓN CRUZADA .....	147

# CAPÍTULO 1: ANTEPROYECTO

## 1.1 Introducción

En el presente trabajo de investigación el Multicast se define como la habilidad de una red implementada de aceptar los mensajes de una aplicación y entregar copias de este a múltiples receptores o terminales en varios puntos [1].

Aunque Multicast a nivel de red ya fue propuesto hace un par de décadas [2], su uso y despliegue han sido muy limitados, por aspectos técnicos y económicos, asociados a la inversión y modificación de equipos por parte de los ISP, han impedido una implementación real y concreta de Multicast IP en Internet [3].

Debido al poco despliegue de Multicast a nivel de red, la tendencia en los últimos años es implementar esta función en el nivel de aplicación, para esto, los host que intervienen en una sesión Multicast constituirán entre sí una red superpuesta, la cual se define como una red virtual superpuesta sobre una red física establecida de un ISP utilizando Unicast, las funcionalidades de Multicast IP tales como el envío de datos, membrecía y esquema de direccionamiento, entre otras, son recargadas a los host de destino.

Las principales ventajas que ofrecen las redes Multicast superpuestas es que son de fácil despliegue, ya que no implican cambios estructurales ni adquisición de nuevos equipos en la arquitectura del ISP lo cual es una ventaja para la realización de la investigación. Como ingrediente extra la flexibilidad que proporciona ya que

puede adaptarse a varios requerimientos impuestos por el software, en particular se plantea el enrutamiento Multicast en redes superpuestas como un problema multi-objetivo donde se propone construir un árbol basado en la fuente y optimizar dos funciones:

La primera función es minimizar al máximo el retardo extremo a extremo del árbol implementado, y la segunda función es minimizar la máxima utilización de los enlaces.

La optimización simultanea de estas dos funciones es un problema completo y para solucionarlo se aplicaran algoritmos evolutivos con el fin de ofrecer una solución en tiempo corto, el algoritmo que se utilizara es el NSGA-II. Se demostrara la funcionalidad de Multicast desde el nivel de aplicación y su relación con el nivel IP/MPLS ya que se plantea el enrutamiento Multicast en redes superpuestas como un problema multi-objetivo, mediante un árbol sobre las redes implementadas de un ISP.

## **1.2 Justificación**

Entre los factores clave que ofrece Multicast IP están, usar eficientemente el ancho de banda y aliviar la carga en la fuente en comparación con la transmisión Unicast, a pesar de sus notables ventajas, Multicast IP no ha sido adoptado por los grandes ISP. Como alternativa al poco despliegue de Multicast IP, se ha propuesto trasladar la función de Multicast al nivel de aplicación construyendo una red superpuesta Multicast, para lograrlo no se necesita realizar grandes cambios en las

redes de los operadores ya que la responsabilidad está en los nodos externos y no en los enrutadores del ISP. Lo ideal será que los nodos externos conformen entre si la red superpuesta y teniendo como objetivo principal la construcción y mantenimiento de la red superpuesta y que sea eficiente y robusta, por lo cual se tomara en consideración al momento de la construcción de la red Multicast superpuesta la selección correcta de objetivos de diseño, además se obtendrá el mínimo de retardo de extremo a extremo.

### **1.3 Antecedentes**

En los últimos años, varios autores han propuesto algunos trabajos pero la mayoría se ha concentrado en construir redes multicas superpuestas eficientes, diferentes propuestas utilizan diferentes métricas como retardo, latencia y conteo de saltos, etc. [4] [5] [6]. Algunos de los trabajos más destacados son: Narada [4] fue una de las primeras propuestas para redes multicas superpuestas y se diseñó para aplicaciones de difusión de video y videoconferencia, en primer lugar construyen una estructura a la cual denominan malla y sobre la que ejecutan un protocolo vector de distancia para la entrega de los datos construyendo arboles basados en la fuente. Las métricas que se optimizan son la latencia y el ancho de banda disponible, teniendo la segunda preferencia sobre la primera. Scattercast [5] es una propuesta en la que se toma como referencia [4], la red Multicast superpuesta se constituyen en dos pasos: primero una malla y después un árbol basado en la fuente. En este caso, a diferencia de lo considerado en [4], el árbol que se construye solo optimiza la latencia, siendo esta la métrica que se utiliza el protocolo de enrutamiento vector de distancia que

ejecuta sobre la malla. En algoritmos genéricos [10] se abarca el problema de enrutamiento Multicast sobre redes superpuestas basándose en programación multi-objeto y se proponen la optimización de dos objetivos: disminuir el retardo de transmisión y balancear la carga de cada nodo en la red. Para solucionar el problema se sugiere la utilización de un algoritmo genérico que codifica el cromosoma utilizando secuencia de Prufer.

En una capa de aplicación de enrutamiento Multicast basado en algoritmo genérico se [11] describe y plantea el problema de enrutamiento Multicast en redes superpuestas como un problema de optimización. En este caso el objeto es encontrar un árbol basada en la fuente teniendo en cuenta el costo del árbol y la distribución de la carga en el nivel de aplicación. Para solucionar el problema se propone un algoritmo genérico.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General:**

Realizar el estudio para optimizar los multi-objetivos para el enrutamiento Multicast en redes superpuestas mediante algoritmos evolutivos en las redes de un ISP.

### **1.4.1 Objetivos Específicos:**

1. Se establecerá la relación de la red Multicast superpuesta construida en el nivel de aplicación y su equivalente en el nivel IP/MPLS.

2. Se distribuirá un mensaje desde una estación fuente a un conjunto de estaciones destino que desean pertenecer a una sesión Multicast.
3. Construcción de un árbol basado en la fuente donde el nodo fuente se encargara de enviar los datos al conjunto de nodos destino.
4. El modelo tendrá un nivel de aplicación para la red Multicast superpuesta y el equivalente a la red física sobre la cual se construye la red Multicast superpuesta.

## **1.5 Limitaciones**

La presente investigación en el tiempo sólo alcanza o comprende cinco meses con una holgura de un mes por cualquier eventualidad inesperada, además se limita al tiempo permitido en el centro de cómputo en el ISP, las limitaciones de equipos para los experimentos y disponibilidad del personal.

## **1.6 Alcance**

El proyecto pretende llegar a generar documentación del uso de herramientas útiles en la tecnología Multicasting, además de difundir el uso de estas herramientas a los ISP del medio a futuro.

Dar a conocer la estructura de Multicast, protocolos, sus características, tipos y arquitecturas.

El proyecto se trabajará para lograr una mejor conexión de dispositivos, ya que es un planteamiento relativamente novedoso y poco desarrollado conceptualmente.

Se analizará la implementación del protocolo MPLS en las tecnologías de red en los routers del ISP

Análisis de CoS actual con respecto a la implementación de la red superpuesta para equilibrar de forma óptima la utilización de los recursos

Proporcionar una investigación que permita conocer acerca de la tecnología Multicast a los ISP.

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de la investigación**

En los últimos años, varios autores han propuesto algunos trabajos pero la mayoría se ha concentrado en construir redes multicas superpuestas eficientes, diferentes propuestas utilizan diferentes métricas como retardo, latencia y conteo de saltos, etc. [4] [5] [6]. Algunos de los trabajos más destacados son: Narada [4] fue una de las primeras propuestas para redes multicas superpuestas y se diseñó para aplicaciones de difusión de video y videoconferencia, en primer lugar construyen una estructura a la cual denominan malla y sobre la que ejecutan un protocolo vector de distancia para la entrega de los datos construyendo arboles basados en la fuente. Las métricas que se optimizan son la latencia y el ancho de banda disponible, teniendo la

segunda preferencia sobre la primera. Scattercast [5] es una propuesta en la que se toma como referencia [4], la red Multicast superpuesta se constituyen en dos pasos: primero una malla y después un árbol basado en la fuente. En este caso, a diferencia de lo considerado en [4], el árbol que se construye solo optimiza la latencia, siendo esta la métrica que se utiliza el protocolo de enrutamiento vector de distancia que ejecuta sobre la malla. En algoritmos genéricos [10] se abarca el problema de enrutamiento Multicast sobre redes superpuestas basándose en programación multi-objeto y se proponen la optimización de dos objetivos: disminuir el retardo de transmisión y balancear la carga de cada nodo en la red. Para solucionar el problema se sugiere la utilización de un algoritmo genérico que codifica el cromosoma utilizando secuencia de Prufer.

En una capa de aplicación de enrutamiento Multicast basado en algoritmo genérico se [11] describe y plantea el problema de enrutamiento Multicast en redes superpuestas como un problema de optimización. En este caso el objeto es encontrar un árbol basada en la fuente teniendo en cuenta el costo del árbol y la distribución de la carga en el nivel de aplicación.

## **2.2 Fundamentación teórica**

### **2.2.1 Multicast**

Una transmisión Multicast consiste en el envío simultáneo o concurrente de datos desde una fuente a un conjunto de destinos componentes de una red de computadoras [9]. En estos últimos años, los algoritmos de enrutamiento Multicast se

han vuelto mucho más importantes debido a la creciente utilización de nuevas aplicaciones de transmisión punto a multipunto, como lo son las transmisiones de radio y televisión, video bajo demanda, teleconferencias y enseñanza a distancia.

Acerca de la Transmisión Multicast El Multicast -o multidifusión- consiste en la transmisión simultánea de datos desde un proceso fuente a un grupo de procesos destino que residen en un subconjunto de nodos de la red de computadoras. El objetivo del Multicast es que cada proceso perteneciente a un grupo reciba los mensajes enviados al mismo, frecuentemente con garantías de que han sido entregados. Estos sistemas de comunicación son extremadamente sofisticados; incluso la multidifusión IP, que proporciona garantías de entrega mínimas, requiere grandes esfuerzos de realización.

Como preocupaciones principales están la eficiencia en el tiempo consumido y en el uso de ancho de banda, que suponen un reto incluso para grupos estáticos de procesos. Estos problemas se multiplican cuando los procesos pueden unirse o dejar los grupos de forma arbitraria [Colouris 2001].

“La característica esencial de la comunicación por Multicast es que un proceso realiza una única operación para enviar un mensaje a cada uno de los miembros de un grupo en lugar de realizar múltiples envíos sobre los procesos individuales. Esto implica mucho más que una ventaja para el programador ya que permite desarrollar una implementación eficiente la cual redundará en garantías de entrega más fuertes que las que serían posibles obtener de otra forma.

En particular, la transmisión por Multicast hará mucho más eficiente la utilización del ancho de banda. La implementación puede proceder de tal forma que sólo envíe el mensaje una vez sobre cada enlace de comunicación, basándose en un árbol de distribución -spanning tree-. Para ver estas ventajas imaginemos una transmisión de video donde un profesor explica un tema particular en una clase a distancia. Supongamos que dicha clase está siendo recibida por 20 nodos en una misma red local Ethernet ubicada en otro continente. Si no se utiliza Multicast, el emisor enviará 20 copias de cada mensaje de forma independiente provocando demoras y requerimientos de ancho de banda. En cambio, si se emplea Multicast, un conjunto de routers intermedios dirigirán el tráfico de una única copia del mensaje desde el emisor hasta un routers en la LAN de destino. Este routers final utiliza entonces hardware de Multicast (proporcionado por la Ethernet) para entregar de una sola vez el mensaje a los destinatarios en lugar de tener que enviarlos a los 20 nodos por separado.

Es precisamente por la aparición de este tipo de nuevas aplicaciones punto a multipunto en redes de datos como las transmisiones de radio y TV, video bajo demanda, teleconferencias y aprendizaje a distancia, que recientemente se ha incrementado el interés en los algoritmos de ruteo Multicast. Dichas aplicaciones generalmente requieren de algunos parámetros de calidad de servicio -QoS por Quality of Service- tales como retardo máximo de extremo a extremo y recursos mínimos de ancho de banda.

También pueden considerarse otros parámetros importantes para implementar un sistema de Multicast eficiente como por ejemplo mantener un buen balance de carga y un adecuado uso de los recursos de la red. El enfoque tradicional utilizado para el balance de la carga es la minimización de la utilización del enlace más sobrecargado, o minimización de la utilización máxima de los enlaces de la red” (postgrado.info.unlp) [21].

A partir de esta creciente tendencia, el retardo desde la fuente a cada uno de los destinos se torna una variable de vital importancia en transmisiones Multicast de audio y/o video [10]. Otro punto importante en la optimización del enrutamiento Multicast son los “costos” del árbol, entendiéndose por “costos” otras métricas a ser minimizadas como: el número de saltos (hop count), utilización del ancho de banda, etc. De esta forma, la ingeniería de tráfico Multicast queda planteada como un problema multi-objetivo.

Investigaciones realizadas sobre el principio de survival of the fittest (ley de supervivencia de los más aptos) observado en la naturaleza, dieron como resultado simulaciones computacionales que resultaron muy útiles para solucionar problemas complejos [14], dando origen a los Algoritmos Evolutivos (EAs). Los EAs han sido muy populares en tareas de búsqueda y de optimización en los últimos años, con un desarrollo constante de nuevos algoritmos. En particular, los Algoritmos Evolutivos Multi-Objetivos (MOEAs) permiten resolver problemas multi-objetivos (MOP), encontrando un conjunto completo de soluciones Pareto en una sola ejecución [11],

convirtiéndolos en un candidato natural para resolver el problema del enrutamiento Multicast.

## **2.2.2 Algoritmos**

### **2.2.2.1 Algoritmos evolutivos**

Los algoritmos evolutivos (*evolutionary algorithms* EA's) son estrategias de búsqueda en paralelo que simulan el proceso de selección natural de los organismos vivos [Sánchez, 2002]. Los EA's se basan en el mantenimiento de una población de individuos dentro del espacio de búsqueda, operando sobre ellos de forma que nuevos individuos se vayan generando a partir de los existentes. Los nuevos individuos son evaluados a partir de una función de ajuste (*fitness function*) que corresponde con la función objetivo de la optimización y si resultan mejores que los existentes, los reemplazan.

Al repetir este proceso un número de veces, cabe esperar una convergencia de la población hacia el óptimo [Abbass, 2000].

A diferencia de otros métodos de optimización, los EA's son muy poco exigentes con las funciones que emplean. Consideraciones de convexidad o concavidad, derivabilidad y continuidad no son en absoluto necesarias para las funciones en los EA's [Abbass, Sarker y Newton, 2001].

Los EA's permiten obtener, simultáneamente, un conjunto de puntos del espacio de búsqueda que definan completamente la frontera de Pareto [Herreros,

2002]. En este sentido es muy importante que los EA's dispongan de los mecanismos necesarios para garantizar la diversidad de la población, ya que no sólo es necesario obtener un conjunto de soluciones situadas lo más cerca posible de la frontera de Pareto, sino que estén uniformemente distribuidas por la misma [Sánchez, 2002].

El tratamiento de las restricciones es un aspecto clave dentro de los EA's. Coello [2000] propone un método para tratar las restricciones como otros tantos objetivos a optimizar.

Un método similar utilizan Viera *et al.* [2002]. A pesar de que este enfoque reporta buenos resultados, complica innecesariamente la toma de decisiones. Kurpatic, Azarn y Wu [2002] proponen la penalización de la función de adaptación en dependencia de la cantidad de restricciones violadas. Jiménez, Gómez-Skarmeta y Sánchez [2001] proponen un algoritmo donde los elementos de la población que no cumplen las restricciones son agrupados y tratados independientemente.

Dentro de los algoritmos evolutivos cabe señalar los siguientes:

- Programación evolutiva: Utiliza una representación adaptada al problema concreto que va a resolver. No utiliza cruce entre los individuos, pero la mutación que emplea puede ofrecer resultados similares [Sánchez, 2002].
- Estrategias de evolución: Al igual que la programación evolutiva, la representación que utiliza depende del problema considerado. Incluye el cruce entre los progenitores [Leiva, 2001].

- Algoritmos genéticos: Utilizan cadenas de caracteres para representar las variables del problema dado. Esta característica los hace muy robustos, ya que pueden tratar una gran cantidad de problemas sin necesidad de variar sus estructuras [Sánchez, 2002; Leyland, 2002].

Dada su capacidad para tratar tanto variables discretas como continuas, los algoritmos genéticos son los EA's más convenientes para la optimización de regímenes de corte. Por otro lado, los algoritmos genéticos son los EA's más estudiados [Gero y Kazarov, 2001].

Existen varios EA's para optimización multi-objetivo, entre los que cabe señalar el PDE, de Abbass y colaboradores [Abbass, Sarker y Newton, 2001] y el ENORA, de Jiménez, Gómez-Skarmeta y Sánchez [2001]. Este último es especialmente interesante por la forma en que trata las restricciones.

### **2.2.2.2 Algoritmos Evolutivos Multi-Objetivos**

En la literatura se tienen trabajos que comparan el rendimiento de algunos Algoritmos. En [20] se analiza el rendimiento de NSGA-II, SPEA-II y NSGA-II con elitismo controlado en diseño de sistemas de seguridad.

En [18] se estudia el pasado, presente y posible futuro de los Algoritmos Evolutivos Multi objetivos, brindando un esquema y comentarios, de los algoritmos de primera generación, NSGA, NPGA, MOGA, y los de segunda generación SPEA,

SPEA2, PAES, NSGA2, NPGA2, micro-GA. Así mismo, se proponen posibles disciplinas en la que se pueden aplicar los Algoritmos Genéticos

El problema específico de la optimización Multicast ya está siendo tratado en la literatura. Así, en [19] se presenta un Algoritmo de Enrutamiento Multicast Multi-objetivo MMA1 que a diferencia del presentado, posee una codificación distinta. En el presente trabajo comparare cinco algoritmos evolutivos Multi-objetivos para encontrar el mejor que se adapte a las redes del ISP y brinde la solución más óptima. Los cuales son:

NSGA (Non dominated Sort Genetic Algorithm) [13]

- NSGA2 (Non dominated Sort Genetic Algorithm 2) [14]
- cNSGA2 (Controlled Non dominated Sort Genetic Algorithm 2) [15]
- SPEA (Strength Pareto Evolutionary Algorithm) [16]
- SPEA2 (Strength Pareto Evolutionary Algorithm 2) [17]

#### **2.2.2.2.1 Descripción de los Algoritmos**

Se presentan brevemente las características principales de los cinco algoritmos evolutivos multi-objetivos a ser comparados. Para mayor información acerca de la implementación de ellos, se sugiere leer las publicaciones referenciadas.

### **2.2.2.2.1.1 NSGA**

Este algoritmo fue propuesto por Srinivas y Deb [22]. Se basa en la clasificación de individuos en varias capas o frentes. La clasificación consiste en agrupar a todos los individuos no dominados en un frente, con un valor de *fitness* (o adaptabilidad) igual para todos los individuos. Este valor es proporcional al tamaño de la población, para así proporcionar un potencial reproductivo igual para todos los individuos de este frente. Entonces el grupo de individuos clasificados es ignorado y otro frente de individuos no dominados es considerado. El proceso continúa hasta que se clasifican a todos los individuos en la población. Puesto que los individuos en el primer frente tienen el valor de *fitness* mayor, consiguen siempre más copias que el resto de la población [23].

### **2.2.2.2.1.2 SPEA**

Este algoritmo fue introducido por el Zitzler y Thiele [24]. El SPEA utiliza un archivo que contiene las soluciones no dominadas encontradas (población externa de no dominados Pnd). En cada generación, se copian los individuos no dominados de P a Pnd y se borra de este las soluciones dominadas. Para cada individuo en el sistema externo, se computa un valor de fuerza (*strength*) es proporcional al número de las soluciones a las cuales cada individuo domina.

En SPEA, el *fitness* de cada miembro de la población actual se computa según las fuerzas de todas las soluciones no dominadas externas que la dominen [23].

### **2.2.2.2.1.3 SPEA2**

SPEA2 tiene las siguientes diferencias principales con respecto a su precursor [17]: (9) incorpora una estrategia fina de asignación del *fitness* que considera, para cada individuo, el número de los individuos que lo dominan y el número de los individuos por los cuales es dominado; (10) utiliza la técnica del “vecino más cercano” para la valoración de la densidad, dirigiendo la búsqueda en forma más eficiente.

### **2.2.2.2.1.4 NSGA2**

DEB et al. [17] propusieron una versión revisada del NSGA [22], llamada NSGA2, que es computacionalmente más eficiente. Además, es elitista y no necesita especificar ningún parámetro adicional. El NSGA2 no utiliza una memoria externa como los algoritmos anteriores (SPEA y SPEA2). El mecanismo elitista consiste en elegir los mejores individuos de la unión de las poblaciones padre e hijo.

### **2.2.2.2.1.5 cNSGA2**

Deb y Goel [15] propusieron una variación del NSGA 2, llamado *Controlled Non-dominated Sorting Genetic Algorithms*. En contraposición al NSGA 2, que elige los N primeros elementos de  $P_{t+1}$ , el cNSGA 2, utiliza una proporción geométrica para elegir  $n_i$  individuos de cada frente  $i$ , siendo  $n_i = r \cdot N_{i-1}$ , donde  $r$  es la razón geométrica.

### **2.2.2.2.1.6. Análisis comparativo de los Algoritmos**

Los algoritmos NSGA2, CNSGA2, SPEA, SPEA2 poseen el mismo rendimiento cuando el grupo Multicast es pequeño. A diferencia de esto el NSGA no llega a todas las soluciones requeridas en la ejecución, se puede hacer una diferencia entre los algoritmos, notándose un mejor rendimiento de dos algoritmos principalmente, el SPEA y el SPEA2.

El Algoritmo cNSGA2, posee un parámetro R. Variando el mismo, los resultados son tan buenos como el SPEA2, pero para cada problema se debe variar el mismo para obtener un resultado esperado. El NSGA es absolutamente inferior a los demás algoritmos.

Por tales motivos procederé a escoger el algoritmo NSGA2 no solo por poseer un rendimiento alto cuando el grupo Multicast es pequeño sino además por su facilidad de entendimiento del código fuente.

### **2.2.2.3 Algoritmos de enrutamiento**

La capa de Red, dentro de una arquitectura de redes de datos, es la que se encarga de llevar los paquetes de datos desde el origen (estación transmisora) hasta el destino (estación receptora). Llegar a destino, en tiempo y forma, puede requerir que el algoritmo de ruteo, que es el encargado de escoger las rutas y las estructuras de datos, cumpla con ciertas propiedades que aseguren la eficiencia de su trabajo.

Estas propiedades son: corrección, estabilidad, robustez, equitatividad, sencillez y optimalidad.

La corrección y la sencillez casi no requieren comentarios; no así la necesidad de robustez, la cual se refiere a que el algoritmo debe estar diseñado para que funcione dentro de la red por años, sin fallas generales. El algoritmo deberá estar preparado para manejar cambios de topología y tráfico sin requerir el aborto de las actividades o el re arranque de la red.

La equitatividad y la optimalidad resultan con frecuencia contradictorias, ya que muchas veces se requiere una concesión entre la eficacia global (optimización) y la equitatividad; es decir, antes de intentar encontrar un justo medio entre estas dos, se debe decidir qué es lo que se busca optimizar.

Minimizar el retardo de los paquetes (disminuyendo escalas y ancho de banda) y maximizar el rendimiento total de la red sería la combinación más apropiada para un algoritmo de ruteo.

### **2.2.2.3.1 Algoritmos de ruteo**

La capa de Red proporciona la dirección lógica que permite que dos sistemas diferentes que se encuentran en redes lógicas diferentes determinen una posible ruta para comunicarse.

En la capa de red es donde residen los algoritmos que implementan los protocolos de enrutamiento. En la mayoría de las subredes, los paquetes requerirán

varias escalas para completar el viaje. La excepción serían las redes de difusión, pero aún aquí es importante el enrutamiento, ya que el origen y el destino pueden no estar en la misma red.

El algoritmo de enrutamiento es la parte del software de la capa de red encargada de decidir la línea de salida por la que se transmitirá un paquete de entrada. Si la subred usa datagramas entonces esta decisión debe hacerse cada vez que llega un paquete de datos de entrada, debido a que la mejor ruta podría haber cambiado desde la última vez.

Si la subred utiliza circuitos virtuales internamente, las decisiones de enrutamiento se tomarán sólo al establecerse el circuito y los paquetes seguirán la ruta previamente establecida según Stalligs W, (1997).

### **2.2.2.3.2 Modelo de Servicio IP Multicast (RFC-1112)**

La especificación del Servicio Multicast del protocolo IP aparece en el RFC1112, y detalla la operación de los servicios Multicast en este modelo.

Los grupos definidos en este modelo pueden ser de cualquier tamaño y con sus miembros ubicados en cualquier lugar de Internet. La pertenencia a los grupos es dinámica, pudiendo adherirse o abandonar un grupo en cualquier momento. Los emisores de un grupo no necesitan ser miembros del mismo, de modo que un nodo cualquiera puede enviar datagramas a cualquier grupo definido en Internet.

Cada grupo se identifica mediante una sola dirección IP de clase D (224.0.0.0 - 239.255.255.255).

Los routers escuchan las direcciones Multicast y utilizan protocolos de routing para gestionar la pertenencia a los grupos (IGMP, RFC2236) y por lo tanto tener información sobre la necesidad de replicación de datagramas para que estos alcancen a cualquier miembro del grupo.

### 2.2.2.3.3 Direcciones IP Multicast

Las direcciones clase D (entre 224.0.0.0 y 239.255.255.255) están previstas en IP para tráfico Multicast.

Se asigna una dirección IP de Clase D a un grupo de nodos que define un grupo Multicast.

Los cuatro bits más significativos de las direcciones de Clase D se fijan a "1110", y los siguientes números de 28-bit reciben la denominación de identificador del grupo Multicast, no estando, por lo tanto estructuradas las direcciones como las direcciones IP Unicast. Su formato es el indicado en la figura siguiente:



**Figura. 1 Dirección IP de Clase D**

Existen dos tipos de grupos Multicast: temporales y permanentes. Algunos grupos permanentes han sido predefinidos por la IANA (Internet Assigned Numbers Authority) en el RFC1700 para propósitos especiales. La dirección 224.0.0.0 está reservada y el rango de direcciones desde 224.0.0.1 a 224.0.0.255 está reservado para el uso de protocolos de routing y otros protocolos de descubrimiento y mantenimiento de topologías de bajo nivel; los routers Multicast no deberían encaminar datagramas con dirección de destino dentro de este rango independientemente del valor de su TTL.

El resto de los grupos que van desde 224.0.1.0 a 239.255.255.255 están asignados a diversas aplicaciones Multicast o permanecen sin ser asignadas. De este rango, las direcciones que van de 239.0.0.0 a 239.255.255.255 están reservadas para ser utilizadas para aplicaciones locales no extensibles a Internet. Existen algunas otras direcciones de Clase D ya reservadas para grupos bien conocidos, por ejemplo:

224.0.0.1 Todos los nodos en una LAN (all-systems.mcast.net)

224.0.0.2 Todos los routers en una LAN (all-routers.mcast.net)

224.0.0.5 Todos los routers OSPF en una LAN

224.0.0.6 Todos los routers OSPF designados en una LAN

224.0.1.11 IETF-1 Audio

224.0.1.12 IETF-1 Vídeo

Las direcciones Multicast temporales son asignadas y abandonadas dinámicamente.

Los servicios IP Multicast en la emisión y recepción de datagramas presentan algunas características específicas respecto del servicio Unicast. El servicio de emisión utiliza la operación normal de emisión de datagramas IP, con una dirección IP Multicast como destino, pero debe proporcionar a la aplicación emisora un modo de:

- Especificar la interfaz de red de salida, cuando hay más de uno
- Especificar el tiempo de vida (TTL) del paquete emitido
- Habilitar/deshabilitar el “loopback” si el nodo emisor es miembro del grupo de destino en la interfaz de salida

A la operación normal de recepción de datagramas IP debe incorporar dos operaciones nuevas:

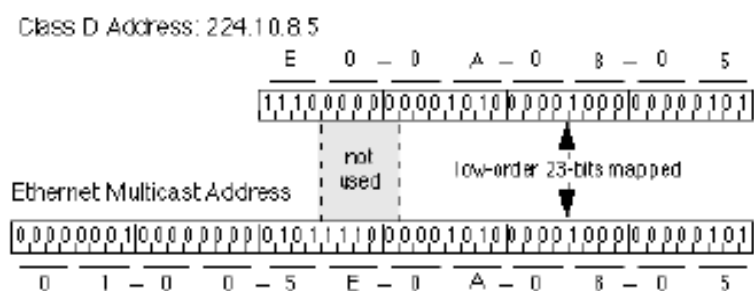
- Unir a grupo Multicast (Dirección de grupo, interfaz)
- Abandonar grupo Multicast (Dirección de grupo, interfaz)
- Recibir datagramas Multicast para los grupos a los que pertenece mediante la recepción normal de datagramas IP

### 2.2.2.3.4 Traducción de direcciones IP de Clase D a direcciones MAC

La transmisión de un paquete Multicast supone la traducción de la dirección IP de destino a una dirección MAC Multicast.

Un datagrama Multicast se envía al grupo de miembros con la misma fiabilidad del mejor intento que los datagramas Unicast, siendo posible la pérdida y desordenación de los datagramas. Como en los datagramas Unicast, debería existir una dirección MAC a la cual hacer corresponder la dirección IP.

La IANA ha reservado un grupo de direcciones MAC IEEE-802 para los paquetes Multicast que van desde 01:00:5E:00:00:00 a 01:00:5E:7F:FF:FF (hex). Una dirección IP Multicast puede corresponderse a una dirección IEEE-802 ubicando en los 23 bits menos significativos de la dirección IP Multicast en los 23 bits menos significativos de la dirección MAC Multicast. La correspondencia entre direcciones IP Multicast y direcciones MAC IEEE-802 se ilustra en la figura adjunta que muestra cómo la dirección de grupo 224.10.8.5 (E0-0A-08-05) se traduce en una dirección Ethernet Multicast.



## **Figura. 2 Conversión entre Dirección IP y dirección MAC Ethernet**

Como puede intuirse, habrá 32 direcciones IP diferentes que se corresponderán con la misma dirección Ethernet, porque los cinco bits del identificador de grupo Multicast son ignorados.

### **2.2.2.3.5 IGMP**

Los nodos que desean recibir datagramas Multicast deben informar a los routers vecinos que están interesados en recibir datagramas dirigidos a ciertos grupos Multicast. De este modo, cada nodo se convierte en miembro de uno o más grupos Multicast y recibe los datagramas dirigidos a dicho grupo.

