

APLICACIÓN Y DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE SDH

Application and design of an SDH transport network

RESUMEN

En este documento se redacta de manera detallada el proceso de planeamiento de una red de transporte SDH para un área urbana, se comenta a cerca de los equipos necesarios para la construcción de la misma, los cuales incluyen, entre muchos otros elementos: tarjetas de línea, fibras ópticas, Cross-conectores, etc. De igual manera, se analiza el tráfico entre nodos para determinar la topología y la estrategia de diseño de la red de transporte SDH, en este orden de ideas se pueden determinar también los equipos necesarios en función del tráfico y determinar el tamaño del transporte de la red (cantidad de E1's).

PALABRAS CLAVES: Red de transporte SDH, Fibra óptica, tarjetas de línea, E1's, VC-4, STM-1, STM-4.

ABSTRACT

This document is drawn up in detail the process of planning an SDH transport network for the city, it says about the equipment needed to build it, which include, among many other: cards line, optical fibers, cross-connectors, etc. Similarly, we analyze the traffic between nodes to determine the topology and the design strategy of the SDH transport network, in this order of ideas can also determine the necessary equipment in terms of traffic and determine the size of the transport of network (number of E1's).

KEYWORDS: SDH transport network, fiber optic, line cards, E1's, VC-4, STM-1, STM-4.

1. INTRODUCCIÓN

SDH y el equivalente norteamericano SONET¹ son las tecnologías dominantes en la capa física de transporte de las actuales redes de fibra óptica de banda ancha. Su misión es transportar y gestionar gran cantidad de tipos de tráfico diferentes sobre la infraestructura física. Esencialmente, SDH es un protocolo de transporte (primera capa en el modelo OSI) basado en la existencia de una referencia temporal común (Reloj primario), que multiplexa diferentes señales dentro de una jerarquía común flexible, y gestiona su transmisión de forma eficiente a través de fibra óptica, con mecanismos internos de protección. Usando como referencia el modelo OSI, SDH es comúnmente visto como un protocolo de nivel uno; es decir, un protocolo de la capa física de transporte. En este papel, actúa como el portador físico de aplicaciones de nivel 2 a 4, esto es, es el camino en el cual tráfico de superiores niveles tales como IP o ATM es transportado. En palabras simples, se puede considerar a las transmisiones SDH como tuberías que transportan tráfico en forma de paquetes de información. Estos paquetes son de aplicaciones tales como PDH, ATM o IP. SDH permite el transporte de muchos tipos de tráfico tales como voz, video, multimedia, y paquetes de datos como los que genera IP. Para ello, su papel es, esencialmente el mismo: gestionar la utilización de la

RODRIGO ANDRES FRANCO

Estudiante Ingeniería Electrónica
Universidad Tecnológica de Pereira
rodrigo_franco@utp.edu.co

HUGO BALDOMIRO CANO GARZÓN

Ingeniero Electricista.
Universidad Tecnológica de Pereira
Especialista en Gerencia de Tecnología.
Convenio de La Escuela de Administración de
Negocios y la Universidad Tecnológica de Pereira
Profesor Asistente.
Universidad Tecnológica de Pereira
hbcano@utp.edu.co

JOSÉ ANDRÉS CHAVES OSORIO.

Ingeniero Electricista.
Universidad Tecnológica de Pereira.
Especialista en Pedagogía.
Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
Magíster en Instrumentación Física.
Universidad Tecnológica de Pereira.
Profesor Asociado
Universidad Tecnológica de Pereira.
jachaves@utp.edu.co

infraestructura de fibra. Esto significa gestionar el ancho de banda eficientemente mientras porta varios tipos de tráfico, detecta fallos y recupera de ellos la transmisión de forma transparente para las capas superiores²³.