El protocolo mediante el que los nodos comunican esta información a los routers se denomina Internet Group Management Protocol (IGMP). IGMP también es utilizado por los router para comprobar periódicamente si los miembros de los grupos conocidos están todavía activos. En caso de que exista más de un router Multicast en una subred (LAN), uno de ellos es elegido para efectuar las consultas y asumir la responsabilidad de cuidar del estado de pertenencia de los grupos Multicast con miembros activos en su subred. Basándose en la información obtenida de IGMP el router puede decidir si reenviar los mensajes Multicast que recibe a sus subredes o no. Después de recibir un datagrama Multicast enviado a un determinado grupo Multicast, el router comprobará si existe al menos un miembro del grupo particular en su subred. Si ese es el caso, el router reenviará el mensaje a la subred; en caso

contrario descartará el datagrama. Obviamente, esto será la última fase del envío de un datagrama Multicast.

El actual estándar en Internet es IGMPv1 (RFC-1112), si bien ya se ha publicado la versión 2 (RFC-2236) que ya se está difundiendo con rapidez y está en proceso de estudio la versión 3 del protocolo.

Opera sobre LANs de difusión y enlaces punto a punto (su operación sobre redes no de difusión, multiacceso [NBMA] está todavía en estudio, p.e., MARS para ATM).

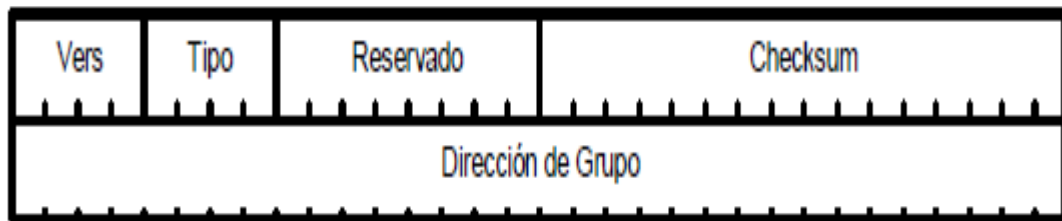
La operación del protocolo es la siguiente:

En cada LAN se elige un router (router designado) que será el encargado de enviar las peticiones a la red para que los nodos informen a qué grupos están adheridos. Este router, envía periódicamente un mensaje de Pregunta de Pertenencia al grupo de “todos los nodos” (224.0.0.1), con TTL = 1, por lo que dichas notificaciones nunca saldrán de la subred en que fueron generadas. El resto de los miembros de G escucharán la Notificación y detendrán sus temporizadores para dicho grupo, evitando enviar notificaciones de pertenencia al mismo, puesto que al router sólo le interesa conocer qué grupos tienen miembros, pero no cuántos ni quiénes son estos. A partir de estas notificaciones el Router construirá una lista con los grupos conectados a cada uno de sus interfaces.

Cuando un nodo se adhiere a nuevo grupo, envía una o dos notificaciones inmediatas, en lugar de esperar una pregunta con el fin de que la pertenencia al grupo sea conocida lo antes posible.

Cuando un router no recibe ninguna respuesta para un determinado grupo después de varias preguntas, asume que no hay ningún miembro del grupo en la red.

El formato de los mensajes IGMP V1 es el siguiente:



**Figura. 3 Formato del mensaje IGMP v1.**

El campo Versión especifica la versión de IGMP.

El campo Tipo diferencia entre los distintos tipos de mensaje:

1 = Pregunta de Pertenencia

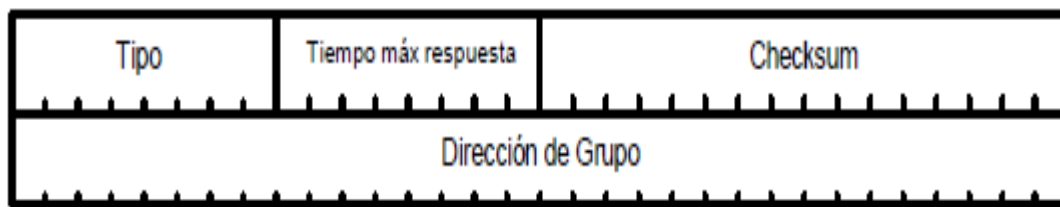
2 = Notificación de pertenencia

El campo Checksum permite comprobar que el mensaje no contiene errores.

El campo Dirección(es) de Grupo contiene la lista de direcciones IP de Clase D a las que pertenece el nodo que envía la notificación (en las preguntas está vacío).

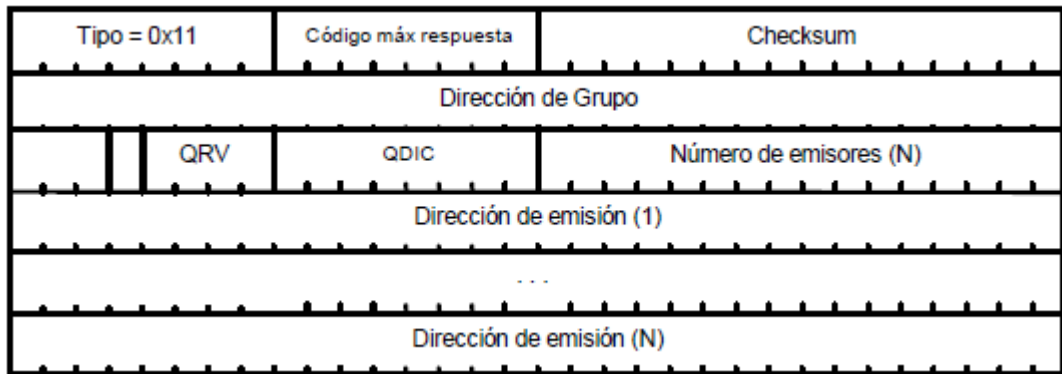
La principal diferencia de IGMP Versión 2, que es una mejora del original, es la inclusión de un nuevo mensaje para indicar el abandono de un grupo, lo que reduce la latencia de abandono (“leave latency”). Además se especifica un método de elección estándar para el router que genera las preguntas, el de menor dirección IP, algo que había quedado inconcluso en la versión anterior.

Finalmente se unen en un solo campo Versión y Tipo, pero manteniendo la compatibilidad con la versión 1.



**Figura. 4 Formato del mensaje IGMP v2**

IGMP Versión 3, la última versión, posibilita que los nodos se unan a un grupo y especificar un conjunto de emisores de dicho grupo desde los cuales quiere recibir datagramas Multicast añadiendo capacidad de filtrado de emisor. Igualmente los mensajes de abandono de grupo de la Versión 2 se han mejorado para soportar el abandono de grupos-emisores



**Figura. 5 Formato del mensaje IGMP v3.**

### 2.2.2.3.6 Routing IP Multicast

IGMP proporciona el último paso en el servicio de envío de datagramas Multicast, dado que sólo está relacionado con el envío de tráfico Multicast desde el router local a los miembros de un grupo directamente conectados a sus subredes.

IGMP no contempla el envío de datagramas Multicast entre routers vecinos o a través de Internet. Para conseguir un servicio global es preciso definir protocolos de routing Multicast, responsables de la construcción de árboles de distribución a través de los cuales se distribuyan los datagramas Multicast.

El problema del routing Multicast es hacer llegar los datagramas a todos los miembros de un grupo, para ello es preciso que los routers tengan una visión de la ubicación de grupos en la red limitada no a las redes a las cuales están directamente conectados, sino en toda la red.

A la pregunta ¿cómo hacer llegar los paquetes a los miembros de un grupo? pueden proporcionarse varias respuestas:

- Puede utilizarse la difusión de los datagramas, lo que supone un consumo de ancho de banda que no resulta aceptable puesto que los datagramas circulan por redes y segmentos en los cuales no hay ningún nodo perteneciente al grupo.
- Puede utilizarse un árbol de expansión (“Spanning tree”), lo que supone aplicar en algunos casos un retraso muy superior al de un camino Unicast. Además puede producirse un problema de concentración de tráfico porque el tráfico no se distribuye adecuadamente por los recursos de la red.
- La mejor solución es resolver la pertenencia dinámica a los grupos, con el consiguiente mantenimiento del árbol de distribución de los datagramas.

#### **2.2.2.4 Algoritmos de routing Multicast**

Se han propuesto numerosos algoritmos para construir árboles Multicast a través de los cuales enviar los datagramas hasta sus destinos y que pueden utilizarse en los protocolos de routing Multicast.

Revisaremos en esta sección desde los más sencillos, Inundación y Árboles de Expansión hasta los más sofisticados tales como Reverse Path Forwarding (RPF), Truncated Reverse Path Forwarding (TRPF), Steiner Trees (ST), y Core-Based Trees (CBT).

#### **2.2.2.4.1 Inundación**

El algoritmo de inundación, que se utiliza en protocolos tales como OSPF es la técnica más sencilla para enviar los datagramas Multicast a los routers de una red.

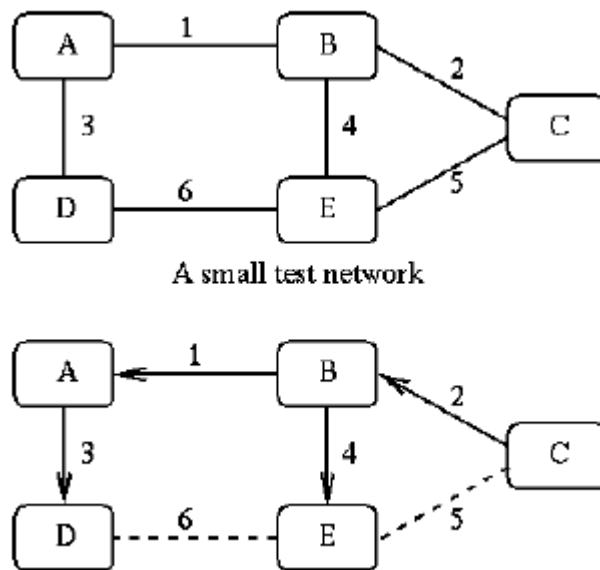
En este algoritmo, cuando un router recibe un datagrama Multicast, comprueba si ha recibido este mismo datagrama con anterioridad o es la primera vez que lo recibe. Si es la primera vez, el router reenviará el datagrama por todos sus interfaces a excepción de aquel por el que lo recibió; en caso contrario, el router descartará el datagrama, asegurando así que todos los routers de la red recibirán al menos una copia del datagrama.

Aunque este algoritmo resulte muy simple, tiene algunas desventajas importantes. Genera un gran número de datagramas duplicados, desaprovechando por consiguiente una parte importante de ancho de banda. Además, dado que cada router necesita seguir la pista de los datagramas para saber si lo han recibido con anterioridad, deben mantener una entrada diferente en su tabla para cada datagrama recientemente recibido, por lo que este algoritmo conduce a una utilización muy pobre de los recursos de memoria.

#### **2.2.2.4.2 Árboles de expansión**

Un algoritmo mejor es el del árbol de expansión (“Spanning Tree”). Este algoritmo, que se utiliza también en los puentes IEEE-802 es potente y fácil de implementar. En él, se selecciona un subconjunto de enlaces para definir una

estructura de árbol (un grafo libre de bucles) tal que sólo haya un camino activo entre dos routers cualesquiera. Dado que este árbol se expande a todos los nodos de la red se denomina árbol de expansión. Cuando un router recibe un datagrama Multicast lo reenvía por todos los enlaces que pertenecen al árbol de expansión, excepto por el que recibió el datagrama, garantizando que el datagrama alcanza a todos los routers de la red. Obviamente, la única información que el router necesita almacenar es una variable booleana por interfaz de red indicando si pertenece al árbol de expansión o no.



**Figura. 6** Árbol de Expansión

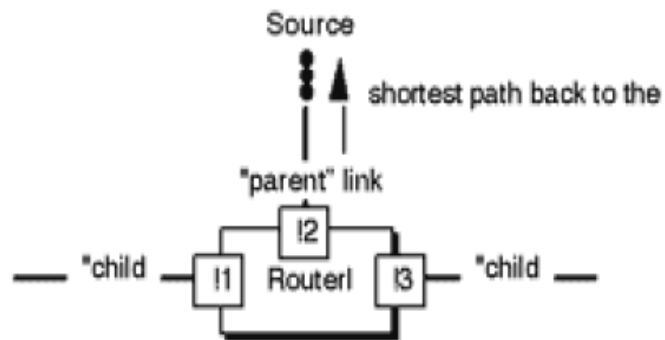
En la figura se muestra un ejemplo con cinco nodos y seis enlaces para mostrar la definición de un árbol de expansión.

Los árboles de expansión son muy potentes y fáciles de implementar, sin embargo, tienen dos deficiencias: centralizan todo el tráfico en un reducido número de enlaces y no considera la pertenencia a grupos.

#### **2.2.2.4.3 Reverse Path Broadcasting (RPB)**

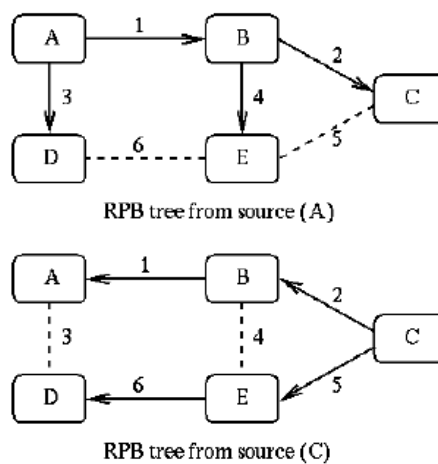
El algoritmo RPB que se utiliza actualmente en MBone (Multicast Backbone), es una modificación del algoritmo de árbol de expansión. En este algoritmo, en lugar de construir un árbol de expansión para la red completa, se construye un árbol implícito para cada emisor. Estos árboles de expansión constituirían unos árboles de distribución con la raíz en el emisor emanando desde la red directamente conectada al emisor. Dado que hay muchos emisores (fuentes) potenciales para un grupo, se construye un árbol de expansión para cada par activo (emisor, grupo).

El algoritmo RPB es realmente muy simple. Para cada pareja (emisor, grupo), cuando llega un paquete a través de un enlace, que el router local considera que está en el camino más corto hacia el emisor del mismo, el router los reencamina por todos las interfaces excepto por el de llegada. En caso contrario, el datagrama es descartado. La interfaz por el que el router espera recibir los datagramas Multicast de un emisor determinado se conoce como enlace “padre”. Los enlaces de salida a través de los cuales el router encamina el datagrama Multicast se conocen como enlaces “hijos”.



**Figura. 7 Algoritmo RPB**

En la figura 8 se muestran a modo de ejemplo los árboles de distribución Multicast desde dos emisores A y C respectivamente.



**Figura. 8 Árbol RPB.**

El algoritmo RPB puede ser mejorado fácilmente para evitar duplicaciones de datagramas teniendo en cuenta el hecho de que si el router local no está en el camino

más corto entre el emisor y un vecino, el datagrama será descartado en el router vecino. Por lo tanto, si este es el caso, no sería necesario reenviar el datagrama hacia dicho router vecino. Esta información puede obtenerse con facilidad si se está utilizando un protocolo de routing de estado de enlace. Si se emplea un protocolo vector-distancia, un vecino puede bien advertir su próximo salto para el emisor como parte de los mensajes de actualización de rutas o hacer "poison-reverse" de la ruta.

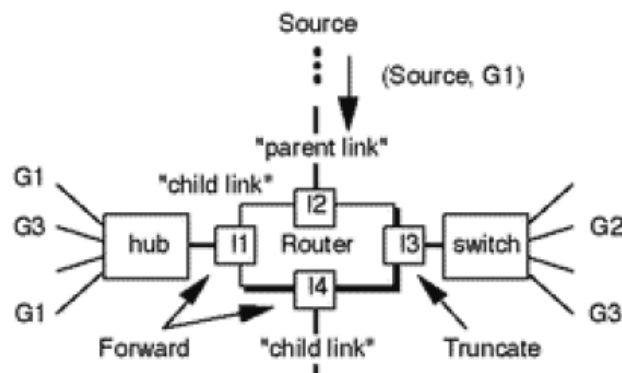
Este algoritmo es fácil de implementar. Además, dado que los datagramas se envían a través del camino más corto desde el emisor a los nodos de destino, resulta muy rápido. El algoritmo RPB no necesita ningún mecanismo para detener el proceso de envío. Los routers no necesitan tener conocimiento del árbol de expansión completo y puesto que los datagramas son enviados a través de árboles de expansión diferentes (y no un único árbol) el tráfico se distribuye entre varios árboles, aprovechando mejor la red. Sin embargo, el algoritmo RPB adolece de una deficiencia grave: no tiene en cuenta la información acerca de la pertenencia a grupos Multicast para construir los árboles de expansión.

#### **2.2.2.4.4 Truncated Reverse Path Broadcasting (TRPB)**

El algoritmo TRPB ha sido propuesto para solucionar algunas de las limitaciones de RPB. Como mencionamos anteriormente, utilizando IGMP un router puede determinar si hay presentes miembros de un grupo Multicast en una subred o no, evitando en este último caso el envío de datagramas Multicast hacia ella. Si esta subred es una "subred hoja", es decir, no tiene ningún otro router conectado a ella, el

router truncará el árbol de expansión. TRPB es similar a RPB, no se reenviará un datagrama a un router vecino si el router local no está en el camino más corto desde el router vecino al nodo emisor.

En la figura se muestra la operación del algoritmo TRPB. En este ejemplo el router recibe un datagrama Multicast por ser enlace “padre” para el par (emisor, G1). El router reencamina el datagrama por I1, dado que la interfaz tiene al menos un miembro de G1. Sin embargo no reencamina el datagrama por la interfaz I3 dado que no tiene miembros en el grupo de destino. El datagrama se reencaminará por la interfaz I4, sólo si un router en este enlace considera la interfaz como su enlace “padre” hacia (emisor, G1).



**Figura. 9 Algoritmo TRPB**

Aunque utiliza la pertenencia a un grupo, el algoritmo TRPB y las subredes hojas son truncadas del árbol, no se elimina todo el tráfico innecesario en las subredes “no hojas” que no tienen miembros de un grupo.

#### 2.2.2.4.5 Reverse Path Multicasting (RPM)

El algoritmo RPM (también conocido como RPB con podas) es una mejora de RPB y TRPB. RPM construye un árbol de envío que expande sólo:

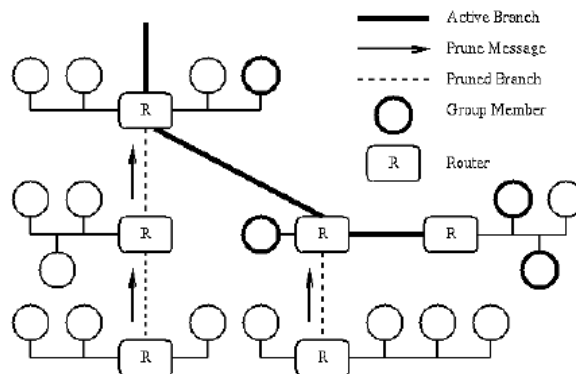
- 1) subredes con miembros de un grupo
- 2) routers y subredes en el camino más corto a las subredes con miembros de un grupo.

El árbol RPM puede ser podado de modo que los datagramas Multicast se envíen por enlaces que conducen a los miembros del grupo destino.

Para un par dado (emisor, grupo) el primer datagrama Multicast se envía basándose en el algoritmo TRPB. Los routers que no tienen ningún router más abajo en el árbol TRPB se denominan routers hojas. Si un router hoja recibe un datagrama Multicast para un (emisor, grupo) dado y no tiene ningún miembro del grupo en sus subredes, enviará un mensaje de “poda” al router del que recibió el paquete Multicast. El mensaje de poda indica que los paquetes Multicast correspondientes a dicha pareja (emisor, grupo) no deben ser reenviados por el enlace porque el que se recibe un mensaje de poda.

Es importante resaltar que los mensajes de poda sólo se envían un salto hacia atrás en dirección al emisor. Es preciso que el router por encima registre la información de poda en su memoria. Por otro lado, si el router por encima no tiene ningún miembro local y recibe mensajes de poda de todos sus “hijos” en el árbol

TRPB, enviará a su vez un mensaje de poda a su “padre” en el árbol TRPB indicando que los datagramas Multicast correspondientes al par (emisor, grupo) no es preciso que sean reenviados hacia él. Los mensajes de poda en cascada truncarán el árbol original TRPB de modo que los datagramas Multicast serán enviados sólo por aquellos enlaces que conduzcan a un nodo de destino (miembro de un grupo). En la figura se muestra el árbol obtenido después del intercambio de mensajes de poda en una red.

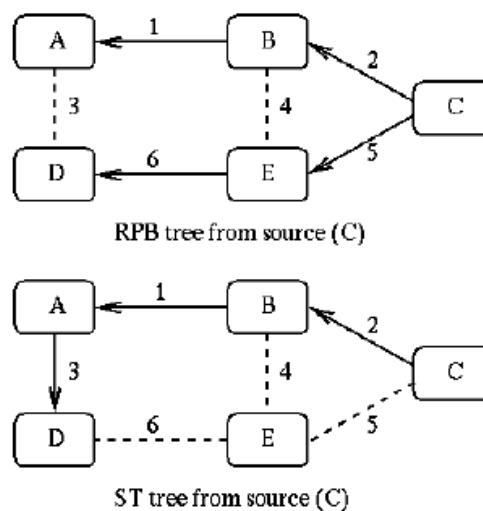


**Figura. 10** Árbol RPM

La pertenencia a grupos y la topología de la red cambia dinámicamente, porque lo que el estado de poda de los árboles debe refrescarse a intervalos regulares. Por lo tanto, la información de poda se elimina periódicamente de los routers y el siguiente paquete se reenviará a todos los routers hoja reiniciándose el proceso. RPM precisa una capacidad de almacenamiento relativamente grande para mantener la información de estado de todos los pares (emisor, grupo), lo que constituye un inconveniente que hace al algoritmo no escalable.

### 2.2.2.4.6 Árboles de Steiner (ST)

En la familia de los algoritmos RPB (RPB, TRPB, y RPM) se utiliza para enviar del datagrama el camino más corto entre el nodo emisor y cada nodo de destino, garantizando que el envío se hace lo más rápidamente posible. Sin embargo, ninguno de estos algoritmos trata de minimizar el uso de los recursos de la red. En la figura se representan un árbol RPB y otro diferente suponiendo que C es el emisor y A y D son los destinatarios.



**Figura. 11** Árbol de Steiner

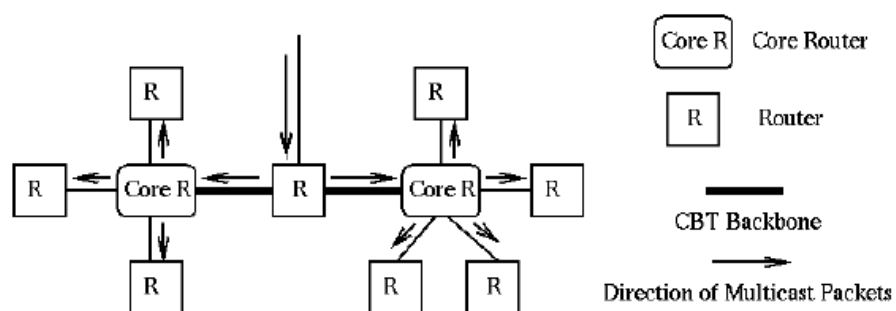
Puede apreciarse que el segundo árbol utiliza menos enlaces. Aunque este árbol es más lento que el RPB (porque los datagramas deben dar tres saltos para llegar a D en lugar de sólo 2 que requiere el árbol RPB), utiliza menos enlaces. Este tipo de árbol es denominado árbol de Steiner. Aunque el árbol de Steiner minimiza el número de enlaces utilizados para construir un árbol de distribución, las dificultades

a la hora de calcularlo han hecho que tenga una importancia muy pequeña. Dada la forma en que el ST cambia con la adhesión o abandono de un nodo de un grupo Multicast, estos árboles son muy inestables.

#### 2.2.2.4.7 Core-Based Trees (CBT)

El último algoritmo propuesto para la construcción de árboles de distribución Multicast es el Core- Based Tree (CBT). A diferencia de los anteriores, CBT crea un árbol de distribución para cada grupo.

En otras palabras, el árbol utilizado para enviar los datagramas Multicast de un grupo particular es un árbol independiente de la localización del nodo emisor. Un solo router, o un conjunto de routers son elegidos para constituir el router núcleo ("core") el árbol de distribución. Todos los datagramas para un grupo particular son enviados como mensajes Unicast al router "core" hasta que alcanzan un router que pertenece al correspondiente árbol de distribución; entonces el datagrama se envía por todas las interfaces que son parte del árbol de distribución excepto por el que llegó, como se muestra en la figura.



### **Figura. 12 Core-Based Tree**

Dado que CBT construye un árbol de expansión para cada grupo Multicast, los routers Multicast necesitan guardar menos información en comparación con los requisitos de los algoritmos anteriores.

CBT también conserva el ancho de banda de la red porque no necesita inundar ningún datagrama Multicast. Sin embargo, utilizar un árbol por cada grupo puede llevar a una concentración de tráfico y a cuellos de botella en los alrededores de los router “core”, además de producir rutas no-óptimas y por lo tanto retraso en el envío de los datagramas.

Los algoritmos discutidos hasta ahora pueden ser utilizados para desarrollar protocolos de routing Multicast. Cada uno de ellos tiene ventajas e inconvenientes que los hacen más o menos eficientes en determinadas situaciones.

#### **2.2.2.5 Protocolos de routing Multicast**

Similares a los protocolos de routing Unicast (como RIP y OSPF), hay un conjunto de protocolos de routing Multicast que permiten determinar a los routers dónde enviar los datagramas Multicast. En este apartado discutiremos los protocolos Multicast existentes y veremos cómo dichos protocolos utilizan algunos de los algoritmos presentados anteriormente para intercambiar información de routing Multicast. En primer lugar revisaremos tres protocolos de routing: Distance Vector

Multicast Routing Protocol (DVMRP), Multicast Extensions to OSPF (MOSPF) y Protocol Independent Multicast - Dense

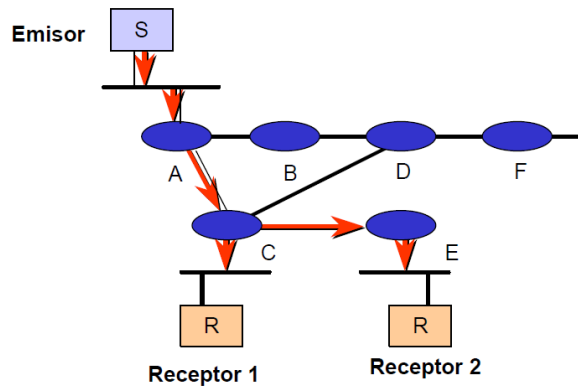
Mode (PIM-DM) que son más eficientes en situaciones donde los miembros de los grupos Multicast están densamente distribuidos en la red. A continuación presentaremos Protocol Independent Multicast - Sparse Mode (PIM-SM), que se comporta mejor cuando los miembros de los grupos están distribuidos de modo disperso.

#### **2.2.2.5.1 Clasificación de los protocolos de Routing Multicast**

Los protocolos de routing Multicast pueden clasificarse atendiendo a diversos criterios. En primer lugar según la clasificación de los árboles de distribución Multicast en los que se fundamentan:

- Árboles separados con raíz en cada emisor de datos (DVMRP, MOSPF, PIM-DM, PIM-SM)
- Árboles con raíz compartida en un punto común (CBT, PIM-SM)

El árbol de distribución con raíz en el emisor se construye un árbol para cada emisor cuya raíz se encuentra en el nodo emisor de los datagramas Multicast y en cuyas ramas se encuentran los nodos pertenecientes al grupo.



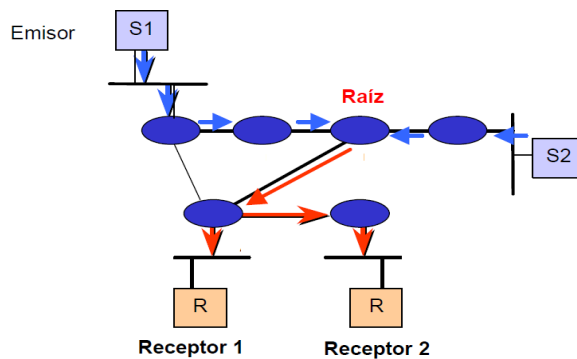
**Figura. 13** Árbol con raíz en el emisor

Sus características más sobresalientes son las siguientes:

- Es necesario que los routers dispongan de más memoria, del orden del producto del número de grupos por emisores.
- El camino desde el emisor es óptimo, lo que supone que se minimiza el retraso

De acuerdo con estas características resulta adecuada para situaciones en las cuales hay pocos emisores y muchos receptores, tales como aplicaciones de difusión de Radio.

El árbol de distribución con raíz compartida se construye un árbol para todos los nodos emisores de datagramas Multicast en el que se comparten las ramas en las cuales se encuentran los nodos receptores. Esto supone que todas las ramas del árbol serán compartidas a partir de un punto raíz del árbol que no está situado en ninguno de los nodos emisores.



**Figura. 14** Árbol con raíz compartida

Sus características son las siguientes:

- La memoria necesaria en los routers es menor, del orden del número de grupos.
- Los caminos desde el emisor al receptor no son óptimos en todos los casos, por lo que pueden introducirse retrasos adicionales, generalmente aquellos que se producen desde el emisor a la raíz del árbol.
- Pueden producirse transferencias duplicadas por la duplicación de un camino desde el emisor a la raíz y de la raíz a los receptores.

De acuerdo con estas características resulta apropiado para situaciones en las que hay muchos emisores con poco ancho de banda y entornos en los que la mayor parte del árbol compartido es idéntico al árbol de distribución con raíz en el emisor.

El segundo criterio de clasificación tiene relación con la Política de Distribución de Datos, atendiendo al modo en que emisores y receptores se “encuentran”:

- Difundir los paquetes iniciales desde cada emisor y podar los segmentos sin ningún miembro:

DVMRP, PIM-DM. También conocidos como de Tipo NACK. En este caso hay mucho tráfico inútil cuando hay pocos receptores en un área muy amplia, el motivo es que los primeros mensajes se distribuyen por toda el área hasta saber en qué segmentos hay nodos pertenecientes al grupo y en cuáles no y por lo tanto deben ser podados del árbol.

- Difundir las notificaciones de pertenencia desde cada receptor de toda la red:  
MOSPF
- Especificar un “punto de encuentro” al que los emisores envían sus paquetes iniciales, y los receptores se adhieren; precisa de una correspondencia entre direcciones de grupo Multicast y el “punto de encuentro”. Ejemplos: CBT, PIM-SM. También se conocen como de Tipo ACK, y en ellos sólo se produce el envío de datagramas a los segmentos en los que los nodos explícitamente se han adherido al grupo. El rendimiento de este tipo es evidentemente superior al anterior, pero introduce una importante latencia por la propagación de las uniones y un coste elevado cuando hay muchos receptores como consecuencia de los mensajes de unión.

Una tercera forma de clasificación de los Protocolos de Routing Multicast IP sería la siguiente:

- Protocolos de modo denso. Suponen una pertenencia densa a grupos, es decir, que el número de nodos unidos a un grupo es elevado. Se basan en árboles de distribución con raíz en el emisor y son de tipo NACK. Los ejemplos más característicos son: DVMRP (Distance-Vector Multicast Routing Protocol), MOSPF (Extensiones Multicast a “Open Shortest-Path First Protocol”) y PIMDM (Protocol-Independent Multicast, Dense Mode).
- Protocolos de modo disperso. Suponen pertenencia dispersa a grupos. Se basan en árboles compartidos y son de tipo ACK. Los ejemplos más representativos en este caso son: PIM-SM (Protocol-Independent Multicast, Sparse Mode) y CBT (Core-Based Trees).

#### **2.2.2.5.2 DVMRP: Distance Vector Multicast Routing Protocol**

El protocolo Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP) fue definido originalmente en el RFC 1075, basándose en el protocolo RIP, con la diferencia de que RIP envía los datagramas Unicast basándose en la información del siguiente salto hacia el destino, mientras que DVMRP construye árboles de distribución basándose en la información del salto previo hacia el emisor. La versión inicial de este algoritmo de routing vector-distancia construye los árboles basándose en el algoritmo TRPB.

Las versiones posteriores de DVMRP, hasta la última 3.8, fueron mejoradas para utilizar RPM y son habitualmente utilizadas en los routers MBONE. La estandarización de la última versión de DVMRP está siendo llevada a cabo por el

grupo de trabajo Inter-Domain Multicast Routing (IDMR) de la Internet Engineering Task Force (IETF).

### Interfaces físicos y túneles

Los puertos de un router DVMRP pueden ser bien una interfaz física a una subred directamente conectada o una interfaz túnel otra isla Multicast. Todos los interfaces se configuran con una métrica que especifica el coste para el puerto dado y un umbral TTL que limita el ámbito de la transmisión Multicast. Además, cada interfaz túnel debe ser explícitamente configurada con dos parámetros adicionales, las direcciones IP de la interfaz del router local y de la interfaz del router remoto.

<b>Initial TTL</b>	<b>Scope</b>
0	Restricted to the same host
1	Restricted to the same subnetwork
32	Restricted to the same site
64	Restricted to the same region
128	Restricted to the same continent
255	Unrestricted in scope

**Figura. 15 Valores de control de ámbito TTL**

Un router Multicast encaminará datagramas Multicast a través de una interfaz sólo si el campo TTL de la cabecera IP es mayor que el umbral TTL asignado a la interfaz. La tabla 15 muestra los valores convencionales de TTL que se utilizan para restringir el ámbito de un Multicast IP.

Por ejemplo, un datagrama Multicast con un valor de TTL menor de 32 está restringido a la red de emisión y no sería encaminado a través de una interfaz a otros lugares de la misma región.

### Operación básica

DVMRP implementa el algoritmo RPM, y por lo tanto, el primer datagrama de cualquier (emisor, grupo) es enviado a través de toda la red, siempre que el valor de TTL en el datagrama y el umbral de la interfaz del router lo permita. El datagrama inicial es enviado a todos los routers hojas, que transmiten mensajes de poda de vuelta hacia el emisor si no hay miembros del grupo en las subredes hojas directamente conectados a ellos. Los mensajes de poda hacen que se eliminen del árbol las ramas que no conducen a miembros del grupo, creando así un árbol de camino más corto específico para el emisor que contiene miembros del grupo en todas sus hojas. Después de un periodo de tiempo, las ramas podadas crecen de nuevo y el siguiente datagrama para el par (emisor, grupo) es enviado a través de toda la red, produciendo un nuevo conjunto de mensajes de poda.

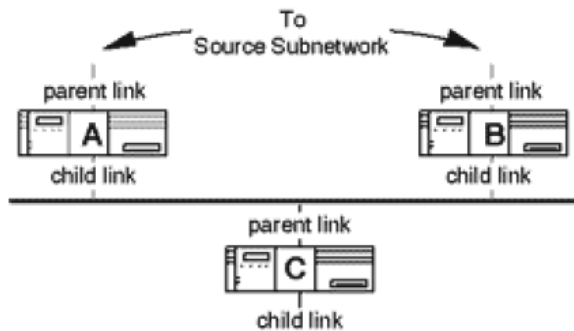
DVMRP implementa un mecanismo para incorporar ("graft") rápidamente una rama previamente podada de un árbol de distribución. Si un router que ha enviado previamente un mensaje de poda para un (emisor, grupo) descubre nuevos miembros del grupo en una red hoja, envía un mensaje de "graft" a los routers del salto anterior del grupo. Cuando un router en el camino ascendente recibe un mensaje "graft", cancela el mensaje de poda recibido con anterioridad. Los mensajes

“Graft” pueden producirse en cascada hacia el emisor, permitiendo restaurar como parte del árbol de distribución ramas previamente podadas.

Funciones de un router DVMRP Cuando hay más de un router DVMRP en una subred, el Router Dominante es responsable de la transmisión periódica de mensajes IGMP “Host Membership Query”. En la inicialización, un router DVMRP se considera Router Dominante para la subred hasta que recibe un mensaje “Host Membership Query” de un router vecino con una dirección IP menor.

Para evitar datagramas duplicados cuando hay más de un router DVMRP en una subred, se elige Router Dominante para la misma. En la figura 9, el Router C está más alejado ("downstream") del emisor y puede recibir potencialmente datagramas de la subred de emisión desde el Router A o el Router B. Si la métrica del Router A hacia la subred de origen de emisión es menor que la métrica del Router B, el Router A es dominante respecto del Router B para este emisor. Esto significa que el Router A encaminará tráfico desde la subred de emisión y el Router B descartará el tráfico procedente de dicha subred.

Sin embargo, si la métrica del Router A es igual a la de B, el router con la dirección IP más pequeña en su interfaz descendente (enlace hijo) será el Router Dominante.



**Figura. 16 Router Dominante DVMRP**

#### Tabla de routing DVMRP

Dado que DVMRP se desarrolló para encaminar datagramas Multicast y no tráfico Unicast, un router puede tener que mantener varios procesos de routing, uno para el envío de tráfico Unicast y otro para el envío de tráfico Multicast. El proceso DVMRP intercambia periódicamente mensajes de actualización de la tabla de encaminamiento con los vecinos con capacidad Multicast. Estas actualizaciones son independientes de las generadas por cualquier protocolo IGP que soporte el routing Unicast.

DVMRP se basa en la recepción de actualizaciones "poison reverse" para la detección de router hojas. Esta técnica precisa que un vecino que está por debajo notifique "infinito" para una subred de emisión al router en el salto previo del camino más corto hacia dicha subred de emisión. Si un router anterior ("upstream") no recibe una actualización "poison reverse" para la subred de emisión en la interfaz

descendente, supondrá que la subred descendente es una hoja y elimina el puerto descendente de su lista de puertos de reenvío.

A diferencia de las tablas de encaminamiento Unicast, ésta contiene Subredes de Emisión y Saltos Previos en lugar de Subredes de Destino y Siguietes Saltos. La tabla representa el árbol de expansión de camino más corto con raíz en el emisor para cada subred participante en el árbol RPB. La tabla DVMRP no considera la pertenencia de grupos o los mensajes de poda recibidos.

<u>Source Subnet</u>	<u>Subnet Mask</u>	<u>From Gateway</u>	<u>Metric</u>	<u>Status</u>	<u>TTL</u>	<u>InPort</u>	<u>OutPorts</u>
128.1.0.0	255.255.0.0	128.7.5.2	3	Up	200	1	2,3
128.2.0.0	255.255.0.0	128.7.5.2	5	Up	150	2	1
128.3.0.0	255.255.0.0	128.6.3.1	2	Up	150	2	1,3
128.4.0.0	255.255.0.0	128.6.3.1	4	Up	200	1	2

**Figura. 17 Tabla de routing DVMRP**

Los elementos claves de la tabla de routing DVMRP son los siguientes:

- Source Subnet - Una subred que contiene un nodo que emite datagramas Multicast
- Subnet Mask - Máscara de subred asignada a la subred de emisión.
- From-Gateway – El router anterior en el camino hacia la subred de emisión
- TTL – El valor time-to-live se utiliza para la gestión de la tabla e indica el número de segundos antes de que una entrada sea eliminada de la tabla.

Tabla de encaminamiento DVMRP

Como la tabla de routing DVMRP no contiene información sobre la pertenencia a grupos, el proceso DVMRP construye una tabla de encaminamiento, basada en una combinación de información procedente de la tabla de routing Multicast, los grupos conocidos y los mensajes de poda recibidos.

La tabla de encaminamiento representa el conocimiento de router local del árbol de distribución de camino más corto con raíz en el emisor para cada (emisor, grupo), es decir el árbol RPM.

<u>Source Subnet</u>	<u>Multicast Group</u>	<u>TTL</u>	<u>InPort</u>	<u>OutPorts</u>
128.1.0.0	224.1.1.1	200	1 Pr	2p 3p
	224.2.2.2	100	1	2p 3
	224.3.3.3	250	1	2
128.2.0.0	224.1.1.1	150	2	2p 3

**Figura. 18 Tabla de encaminamiento DVMRP.**

La Tabla de encaminamiento DVMRP que se muestra en la Figura 18, incluye los siguientes elementos:

- Source Subnet – La subred que contiene un nodo que emite datagramas Multicast dirigidos a los grupos especificados.
- Multicast Group – La dirección IP de clase D a la que están dirigidos los datagramas Multicast. Hay que tener en cuenta que una subred de emisión puede contener emisores para diferentes grupos Multicast.

- InPort – El puerto “padre” para el par (emisor, grupo). Un valor "Pr" en esta columna indica que se ha enviado un mensaje de podas al router en sentido ascendente.
- OutPorts – Los puertos “hijo” por los que se envían datagramas Multicast para el par (emisor, grupo). Un valor "p" en esta columna indica que el router ha recibido un mensaje de poda desde el router en sentido descendente.

### DVMRP Jerárquico

El rápido crecimiento de MBONE ha producido un aumento en la capacidad de trabajo de los routers.

La actual versión de DVMRP trata el MBONE como un solo y plano dominio de encaminamiento, donde cada router debe mantener información de encaminamiento detallada a cada subred del MBONE. A medida que continúa creciendo el número de subredes, el tamaño de las tablas de encaminamiento y de los mensajes de actualización periódicos continuará creciendo hasta que la capacidad de memoria de los routers se agote y MBONE se colapse.

Para evitar esta amenaza se ha desarrollado una versión jerárquica de DVMRP, donde MBONE se divide en varios dominios de routing individuales. Cada dominio de routing ejecuta su propia instancia de un protocolo Multicast. Otro protocolo, u otra instancia del mismo protocolo se utilizan para el routing entre los dominios individuales. El routing jerárquico reduce la demanda de recursos de los routers porque cada uno sólo precisa conocer los detalles explícitos de los destinos

dentro de su propio dominio, pero nada de la estructura topológica detallada de cualquier otro de los dominios. El protocolo que opera entre los dominios individuales mantiene información sobre la interconexión de los dominios, pero no acerca de la topología interna de cada dominio.

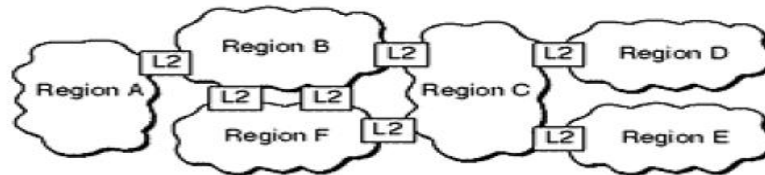
Además de reducir la cantidad de información de routing, pueden conseguirse otros beneficios con la versión jerárquica de DVMRP:

- Los efectos del fallo de un enlace o un router se limitan a aquellos routers que operan dentro de dicho dominio. Además, los efectos de un cambio en la topología de interconexión se limitan sólo a los routers inter-dominio. Estas mejoras son especialmente importantes cuando el uso de un protocolo vector distancia puede producir tiempos de convergencia muy largos.
- El problema de la cuenta hasta infinito asociado con los protocolos vector distancia pone límites al diámetro máximo de la topología MBONE, mientras que el routing jerárquico limita este diámetro a un solo dominio y no al conjunto de MBONE.

#### Arquitectura jerárquica

El DVMRP jerárquico propone la creación de regiones de no intersección donde cada región tenga un identificador único. Los routers interiores de una región ejecutan cualquier protocolo de routing Multicast (DVMRP, MOSPF, PIM, o CBT) como protocolo de "Nivel 1" (L1). Cada región debe tener al menos un router periférico que es responsable de proporcionar conectividad inter-regional. Los

routers periféricos ejecutan DVMRP como protocolo de "Nivel 2" (L2) para enviar el tráfico entre regiones, como se muestra en la Figura 14



**Figura. 19 DVMRP jerárquico**

Los routers L2 intercambian información de routing en forma de Identificadores de Regiones lugar de las direcciones de subred individuales contenidas dentro de cada región. Con DVMRP como protocolo L2, se construye un árbol de distribución Multicast inter-regional basándose en el par (region\_ID, grupo) en vez del par habitual (emisor, grupo).

Cuando un paquete Multicast se origina dentro de una región, se envía de acuerdo al protocolo L1 a todas las subredes que contienen miembros del grupo. Además, el datagrama es enviado a cada uno de los routers periféricos (L2) configurados en la región de emisión. Los routers L2 etiquetan ("tag") el paquete con el Region-Id y lo colocan en una cabecera para su envío a otras regiones. Cuando el paquete llega a la región remota, los Routers L1 eliminan la cabecera antes de enviarlo a los miembros del grupo.

### **2.2.2.5.3 MOSPF: Multicast Extensions to OSPF**

Las extensiones Multicast a OSPF (MOSPF) están definidas en RFC 1584 y se sitúan por encima de la versión 2 del protocolo Open Shortest Path First (OSPF) (RFC 1583). MOSPF utiliza la información de pertenencia a grupos, obtenida mediante IGMP y con la ayuda de la base de datos de OSPF construye árboles de distribución Multicast. Estos árboles son los árboles de caminos más cortos construidos (bajo demanda) para cada pareja (emisor, grupo). Aunque MOSPF no soporta túneles puede coexistir e inter operar con routers no-MOSPF.

MOSPF soporta jerarquía de encaminamiento. Todos los nodos de la red son divididos en Sistemas Autónomos (AS) y cada AS es dividido a su vez en Áreas. Vamos a estudiar a continuación cómo MOSPF lleva a cabo el routing Multicast en estos tres niveles.

Routing Intra-Area describe el algoritmo de routing básico utilizado por MOSPF y que se ejecuta dentro de un área OSPF y soporta el envío Multicast cuando el emisor y los miembros del grupo destino residen en el mismo área OSPF, o cuando el Sistema Autónomo completo es un área OSPF.

#### **Base de Datos de Grupo Local**

Del mismo modo que DVMRP, los routers MOSPF utilizan IGMP para monitorizar la pertenencia a grupos Multicast en las subredes a las que están directamente conectados. Los routers MOSPF deben implementar una “base de datos

de grupos locales” que mantenga una lista de los miembros de grupos directamente conectados y determine la responsabilidad del router local en el envío de datagramas Multicast a dichos miembros de grupos.

En una subred determinada, la transmisión de Host Membership Queries IGMP se lleva a cabo sólo por el Router Designado (DR); además, la responsabilidad de escuchar los Host Membership Reports IGMP corresponde también al DR y al Router Designado de Backup (BDR). Esto supone que en un entorno mixto que contiene routers MOSPF y OSPF, debe elegirse un Router MOSPF como DR de la subred si deben generarse Queries IGMP. Esto se consigue asignando a todos los Routers no MOSPF un valor de RouterPriority de 0 para evitar que se conviertan en DR o BDR.

### **2.2.3 Redes Superpuestas**

“Una red superpuesta (w: overlay network en inglés) es una red virtual de nodos enlazados lógicamente, que está construida sobre una o más redes subyacentes (underlying network en inglés). Su objetivo es implementar servicios de red que no están disponibles en la red/es subyacente/s. Las redes superpuestas pueden apilarse de forma que tengamos capas que proporcionen servicios a la capa superior.

En una red, los nodos de una red se comunican entre sí usando los llamados protocolos de red. Un protocolo de red es un conjunto de reglas usadas por computadoras para comunicarse entre sí a través de una red. Los protocolos de la red normalmente se organizan en capas formando pilas. Por esta razón la forma habitual

de crear una red superpuesta es añadir capa/s adicional/es sobre los protocolos de la/s red/es subyacente/s.

Podemos construir una red superpuesta operando exclusivamente a nivel lógico. Por ejemplo podemos aprovechar una red de nodos ya conectados para construir sobre ella una nueva red que proporcione servicio/s adicional/es. Sin embargo, a veces también es necesario operar también a nivel físico (además de a nivel lógico). Por ejemplo para conectar dos redes de área local necesitamos interconectar las dos redes a través de un Router. La conexión a través del router no sólo proporciona una conexión física entre las redes, también implementa una nueva capa de protocolos que permite la interconexión.” [27]

## 2.3 Conceptos

### 2.3.1 Comunicaciones Unicast

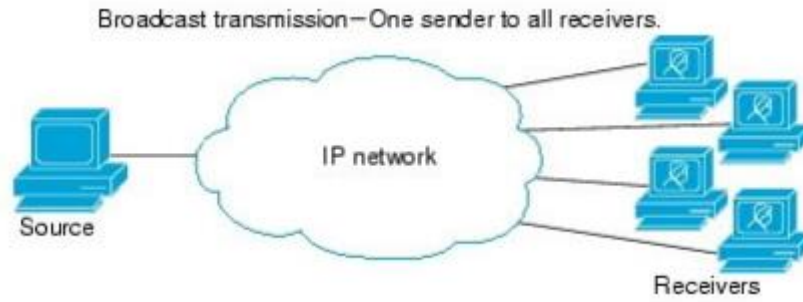
Comunicación de un único emisor a un único receptor del sistema.



**Figura. 20 Comunicación Unicast**

### 2.3.2 Comunicaciones broadcast

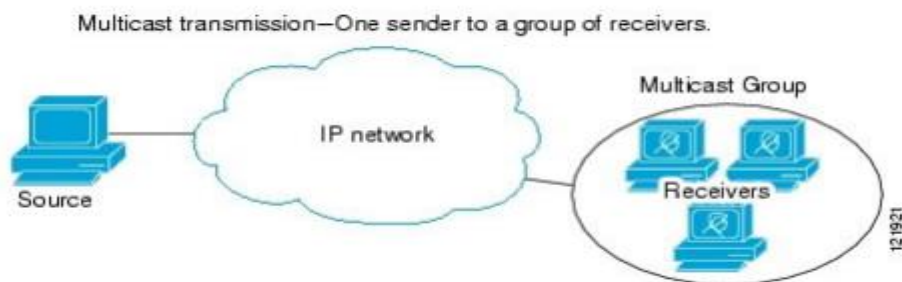
Comunicación de uno o varios emisores a todos los receptores del sistema.



**Figura. 21 Comunicación Broadcast**

### 2.3.3 Comunicaciones Multicast

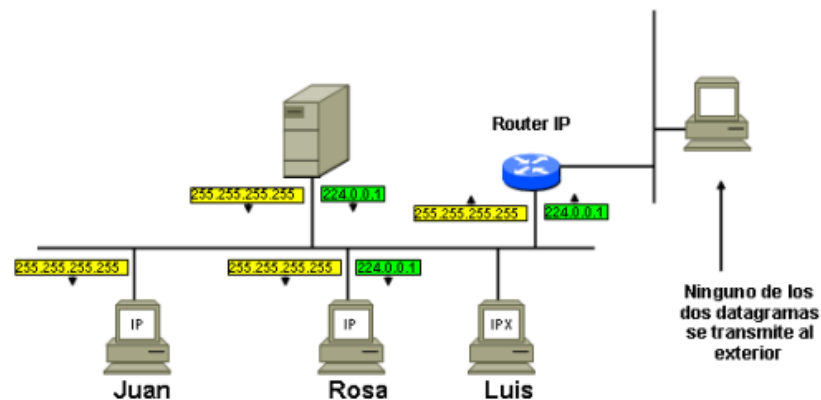
Comunicación de uno o varios emisores a un grupo de receptores del sistema.



**Figura. 22 Comunicación Multicast**

### 2.3.4 Diferencia entre broadcast y Multicast

Diferencia entre 255.255.255.255 (Broadcast) y 224.0.0.1 (Multicast)



**Figura. 23 Diferencia entre Broadcast y Multicast**

La figura 3 muestra la diferencia entre un datagrama enviado a la dirección 255.255.255.255 (broadcast en la red local) y uno enviado a la dirección 224.0.0.1 (todos los hosts Multicast en la red local).

El datagrama enviado a la dirección broadcast es recibido por todos los equipos que disponen de una implementación de los protocolos TCP/IP. En cambio el datagrama enviado a la dirección 224.0.0.1 es recibido por todos aquellos que, además de implementar TCP/IP incluyen el soporte de Multicast. Tanto el datagrama dirigido a 255.255.255.255 como el dirigido a 224.0.0.1 están siempre confinados a la LAN, no pudiendo atravesar routers. La tecnología Multicast es una necesidad hoy en día más si uno hará videoconferencia. Esta tecnología sirve cuando

se tiene información (mucha información) que debe ser transmitida a varios ordenadores (pero no a todos) en una Internet, entonces la respuesta es Multicast.

Una situación frecuente donde se utiliza es en la distribución de audio y vídeo en tiempo real a un conjunto de ordenadores que se han unido a una conferencia distribuida Multicast es, en gran medida, como la televisión o la radio, es decir, sólo aquellos que han sintonizado sus receptores (al seleccionar una frecuencia particular que les interesa) reciben la información. Dicho de otra forma: escuchar los canales que interesan, pero no otros.

Unicast es cualquier cosa que no sea broadcast o Multicast, la definición no es muy compleja pero cuando se envía un paquete y sólo hay un emisor y un receptor (aquél al que se envía el paquete), entonces se está haciendo Unicast.

TCP es por propia naturaleza, orientado a Unicast. UDP soporta muchos otros paradigmas, pero si se está enviando paquetes UDP y sólo se supone que hay un proceso que lo recibe, es también Unicast. Durante años las transmisiones Unicast demostraron ser suficientes para Internet.

La primera implementación de Multicast no vio la luz hasta 1993, con la versión 4.4 de BSD (Berkeley Software Distribution). Parece que nadie lo necesitaba hasta entonces. ¿Cuáles eran los nuevos problemas que trataba de arreglar la tecnología Multicast?

Con la tecnología actual es posible afrontar el «coste» de hacer una conexión Unicast con todos aquellos que desean ver su página web. Sin embargo, si se quiere enviar audio y vídeo, que necesita de un gran ancho de banda comparado con aplicaciones de web, se tienen (tenían, hasta que apareció Multicast) dos opciones: establecer conexiones Unicast por separado con cada uno de los receptores, o usar broadcast.

La primera solución no era factible: si se ha dicho que cada conexión enviando audio/vídeo consume una gran cantidad de ancho de banda, al tener que establecer cientos, quizás miles, de estas conexiones, tanto el ordenador emisor como su red se colapsarían. Broadcast parece una solución, pero desde luego no es la solución. Si se deseara que todos los ordenadores en su LAN atendieran la conferencia, se podría usar broadcast. Se enviarían los paquetes una sola vez y cada ordenador lo recibiría ya que fueron enviados a la dirección de broadcast. El problema es que quizás solo algunos de éstos y no todos estén interesados en estos paquetes.

Más aún, quizás algunos ordenadores están realmente interesados en la conferencia, pero están fuera de la LAN, a varios routers de distancia. Y ya se sabe que el broadcast funciona bien dentro de una LAN, pero surgen problemas cuando se hace broadcast de paquetes que deben ser enviados a través de diferentes LANs.

La mejor solución parece ser aquella en la que sólo se envían paquetes a ciertas direcciones especiales. Así, todos los ordenadores que han decidido unirse a

la conferencia conocerán la dirección de destino, de forma que los recogerán cuando pasen por la red y los enviarán a la capa IP para que sean de multiplexados. Esto es similar al broadcast en el sentido de que sólo se envía un paquete de broadcast y todos los ordenadores en la red lo reconocen y lo leen; difiere, sin embargo, en que no todos los paquetes de Multicast son leídos y procesados, sino solamente los que han sido registrados en el kernel como «de interés».

Estos paquetes especiales son ruteados en el nivel del kernel como cualquier paquete porque son paquetes IP. La única diferencia puede estar en el algoritmo de enrutamiento que le dice al kernel si debe o no rutear

### **2.3.4.1 Formas de Implementar comunicación Multicasting**

**2.3.4.1.1 Unidifusión de uno a todos.-** Una comunicación de unidifusión para cada uno de los receptores, las ventajas que se tiene es que no requiere soporte Multicast por parte de la capa de red y una desventaja es que se multiplican los recursos de red utilizados.

**2.3.4.1.2 Multicasting de nivel de aplicación.-** Múltiples transmisiones de unidifusión, pero involucrando a los receptores en la replicación, las ventajas es que no requiere soporte Multicast por parte de la capa de red y una desventaja es que necesitan una infraestructura de distribución en la capa de aplicación.

**2.3.4.1.3 Multicasting explícita.-** El emisor transmite un único datagrama que se replica en los routers cuando es necesario, la ventaja es que los recursos de red se utilizan de manera óptima y la desventaja es que requiere una capa de red que soporte la funcionalidad.

## **2.4 Beneficios de la tecnología Multicast**

La tecnología Multicast ofrece ventajas significativas para el suceso de algunas aplicaciones avanzadas. Algunas de estas ventajas son presentadas abajo.

### **2.4.1 Desempeño optimizado de la red**

El uso inteligente de los recursos de la red evita replicación innecesaria de flujos. De ese modo, se obtiene economía de banda pasante, a través de una mejor arquitectura para distribución de datos.

### **2.4.2 Soporte para aplicaciones distribuidas**

La tecnología Multicast está directamente orientada hacia las aplicaciones distribuidas. Las aplicaciones multimedia como aprendizaje a distancia y videoconferencia se pueden utilizar en la red de forma dimensional y eficiente.

### **2.4.3 Economía de recursos**

El costo de los recursos de la red se reduce a través de la economía de banda pasante en los enlaces y de la economía de procesamiento en servidores y equipos de la red. Las nuevas aplicaciones y servicios se pueden implantar, sin requerir la renovación de recursos de la red.

### **2.4.4 Facilidad de crecimiento en escala**

El uso eficiente de la red y la reducción de la carga en fuentes de tránsito permiten que los servicios y aplicaciones sean accesibles para un gran número de participantes. Por lo tanto, servicios que operan sobre Multicast se pueden dimensionar con facilidad, distribuyendo paquetes para pocos y para muchos receptores.

### **2.4.5 Mayor disponibilidad de la red**

La economía de recursos de la red asociada a la reducción de carga en las aplicaciones y servidores torna la red menos susceptible a embotellamientos y por lo tanto, más disponible para uso.

La transmisión de Multicast envía un solo paquete de Multicast dirigido a todos los recipientes. Esto proporciona la comunicación eficiente y la transmisión, optimiza el funcionamiento, y permite usos realmente distribuidos.

## 2.4.6 Servicio Multicast en internet

Las necesidades para implementar un servicio Multicast en el nivel de red de Internet son las siguientes:

- Reconocer que datagramas son Multicast y cuales Unicast.
- Ser capaces de diferenciar entre los diferentes grupos
- Tener un mecanismo para la gestión de los grupos Multicast.
- Disponer de un mecanismo de encaminamiento Multicast.
- Disponer de protocolos de enrutamiento Multicast en Internet.

## 2.6 Direcciones IP Multicast

La única diferencia entre un paquete IP Unicast y uno Multicast está en la dirección de destino.

- Clases A, B y C para Unicast.
- Clase D para Multicast

Clase	Rango de direcciones	Bits de más peso
Clase A	1.0.0.0 - 127.255.255.255	0
Clase B	128.0.0.0 - 191.255.255.255	10
Clase C	192.0.0.0 - 223.255.255.255	110
Clase D	224.0.0.0 - 239.255.255.255	1110

**Figura. 24 Clases de direcciones IP.**

Hay 28 bits libres para construir la dirección Multicast. Existen  $2^{28} = 268 \cdot 106$  posibles grupos Multicast diferentes

### 2.6.1 Direcciones IP Multicast especiales

Asignadas por la IANA. (Internet Assigned Numbers Authority)

- 224.0.0/24: Direcciones reservadas para grupos locales a una subred (link local). Por ejemplo:
  - 224.0.0.1: Todas las máquinas de una subred.
  - 224.0.0.2: Todos los routers de una subred.
- 224.0.1/24 - 224.0.2/24: Reservadas para distintas organizaciones y protocolos. Por ejemplo:
  - 224.0.1.1: NTP (Network Time Protocol).
- 224.0.3/24 - 238.255/16: Para cualquier grupo de ámbito mundial (los paquetes destinados a estos grupos pueden viajar por todo Internet).
- 239.255/16: Para grupos locales a una organización (los paquetes destinados a estos grupos no pueden salir de la organización).