2. MATRIZ DE TRÁFICO ENTRE NODOS (E1's)

Para el planeamiento de la Red de Transporte SDH, se analizó la Tabla 1, entregada por el solicitante del planeamiento, donde se condensa completamente un análisis estadístico durante un tiempo representativo, en el cual se determinó el volumen de transporte entre nodos a especificar (posteriormente), por lo cual también se tomó la decisión de solicitar un nuevo planeamiento, y por ende la disposición de una nueva topología de la Red de Transporte, en caso de ser necesaria.

	CEN	CIR	ALA	COL	JAR	EST	STC	CER	TotalE1's
CEN		45	20	21	18	22			126
CIR	45		19	15	20	19			118
ALA	20	19		18	10	23			90
COL	21	15	18		16	24			94
JAR	18	20	10	16		12		12	88
EST	22	19	23	24	12		10		110
STC						10			10
CER						12			12

Tabla 1. Matriz de tráfico entre nodos.

2.1. ANÁLISIS DE TRÁFICO

² Telecomunicaciones, J. Brawn and E.V.D. Glazier.

³ Sistemas de comunicación, S. Haykin.

¹ Synchronous Optical Network - Red Óptica Síncrona.

Fecha Recepción: 9 de Septiembre de 2010

Fecha aceptación: 15 de Noviembre de 2010

En la Tabla 1 se muestra la matriz de tráfico dispuesta para la ciudad de Pereira, dividida en los 8 nodos de mayor afluente de datos. Analizando la matriz de tráfico, se encuentra que el volumen de tráfico representado por la cantidad de E1's para cada uno de los nodos pertenecientes a la Red de Transporte es:

Centro (CEN) = 126 E1's	Jardín (JAR) = 88 E1's
Circunvalar (CIR) = 118 E1's	Estadio (EST) = 110 E1's
Álamos (ALA) = 90 E1's	Santa Clara (STC) = 10 E1's
Coliseo (COL) = 94 E1's	Cerritos (CER) = 12 E1's

De los resultados anteriores se observa que el nodo que más tráfico presenta es el nodo Centro (CEN), por tanto este nodo se considerará como centro de la Red de transporte; el cual de ahora en adelante se denominará el HUB⁴. Ahora con el conocimiento del HUB en la Red de transporte, se planteará la topología de la red de transporte SDH.

2.2. PLANTEAMIENTO DE TOPOLOGÍA

En la Figura 1 se muestra el mapa de Pereira identificando los nodos.

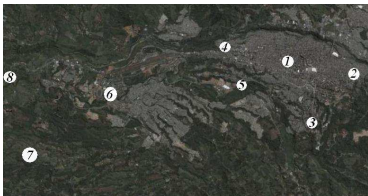


Figura 1. Mapa de Pereira y Nodos.

Donde:

1. Centro (CEN)	4. Coliseo (COL)	7. Santa Clara (STC)
2. Circunvalar (CIR)	5. Jardín (JAR)	8. Cerritos (CERR)
3. Álamos (ALA)	6. Estadio (EST)	

Para la Red de Transporte SDH se propone una topología de dos anillos con nodo común en el Centro (CEN), esto se muestra en la Figura 2.

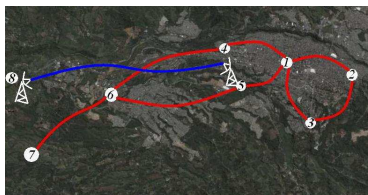


Figura 2. Topología de la Red de Transporte.

Ahora con la propuesta de la topología de la Red de Transporte, se procede al diseño de cada uno de los nodos, no sin antes verificar los contenedores de orden superior (VC-4) necesarios para el transporte, los equipos a utilizar serán comentados brevemente a medida que se diseña cada uno de los nodos de la Red de transporte SDH⁵.

2.3. VERIFICACIÓN DE VC-4

Un contenedor Virtual de alto orden se denomina VC-4 o tributario de 144Mbps, este contenedor virtual tiene la capacidad de transportar 63 E1's, y este a su vez con un

puntero y una etiqueta se convierte en un elemento de transporte de una red SDH llamado también STM-1. Para la verificación de los contenedores virtuales se requiere analizar el tráfico en cada uno de los anillos, y de este modo determinar el tamaño del transporte en STM-1 de la Red, los anillos se muestran en la Figura 3.