## 2.6.2 El servicio IP Multicast en internet

La comunicación de Emisor y Receptor se produce entre grupos los cuales son:

1-1 Uno a uno

1-n Uno a muchos

N-1 Muchos a uno

n-m Mucho a muchos

Los grupos son dinámicos. Un host puede entrar o salir de un grupo Multicast en cualquier instante.

No hay restricciones en cuanto al tamaño de los grupos ni en cuanto al número de grupos a los que puede pertenecer un host.

Un ordenador no tiene por qué pertenecer a un grupo para enviar mensajes al mismo.

Los hosts pertenecientes (o no) a un grupo no tienen por qué saber nada acerca del resto de miembros del grupo.

No hay restricciones en lo relativo a la ubicación de los miembros de un grupo (un grupo puede extenderse a través de varias subredes).

## 2.7 Multicast en el interior de una subred

Hay dos estrategias básicas en el nivel de enlace, una es utilizar paquetes de broadcast o utilizar paquetes especiales.

La tecnología Ethernet (y otras tecnologías) soportan Multicast en el nivel de enlace. Las tarjetas son capaces de escuchar en una o varias direcciones Ethernet Multicast.

El prefijo 01:00:5e identifica una dirección de Multicast en Ethernet.

El siguiente bit siempre va ser 0. Los 23 siguientes determinan la dirección Multicast Ethernet.

Al transmitir un paquete IP Multicast sobre Ethernet, se hace una correspondencia 1 a 1 entre los 23 bits de menos peso de la dirección IP Multicast y los 23 bits de menor peso de la dirección Ethernet Multicast, el resto se ignora. Por ejemplo, si se tiene un paquete con la dirección IP Multicast:

231.233.145.173

11100111. 11101001. 10010001. 10101101

231. 233. 145. 173

## 2.8 Multicast en la frontera de una subred

La dirección Ethernet Multicast resultante será:

01:00:5E:69:91:AD

0000 0001: 0000 0000: 0101 1110: 0110 1001: 1001 0001: 1010 1101

01: 00: 5E: 69: 91: AD

## 2.9 ISP

Los ISP son una especie de intermediarios en plataformas electrónicas abiertas. La función de los intermediarios se caracteriza por qué no toman parte en el proceso de creación o selección de la información cuya diseminación permiten, ni tampoco se involucran en la selección de sus destinatarios, simplemente posibilitan técnicamente el proceso. Según las funciones que desarrollan pueden distinguirse las siguientes especies de intermediarios [27]:

1. Los operadores de redes, quienes proveen la infraestructura (vgr. routers, cables, switches) que permite o facilita la transmisión de información desde un punto a otro.
2. Los proveedores de acceso a Internet. Este acceso puede, sin embargo, asumir múltiples modalidades. En su nivel más básico consistirá únicamente en la posibilidad de “navegar” en la Red y disponer de una casilla de correo electrónico.

3. Los proveedores de servicios de alojamiento (hosting) que permiten almacenar a los usuarios información que queda guardada en los servidores del intermediario.

4. Los operadores de bulletin boards systems (BBS) [28], salas de chat y news groups.

5. Los proveedores de acceso logístico o motores de búsqueda, quienes proveen a los usuarios de la Red de herramientas para buscar contenidos.

La función básica de los ISP es proveer el acceso a Internet a los usuarios, sin embargo es frecuente que desarrollen las demás funciones que se acaban de indicar, especialmente el acceso a cuentas de correo electrónico y a news groups.

También es frecuente la provisión de espacios para que los usuarios suban sus propias páginas. Además de estas tareas –limitadas únicamente a la intermediación– es todavía posible que el ISP produzca sus propios contenidos, en cuyo caso se le denomina proveedor de contenido.

Bajo las reglas del derecho ecuatoriano se entiende por ISP o Proveedor de Acceso a Internet la “persona natural o jurídica que presta el servicio de acceso a Internet de conformidad a la ley y su normativa complementaria” [29]. La regulación de los ISP es de carácter técnico y según lo dispone el “considerando c” de la Resolución Exenta N° 1.483 de la Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL), su objetivo es “asegurar el uso eficiente de los recursos y garantizar a los usuarios la

no discriminación a los usuarios en el acceso a los contenidos independientemente del proveedor de acceso a Internet, y a los proveedores de contenidos la libertad de elegir a su proveedor de “hosting”, todo ello en el contexto de sana competencia”.

## **CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA**

### **3.1 Tipo de investigación**

La presente investigación se ha realizado bajo término Explicativo. En la cual se ha comprobado cómo se interconectan las distintas variables para buscar una explicación de la situación que se está estudiando, para de este modo contrastar o demostrar los resultados. Además se ha realizado documentación, así como encuestas y entrevistas a Gerentes, Administrativos, y Clientes de un ISP de la ciudad de Cañar.

### **3.2 Identificación de fuentes de investigación**

#### **3.2.1 Fuentes primarias**

La información primaria, está conformada por cada uno de los materiales bibliográficos citado en el presente documento de investigación, compuesto por datos recabados a través de libros, Internet, con el fin de cumplir con los objetivos del presente trabajo de investigación.

### **3.2.2 Fuentes secundarias**

La información secundaria se obtuvo mediante encuestas y entrevistas realizadas a los Gerente, Administrativos, Operativos y Clientes de un ISP de la ciudad de Cañar, quienes representan todos los sujetos del estudio, con el uso de un cuestionario estructurado con preguntas cerradas y la entrevista. Estas herramientas de investigación, trataba de determinar el grado de conocimiento, la eficiencia de las redes y servicios que poseen el ISP y las posibles mejoras que se pueda dar en base a los resultados obtenidos en la investigación.

### **3.3 Ámbito de la información**

Para la obtención de la información necesaria para la investigación de campo, se realizó en un ISP de la ciudad de Cañar para la cual se está llevando a cabo el presente trabajo investigativo.

### **3.4 Técnicas y herramientas de investigación**

#### **3.4.1 Recolección de la información**

##### **3.4.1.1 La observación**

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos.

Pasos que debe tener la observación

- Determinar el objeto, situación o caso
- Determinar los objetivos de la observación
- Determinar la forma con que se van a registrar los datos
- Observar cuidadosa y críticamente
- Registrar los datos observados
- Analizar e interpretar los datos
  - Elaborar conclusiones

En la aplicación de esta técnica, el investigador registra lo observado, más no interroga a los individuos involucrados en el hecho; es decir, no hace preguntas, orales o escrita, que le permitan obtener los datos necesarios para el estudio del problema. [29]

### **3.4.1.2 La encuesta**

La encuesta es una técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones impersonales interesan al investigador. Para ello, a diferencia de la entrevista, se utiliza un listado de preguntas escritas que se entregan a los sujetos, a fin de que las contesten igualmente por escrito. Ese listado se denomina cuestionario. Es impersonal porque el cuestionario no lleve el nombre ni otra identificación de la persona que lo responde, ya que no interesan esos datos.

Es una técnica que se puede aplicar a sectores más amplios del universo, de manera mucho más económica que mediante entrevistas. Varios autores llaman cuestionario a la técnica misma. Los mismos u otros, unen en un mismo concepto a la entrevista y al cuestionario, denominándolo encuesta, debido a que en los dos casos se trata de obtener datos de personas que tienen alguna relación con el problema que es materia de investigación.

Riesgos que conlleva la aplicación de cuestionarios:

- (a) La falta de sinceridad en las respuestas.
- (b) La tendencia a decir "sí" a todo.
- (c) La sospecha de que la información puede revertirse en contra del encuestado, de alguna manera.
- (d) La falta de comprensión de las preguntas o de algunas palabras.
- (e) La influencia de la simpatía o la antipatía tanto con respecto al investigador como con respecto al asunto que se investiga. [29]

### **3.4.1.3 Documentación**

Incluye documentación sobre el tema y para el desarrollo del proyecto libros de texto, manuales técnicos, artículos y direcciones electrónicas.

Con el objeto de esclarecer dudas con respecto al tema y como ayuda para resolver problemas que se presenten en las etapas de la realización del laboratorio. [31]

#### **3.4.1.4 Consultas por internet**

Es una herramienta que facilita todo tipo de información de una manera rápida y eficiente, como artículos sobre la tendencia que está tomando la tecnología a utilizar para el desarrollo del proyecto, otros sistemas similares y creación del documento. [30]

### **3.5 Muestreo de la investigación**

#### **3.5.1 Método aleatorio simple**

Para obtener una muestra aleatoria simple, cada elemento en la población tenga la misma probabilidad de ser seleccionado, el plan de muestreo puede no conducir a una muestra aleatoria simple. Por conveniencia, este método puede ser reemplazado por una tabla de números aleatorios. [30]

#### **3.5.1 Método aleatorio estratificado**

Una muestra aleatoria estratificada es una muestra aleatoria que se obtiene separando los elementos de la población en grupos disjuntos, llamados estratos, y seleccionando una muestra aleatoria simple dentro de cada estrato. Para obtener una muestra aleatoria estratificada, primero se divide la población en grupos, llamados estratos, que son más homogéneos que la población como un todo. Los elementos de la muestra son entonces seleccionados al azar o por un método sistemático de cada estrato. [30].

### 3.6 Población y muestra

El término “población” hace referencia al conjunto de elementos que cumplen ciertas propiedades y entre los cuales se desea estudiar un determinado fenómeno. [31].

Para el presente proyecto la población la conforman los Administrativos, Gerente y Clientes del ISP.

Se denomina “muestra” al subconjunto de la población que es estudiado y a partir de la cual se sacan conclusiones sobre las características de la población. La muestra debe ser representativa, en el sentido de que las conclusiones obtenidas deben servir para el total de la población. Para la determinación de la muestra, es necesario el tener claro el proceso a realizar, es por ello, que a continuación se presenta un esquema explicativo de los pasos a seguir:

Si el muestreo se lleva a cabo de forma tal que todas las muestras posibles de tamaño tengan la misma probabilidad de ser seleccionadas, el muestreo se llama aleatorio y el resultado es una muestra aleatoria simple.

El tamaño de la muestra para estimar la proporción poblacional cuando se utiliza muestreo aleatorio simple se determinó de la siguiente manera:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde:

$n$  = el tamaño de la muestra.

$N$  = tamaño de la población.

$\sigma$  = Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.

$Z$  = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,58, valor que queda a criterio del investigador.

$e$  = Límite aceptable de error de la muestra que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador. [31]

El cálculo se realizó de la siguiente manera:

Sustituyendo:

$$n = \frac{180 * (0,5 \wedge 2) * (1,96 \wedge 2)}{(180 - 1) * (0,09 \wedge 2) + (0,5 \wedge 2) * (1,96 \wedge 2)}$$

$n$  = 72 Encuestas.

### **3.7 Análisis e interpretación de resultados**

Los resultados obtenidos con la ayuda de los instrumentos apropiados y con las estadísticas que se diseñaron de antemano para tal fin deben ser interpretados.

Se trata de encontrar una significación completa y amplia de la información empírica recabada.

Para la presentación de los resultados se han utilizado materiales visuales como: cuadros y figuras. Estas herramientas hacen más accesible la comprensión de los resultados. Los cuadros y figuras han sido ayudas visuales que están acompañadas de una instrucción escrita que indica la razón por la cual se incluyen.

El propósito fundamental del análisis de los resultados, consiste en organizar los datos de tal forma que permitan obtener una panorámica de los que fueron las respuestas obtenidas a partir de las encuestas realizadas a un sector de la población bajo la cual se está desarrollando la investigación. Es importante el recalcar que el uso de ayudas visuales facilita la comprensión de los resultados.

### **3.8 Análisis de resultados de la observación**

La observación en este caso se utilizó para identificar la experiencia que presenta el ISP sobre el tema, así como la documentación que se tiene acerca de Multicast. También se observó en otros ISP's para tener una base clara del conocimiento acerca del tema.

### **3.9 Recopilación de datos mediante la observación**

Al observar la administración del ISP, así como de la mayoría de los otros ISP observados, se pudo identificar que no hay información documentada en dichas instituciones.

### **3.10 Análisis de resultados de encuestas**

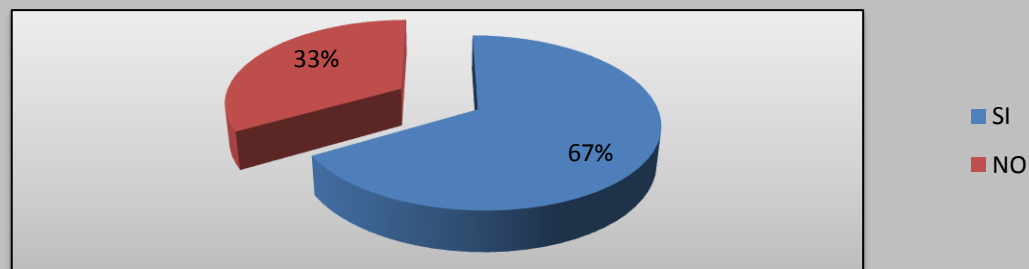
Las encuestas fueron dirigidas al sector de nuestra investigación, el cual está conformado por los Administrativos, Gerente, Cliente que conforman el ISP. Se tomó una muestra de la población para lo que fue el desarrollo de las encuestas, dicha muestra se obtuvo a partir del cálculo presentado anteriormente, en total se pasaron 72 encuestas en total.

Partiendo de la información obtenida de las encuestas, se pudieron generar los análisis de cada una de las preguntas que formaban parte de la encuesta, los cuales se presentan a continuación:

#### **Resultados de Encuestas realizadas a Administrativos y Gerentes del ISP**

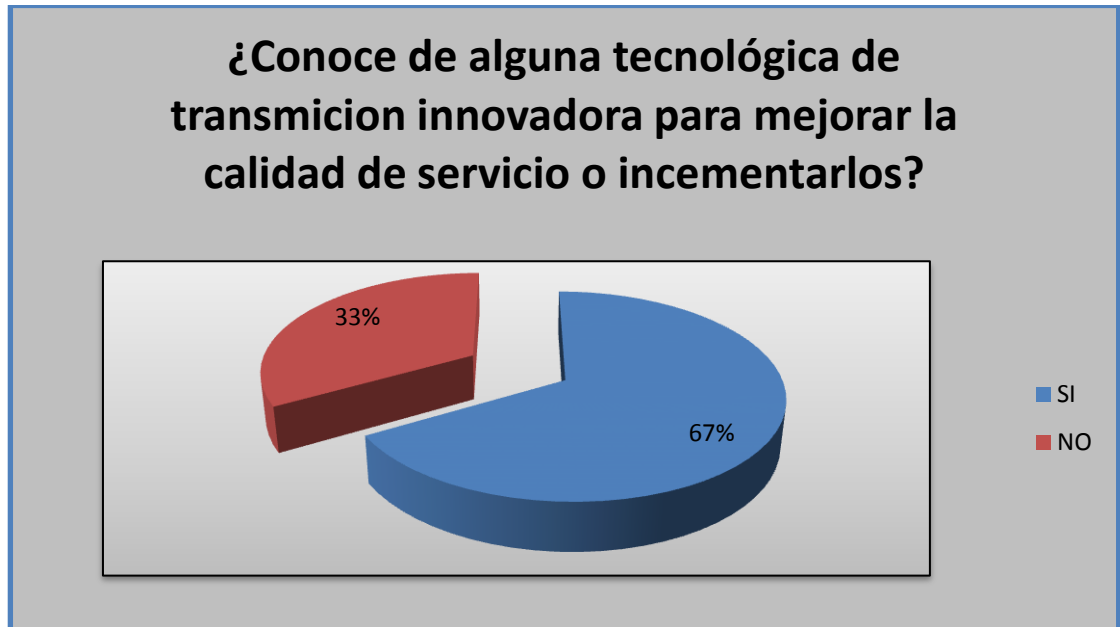
1.-

**¿Está trabajando constantemente para innovar y mejorar sus servicios para que se mantengan acordes a cómo evolucionan las necesidades de los Usuarios?**



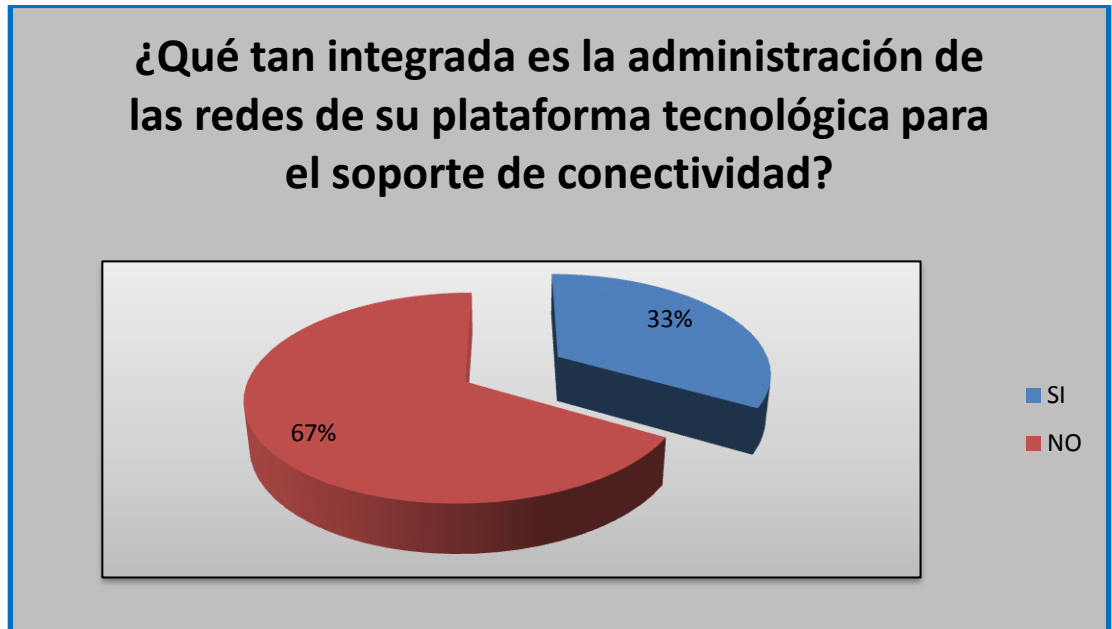
De acuerdo a la información obtenida un 67% de los Administrativos y Gerentes trabajan para innovar los servicios, mientras que un 33% no tiene claro el camino hacia la mejora de servicios. Los datos anteriores reflejan que si existe una iniciativa y preocupación por innovar los servicios de acuerdo a las exigencias de los clientes, pero aun no poseen un instrumento escrito para realizar dicha innovación

2.-



En esta interrogante un 67% considera que conoce de tecnologías innovadora para la mejora la calidad de servicio, mientras que para el 33% desconoce o no recuerda tecnología para mejorar la calidad de transmisión. Esto indica que para la mayoría de los administrativos y gerentes del ISP si juega un papel importante la innovación, lo cual es importante para que consideren la implementación de Multicast.

3.-



El 67% opina que si es buena la integración para el soporte de conectividad por otra parte el 33% opina que no se tiene una integración fiable. Lo cual indica que existe una satisfacción irregular ya que sigue teniendo problemas en la conectividad y transmisión.

4.-



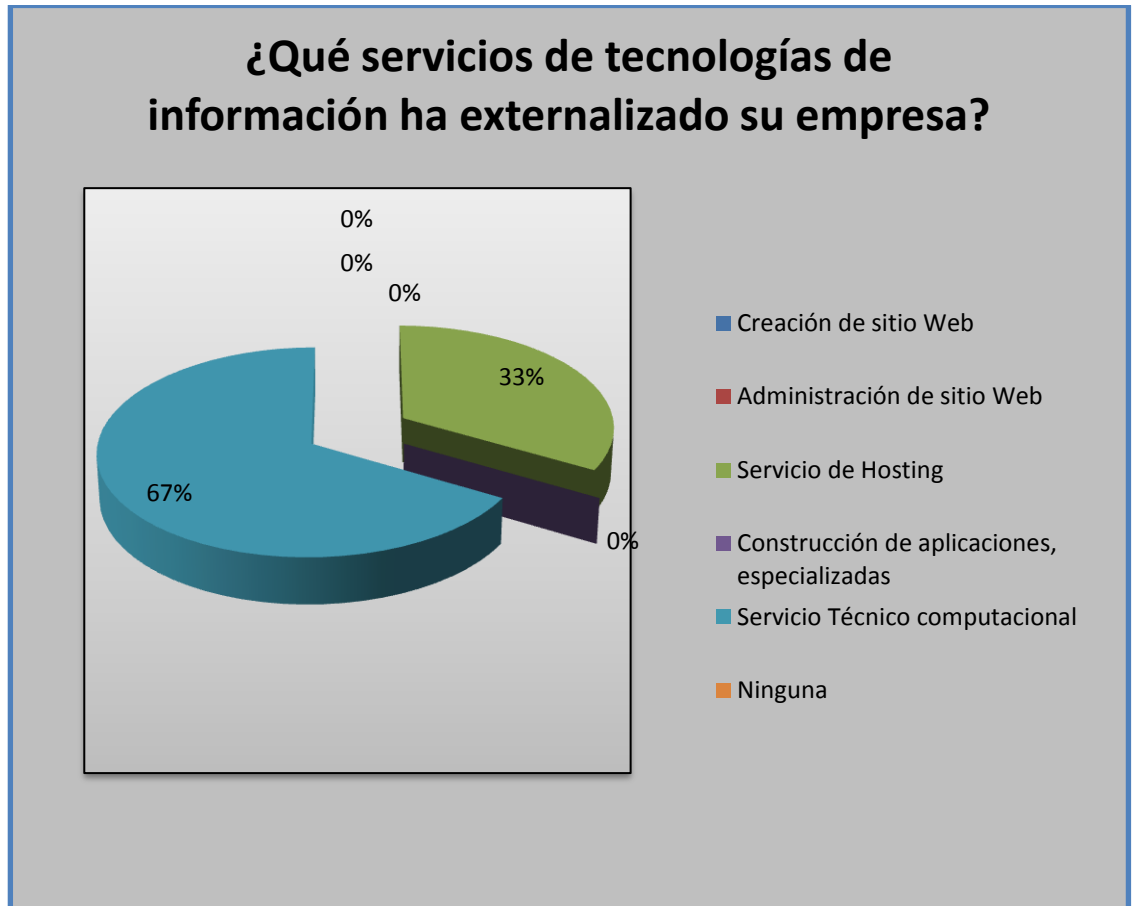
El 67% desean que se realice una reestructuración a las redes mientras que el 33% opina que no necesariamente se debería realizarlo, se puede analizar que es necesario una reestructuración o modificación significativa de las redes para el mejoramiento de la transmisión, aunque existe contraposición por el problema de costos.

5.-



El 67% coincide que el impacto de las tecnologías nuevas o diferentes aumentara y mejorara la información para la toma de decisiones, el 33% opina que el impacto de la tecnología aumentara los usuarios conectados por que mejorara la transmisión.

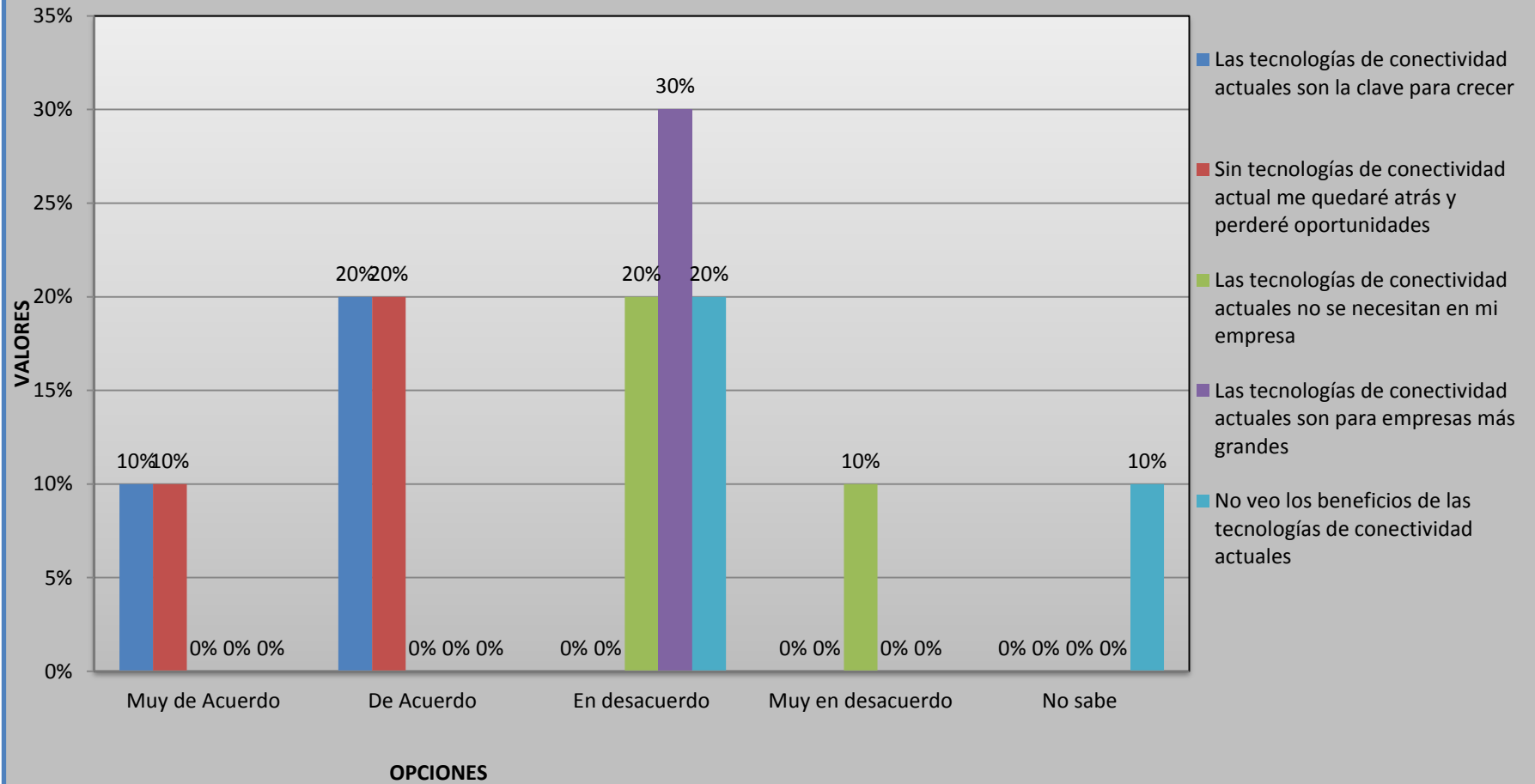
6.-



El 67% opina que se externalizado es el servicio técnico computacional en su mayor importancia, por otro lado también se difunde más el servicio de hosting ya que está ganando mercado, analizando más a profundidad no se tiene servicio de creación de sitios web, administración de sitios web, video conferencia y televisión digital lo cual mejoraría en la publicidad del ISP hacia nuevas ubicaciones de conectividad y rentabilidad

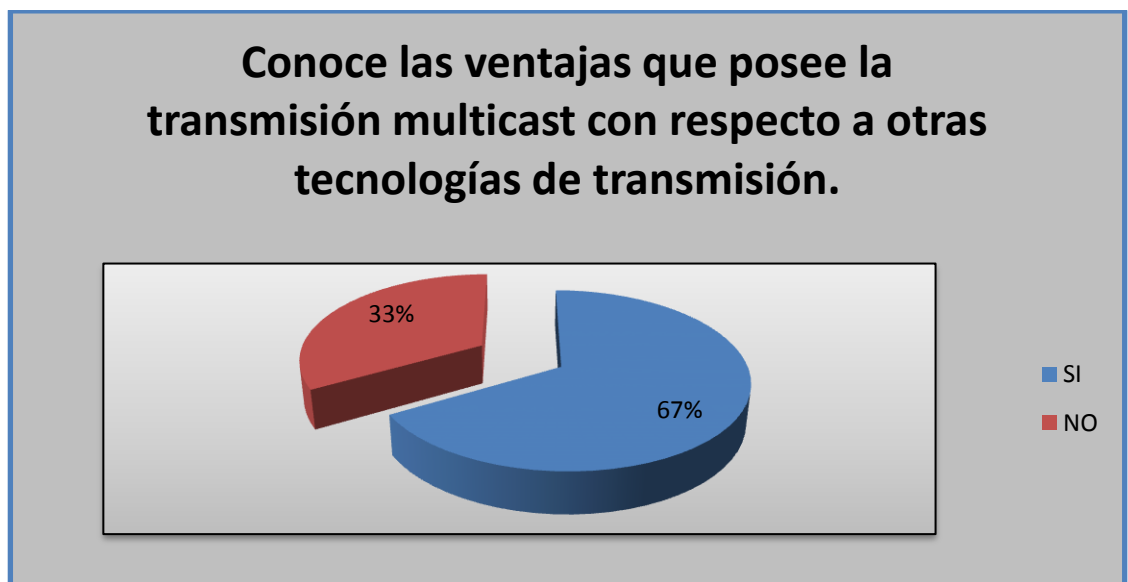
7.-

## De las siguientes afirmaciones considera que:



Se puede observar en el grafico anterior que están en desacuerdo que las nuevas tecnologías puedan solucionar los inconvenientes de la transmisión de datos aunque más piensan que las nuevas tecnologías son inalcanzables o no le ven la importancia que daría a las redes una implementación de nuevas tecnologías en la transmisión de datos como Multicast.