2.3.1. Anillo 1 - CEN, ALA y CIR

Como se observa en la Figura 3, el tráfico de CIR y ALA hacia el HUB suman una cantidad superior a la capacidad de transporte de un STM-1.

$$VC-4_1 = (CEN - CIR)_{45} + (CEN - ALA)_{20}$$

$$VC-4_1 = 65E1's$$

De acuerdo a los resultados mostrados, una línea de transporte del tamaño de STM-1 no es suficiente para la topología planteada, por tanto se requiere pasar al siguiente nivel de líneas de transporte; para el caso planteado, una línea de transporte STM-4, lo cual implica un transporte de 4 tributario VC-4, que sería suficiente para los requerimientos de la RT-SDH.

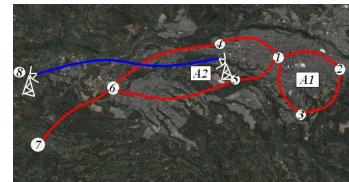


Figura 3. Anillos de la Red de Transporte.

2.3.2. Anillo 1 - CEN, ALA y CIR (STM-4)

Replanteando al análisis del Anillo 1 mostrado en el aparte 2.3.1, se proponen las siguiente distribución de de tributarios para cada uno de los VC-4 de la RT-SDH.

VC-4(1)	CEN-CIR 45E1's ALA-JAR 10E1's
VC-4(2)	CEN-ALA 20E1's CIR-ALA 19E1's CIR-JAR 20E1's
VC-4(3)	CIR-EST 19E1's ALA-COL 18E1's
VC-4(4)	ALA-EST 23E1's CIR-COL 15E1's

2.3.3. Anillo 2 - CEN, JAR, EST y COL (STM-4)

Para el segundo anillo de la RT-SDH se planteó la siguiente distribución para cada uno de los tributarios VC-4.

• VC-4(1)	○ CEN-COL 21E1's ○ CEN-JAR 18E1's ○ CEN-EST 22E1's
• VC-4(2)	○ COL-EST 24E1's ○ COL-JAR 16E1's ○ COL-CIR 15E1's
• VC-4(3)	○ COL-ALA 18E1's ○ EST-JAR 12E1's ○ EST-CIR 19E1's
• VC-4(4)	○ JAR-CIR 20E1's ○ ALA-JAR 10E1's ○ ALA-EST 12E1's

⁴ El HUB es el nodo más importante y se determina a través de la matriz de tráfico.

⁵ En adelante a la Red de Transporte SDH se le denominará RT-SDH.

2.3.4. CONCLUSIONES DEL PLANEAMIENTO INICIAL

Se determinó que para lograr el requerimiento de transporte de la Red fue necesario diseñar líneas de transporte STM-4 (que contiene 4 VC-4). Se plantearon los paquetes de tributarios que serán transportados por cada uno de los VC-4 de la RT-SDH. Se planteó la topología de dos anillos para la RTSDH.

2.4. DISEÑO DE NODOS

Para el diseño de los nodos se utilizará una protección 1:N a nivel de abonados, se planteará gráficamente la conexión de los tributarios, así como también la interconexión entre nodos de la RT-SDH⁶.

2.4.1. EQUIPOS

Para la RT-SDH se usarán básicamente 4 equipos a parte de la fibra óptica de interconexión de equipos.

2.4.1.1. Add Drop (ADX[155-2] ADX[620-2])

Estos equipos están capacitados para ser conectados directamente a la red de fibra óptica y enviar por la misma los tributarios montados en él por medio de las tarjetas de tributarios, hay puntos de transporte en la red que requieren un enlace STM-1 y otros (Los de mayos afluente de transporte) requieren enlaces STM-4, el equipo ADX[155-2] está en la capacidad de enviar vía fibra óptica el equivalente a 1 STM-1 (ó cualquiera de sus equivalentes en tributarios), ADX[620-2] está en la capacidad de realizar la misma función de anterior, pero con 4 veces su capacidad (El equivalente a un STM-4), estos equipos se muestran en la Figura 4 con sus respectivas tarjetas de línea, tarjetas de tributarios usados en el planeamiento de la red.