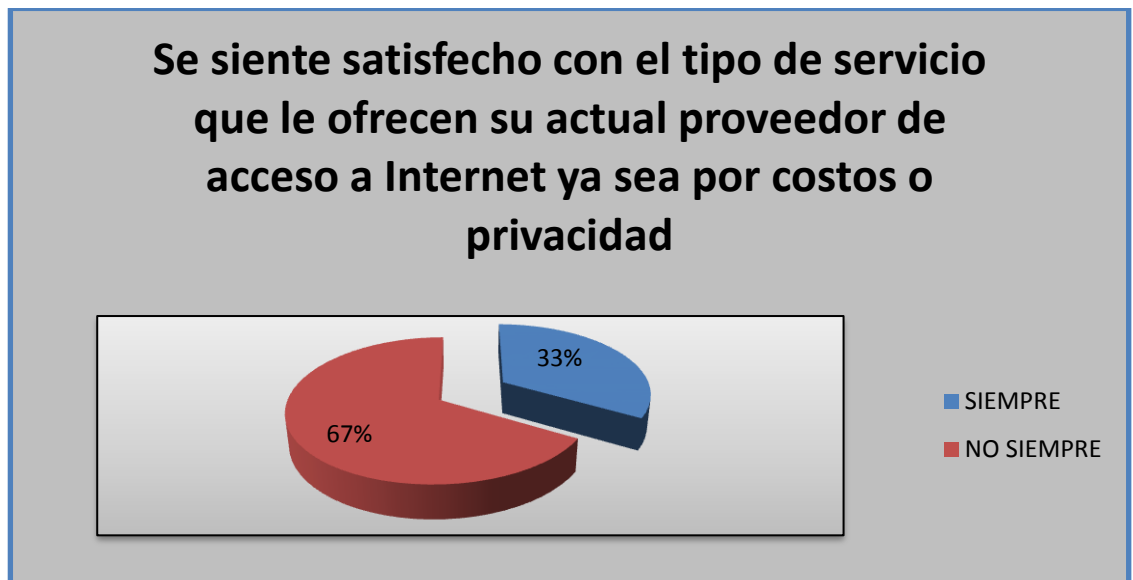
8.-



Los gerentes y administrativos conocen en su mayoría la tecnología de transmisión Multicast en teoría pero no conocen su implementación o sus beneficios reales al momento de la transmisión de datos ya que no es muy difundido en el medio, un 33% desconoce o no recuerda esta tecnología y sus ventajas para poder sugerir una implementación de esta tecnología de transmisión.

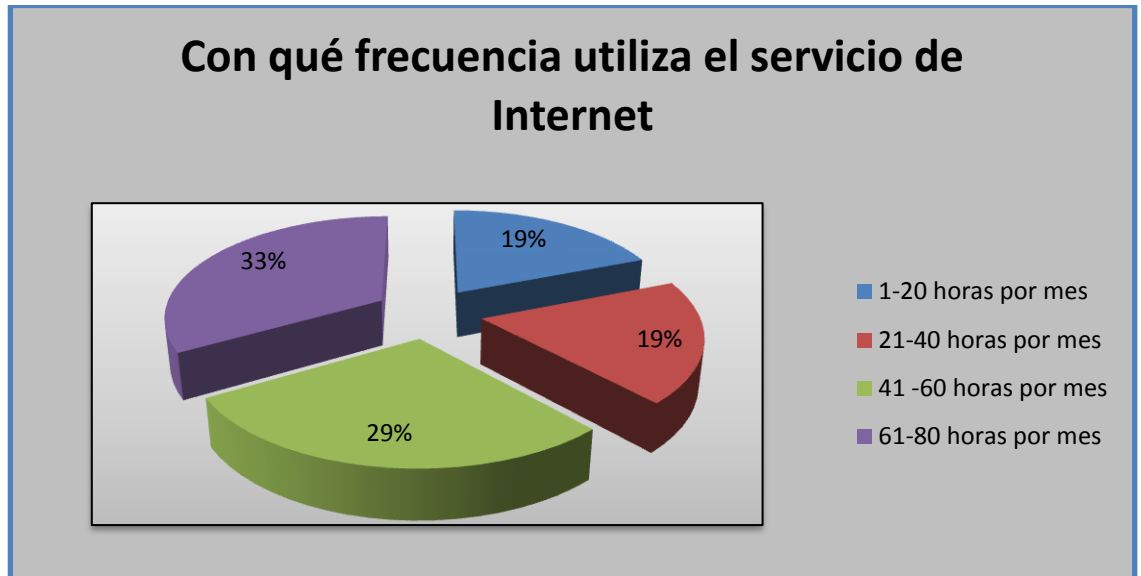
## Resultados de Encuestas realizadas a Clientes del ISP

1.-



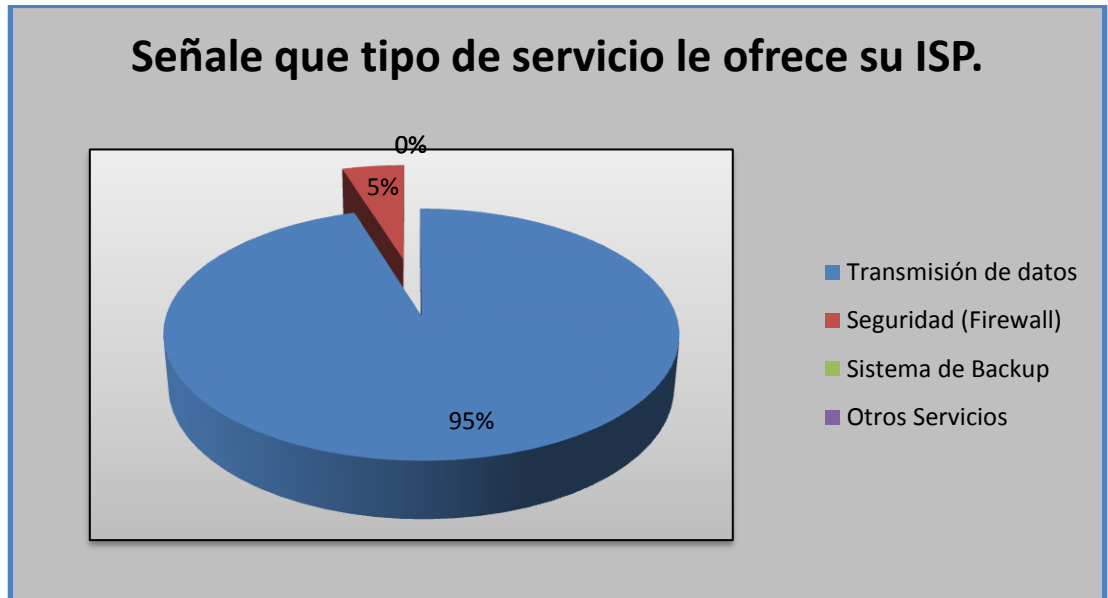
El 67% de los clientes encuestados se siente conforme por el servicio y por el costo, el 33% no se siente conforme, analizando este gráfico existe conformidad pero es preocupante que un porcentaje alto este desconforme lo cual me indica que existe un inconveniente por lo que la implementación de un algoritmo será la solución y así bajar el 33% de inconformidad.

2.-



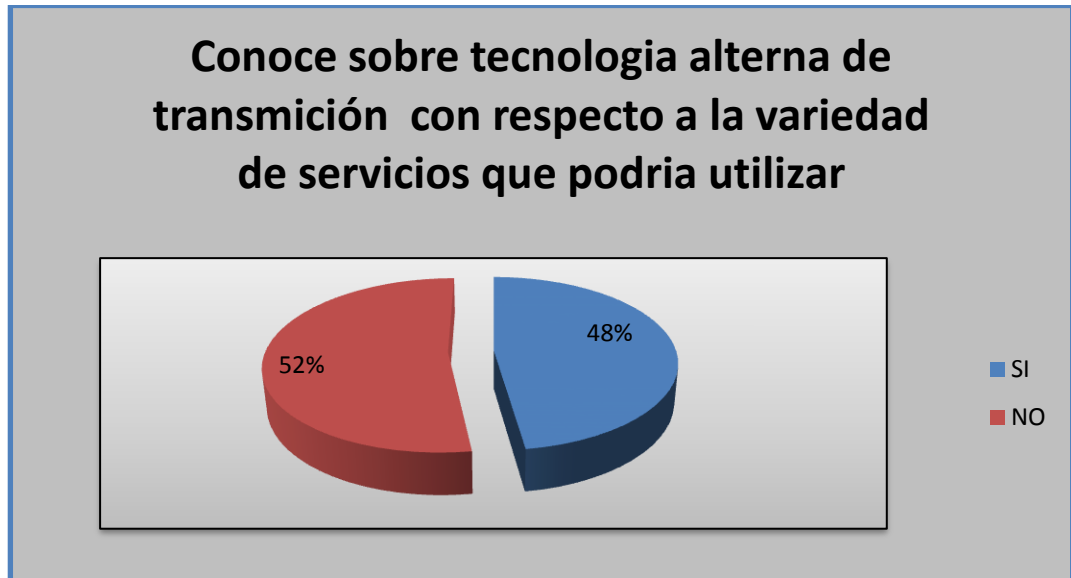
El 33% de los usuarios se engancha a la red del ISP entre 61 a 80 horas mensuales lo cual es la gran mayoría que se engancha mucho tiempo es por tal motivo que se está saturando la red pero sobre todo no existe un mecanismo de transmisión actual para cubrir tal penetración a la red, el 29% es de 41 a 60 horas al mes que se engancha a la red más el otro porcentaje del 33% estamos tratando con más del 50% de los usuarios están enganchados esto quiere decir que las redes pueden colapsar ya que la transmisión no tiene mecanismos apropiados para resolver y transmitir paquetes a gran escala, el resto de usuarios a pesar que es una suma significativa aporta más a la saturación, los clientes se incomodan por la velocidad en la transmisión lo que me indica que la implementación de algoritmos es la solución óptima por ser el organizador en la transmisión eficaz.

3.-



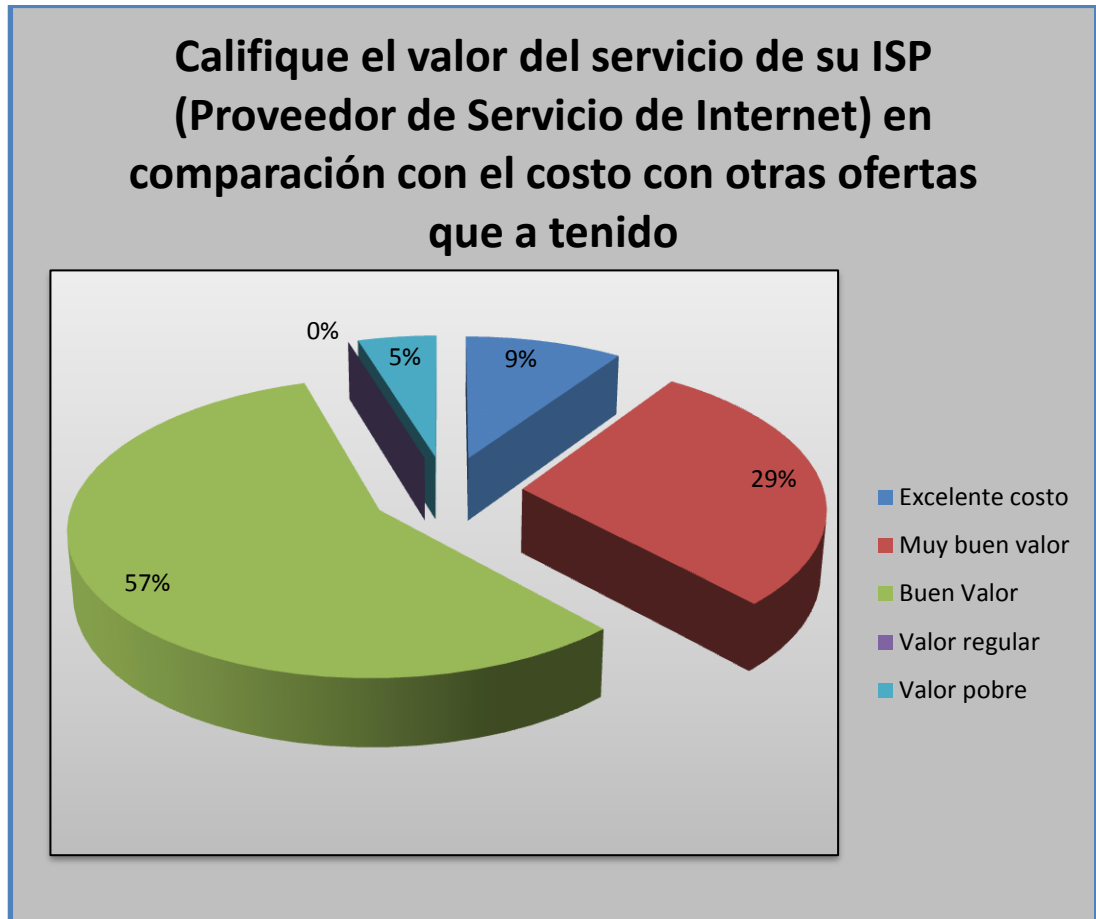
Los clientes realmente conocen el servicio más relevante que ofrece el ISP el cual es el 95% y un 5% sabe que existe el servicio de firewall, un análisis profundo es que el ISP no oferta, no publicita o realmente no tiene los recursos tecnológicos actuales en la transmisión para poder realizar difusión de servicios que podrían interesar a los clientes.

4.-



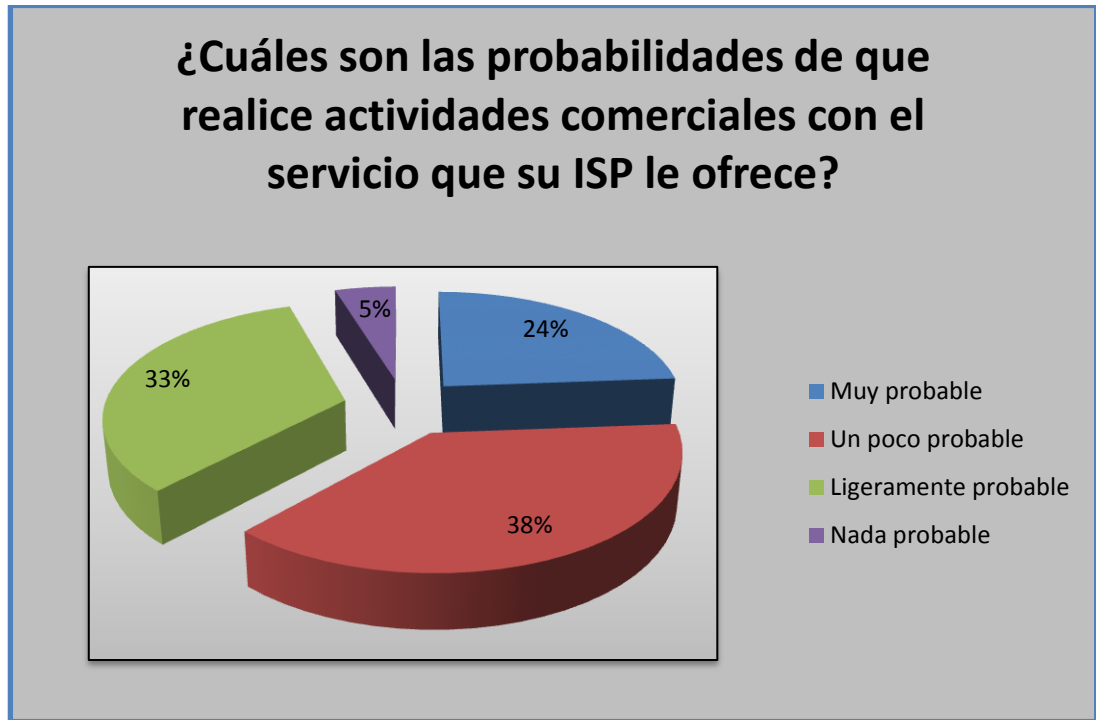
Los clientes en un 52% desconocen sobre tecnología alterna lo cual es una ventaja para el ISP para darse a conocer no solo como un ISP común si no como un innovador y emprendedor al momento de mejorar sus capacidades al ofrecer variedad de servicios a sus clientes, por otro lado el 48% si conoce sobre lo alterno en la transmisión pero ignora las ventajas que este repercute al momento de la transmisión y por ende en la mejora de la respuesta a las peticiones de tramas en la red con los nuevos servicios que obtendrían .

5.-



El 57% de los clientes creen que es un buen valor que cobra el ISP por el servicio ofertado, el 29% opina que es un muy buen valor, un 9% cree que es un excelente costo, un 5% cree que es pobre pero nadie opina que es un valor regular, lo cual me indica que existe una satisfacción en el costo a pesar que tiene problemas en la transmisión, con fines de incrementar costos no sería óptimo en este momento ya que transmisión no está a la altura de un incremento del valor del servicio.

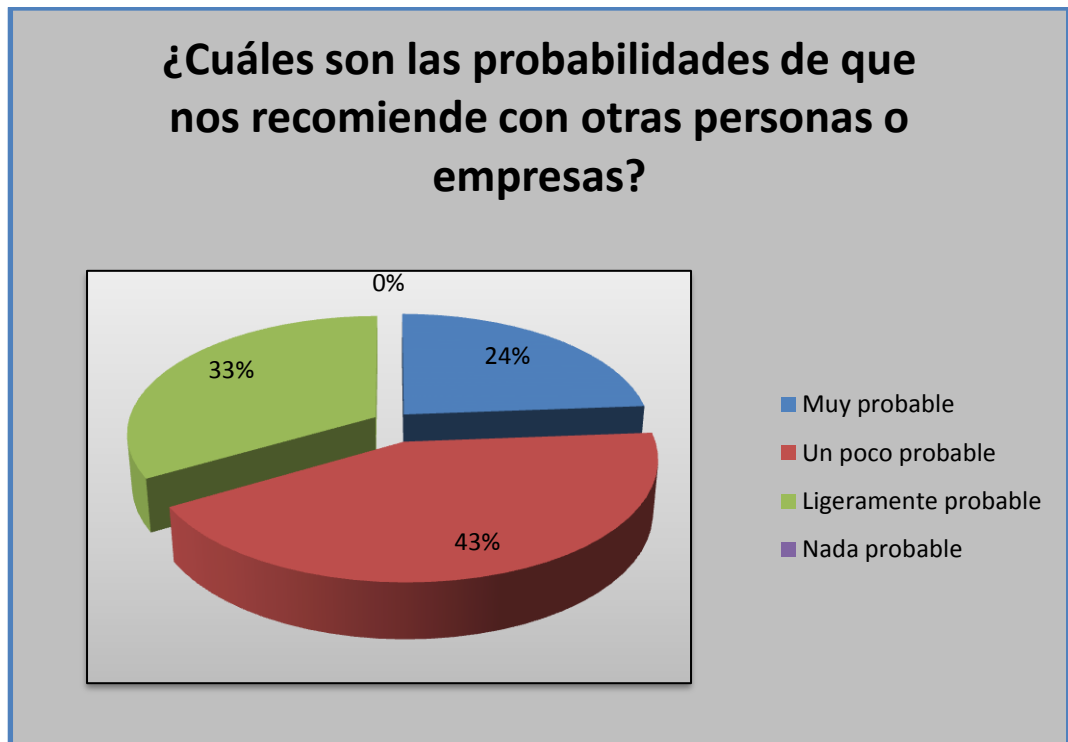
6.-



El 38% de los clientes encuestados opina que sería poco probable realizar actividades comerciales con el servicio del ISP lo cual indica que el servicio no está a la altura en la velocidad de transmisión al momento de realizar actividades económicas ya que quedaría debiendo la velocidad para este fin, el 33% más el porcentaje anterior suman más del 50% de los clientes que posiblemente accedan a incrementar el ancho de banda para sus fines económicos para lo cual se debería implementar los algoritmos evolutivos para solucionar el problema de retransmisión, el 24% opina que es muy probable lo cual con la implementación del algoritmo y la mejora en la transmisión se podría difundir y comprobar la mejora para que accedan al incremento del ancho de banda y por ende el incremento del costo, un 5% nada

probable ya que conoce el problema en la velocidad de transmisión lo cual no les conviene es por esto que la implementación del algoritmos es prioridad para el ISP.

7.-



El 43% poco probable que recomiende con otras personas ya que la mayoría de los clientes se sienten satisfechos pero no para recomendar el servicio ya que tiene sus retardos siempre, el 33% ligeramente probablemente recomiende, el 24% muy probable recomiende esto me indica que hay un porcentaje de inconformidad en la velocidad de transmisión aunque no se descarta la posibilidad de recomendar si se aplicara el algoritmo y se mejorara la transmisión sin duda se elevara el porcentaje de muy probable.

## **CAPÍTULO 4: CONSTRUCCIÓN DE LA RED MULTICAST SUPERPUESTA Y ANÁLISIS**

### **4.1 Red Física**

#### **4.1.1 Introducción**

Las personas Naturales y Jurídicas en la Ciudad de Cañar y sus cantones es prioritaria ya que se vive en un mundo globalizado y enteramente comunicativo las personas o empresas no solo quieren estar conectados al internet sino además se están adaptando a las nuevas tecnologías por lo cual amplían sus necesidades de comunicación rápida y efectiva, gracias a las nuevas formas de comunicación que existen los clientes están solicitando más velocidad y calidad del servicio de internet y aumento de servicios.

Por lo cual requieren un proveedor que pueda ofrecer variedad de servicios y una alta calidad en la transmisión en todos sus enlaces, para poseer esta ventaja sobre la competencia se debe tener incorporada tecnología de transmisión efectiva al momento de resolver la comunicación, es por eso que se propone el estudio para una posible implementación de la tecnología Multicast en las redes de un ISP de la ciudad de Cañar, por lo general las redes de esta empresa poseen distribución del servicio compartido lo cual la calidad del servicio es irregular.

A raíz que las redes actuales se vuelvan más complejas a medida que incrementan en tamaño y un número mayor de elementos de red se debe tener en

cuenta el ancho de banda óptimo. Los elementos se especializan en sus aplicaciones, la gestión y la seguridad adquieren mayor importancia, la localización física es un factor a tener en cuenta al momento de desplazar ras redes sobre todo en un lugar geográfico inestable como es en la Ciudad de Cañar, y la capacidad de manejar incremento de clientes es una prioridad al momento de empezar a realizar cualquier estudio de mejoramiento en las redes.

Como es de conocimiento para todas las personas que manejar routers se sabe que estos trabajan con direcciones de nivel 3 incluso los de la marca Mikrotik como posee el ISP donde se realizó las pruebas, poseen una estructura implementada, al imponer una estructura jerárquica a una red los routers pueden usar caminos redundantes y determinar rutas alternas. Por otro lado, el mecanismo de enrutamiento del protocolo IP es el enrutamiento salto-a-salto (*hop-by-hop*) sin estado basado en el destino, que tiende intrínsecamente a agregar tráfico en las principales rutas troncales, lo que justifica la implantación de una estructura jerárquica en el ISP. Un modo de imponer una estructura a una red compleja consiste en asignar tareas específicas a routers particulares. Una solución muy frecuente en las redes de ISP incluyendo una rápida conectividad, es esencial en la prestación de servicios IP, de ahí que el diseño de las infraestructuras de los proveedores de Internet se caracterice actualmente por una elevada redundancia en todos los elementos de alta escalabilidad y fiabilidad, y por la presencia de múltiples enlaces de alta capacidad.

### 4.1.2 Red Propuesta

Voy a citar las desventajas de la infraestructura de la red actual del ISP las cuales son: Solo posee un Router para la transmisión, todos los usuarios se conectan a un mismo router lo cual satura la transmisión, la seguridad no está establecida, posee un servidor cache, por lo cual mi propuesta es: implementar dos routers mas con configuración MPLS (es una red privada IP que combina la flexibilidad de las comunicaciones punto a punto o Internet y la fiabilidad, calidad y seguridad de los servicios Private Line, Frame Relay o ATM) [25], creación de grupos Multicast, creación de un árbol basado en la fuente, establecer el mínimo de retardo del ISP al Cliente, además minimizar la utilización de enlaces en la red y demostración de la implementación de un algoritmo evolutivo con la red propuesta.

Para el experimento considero la red física con grafos los cuales son un conjunto, no vacío, de objetos llamados vértices (o nodos) y una selección de pares de vértices, llamados aristas que pueden ser orientados o no. Típicamente, un grafo se representa mediante una serie de puntos (los vértices) conectados por líneas (las aristas).

Existen dos tipos de grafos según la relación entre los objetos sea unívoca o biunívoca.

a).- Grafos Dirigidos:

Un grafo en el cual toda arista es dirigida se denominará "dígrafo" o bien "grafo dirigido". Un grafo dirigido o dígrafo consiste de un conjunto de vértices  $V$  y un conjunto de arcos  $A$ .

Los vértices se denominan nodos o puntos; los arcos también se conocen como aristas o líneas dirigidas que representan que entre un par de vértices existe una relación unívoca.

b).- Grafos no Dirigidos:

Un grafo en el cual todas las aristas son no dirigidas se denominará "grafo no dirigido". El grafo no dirigido es aquel que no tiene sentido su arista. Un grafo no dirigido  $G$  representa elementos, y una arista  $(v, w)$  representa una incompatibilidad entre los elementos  $v$  y  $w$ .

Se realizó el experimento con el tipo de grafo no dirigido porque se crea más relaciones para la transmisión para efectivizar la operatividad de estos con los algoritmos en las redes superpuestas del ISP. [19]

### **4.1.3 Implementación del Grafo no Dirigido en la red del ISP**

La red es modelada como un grafo no dirigido  $G = (N, E)$  donde  $N$  representa el conjunto de nodos y  $E$  representa el conjunto de enlaces. Se utiliza  $n$  para representar el número de nodos en la red,  $|N| = n$ . En el conjunto de nodos se tiene una fuente  $s \in N$  donde  $N = \{s\} \cup R \cup T$  siendo  $R$  el conjunto de enrutadores y  $T$  el conjunto de receptores o clientes. La pareja  $(i, j) \in E$  representa un enlace

bidireccional en la red física entre el nodo  $i$  y el nodo  $j$ . El conjunto de enlaces  $E$  se define como  $E = E_s \cup E_r \cup E_t$  donde se tiene que  $(s, r) \in E_s$  representa el enlace en la red física de la fuente hacia el enrutador;  $(r, t) \in E_t \forall t \in T$  que representa todos los enlaces de los enrutadores hacia los nodos de destino.

Cada uno de los enlaces de la red física tiene un retardo que representa como  $d'_{ij}$  en 'ms'. Y una capacidad del enlace que se representa como  $C'_{ij}$  en 'bps'.

## 4.2 Red Multicast superpuesta

Se define una Red Multicast Superpuesta como un árbol sobrepuesto sobre la red física  $G$  de la siguiente forma:  $RS = (s, T, N_0, E_0)$  donde  $s$  es la fuente y se cumple que  $s \in N$ ;  $T$  es el conjunto receptores y se cumple que  $t \in T$  y  $T \subseteq N$ ,  $N_0$  es el conjunto de nodos de  $G$  interconectados por enlaces superpuestos y define  $N_0 = \{s\} \cup T$  donde se cumple que  $N_0 \subseteq N$ ; el conjunto  $E_0$  representa el conjunto de enlaces de una Red Superpuesta y se define como  $E_0 = (i_0, j_0), \forall i_0 = s \vee \forall i_0 \in T$ . Se cumple que  $e_{st} = E_s \cup E_r \cup E_t$  y  $e_{t't} = E_r \cup E_r \cup E_t$ .

## 4.3 Funciones objetivo para una red multicasting superpuesta

Con el fin de solucionar un Problema Multi-Objetivo (MOP), en el contexto de MON, es necesario definir una variable que indique cuál es la ruta utilizada por un flujo para alcanzar los nodos destino. Esta variable nos permitirá saber si un enlace, en particular y de la forma  $(i_0, j_0) \in E_0$  es utilizado o no. Para efectos de esta investigación se debe definir a la variable de la siguiente forma:

Sea  $X_{i_0, j_0}^{tf} = \begin{cases} 1, & \text{si el enlace } (i_0, j_0) \text{ es usado para transportar el flujo } f \text{ al destino } t \\ 0, & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$

**Figura. 25 Variable de ruta para alcanzar nodos**

La variable que indica la ruta utilizada para un flujo  $f$  con el fin de alcanzar los destinos.

De igual forma se hace necesario definir  $f \in F$  como cualquier flujo Multicast, donde  $F$  es el conjunto de flujos que salen de una fuente a un conjunto de nodos destino  $T_f$ . Este modelo considera el caso de múltiples flujos que salen de una fuente hacia un conjunto de destinos  $T$  donde se optimizan dos funciones: el REE y la MUE.

Teniendo en cuenta lo anterior, la función objetivo en Definición 1 plantea minimizar el REE para todo el árbol:

Definición 1. Retardo total del árbol extremo a extremo (REE).

$$\min \sum_{f \in F} \sum_{t \in T_f} \sum_{(i_0, j_0) \in E_0} d_{i_0, j_0} \cdot X_{i_0, j_0}^{tF}$$

**Figura. 26 REE**

Donde se cumple que:

$$t \in T_f, T = \bigcup_{f \in F} T_f$$

### Figura. 27 Igualdad a cumplir la REE

Teniendo en cuenta lo anterior, la función objetivo se plantea minimizar la MUE a través de todos los enlaces overlay.

Definición 2. Máxima utilización de los enlaces (MUE).

$$\alpha = \max\{\alpha_{i_0j_0}\} (i_0, j_0) \text{ donde } \alpha_{i_0j_0} \\ = \frac{\sum_{f \in F} B_{wf} \cdot \max_{(t \in T_f)} [X_{i_0j_0}^{tf}]}{C_{i_0j_0}}$$

### Figura. 28 Formula para maximizar la utilización de los enlaces

#### 4.3.1 Restricciones

Un MOP usualmente considera una o varias restricciones. En este modelo se han considerado las siguientes:

1. De conservación de flujo

(a) Para el nodo fuente de la red superpuesta donde  $s = i_0 \in N_0, \forall f \in F$  y

$\forall t \in T_f$

$$\sum_{(i_0j_0) \in E_0} X_{i_0j_0}^{tf} = 1$$

**Figura. 29 Nodo fuente de Red Superpuesta**

(b) Para todos los nodos destino donde  $j_0 \in N_0 - \{s\}$ ,  $\forall f \in F$  y  $\forall t \in T_f$

$$\sum_{i_0 \in N} X_{i_0 j_0}^{tf} = 1$$

**Figura. 30 Nodos destino**

(c) Para todos los nodos intermedios donde  $i_0$

$$\sum_{(i_0 j_0) \in E_0} X_{i_0 j_0}^{tf} - \sum_{(i_0 j_0) \in E_0} X_{i_0 j_0}^{tf} = 0$$

**Figura. 31 Nodo Intermedio**

2.De capacidad del enlace

(a) Para todo  $(i_0, j_0) \in E_0$  se cumple que

$$\sum_{f \in F} B_{wf} * \max_{t \in T_f} [X_{i_0 j_0}^{tf}] \leq C_{i_0 j_0}$$

**Figura. 32 Capacidad de enlace**

#### 4.4. Funciones objetivo en nivel IP/MPLS en la red del ISP

Anteriormente se determinó el modelo y funciones objetivos para el nivel de aplicación, es decir, para la topología virtual que se sobrepone a la red física. De igual forma que se realizó para el modelo de MON, en el apartado anterior, se hace necesario para este caso definir una variable que indique cual es la ruta en el nivel IP/MPLS a seguir por un flujo desde un nodo fuente a un conjunto de nodos destino. Para efectos de este artículo se ha definido la variable de la siguiente forma:

$$\text{Sea } Y_{i,j}^{tf} = \begin{cases} 1, & \text{si el enlace físico } (i,j) \text{ es usado para transportar el flujo } f \text{ al nodo } t \\ 0, & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

**Figura. 33 Variable para ruta IP/MPLS**

La variable que indica la ruta que es utilizada por un flujo  $f$  para alcanzar su destino.

Definición 3. Retardo total del árbol extremo a extremo (REE)

$$\min \sum_{f \in F} \sum_{t \in T_f} \sum_{(i,j) \in E} d_{i,j} \cdot Y_{i,j}^{tf}$$

**Figura. 34 Retardo de extremo a extremo**

Donde se cumple que:

$$t \in T_f \text{ y } T = \bigcup_{f \in F} T_f$$

**Figura. 35 Condición para medir el retardo de extremo a extremo**

Definición 4. Máxima utilización de los enlaces (MUE):

$$\alpha = \min(\alpha) \max\{\alpha_{i,j}\}_{(i,j) \in E}, \text{ donde } \alpha_{i,j} = \frac{\sum_{f \in F} \sum_{t \in T_f} B_{wf} \cdot [Y_{ij}^{tf}]_{t \in T_f}}{C'_{i,f}}$$

**Figura. 36 Formula para maximizar la utilización de enlaces (MUE)**

#### 4.4.1 Restricciones

Como se mencionó anteriormente, un MOP considera ciertas restricciones. A continuación se presentan las restricciones asociadas al nivel 3 que permitirán identificar cuáles enlaces IP/MPLS pertenecen a un OL en la red Multicast superpuesta:

1. De conservación de flujo

(a) Para el origen

$$P_s = \sum_{j \in N} Y_{s,j}^{tf} = 1; \forall t \in T_f \text{ y } \forall f \in F$$

**Figura. 37 Restricción para identificar enlaces IP/MPLS**

(b) Para todos los nodos intermedios

$$P_i = \sum_{r_i, r_j \in E} Y_{r_i r_j}^{tf} - \sum_{r_j \in E} Y_{r_j r_j}^{tf} = 0; \forall t \in T_f \text{ y } \forall f \in F$$

Ó

$$P_i = \sum_{r_j \in N} Y_{t r_j}^{tf} - \sum_{r_j \in N} Y_{r_j t}^{tf} = 0; \forall t \in T_f, t' \in T_f \text{ y } t' \neq t$$

**Figura. 38 Nodos intermedios en IP/MPLS**

(c) Para los destinos

$$P_d = \sum_{r_i \in N} Y_{r_i t}^{tf} = 1; \forall t \in T_f \text{ y } \forall f \in F$$

**Figura. 39 Destino IP/MPLS**

2. De capacidad del enlace

$$\sum_{f \in F} Bw_f \cdot \max[Y_{ij}^{tf}]_{t \in T_f} \leq C''_{ij}$$

**Figura. 40 Capacidad de enlace IP/MPLS**

Teniendo en cuenta lo anterior se tiene:

$$P_o = P_s \cup P_i \cup P_d$$

### Figura. 41 Origen del camino IP/MPLS

Donde  $X_{st}^{tf}$  está definida por el conjunto de  $Y_{ij}^{tf}$  siendo el origen del caminos IP/MPLS y el destino  $t$ .

## 4.5 Relación red multicasts superpuesta nivel IP/MPLS

Existe una relación entre el árbol construido para la distribución de los datos Multicast en la ON y la topología de la red física. A continuación se plantea la relación existente entre la MON y el nivel 3 IP/MPLS.

1. Relación en términos de capacidad del enlace

$$C_{i_0, j_0} = \min_{(i,j) \in P_0} \{C'_{ij}\}$$

### Figura. 42 Relación capacidad de enlace

2. Relación en términos de retardo de un enlace

$$d_{i_0, j_0} = \sum_{(i,j) \in P_0} d'_{ij} \cdot Y_{ij}^{tf}, \forall t \in T_f$$

### Figura. 43 Relación retardo en un enlace

## 4.6 Algoritmos evolutivos multi-objetivos

Tradicionalmente, los problemas multi-objetivos son transformados a problemas mono-objetivos para, posteriormente, utilizar algoritmos bien conocidos

para resolver el problema. Este tipo de soluciones abundan en la literatura d [19], son muy populares y atractivas pero presentan ciertas desventajas. Para solucionar el problema mencionado en la sección anterior, en este trabajo se han seleccionado los MOEA por las grandes ventajas que tienen. Por ejemplo, la capacidad para optimizar múltiples objetivos (conflictivos) de manera simultánea y la posibilidad de encontrar múltiples soluciones en una única ejecución del algoritmo. La comunidad académica ha realizado enormes esfuerzos investigativos para la aplicación de Algoritmos Evolutivos (AE) a MOP y como consecuencia se encuentran muchas implementaciones de MOEA [13, 14]. En esta sección se describen algunas características de los MOEA como una clase de algoritmos evolutivos.

#### **4.7 Descripción de algoritmos evolutivos multi- objetivos**

Los MOEA, al igual que los AE [24], utilizan los conceptos de la genética; por esta razón se definen individuos que se representan a través de cromosomas. Los cromosomas se componen de alelos que son codificados utilizando diferentes tipos de datos acorde al problema. Tradicionalmente los MOEA definen una operación de selección que permite incrementar el número de soluciones buenas en la población. De igual forma, en estos algoritmos dos operadores son definidos con el fin de alterar el valor de los alelos de los cromosomas: mutación y crossover. La mutación se da por la modificación de un alelo en el cromosoma mientras que el crossover se presenta por el intercambio de valores de alelos entre diferentes cromosomas. En [1] se ofrece una discusión completa acerca de los MOEA y en [11] proporciona un

resumen de las diferentes áreas de trabajo de estos algoritmos profundizando en su aplicabilidad a problemas multi-objetivo.

En este trabajo, el MOEA seleccionado fue el non-dominated Sorting Genetic Algorithms II (NSGA-II) propuesto por Deb et al [1] NSGA-II es una versión mejorada de NSGA que disminuye el tiempo computacional. Además en [14], se resalta que este algoritmo tiene un buen desempeño cuando se compara con otras propuestas.

#### **4.8 Resultados y análisis experimentales**

Para la realización del estudio se analizó en la red de un ISP en la cual se pudo realizar una interpretación con un diseño en modelo de Grafo Figura 45a, además se representa la misma red bajo los términos de Multicast Figura 45b,

Como referencia para el cálculo del retardo de extremo a extremo y de la Máxima utilización de los enlaces se toma del artículo de redalyc<sup>1</sup>, bajo las formulas establecidas y sus restricciones se procede a encontrar los valores respectivos.

Los nodos que desean recibir datagramas Multicast deben informar a los routers vecinos que están interesados en recibir datagramas dirigidos a ciertos grupos Multicast. De este modo, cada nodo se convierte en miembro de uno o más grupos Multicast y recibe los datagramas dirigidos a dicho grupo.

---

<sup>1</sup> <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83540705> (Artículo sobre: Optimización multi-objetivo para enrutamiento Multicast)

El protocolo mediante el que los nodos comunican para la transmisión de la información a los routers es el IGMP que está implementado en el software de los routers MIKROTIK bajo el sistema operativo Windows en un servidor HP ya que este protocolo también es utilizado para comprobar periódicamente si los miembros de los grupos conocidos están todavía activos. En caso de que exista más de un router Multicast en una subred (LAN), uno de ellos es elegido para efectuar las consultas y asumir la responsabilidad de cuidar del estado de pertenencia de los grupos Multicast con miembros activos en su subred. Basándose en la información obtenida de IGMP el router puede decidir si reenviar los mensajes Multicast que recibe a sus subredes o no. Después de recibir un datagrama Multicast enviado a un determinado grupo Multicast, el router comprobará si existe al menos un miembro del grupo particular en su subred. Si ese es el caso, el router reenviará el mensaje a la subred; en caso contrario descartará el datagrama. Obviamente, esto será la última fase del envío de un datagrama Multicast.

Se pretende comparar la situación que se propone en el artículo de redalyc<sup>1</sup>, que es para una red extensa en la cual funcionan los factores de cálculo, mi intención de fondo es verificar si en los mismos términos es factible aplicar en una red pequeña en el medio tecnológico del Cantón Cañar.

Los valores de tiempo de transmisión en los enlaces se obtuvieron utilizando el software Colasoft Capsa 7, los resultados se detallarán más adelante en cada uno de los cálculos obtenidos aplicados con dichos resultados tanto a nivel IP MPLS como para Multicast, además se elabora el algoritmo para el enrutamiento en el software

MATLAB, para demostrar si es efectivo la utilización en redes pequeñas con posible crecimiento de enlaces en las redes del ISP o por lo contrario descartar la posibilidad de una posible implementación al demostrar que es factible con una comparación de los resultados obtenidos.

Para la implementación se necesita que la memoria necesaria en los routers sea menor, del orden del número de grupos, los caminos desde el emisor al receptor no son óptimos en todos los casos por la alta mutación en la transmisión, por lo que pueden introducirse retrasos adicionales, generalmente aquellos que se producen desde el emisor a la raíz del árbol en este caso desde el servidor web se pueden producirse transferencias duplicadas por la duplicación de un camino desde el emisor a la raíz y de la raíz a los receptores por la cercanía de los enlaces ya por ser un ISP pequeño.

De acuerdo con estas características resulta apropiado para situaciones en las que hay muchos emisores con poco ancho de banda y entornos en los que la mayor parte del árbol compartido es idéntico al árbol de distribución con raíz en el emisor.

El segundo criterio de clasificación tiene relación con la Política de Distribución de Datos, atendiendo al modo en que emisores y receptores se encuentran como la difusión de los paquetes iniciales desde cada emisor y podar los segmentos sin ningún miembro.

En este caso hay mucho tráfico inútil cuando hay pocos receptores en un área muy amplia, el motivo es que los primeros mensajes se distribuyen por toda el área

hasta saber en qué segmentos hay nodos pertenecientes al grupo y en cuáles no y por lo tanto deben ser podados del árbol.

El algoritmo RPB puede ser mejorado fácilmente para evitar duplicaciones de datagramas teniendo en cuenta el hecho de que si el router local no está en el camino más corto entre el emisor y un vecino, el datagrama será descartado en el router vecino. Por lo tanto, si este es el caso, no sería necesario reenviar el datagrama hacia dicho router vecino. Esta información puede obtenerse con facilidad si se está utilizando un protocolo de routing de estado de enlace. Si se emplea un protocolo vector-distancia, un vecino puede bien advertir su próximo salto para el emisor como parte de los mensajes de actualización de rutas o hacer "poison-reverse" de la ruta.

Este algoritmo es fácil de implementar. Además, dado que los datagramas se envían a través del camino más corto desde el emisor a los nodos de destino, resulta muy rápido. El algoritmo RPB no necesita ningún mecanismo para detener el proceso de envío. Los routers no necesitan tener conocimiento del árbol de expansión completo y puesto que los datagramas son enviados a través de árboles de expansión diferentes (y no un único árbol) el tráfico se distribuye entre varios árboles, aprovechando mejor la red. Sin embargo, el algoritmo RPB adolece de una deficiencia grave: no tiene en cuenta la información acerca de la pertenencia a grupos Multicast para construir los árboles de expansión.

El NSGA2 no utiliza una memoria externa como los algoritmos anteriores (SPEA y SPEA2). El mecanismo elitista consiste en elegir los mejores individuos de la unión de las poblaciones padre e hijo que posee en la red del ISP.

La capa de Red proporciona la dirección lógica que permite que dos sistemas diferentes que se encuentran en redes lógicas diferentes determinen una posible ruta para comunicarse.

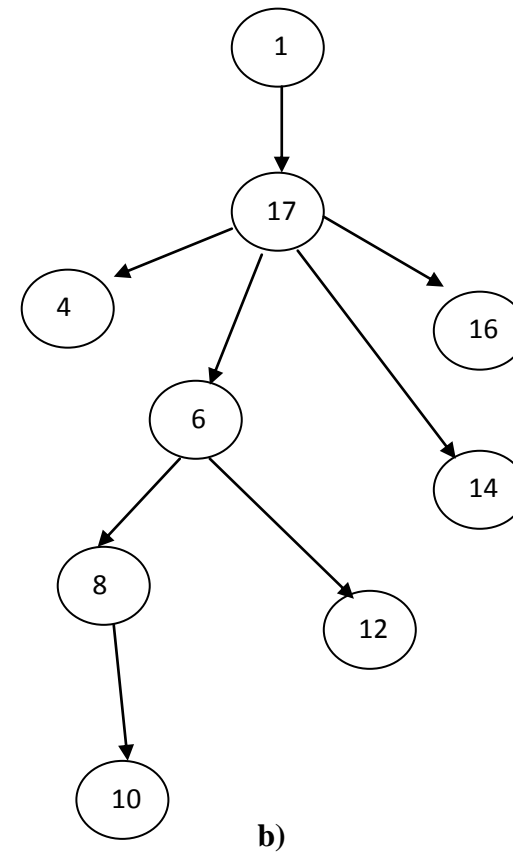
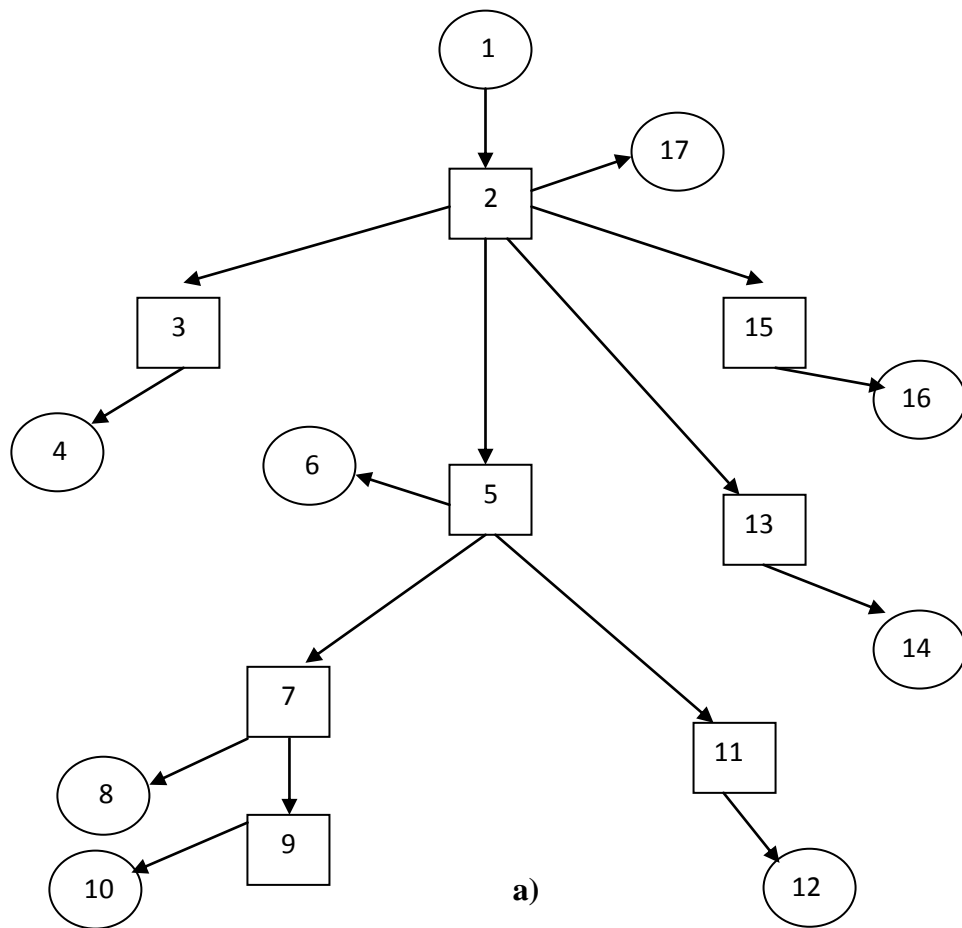
En la capa de red es donde residen los algoritmos que implementan los protocolos de enrutamiento. En la mayoría de las subredes, los paquetes requerirán varias escalas para completar el viaje. La excepción serían las redes de difusión, pero aún aquí es importante el enrutamiento, ya que el origen y el destino pueden no estar en la misma red.

El algoritmo de enrutamiento es la parte del software de la capa de red encargada de decidir la línea de salida por la que se transmitirá un paquete de entrada. Si la subred usa datagramas entonces esta decisión debe hacerse cada vez que llega un paquete de datos de entrada, debido a que la mejor ruta podría haber cambiado desde la última vez.

La tecnología Multicast es una necesidad hoy en día más si uno hará videoconferencia. Esta tecnología sirve cuando se tiene información (muchas veces información) que debe ser transmitida a varios ordenadores (pero no a todos) en una Internet, entonces la respuesta es Multicast.

Una situación frecuente donde se utiliza es en la distribución de audio y vídeo en tiempo real a un conjunto de ordenadores que se han unido a una conferencia distribuida Multicast es, en gran medida, como la televisión o la radio, es decir, sólo aquellos que han sintonizado sus receptores (al seleccionar una frecuencia particular que les interesa) reciben la información. Dicho de otra forma: escuchar los canales que interesan, pero no otros.



A continuación se representa la red física y la red multicas bajo los parámetros de diseño de la red del ISP del Cantón Cañar:





**Figura. 44 a) Grafo que representa la red física propuesta b) Grafo que representa la Red Multicast Superpuesta**

#### 4.9 Captura de datos de tiempos de respuestas en cada uno de los enlaces



En ISP cuenta con 80Mg de ancho de banda, routers Mikrotik y una zona geográfica relativamente pequeña con unos 100 clientes que en su mayoría no son internautas potenciales como medianas empresas.

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 08:3E:8E:2D:9F:9E	 33:33:00:00:00:0C	00:00:04



**Figura. 45 Duración en el primer enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 90:94:E4:09:EF:25	 33:33:FF:1C:92:12	00:00:01



**Figura. 46 Duración en el segundo enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 90:94:E4:09:EF:25	 33:33:FF:1C:AF:75	00:00:01



**Figura. 47 Duración en el tercer enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 90:94:E4:09:EF:25	 50:32:75:40:65:C7	00:00:10



**Figura. 48 Duración en el cuarto enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 90:94:E4:09:EF:25	 74:E5:43:24:0A:36	00:00:15



**Figura. 49 Duración en el quinto enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 08:3E:8E:0E:38:82	 33:33:00:01:00:03	00:00:14



**Figura. 50 Duración en el sexto enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 08:3E:8E:0E:38:82	 33:33:00:00:00:02	00:00:06



**Figura. 51 Duración en el séptimo enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 08:3E:8E:0E:38:82	 33:33:FF:5B:7E:FA	00:00:11



**Figura. 52 Duración en el octavo enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 A4:17:31:0E:7F:CC	 01:00:5E:7F:FF:FA	00:00:07



**Figura. 53 Duración en el noveno enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 A4:17:31:0E:7F:CC	 33:33:00:00:00:0C	00:00:07



**Figura. 54 Duración en el décimo enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 A4:DB:30:DD:E7:A0	 01:00:5E:7F:FF:FA	00:00:08



**Figura. 55 Duración en el décimo primer enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 A4:DB:30:DD:E7:A0	 33:33:00:00:00:0C	00:00:08



**Figura. 56 Duración en el décimo segundo enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 CC:52:AF:C4:97:8B	 01:00:5E:7F:FF:FA	00:00:09



**Figura. 57 Duración en el décimo tercer enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 20:7C:8F:54:48:21	 33:33:00:00:00:0C	00:00:04

**Figura. 58 Duración en el décimo cuarto enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 CC:52:AF:8D:D0:66	 FF:FF:FF:FF:FF:FF	00:00:01

**Figura. 59 Duración en el décimo quinto enlace**

Node 1 ->	<- Node 2	Duration
 CC:52:AF:C4:97:8B	 01:00:5E:7F:FF:FA	00:00:09

**Figura. 60 Duración en el décimo sexto enlace**

Los datos obtenidos anteriormente servirán para encontrar los valores de Retardo Extremo a Extremo y la Máxima Utilización de Enlaces pero solo de una ramificación del árbol para simular un grupo de usuarios Multicast.

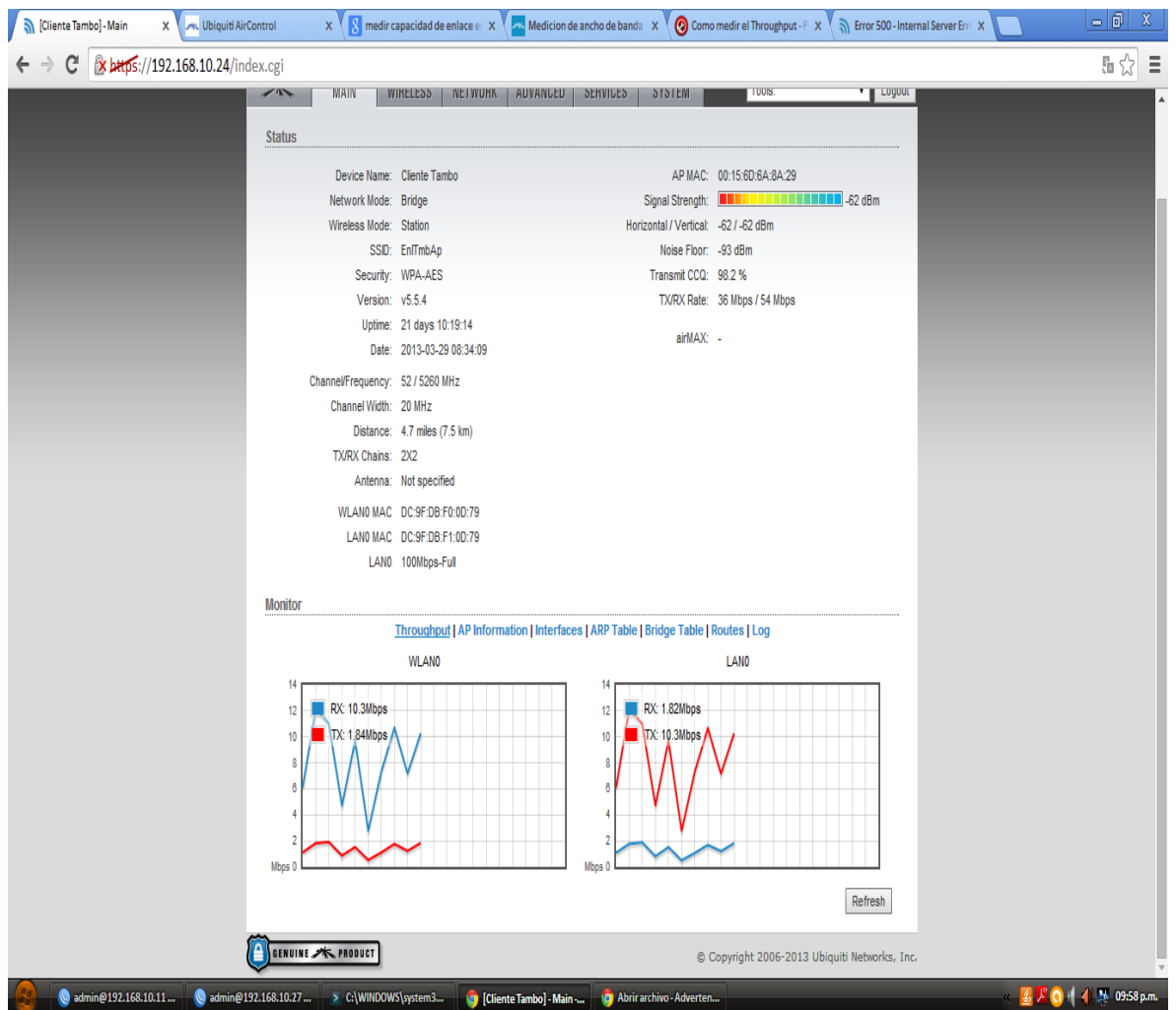
Los valores de duración son tomados en el tramo de un enlace a otro en la ramificación del árbol presentado como modelo de grafo.

#### 4.10 Captura de datos del flujo que sale de la fuente a cada uno de los nodos y capacidad máxima de los enlaces establecido por el ISP.

Inicialmente un flujo de datos parte del inicio del árbol hacia la ramificación estudiada para la toma de datos en cada uno de los avances de las tramas.

Traffic	Bytes	Packets	Utilization	bps
Total	497.076 KB	2,091	0.066%	66.344 Kbps

**Figura. 61** Flujo enviado desde la fuente



**Figura. 62 Capacidad promedio máxima de los enlaces la red del ISP**

La Figura. 62 Muestra la capacidad máxima de los enlaces en toda la red al momento de realizar la transmisión Multicast en la LAN la transmisión es alta en comparación con el retardo, en caso contrario en la WLAN la transmisión es baja a comparación con la transmisión que es menor, por lo que significa que internamente la red soporta una alta transmisión de datos Multicast sin ningún problema.

## 4.11 CÁLCULOS A NIVEL IP MPLS

### 4.11.1 Retardo de Extremo a Extremo a nivel IP MPLS en la red del ISP

Una vez obtenido los valores se procede al reemplazo en la fórmula de la Figura 34a para obtener el Retarde de Extremo a Extremo en la red del ISP, el cual se detalla a continuación:

La expresión matemática es la siguiente:

$$d_{12} * Y_{1,2}^{21} + d_{217} * Y_{217}^{171} + d_{215} * Y_{215}^{151} + d_{213} * Y_{213}^{131} + d_{25} * Y_{25}^{51} + d_{1516} * Y_{1516}^{161} =$$

Los valores de  $d_{i,i}$  son reemplazados con los valores obtenidos anteriormente y los valores  $Y_{i,i}^{i,i}$  son reemplazados con el valor de 1 ya que se está transmitiendo o enviando paquetes por ende tomo el valor de 1, reemplazando queda:

$$(4*1)+(1*1)+(1*1)+(10*1)+(15*1)+(9*1)= 40s$$

Como el retardo en la red física se representa en milisegundos transformamos a milisegundos el valor obtenido, por lo tanto el Retardo de Extremo a Extremo en la red del ISP es: 40000ms

### 4.11.2 Máxima utilización de Enlaces a nivel IP MPLS en la red del ISP

Tomando en consideración los datos obtenidos en el apartado 4.10 se procede al reemplazo de los datos en la fórmula de la capacidad de enlace en IP MPLS de la Figura 40, debido a que Multicast quiere alcanzar un destino pero este destino está en

un mismo enlace únicamente envía una copia a través del enlace, como en la red del ISP que se muestra en la Figura 44a la mayoría de la red esta enlazada al enlace 2 se toma como muestra el tramo origen 1 al enlace 10.

$$\frac{66344 * 1}{10485760} + \frac{66344 * 1}{10485760} + \frac{66344 * 1}{10485760} + \frac{66344 * 1}{10485760} + \frac{66344 * 1}{10485760} =$$

El resultado 0,03163528bps representa la capacidad total de los enlaces al momento de transmitir los paquetes que se envió desde el origen.

## 4.12 CALCULO A NIVEL DE LA RED SUPERPUESTA

### 4.12.1 Retardo de Extremo a Extremo en la Red Superpuesta Multicast del ISP

Una vez obtenido los valores se procede al reemplazo en la fórmula de la Figura 34b para obtener el Retarde de Extremo a Extremo en la red del ISP, el cual se detalla a continuación:

La expresión matemática es la siguiente:

$$d_{1,17} * X_{1,17}^{17,1} + d_{17,16} * X_{17,16}^{16,1} =$$

Los valores de  $d_{ii}$  son reemplazados con los valores obtenidos anteriormente en el punto 4.10 y los valores  $Y_{ii}^{ii}$  son reemplazados con el valor de 1 ya que se está transmitiendo o enviando paquetes por ende tomo el valor de 1, reemplazando queda:

$$(5*1)+(14*1)= 19s$$

Como el retardo en la red superpuesta se representa en milisegundos transformamos a milisegundos el valor obtenido, por lo tanto el Retardo de Extremo a Extremo en la red del ISP es: 19000ms

#### 4.12.2 Máxima utilización de enlaces en la Red Superpuesta Multicast del ISP

Tomando en consideración los datos obtenidos en el apartado 4.10 se procede al reemplazo de los datos en la fórmula de la capacidad de enlace en IP MPLS de la Figura 40, debido a que Multicast quiere alcanzar un destino pero este destino está en un mismo enlace únicamente envía una copia a través del enlace, como en la red del ISP que se muestra en la Figura 44b la mayoría de la red esta enlazada al enlace 2 se toma como muestra el tramo origen 1 al enlace 10.

$$\frac{66344 * 1}{10485760} + \frac{66344 * 1}{10485760} + \frac{66344 * 1}{10485760} + \frac{66344 * 1}{10485760} + \frac{66344 * 1}{10485760} + \frac{66344 * 1}{10485760} =$$

El resultado 0,03796234bps representa la capacidad total de los enlaces al momento de transmitir los paquetes que se envió desde el origen.

#### 4.13 Algoritmo evolutivo

Para lograr solucionar el problema que encontramos anteriormente en los resultados de capacidad de enlace y retardo de extremo a extremo que presenta la red del ISP procedo a implementar en el Software Matlab un algoritmo para encontrar la solución o posibles soluciones de optimización de multi objetivos para cual utilizare las MOEA que utilizan el concepto de genética ya que definen individuos que se

representan a través de cromosomas. Los cromosomas se componen de alelos<sup>2</sup> que son codificados que son codificados utilizando diferentes tipos de datos acorde al problema encontrados en el ISP.

El lograr la codificación es necesario representar la red superpuesta Multicast como un cromosoma, se representa computacionalmente para el software Matlab como un vector, la longitud total del cromosoma estará determinada por el número de nodos de la red del ISP. Para lograr nuevos puntos de en el espacio de búsqueda óptimo es la mutación para cada gen que pertenece al cromosoma.

Al momento de generar el algoritmo en el software Matlab debo solicitar al usuario el Número de Generaciones que necesita, Tamaño del individuo dentro de la red, Tamaño de la población en la red, Probabilidad de cruce (en escala de 1 a 16), Probabilidad de mutación (en escala de 1 a 9) por el número de enlaces posibles, Se genera una población aleatoria de unos y ceros, además se podrá obtener el valor de x este puede ser entero o decimal.

A continuación expongo el Código en Matlab para la generación de posibles transmisiones en la red el cual es el siguiente:

```
gen=input('Ingrese el número de generaciones que requiere manejar: ');  
n=input('Ingrese el tamaño de los individuos: ');  
pob=input('Ingrese el tamaño de la población que posee el ISP: ');
```

---

<sup>2</sup> Alelo es cada una de las formas alternativas que puede tener un mismo gen que se diferencian en su secuencia y que se puede manifestar en modificaciones concretas de la función de ese gen.

```

pc_2=input('Ingrese la probabilidad de cruce de paquetes en escala de 1 a 16: (n*0.1)');
pc=pc_2*0.1;
probMut_2=input ('Ingrese la probabilidad de mutación en escala de 1 a 7: (n*0.01) ');
ProbMut=probMut_2*0.01;
A= [];
for i=1:pob
    for j=1: n
        A (i, j) =round (rand);
    end
end
hold on;
for g=1: gen
    fprintf('Generación %d\n',g);
    fprintf('Poblacion. Inicial\n');disp(A);
    X=[];
    for i=1:pob
        X(i)=bin2dec(num2str(A(i,:)));
    end
    fprintf ('X= ');disp(X);
    fX=[]; sumatoria=0;
    for i=1: pob
        fX (i) =X (i) ^2;
        sumatoria=sumatoria+fX (i);
    end
    fprintf('fX= ');disp(fX);
    if g==1
        plot(X,fX,'+r');
    else

```

```

    plot(X,fX,'og');
end
probSel=[];
for i=1:pob
    probSel(i)=fX(i)/sumatoria;
end
fprintf('Probabilidad de Selección= ');disp(probSel);
probAcum=[]; probAcum(1)=probSel(1);
for i=2:pob
    probAcum(i)=probAcum(i-1)+probSel(i);
end
fprintf('Probilidad Acumulada= ');disp(probAcum);
R=[];
for i=1:pob
    R(i)=rand;
end
fprintf('R= ');disp(R);
pobInt=[];
for i=1:pob
    for j=1:pob
        if probAcum(j)>R(i)
            pobInt(i,:)=A(j,:);
            break;
        end
    end
end
fprintf('Población Intermedia de la Red \n');disp(pobInt);
pobCruz=[];

```

```

if (mod(pob,2)~=0)
    pobCruz(pob,:)=pobInt(pob,:);
end
for i=1:2:pob
    probCruz=rand;
    fprintf('Probabilidad de Cruze=%f -- %f\n',probCruz,pc);
    if(probCruz<pc)
        ptoC=round(rand*n);
        while ptoC>n-1 || ptoC<1
            ptoC=round(rand*n);
        end
        fprintf('P.C.=%d\n',ptoC);
        for j=1:n
            if j>ptoC
                pobCruz(i,j)=pobInt(i+1,j);
                pobCruz(i+1,j)=pobInt(i,j);
            else
                pobCruz(i,j)=pobInt(i,j);
                pobCruz(i+1,j)=pobInt(i+1,j);
            end
        end
    else
        pobCruz(i,:)=pobInt(i,:);
        pobCruz(i+1,:)=pobInt(i+1,:);
    end
end
if (mod(pob,2)~=0)
    if i==pob-2
        break;
    end
end

```

```

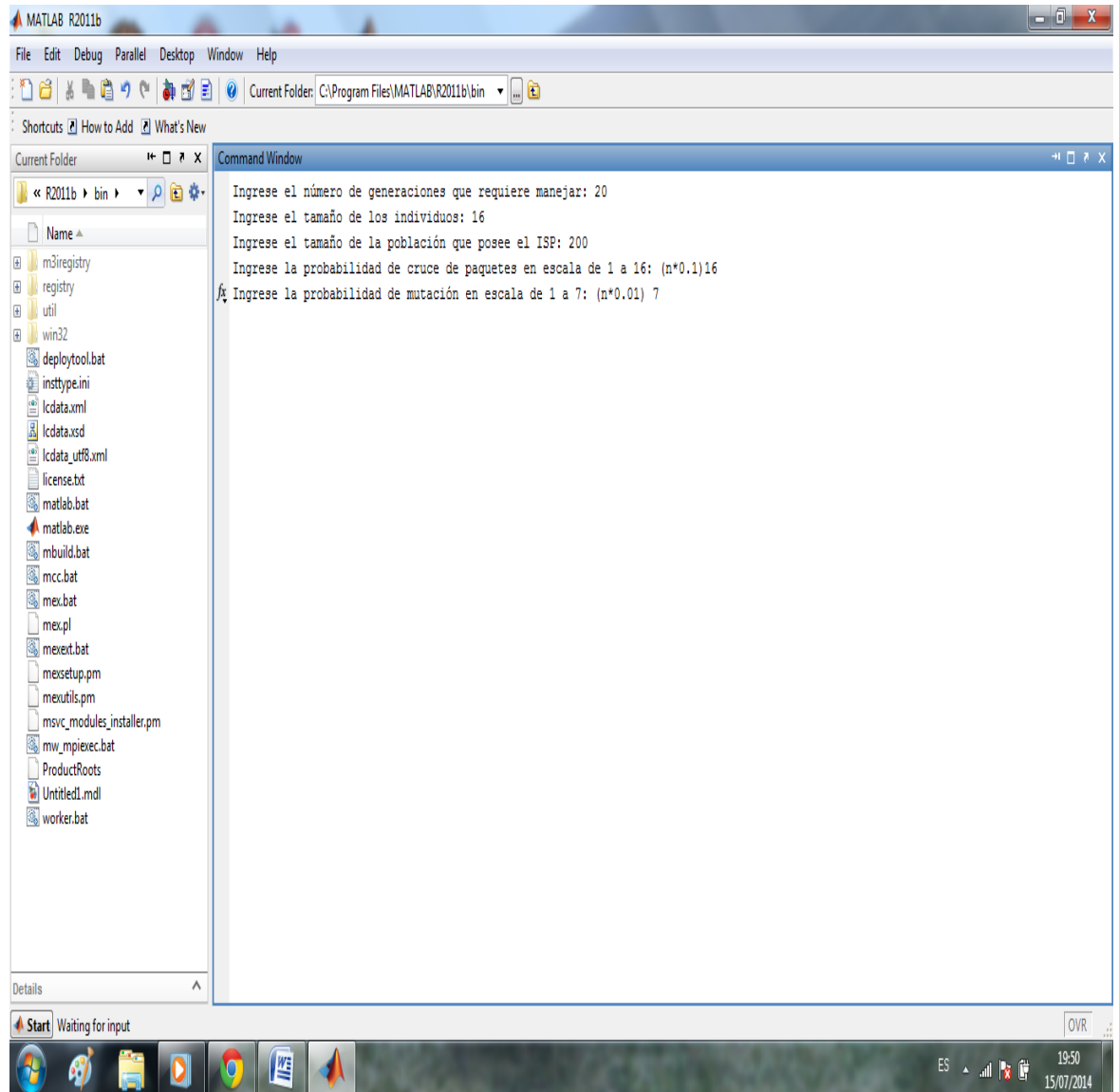
        end
    end
end

fprintf('Población Cruza\n');disp(pobCruz);
probMut=0.06;
pobMut=[];
for i=1:pob
    for j=1:n
        mutacion=rand;
        if(mutacion<probMut)
            fprintf('Si hay mutacion en la iter i=%d,j=%d; mutacion fue=%f\n',i,j,mutacion);
            pobMut(i,j)=(pobCruz(i,j)-1)^2;
        else
            pobMut(i,j)=pobCruz(i,j);
        end
    end
end
fprintf('Población Mutada\n');disp(pobMut);
A=pobMut;
X=[];
for i=1:pob
    X(i)=bin2dec(num2str(A(i,:)));
end
fprintf('X= ');disp(X);
fX=[]; sumatoria=0;
for i=1:pob
    fX(i)=X(i)^2;
    sumatoria=sumatoria+fX(i);

```

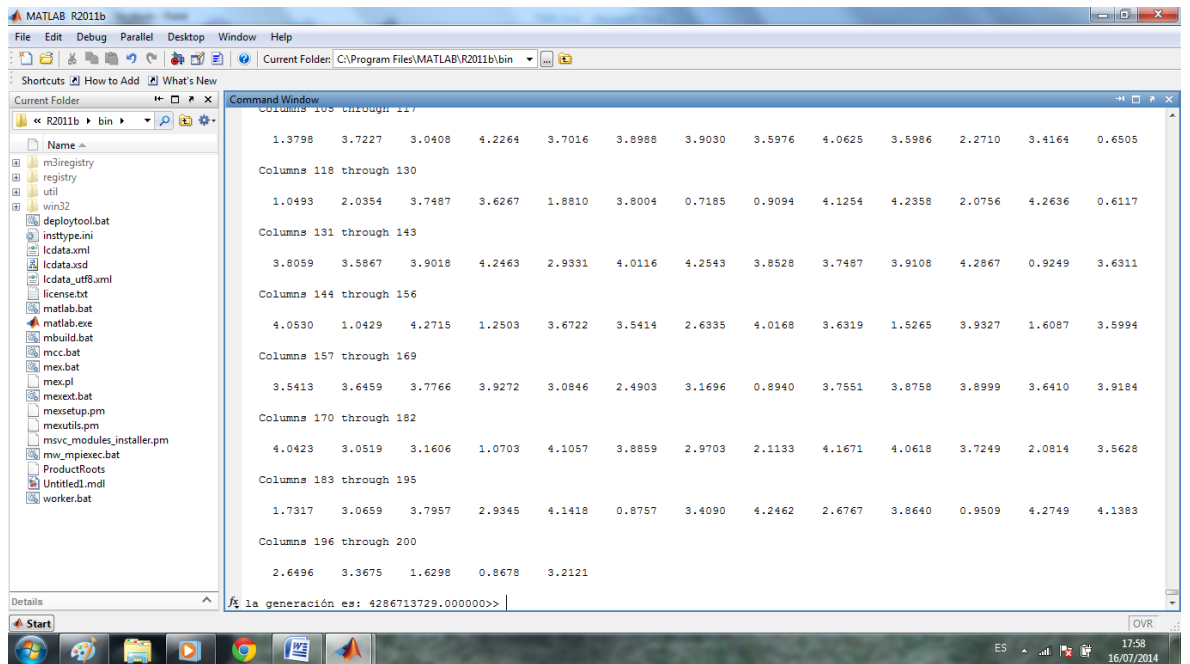
```
end  
fprintf('fX= ');disp(fX);  
end  
hold off;  
mayor=0;  
for i=1:pob  
    if fX(i)>=mayor  
        mayor=fX(i);  
    end  
end  
fprintf('la generación es: %f,mayor); [22]
```

## Gráficos de resultados



**Figura. 63 Grafica de ingreso de datos**

Como inicio se debe ingresar los datos con los que se va a trabajar basándonos en datos obtenidos anteriormente y datos que proporciona el ISP



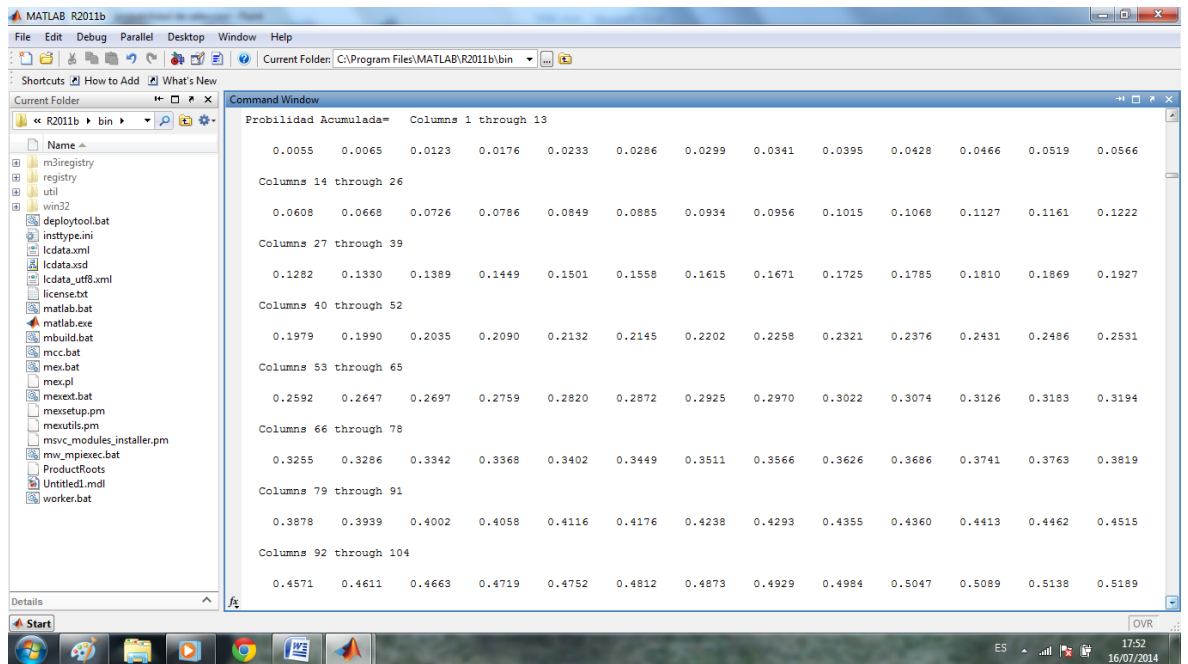
**Figura. 64** Gráfica la generación de enlaces

Demostración de las mutaciones obtenidas al momento de la simulación en MATLAB con los datos ingresados lo cual indica que existe comunicación y reenvío de paquetes en la trama



**Figura. 66 Gráfica de Probabilidad de Selección**

La selección es de una manera probabilística ya que el algoritmo detecta posibles candidatos de retransmisión



**Figura. 67 Gráfica de Probabilidad Acumulada**

La acumulación de probabilidades permite al algoritmo seleccionar el enlace más óptimo para transmitir o retransmitir

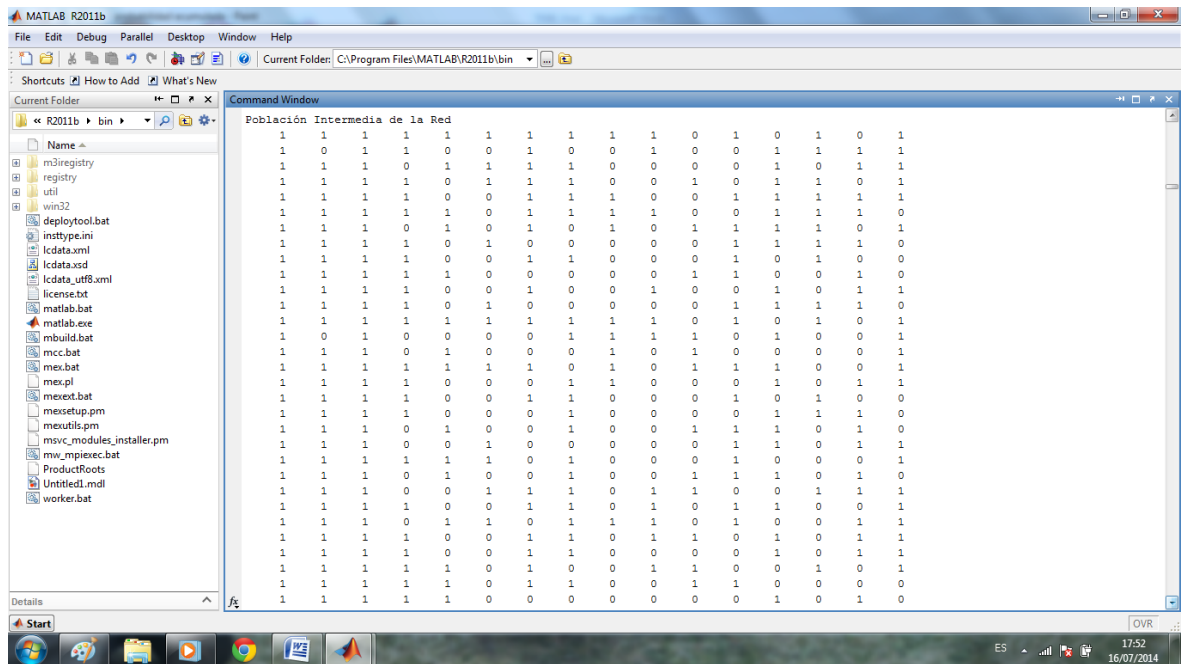
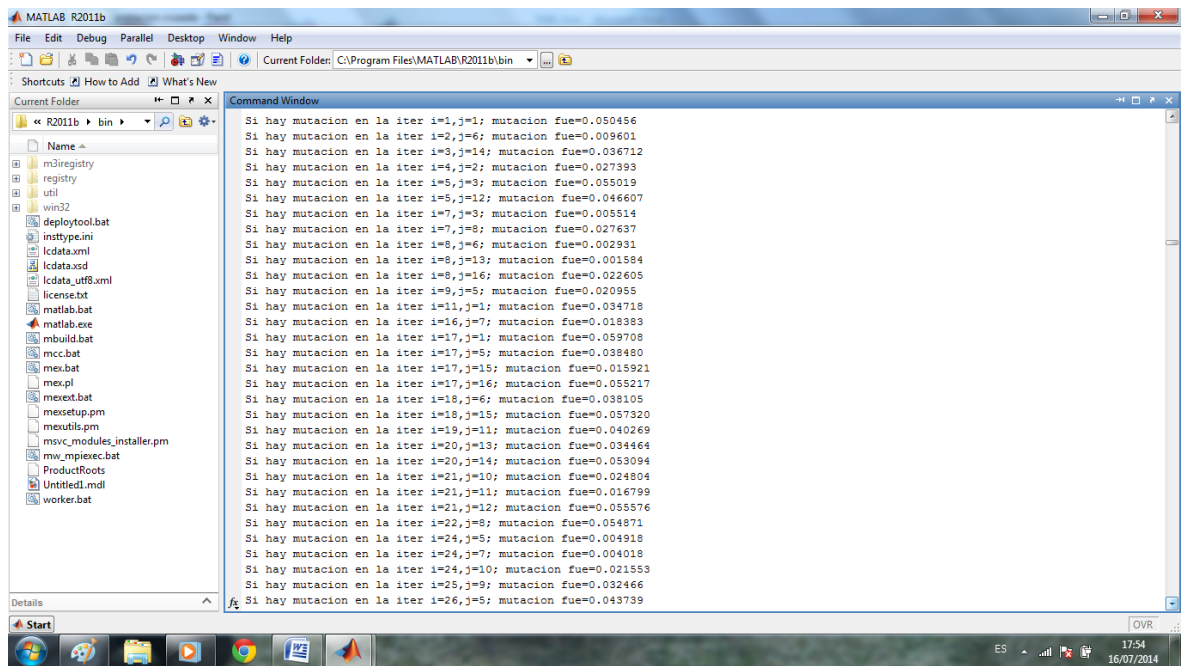


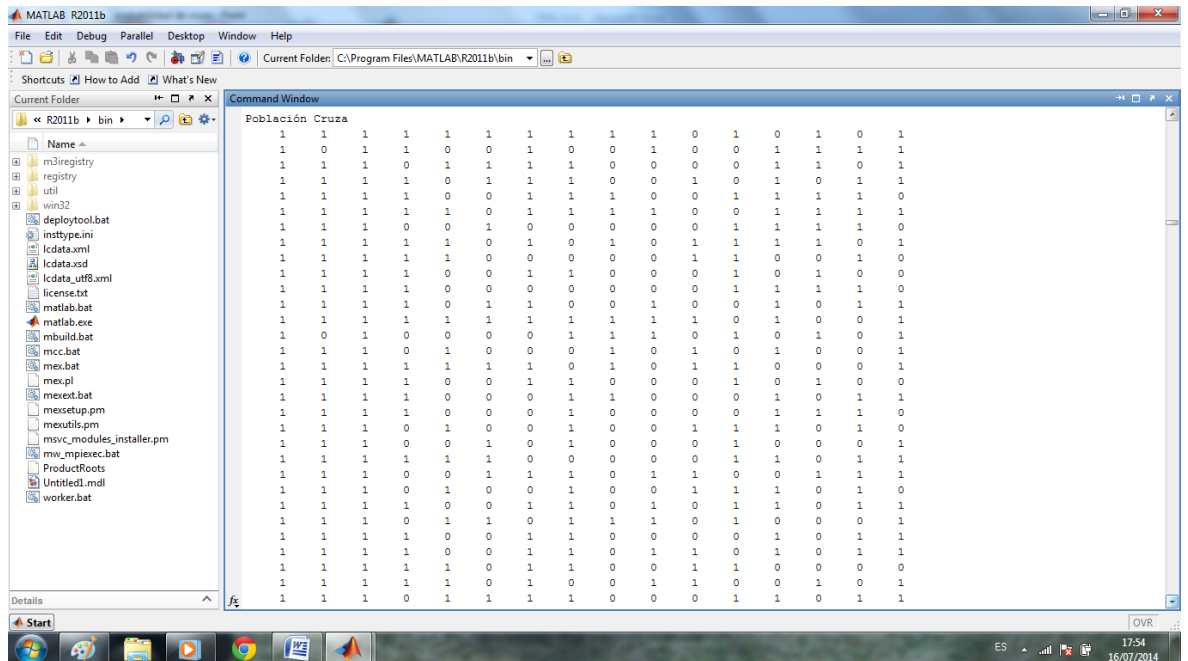
Figura. 68 Gráfica de Población Intermedia

La población intermedia es la se va generando con cada una de las probabilidades y retransmisiones generadas en la ramificación estudiada del árbol.



**Figura. 69 Gráfica de especificación que existe Mutación**

La gráfica muestra que efectivamente existe mutación entre los enlaces de la ramificación estudiada



**Figura. 690 Gráfica de Población Cruzada**

La población cruza e son las coincidencias que existen de los host destinos en cada uno de los enlaces al momento de la transmisión o retransmisión

Las gráficas desde la Figura. 63 hasta la Figura. 70 son obtenidas del software MATLAB en la ejecución del algoritmo para la generación de mutaciones y retransmisión de datos hacia los nodos activos.

## CONCLUSIONES

La transferencia de conocimiento que se aplicó en la presente investigación pudo demostrar que la implementación de la transmisión Multicast es efectiva en las redes de un ISP que posee un ancho de banda proporcionalmente bajo en relación al incremento de los clientes, ya que presenta un retardo de extremo a extremo muy bajo y una actividad inferior en relación al uso de los enlaces por lo que tiene que mutar muchas veces las transmisiones el tiempo de retransmisión por la mutación lleva más tiempo de respuesta efectiva por la gran cantidad, la tendencia que se observo es un incremento considerable de generaciones posibles lo cual permite tener constante flujo de datos.

Se pudo observar también que toda la proporción geográficas que abarca el ISP soporta con la tecnología alternativa que posee aunque con calidad de servicio moderado, mi intención de fondo era probar con el concepto Multicast para transmitir la información pero los resultados prueban que por la gran cantidad de utilización de enlaces para la transmisión es ventajosa.

La selección del protocolo de Multicast depende de la red que tenga un ISP ya que los clientes siempre hablan con el router usando el protocolo IGMP, los usuarios al momento que se enlazan en una sesión Multicast mediante el protocolo IGMP negocian todas la características multimedia disponibles siempre y cuando la plataforma establecida soporte lo cual es muy probable que no por su limitación en los enlaces y enrutamiento que no son por grupos de usuarios.

Además se generara perdida de paquetes por utilización del protocolo UDP ya que es poco confiable al momento de la transmisión a pesar de que es rápida la comunicación el retardo el alto por las constantes mutaciones.

No debemos olvidar que un algoritmo evolutivo debe tener un cruce de paquetes para la transmisión, en grades ISP las redes son más complejas pero más efectivas al efectuar la transmisión Multicast ya que no mutan tanto como en una red pequeña ya que tienen definido grupos Multicast para la transmisión y que tiene un cruce bajo por no considerar a todos los enlaces sus vecinos.

Con esta ventaja de transmisión se puede proporcionar más servicios a los clientes como videoconferencia, hosting, alojamiento con alta posibilidad de soportar muchos clientes sin afectar la calidad del servicio y así dar un valor agregado a la empresa frente a sus competidores.

## RECOMENDACIONES

La investigación se ha realizado con el propósito de tener una base para poder potenciar en los ISP condiciones, requerimientos, características, ventajas y posibilidades de que se considere transmisión Multicast en las redes relativamente pequeños como una alternativa en la transmisión, la implementación de la transmisión Multicast mejoraría considerablemente el tiempo en la transmisión pero creando grupos definidos tanto en las políticas de la empresa como en configuraciones de grupos Multicast de clientes por menos potenciales que sean al momento de la penetración.

Los encargados de dichos ISP deben potenciar esta tecnología siempre y cuando se tenga una perspectiva clara en el aumento de clientes o de servicios los cuales requieren de tecnología apropiada como la transmisión Multicast para potenciar al máximo su infraestructura de red en base a la situación geográfica y distancia en los enlaces.

Para que un ISP mejore su rentabilidad en el medio de la Ciudad de Cañar se debe implementar Multicast, para poder ofertar mayor seguridad a los usuarios así como incrementar sus servicios como videoconferencia, alojamiento, televisión digital, etc.

Los usuarios necesitan en un ISP calidad de servicio, disponibilidad de servicios que conserven a los usuarios efectivo, existen usuarios con requerimientos de servicios de alta demanda en transmisión continua de video lo cual por medio de

Multicast será posible a medida que se realice una correcta distribución, configuración y asignación de recursos a las redes.

No debemos olvidar que un ISP debe siempre estar a la vanguardia en la actualización de sus servicios así como el aumento de estos para tener más oportunidad de sobresalir frente a sus competidores y crear un marketing de una empresa innovadora y preocupada en mejorar sus servicios para la satisfacción de sus clientes.

## **GLOSARIO**

### **ACL (LISTA DE CONTROL DE ACCESO).**

Lista mantenida por un router de Cisco para controlar el acceso desde o hacia un router para varios servicios (por ejemplo, para evitar que los paquetes con una dirección IP determinada salgan de una interfaz en particular del router).

### **ACTUALIZACIÓN DEL ENRUTAMIENTO.**

Mensaje que se envía desde el router para indicar si la red es accesible y la información de costo asociada. Normalmente, las actualizaciones del enrutamiento se envían a intervalos regulares y luego de que se produce un cambio en la topología de la red. Comparar con actualización relámpago.

### **APLICACIÓN.**

Programa que ejecuta una función directamente para un usuario. Los clientes FTP y Telnet son ejemplos de aplicaciones de red.

### **APLICACIÓN CLIENTE/SERVIDOR.**

Aplicación que se almacena en una posición central en un servidor y a la que tienen acceso las estaciones de trabajo, lo que hace que sean fáciles de mantener y proteger.

### **AUTENTICACIÓN.**

Con respecto a la seguridad, la verificación de la identidad de una persona o proceso.

## **ATM**

Asynchronous Transfer Mode. Modo de Transferencia Asíncrona. Es una tecnología de alto desempeño, orientada a conmutación de celdas y con tecnología de multiplexaje. Esta usa paquetes de tamaño fijo para llevar diferentes tipos de tráfico

## **BACKBONE.**

Núcleo estructural de la red, que conecta todos los componentes de la red de manera que se pueda producir la comunicación.

## **BALANCEO DE LA CARGA.**

En el enrutamiento, la capacidad de un router para distribuir el tráfico a lo largo de todos sus puertos de red que están a la misma distancia desde la dirección destino. Los buenos algoritmos de balanceo de carga usan velocidad de línea e información de confiabilidad. El balanceo de carga aumenta el uso de segmentos de red, aumentando así el ancho de banda efectivo de la red.

## **BGP**

Border Gateway Protocol. Protocolo de Intercambio de Borde. Es un protocolo para el intercambio de información de enrutamiento entre dos host Gateway (cada uno con su enrutador) en una red de sistemas autónomos.

## **BROADCAST.**

En castellano "difusiones", se producen cuando una fuente envía datos a todos los dispositivos de una red. En la tecnología Ethernet el broadcast se realiza enviando tramas con dirección MAC de destino FF.FF.FF.FF.FF.FF. En el protocolo IP se realiza enviando datos a una dirección de difusión, aquella dirección IP que tiene todos y cada uno de los bits de host con valor 1. Cuando se envían datos a esta dirección de difusión IP éstos son recibidos por todos los nodos.

### **CARGA.**

Parte de una celda, trama o paquete que contiene información de capa superior (datos).

### **CODIFICACIÓN.**

Técnicas eléctricas utilizadas para transmitir señales binarias.

### **CONEXIÓN PUNTO A PUNTO**

Uno de dos tipos fundamentales de conexión. En ATM, una conexión punto a punto puede ser una conexión unidireccional o bidireccional entre dos sistemas finales ATM. Comparar con conexión punto a multipunto.

### **CONSOLA.**

Equipo terminal de datos a través del cual se introducen los comandos en un host.

### **CONVERGENCIA.**

Velocidad y capacidad de un grupo de dispositivos de Internetwork que ejecutan un protocolo de enrutamiento específico para concordar sobre la topología de una Internetwork de redes luego de un cambio en esa topología.

### **COSTO.**

Valor arbitrario, basado normalmente en el número de saltos, ancho de banda del medio, u otras medidas, que es asignado por un administrador de red y utilizado para comparar diversas rutas a través de un entorno de Internetwork de redes. Los valores de costo utilizados por los protocolos de enrutamiento determinan la ruta más favorable hacia un destino en particular: cuanto menor el costo, mejor es la ruta.

### **CAPA 2 O DE ENLACE DE DATOS**

Capa 2 del modelo de referencia OSI. Proporciona tránsito confiable de datos a través de un enlace físico. Se ocupa del direccionamiento físico, topología de red, disciplina de línea, detección y notificación de errores, entrega ordenada de las tramas y del control de flujo. A veces se le denomina simplemente Capa de Enlace. A este nivel se manejan las direcciones MAC.

### **CAPA 3 O DE RED**

Capa 3 del modelo de referencia OSI. Esta capa proporciona conectividad y selección de rutas entre dos sistemas finales. La capa de red es en la que se produce el enrutamiento. A este nivel se manejan las direcciones IP.

## **DWDM**

Dense Wavelength División Multiplexing. División de Multiplexaje por Largo de Onda. Es una tecnología que pone datos provenientes de diferentes fuentes juntos en una fibra óptica, con cada señal llevada al mismo tiempo en su propia, pero separada fuente de luz larga.

## **DATAGRAMA.**

Agrupamiento lógico de información enviada como unidad de capa de red a través de un medio de transmisión sin establecer previamente un circuito virtual. Los datagramas IP son las unidades de información primaria de la Internet. Los términos celda, trama, mensaje, paquete y segmento también se usan para describir agrupamientos de información lógica en las diversas capas del modelo de referencia OSI y en varios círculos tecnológicos.

## **DATOS.**

Son representaciones simbólicas (numéricas, alfabéticas, etc.), de un atributo o característica de una entidad. El dato no tiene valor semántico (sentido) en sí mismo, pero convenientemente tratado (procesado) se puede utilizar en la realización de cálculos o toma de decisiones. Es de empleo muy común en el ámbito informático.

## **DIRECCIÓN DE RED.**

Dirección de capa de red que se refiere a un dispositivo de red lógico, en lugar de físico. También denominada dirección de protocolo

### **DIRECCIÓN IP.**

Dirección de 32 bits asignada a los hosts mediante TCP/IP. Una dirección IP corresponde a una de cinco clases (A, B, C, D o E) y se escribe en forma de 4 octetos separados por puntos (formato decimal con punto). Cada dirección consta de un número de red, un número opcional de subred, y un número de host. Los números de red y de subred se utilizan conjuntamente para el enrutamiento, mientras que el número de host se utiliza para el direccionamiento a un host individual dentro de la red o de la subred. Se utiliza una máscara de subred para extraer la información de la red y de la subred de la dirección IP.

### **ENCABEZADO.**

Información de control colocada antes de los datos al encapsularlos para la transmisión en red.

### **ENCAPSULAMIENTO.**

Colocación en los datos de un encabezado de protocolo en particular. Por ejemplo, a los datos de capa superior se les coloca un encabezado específico de Ethernet antes de iniciar el tránsito de red. Además, al conmutar redes que no son similares, toda la trama de una red se puede ubicar simplemente en el encabezado usado por el protocolo de capa de enlace de datos de la otra red.

### **ENLACE PUNTO A PUNTO.**

Enlace que proporciona una sola ruta preestablecida de comunicaciones de WAN desde las instalaciones del cliente a través de una red de carrier, como, por ejemplo, la de una compañía telefónica, a una red remota. También denominado enlace dedicado o línea arrendada.

### **ENRUTAMIENTO.**

Proceso de descubrimiento de una ruta hacia el host destino. El enrutamiento es sumamente complejo en grandes redes debido a la gran cantidad de destinos intermedios potenciales que debe atravesar un paquete antes de llegar al host destino.

### **ETHERNET.**

Norma o estándar (IEEE 802.3) que determina la forma en que los puestos de la red envían y reciben datos sobre un medio físico compartido que se comporta como un bus lógico, independientemente de su configuración física. Originalmente fue diseñada para enviar datos a 10 Mbps, aunque posteriormente ha sido perfeccionado para trabajar a 100 Mbps, 1 Gbps o 10 Gbps y se habla de versiones futuras de 40 Gbps y 100 Gbps

### **EXTRANET.**

Una extranet (extended intranet) es una red privada virtual resultante de la interconexión de dos o más intranets que utiliza Internet como medio de transporte de la información entre sus nodos.

## **ETIQUETA**

Es un identificador corto, de longitud fija y con significado local empleado para identificar un FEC.

## **FEC**

Forwarding Equivalence Class. Clase de Equivalencia de Reenvió. Clase que define un conjunto de paquetes que se envían sobre el mismo camino a través de una red, aun cuando sus destinos finales sean diferentes.

## **FILTRO.**

En general, se refiere a un proceso o dispositivo que rastrea el tráfico de red en busca de determinadas características, por ejemplo, una dirección origen, dirección destino o protocolo y determina si debe enviar o descartar ese tráfico basándose en los criterios establecidos.

## **FIREWALL.**

Router o servidor de acceso, o varios routers o servidores de acceso, designados para funcionar como búfer entre redes de conexión pública y una red privada. Un router

de firewall utiliza listas de acceso y otros métodos para garantizar la seguridad de la red privada.

### **FLOODING.**

Técnica de transmisión de tráfico utilizada por switches y puentes, en la cual el tráfico recibido por una interfaz se envía a todas las interfaces de ese dispositivo, salvo a la interfaz desde la cual se recibió originalmente la información.

### **FTP.**

Es uno de los diversos protocolos de la red Internet, concretamente significa File Transfer Protocol (Protocolo de Transferencia de Archivos) y es el ideal para transferir datos por la red.

### **FR**

Frame Relay. Intercambio de Tramas. Una técnica de transmisión extremadamente eficiente, usada para mandar información digital como voz, datos, tráfico de redes de área local (LAN), y tráfico de redes de gran área (WAN) a muchos puntos desde una solo puerto de manera muy rápida.

### **GATEKEEPER.**

Aplicación que controlan el registro (conexión) en un ordenador o una red, traduce direccionamientos, y maneja el ancho de banda dentro de una red

## **GATEWAY.**

Un dispositivo de la red que permite la comunicación entre dos diversos tipos de red, tales como telefonía del IP y del ISDN. Gateway es un elemento opcional en una conferencia H.323. Este elemento proporciona varios servicios de traducción entre Terminales H.323 y otras Terminales ITU. Estos servicios incluyen la traducción entre formatos de transmisión, como H.225.0 a H.221, entre procedimientos de transmisión, como H.245 a H.242, y entre codificadores de audio y video.

## **HEADER.**

Cabecera. Parte inicial de un paquete de datos a transmitir, que contiene la información sobre los puntos de origen y de destino de un envío y sobre el control de errores. Esta expresión se aplica con frecuencia, y de manera errónea, sólo a envío de correo electrónico, por lo que recibe el nombre de “mailheader”, pero normalmente cualquier paquete de datos que se transmite de computadora a computadora contiene una “header”.

## **HOST.**

Computador en una red. Similar a nodo, salvo que el host normalmente implica un computador, mientras que nodo generalmente se aplica a cualquier sistema de red, incluyendo servidores y routers.

## **IETF**

Internet Engineering Task Force. Grupo voluntario que investiga y resuelve problemas técnicos.

## **IP**

Internet Protocol. Protocolo De Internet. Se puede considerar el más importante de los protocolos que sobre los cuales se basa la Internet.

## **IPsec**

Internet Protocol Security. Protocolo de Internet Seguro. Es un panel de trabajo para un conjunto de protocolos para proveer seguridad en la capa de procesamiento de paquetes de la red.

## **IGRP (PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO DE GATEWAY INTERIOR).**

Protocolo desarrollado por Cisco para tratar los problemas asociados con el enrutamiento en redes heterogéneas de gran envergadura

## **IGRP extendido (Protocolo de enrutamiento de Gateway interior extendido).**

Versión avanzada de IGRP desarrollada por Cisco. Ofrece propiedades de convergencia y eficacia operativa superiores, y combina las ventajas de los protocolos del estado de enlace con las de los protocolos por vector distancia.

## **INTERNET.**

Un conjunto de redes de equipos diferentes conectados mediante puertas de enlace que se encargan de la transferencia de datos y la conversión de mensajes de la red que los envía a los protocolos usados por la red que los recibe.

### **INTERNETWORK DE REDES.**

Agrupamiento de redes interconectadas por routers y otros dispositivos que funciona (de modo general) como una sola red.

### **LATENCIA.**

Retardo entre el momento en que un dispositivo solicita acceso a una red y el momento en que se le concede el permiso para transmitir. Intervalo de tiempo que toma el procesamiento de una tarea.

### **LSA (PUBLICACIÓN DEL ESTADO DE ENLACE)**

Paquete de broadcast utilizado por los protocolos del estado de enlace que contiene información acerca de vecinos y costos de ruta. Los LSA son utilizados por los routers receptores para mantener sus tablas de enrutamiento. A veces se denomina paquete de estado de enlace (LSP).

### **LAN**

Local Área Network. Red De Área Local. Un tipo de arreglo para comunicación de datos a alta velocidad. Red limitada en el espacio, concebida para abastecer a sub-unidades organizativas.

## **LDP**

Label Distribution Protocol. Protocolo de Distribución de Etiquetas. Es un protocolo para el intercambio y distribución de etiquetas entre los LSR de una red MPLS.

## **LSP**

Label Switched Path. Camino de Intercambio de Etiquetas. Es una ruta a través de uno o más LSRs en un nivel de jerarquía que sigue un paquete de un FEC en particular.

## **LSR**

Label Switching Router. Enrutador de Intercambio de Etiquetas. Es un enrutador de alta velocidad especializado en el envío de paquetes etiquetados por MPLS.

## **MENSAJE.**

Agrupación lógica de información de la capa de aplicación, a menudo compuesta por una cantidad de agrupaciones lógicas de las capas inferiores, por ejemplo, paquetes. Los términos datagrama, trama, paquete y segmento también se usan para describir agrupamientos de información lógica en las diversas capas del modelo de referencia OSI y en varios círculos tecnológicos.

## **MÉTRICA DE ENRUTAMIENTO.**

Método mediante el cual un protocolo de enrutamiento determina que una ruta es mejor que otra. Esta información se almacena en tablas de enrutamiento. Las métricas incluyen ancho de banda, costo de la comunicación, retardo, número de saltos, carga, MTU, costo de ruta, y confiabilidad. A menudo denominada simplemente métrica.

### **MPLS MULTI PROTOCOL LABEL SWITCHING**

(Switching de etiquetas multiprotocolo). MPLS es un estándar de la industria sobre el cual se basa la conmutación (switching) de etiquetas, las cuales identifican los diferentes tipos de información sobre la red. La tecnología MPLS le permite a un proveedor de servicio montar sobre su red servicios diferenciados a los cuales se tiene acceso a través del protocolo IP. MPLS permite que los usuarios tengan acceso a la red y se "matriculen" a algunos servicios específicos, sin que esto implique tener acceso a toda la red, es decir que se garantiza la privacidad y seguridad de la Información mediante la creación de redes virtuales privadas, VPNs.

### **MULTICASTING**

(En castellano multidifusión) es el envío de la información en una red a múltiples destinos simultáneamente, usando la estrategia más eficiente para el envío de los mensajes sobre cada enlace de la red sólo una vez y creando copias cuando los enlaces en los destinos se dividen.

### **NETWORKING.**

Interconexión de estaciones de trabajo, dispositivos periféricos (por ejemplo, impresoras, unidades de disco duro, escáneres y CD-ROM) y otros dispositivos.

### **NSP**

Network Service Provider. Proveedor de Servicio de Red. Es una compañía que provee servicios de backbone a un ISP (Internet Service Provider), la compañía que muchos usuarios del Web usan como acceso a la Internet.

### **NODO.**

Punto final de la conexión de red o una unión que es común para dos o más líneas de una red. Los nodos pueden ser procesadores, controladores o estaciones de trabajo. Los nodos, que varían en cuanto al enrutamiento y a otras aptitudes funcionales; pueden estar interconectados mediante enlaces y sirven como puntos de control en la red. La palabra nodo a veces se utiliza de forma genérica para hacer referencia a cualquier entidad que tenga acceso a una red y frecuentemente se utiliza de modo indistinto con la palabra dispositivo.

### **ORDENADOR**

Es una computadora, la cual es un sistema digital con tecnología microelectrónica capaz de procesar información a partir de un grupo de instrucciones denominado programa. La estructura básica de una computadora incluye microprocesador (CPU), memoria y dispositivos de entrada/salida (E/S), junto a los buses que permiten la comunicación entre ellos.

## **OSI, Modelo de referencia**

Modelo de arquitectura de red desarrollado por ISO e UIT-T. El modelo está compuesto por siete capas, cada una de las cuales especifica funciones de red individuales, por ejemplo, direccionamiento, control de flujo, control de errores, encapsulamiento y transferencia confiable de mensajes. La capa superior (la capa de aplicación) es la más cercana al usuario; la capa inferior (la capa física) es la más cercana a la tecnología de medios. Las dos capas inferiores se implementan en el hardware y el software, y las cinco capas superiores se implementan sólo en el software. El modelo de referencia OSI se usa a nivel mundial como método para la enseñanza y la comprensión de la funcionalidad de la red. Las siete capas que describe son: Aplicación (7), Presentación (6), Sesión (5), Transporte (4), Red (3), Enlace de datos (2) y Física (1).

## **PPP**

Point to Point Protocol. Protocolo Punto a Punto. Protocolo que le permite a un computador el uso de protocolos TCP/IP. Es normalmente utilizado para conexión a la Internet a través de una línea telefónica y un módem.

## **PVC**

Permanent Virtual Circuit. Circuito Virtual Permanente. Es un camino virtual a través de una red, caracterizado por tener puntos de llegada definidos por el operador

de la red en una subestación de suscripción. Un simple camino físico puede soportar varios PVCs.

### **PAP (Protocolo de Autenticación de Contraseña)**

Protocolo de autenticación que permite que los PPP iguales se autenticuen entre sí. El router remoto que intenta conectarse al router local debe enviar una petición de autenticación. A diferencia de CHAP, PAP pasa la contraseña y el nombre de host o nombre de usuario sin cifrar. PAP no evita el acceso no autorizado, sino que identifica el extremo remoto, el router o el servidor de acceso y determina si a ese usuario se le permite el acceso. PAP es compatible sólo con las líneas PPP.

### **PAQUETE.**

Agrupación lógica de información que incluye un encabezado que contiene la información de control y (generalmente) los datos del usuario. Los paquetes se usan a menudo para referirse a las unidades de datos de capa de red. Los términos datagrama, trama, mensaje y segmento también se usan para describir agrupamientos de información lógica en las diversas capas del modelo de referencia OSI y en varios círculos tecnológicos.

### **PAQUETE HELLO.**

Paquete Multicast utilizado por routers que utilizan ciertos protocolos de enrutamiento para el descubrimiento y recuperación de vecinos. Los paquetes hello también indican que un cliente se encuentra aun operando y que la red está lista.

## **PROTOCOLO.**

Descripción formal de un conjunto de normas y convenciones que establecen la forma en que los dispositivos de una red intercambian información.

## **PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO.**

Protocolo que logra el enrutamiento mediante la implementación de un protocolo de enrutamiento específico. Entre los ejemplos de protocolo de enrutamiento se incluyen IGRP, OSPF y RIP.

## **PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO POR ESTADO DE ENLACE.**

Protocolo de enrutamiento en el cual cada router realiza un broadcast o Multicast de información referente al costo de alcanzar cada uno de sus vecinos a todos los nodos de la Internetwork de redes. Los protocolos de estado de enlace crean una vista coherente de la red y por lo tanto no son propensos a bucles de enrutamiento, pero por otro lado para lograr esto deben sufrir dificultades informáticas relativamente mayores y un tráfico más diseminado (comparado con los protocolos de enrutamiento por vector distancia).

## **PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO POR VECTOR DISTANCIA.**

Protocolo que itera en el número de saltos en una ruta para encontrar el árbol de extensión de ruta más corta. Los protocolos de enrutamiento por vector distancia piden a cada router que envíe su tabla de enrutamiento completa en cada

actualización, pero solamente a sus vecinos. Los algoritmos de enrutamiento por vector distancia pueden ser propensos a los bucles de enrutamiento, pero desde el punto de vista informático son más simples que los algoritmos de enrutamiento de estado de enlace. También denominado algoritmo de enrutamiento Bellman-Ford.

### **PROTOCOLO ENRUTADO.**

Protocolo que puede ser enrutado por el router. Un router debe ser capaz de interpretar la Internetwork de redes lógica según lo que especifique dicho protocolo enrutado. AppleTalk, DECnet e IP son ejemplos de protocolos enrutado.

### **PROTOCOLO IP.**

(IP, de sus siglas en inglés *Internet Protocol*) Es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados. IP es el elemento común en la Internet de hoy.

### **QoS**

Quality Of Service. Calidad de Servicio. Es la idea de mejorar la tasa de transmisión, tasas de error y otras características que pueden ser medidas, y en muchos casos garantizar el servicio. QoS es de preocupación particular para las transmisiones continuas de alto ancho de banda para video y transmisiones multimedia.

### **Router**

Originalmente se identificaba como el término Gateway, sobre todo en referencia a la red Internet. En general debe considerarse como un elemento responsable de discernir cuál es el camino más adecuado.

## **RSVP**

Resource Reservation Protocol. Protocolo de Reservación de Recursos. Es un conjunto de reglas de comunicación que permite canales o caminos en la Internet sean reservados para Multicast (cuando un paquete se manda a muchos usuarios), transmisión de video o cualquier otro uso diferenciado. RSVP es parte del modelo IIS (Internet Integrated Service) el cual asegura servicios de mejor-esfuerzo, tiempo-real y control de compartición de links.

## **RED.**

Agrupación de computadores, impresoras, routers, switches y otros dispositivos que se pueden comunicar entre sí a través de algún medio de transmisión.

## **RED INTERNA.**

Red interna a la que tienen acceso los usuarios con acceso a la LAN interna de una organización.

## **REDUNDANCIA.**

En Internetwork, duplicación de dispositivos, servicios o conexiones, de modo que, en caso de que se produzca una falla, los dispositivos, servicios o conexiones redundantes puedan realizar el trabajo de aquellos en los que se produce la falla.

### **RESUMEN DE RUTA.**

La consolidación de números de red publicados en OSPF e IS-IS. En OSPF, esto hace que un resumen de ruta único se publique a otras áreas a través de un router fronterizo.

### **RFC**

Request For Comments o Petición de comentarios. Serie de documentos empleada como medio de comunicación primario para transmitir información acerca de la Internet. Algunas RFC son designadas por el IAB como estándares de Internet. La mayoría de las RFC documentan especificaciones de protocolos tales como Telnet y FTP, pero algunas son humorísticas o históricas. Las RFC pueden encontrarse en línea en distintas fuentes.

### **RIP**

Protocolo de información de enrutamiento. Protocolo suministrado con los sistemas BSD de UNIX. El Protocolo de Gateway Interior (IGP) más común de la Internet. RIP utiliza el número de saltos como métrica de enrutamiento.

### **RUTA POR DEFECTO.**

Una entrada de la tabla de enrutamiento que se utiliza para dirigir las tramas para las cuales el próximo salto no está explícitamente mencionado en la tabla de enrutamiento.

### **SALTO:**

Pasaje de un paquete de datos entre dos nodos de red (por ejemplo, entre dos routers).

### **SERVIDOR EN INFORMÁTICA O COMPUTACIÓN**

Nodo o programa de software que suministra servicios a los clientes. Una aplicación informática o programa que realiza algunas tareas en beneficio de otras aplicaciones llamadas clientes. Algunos servicios habituales son los servicios de archivos, que permiten a los usuarios almacenar y acceder a los archivos de un ordenador y los servicios de aplicaciones, que realizan tareas en beneficio directo del usuario final. Este es el significado original del término. Es posible que un ordenador cumpla simultáneamente las funciones de cliente y de servidor.

### **SOCKET.**

Estructura de software que funciona como un punto final de las comunicaciones dentro de un dispositivo de red (similar a un puerto). Entidad direccionable dentro de un nodo conectado a una red AppleTalk; los sockets son propiedad de procesos de software denominados clientes de socket. Los sockets AppleTalk se dividen en dos grupos: las SAS, que están reservadas para clientes como, por ejemplo, los

protocolos principales AppleTalk, y las DAS, que son asignadas de forma dinámica por DDP a pedido de los clientes del nodo. Un socket AppleTalk es conceptualmente similar a un puerto TCP/IP.

### **SOFTWARE CISCO IOS.**

Sistema Operativo de Internetwork. Software de sistema de Cisco que proporciona funcionalidad, escalabilidad y seguridad comunes a todos los productos bajo la arquitectura CiscoFusion. El software Cisco IOS permite la instalación y administración centralizada, integrada y automatizada de Internetwork, garantizando al mismo tiempo la compatibilidad con una amplia variedad de protocolos, medios, servicios y plataformas.

### **SPOOFING.**

Esquema que usan los routers para hacer que un host trate a una interfaz como si estuviera funcionando y soportando una sesión. El router hace spoofing de respuestas a mensajes de actividad del host para convencer a ese host de que la sesión. El spoofing resulta útil en entornos de enrutamiento como DDR, en el cual un enlace de conmutación de circuito se desconecta cuando no existe tráfico que se deba enviar a través del enlace, a fin de ahorrar gastos por llamadas pagas. La acción de un paquete que ilegalmente dice provenir de una dirección desde la cual en realidad no se lo ha enviado. El spoofing está diseñado para contrarrestar los mecanismos de seguridad de la red, tales como los filtros y las listas de acceso.

## **SWITCH**

Es un aparato que canaliza los datos provenientes de múltiples puertos a un puerto en específico que llevara los datos a su destino.

## **TTL**

Time-To-Live. Es un campo dentro del encabezado IP que indica el tiempo de vida del paquete cuando este viaja por la red.

## **TABLA DE ENRUTAMIENTO.**

Tabla almacenada en un router o en algún otro dispositivo de Internetwork que realiza un seguimiento de las rutas hacia destinos de red específicos y, en algunos casos, las métricas asociadas con esas rutas.

## **TUNNELING.**

Arquitectura diseñada para suministrar los servicios necesarios para implementar cualquier esquema de encapsulamiento punto a punto estándar

## **UDP**

User Datagram Protocol: es un protocolo de nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas, permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión.

## **VPN.**

Una Red Privada Virtual, o Virtual Private Network, VPN, permite establecer una conexión segura a través de una red pública, o Internet. Una VPN permite que el tráfico IP viaje seguro a través de una red pública TCP/IP al encriptar el tráfico desde una red hasta la otra. Una VPN usa tunneling para encriptar toda la información en el nivel IP.

## **WAN**

Red de área amplia. Red de comunicación de datos que sirve a usuarios dentro de un área geográfica extensa y a menudo usa dispositivos de transmisión suministrados por carriers comunes. Frame Relay, SMDS y X.25 son ejemplos de WAN.

## **WEB**

Se refiere a la red mundial y se usa por extensión en lugar de WWW, telaraña o malla, son páginas que utilizan un lenguaje especial que permite presentar en pantalla texto y gráficos en formatos diferentes.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. Sahasrabuddhe and B. Mukherjee. *Multicast routing algorithms and protocols: A tutorial*. IEEE Network, ISBN 0890-8044, 14(1), 90-102 (Jan-Feb 2000).
- [2] Stephen E. Deering. *Multicast routing in internetworks and extended LANs*. SIGCOMM '88: Symposium proceedings on Communications architectures and protocols, ISBN 0-89791-279-9, 55-64 (August 1988).
- [3] Christophe Diot, Brian Neil Levine, Bryan Lyles, Hassan Kassem and Doug Balensiefen. *Deployment issues for the IP multicast service and architecture*. IEEE Network, ISBN 0890-8044, 14(1), 78-88(Jan-Feb 200)
- [4] Yang-hua Chu, Sanjay G. Rao, Srinivasan Seshan and Hui Zhang. *A case for end system multicast*. IEEE Journal an selected areas in Communications, ISSN 0733-8716, 20, 1456-1471 (October 2002).
- [5] Yatin Dilip Chawathe. *Scattercast: An Architecture for Internet Broadcast Distribution as an Infrastructure Services*. Doctoral Thesis, ISBN 0-493-10435-6, (2000).
- [7] Yezid Donoso and Ramón Fabregat. *Multi-objective Optimization in Computer Network Using Metaheuristics*. Auerbath Publications Taylor and Francis Group, ISBN 0849380847, March 2007.

- [8] Zhi Li and Prasant Mohapatra, *The impact of topology on overlay routing services*. INFACOM 2004, Twenty-third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, ISBN 0743-166X, 1, 418 (March 2004).
- [9] A. Tanenbaum, *Computer Networks*, Prentice Hall, 2003.
- [10] C. P. Ravikumar, y R. Bajpai, "Source-based delay bounded multicasting in multimedia networks", *Computer Communications*, Vol. 21, 1998, pg. 126-132.
- [11] D. Van Veldhuizen, "Multiobjective Evolutionary Algorithms: Classifications, Analysis, and New Innovations", *Ph.D. dissertation, School of Engineering, Air Force Institute of Technology*.
- [12] D. B. Fogel, editor Evolutionary Computation. "The Fossil Record Selected Reading on the History of Evolutionary Algorithms". *The institute of Electrical and Electric Engineers*, New York.
- [13] N. Srinivas "Multiobjective optimization using nondominated sorting in genetic algorithms". Master Tesis, Indian Institute of Technology, Kuanpur. Inda, (1994).
- [14] K. Deb, S. Agrawal, A. Pratap, y T. Meyarivan. A Fast Elitist Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm for Multi-Objective Optimization: NSGAI.
- <http://www.lania.mx/~ccoello/EMOO/EMOOconferences.html>.
- [15] K. Deb y T. Goel. Controlled Elitist Non-Dominated Sorting Genetic Algorithms for Better Convergence.

<http://www.lania.mx/~ccoello/EMOO/EMOOconferences.html>.

[16] E. Zitzler, y L. Thiele, “Multiobjective Evolutionary Algorithms: A comparative Case Study and the Strength Pareto Approach”, *IEEE Trans. Evolutionary Computation*, Vol. 3, No. 4, 1999, pp. 257-271.

[17] E. Zitzler, Marco Laumanns, y Lothar Thiele. SPEA2. Improving the Strength Pareto Evolutionary Algorithm for MultiObjective Optimization.

<http://www.lania.mx/~ccoello/EMOO/EMOOconferences.html>.

[18] C. Coello Coello. Evolutionary Multiobjective Optimization: Current and Future Challenges.

<http://www.lania.mx/~ccoello/EMOO/EMOOconferences.html>.

[19] J. Crichigno y B. Barán, “Multiobjective Multicast Routing Algorithm”. *IEEE ICT'2004*, Ceará, Brasil, 2004.

[20] A. Dias, De Vasconcelos J. “Multiobjective Genetic Algorithms Applied to Solve Optimization Problems”. *IEE Transactions on Magnetics*, Vol. 38, No. 2, March 2002

[21][http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Especializaciones/Redes\\_y\\_Seguridad/Trabajos\\_Finales/Corbalan.pdf](http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Especializaciones/Redes_y_Seguridad/Trabajos_Finales/Corbalan.pdf)

- [22] N. Srinivas “Multiobjective optimization using nondominated sorting in genetic algorithms”. Master thesis, Indian Institute of Technology, Kuanpur. Inda, (1994).
- [23] C. Coello Coello. Evolutionary Multiobjective Optimization: Current and Future Challenges. <http://www.lania.mx/~ccoello/EMOO/EMOOconferences.html>.
- [24] E. Zitzler, y L. Thiele, “Multiobjective Evolutionary Algorithms: A comparative Case Study and the Strength Pareto Approach”, *IEEE Trans. Evolutionary Computation*, Vol. 3, No. 4, 1999, pp. 257-271.
- [25] Pressman, Roger S. “Ingeniería de Software. Un enfoque práctico”. Cuarta Edición. Editorial McGraw Hill, España 1998.
- [26] Ver JULIÀ-BARCELÓ, R., “Liability for On-Line Intermediaries: A European Perspective”, p. 3. Disponible en [www.droit.fundp.ac.be/Textes/online.pdf](http://www.droit.fundp.ac.be/Textes/online.pdf). Visitado 02/08/2003 y JUST, M, “Internet File Sharing and the Liability of Intermediaries for Copyright Infringement: A Need for International Consensus”, 2003 (1) *The Journal of Information, Law and technology (JILT)*. <http://elj.warwick.ac.uk/jilt/03-1/just.html>. Visitado 03/09/2003.
- [27] Un BBS es un computador o una aplicación dedicada a la difusión e intercambio de mensajes de texto u otro tipo de archivos en una red. Los BBS constituyeron la primera forma de comunidades en línea a partir de la década de los ochenta y comienzos de los noventa, antes del arribo de la World Wide Web.

[28] Es probable, sin embargo, que la futura implementación del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos suponga una definición distinta, según el artículo 17.11.23 (i) un proveedor de servicios se define según sus funciones como un proveedor de transmisión, enrutamiento o conexiones para comunicaciones digitales en línea sin modificación de su contenido entre puntos especificados por el usuario del material que selecciona el usuario, o bien como un proveedor u operador de instalaciones de servicios en línea ( incluyendo aquellos casos en que el acceso a la red es proporcionado por otro proveedor) o de acceso a redes.

[29] Muñoz, Carlos. “Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis”. Primera Edición. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., México 1998.

[30] Bonilla, Gildaberto. “Cómo hacer una tesis de graduación con técnicas estadísticas”. Cuarta Edición. UCA Editores, El Salvador 2000.

[31] Schmelkes, Corina. “Manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación (tesis)”. Primera Edición. HARLA Editores, México 1990.

[32] <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83540705>

#### SITIOS WEB

<http://www.rnp.br/es/multicast/sobre.html>

Rede Nacional de Ensino e Pesquisa

<http://www.cisco.com/warp/public/614/17.html>

Cisco Systems

<http://www.multicasttech.com/faq/>

Multicast Tech FAQs

<http://cc.uoregon.edu/cnews/fall1999/iptvbroadcasting.html>

Universidad de Oregón

<http://www.webstudio.es/streaming/video/index.htm>

Web Studio, ADW Europe. (ISP)

<http://www.rediris.es/mmedia/MboneDoc.es.html>

Red Iris

<http://www.microsoft.com/windows/embedded/ce.net/default.asp>

To learn more about Windows CE .NET, see the Windows Embedded page

<http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/default.aspx>

To learn more about Windows Media 9 Series, see the Windows Media page *PRB:*

*Windows Media Services 9 Series Network Send Behavior May Lead to Unwanted*

<http://support.microsoft.com/default.aspx?scid=kb;en-us;828566>

*Client Experience* on the Microsoft Knowledge Base Article page