2.4.1.2. Tarjetas de Línea (TL-STM-1 TL-STM-4)

La tarjetas de línea son las que se encargan con el contacto directo con la fibra óptica, por medio de estas se introducen los datos que van a ser transportados entre nodos, estos se muestran en la Figura 4 en la parte izquierda y derecha de cada uno de los equipos ADX

2.4.1.3. Tarjetas tributarios (16x2Mbps 63x2Mbps)

Estas son las tarjetas que se encargan del contacto directo con los abonados de la red (Usuarios), de las centrales de cada Nodo se envían una cantidad determinada de E1's los cuales son introducidos a los equipos ADX a través de las tarjetas tributarias mostradas en la Figura 4 en la parte inferior de cada uno de los ADX.

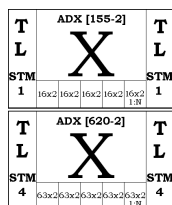


Figura 4. Add Drop (ADX[155-2] ADX[620-2]).

2.4.1.4. Equipo de radio

Este es un equipo que es usado para el transporte de E1's desde y hacia el nodo de Cerritos y el Jardín (Para el caso propuesto en esta planeación), este equipo se comentará con detalle en el momento que sea introducido a la RT-SDH. Ahora, con el conocimiento del funcionamiento de cada equipo y la acción de cada uno de ellas dentro de la RT-SDH, se mostrarán a continuación (para cada nodo), las conexiones de todos los equipos necesarios y también se incluirá una tabla con los costos en dólares de los elementos y equipos de cada nodo, y por último, se realizará al análisis del costo de todo el tendido de fibra óptica de la RT-SDH.

2.4.2. Nodo Santa Clara (STC)

El nodo de Santa Clara es uno de los nodos de menor tráfico en la RT-SDH, este cuenta con solo 10E1's entre Santa Clara (STC) y el nodo del Estadio (EST), esto se muestra claramente en la Figura 5, donde se observa de igual manera la interconexión de los equipos necesarios para el transporte de la información de este nodo. En la Tabla 2 se muestra el costo de los equipos necesarios para la conexión del nodo de Santa Clara, en este se incluye el ADX[155-2] (este aparecerá en el diagrama de Estadio pero no se tendrá en cuenta para los costos del nodo) necesario para la recepción de los datos en el nodo de Estadio (EST).

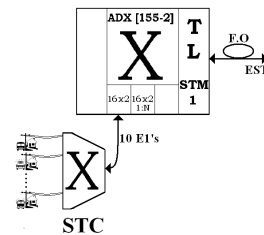


Figura 5. Nodo Santa Clara.

EQUIPOS	CANTIDAD	V UNITARIO	V TOTAL
ADX 155-2	2	1200	2400
TRIB 16x2	4	120	480
TL STM-1	2	150	300
TOTAL			3180

Tabla 2. Coste Nodo Santa Clara.

2.4.3. Nodo Estadio (EST)

Este nodo es un poco más complejo, pues recibe tributarios desde el nodo de Santa clara (STC), y a su vez también desde y hacia Coliseo (COL) y Jardín (JAR), esto se muestra en la Figura 6.

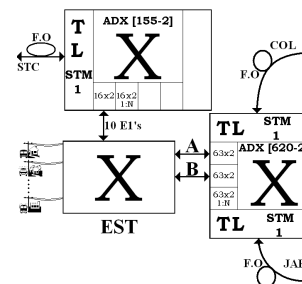


Figura 6. Nodo Estadio.

⁶ Apuntes de la Asignatura Comunicaciones II, Universidad Tecnológica de Pereira

En este nodo se observan claramente los 10E1's provenientes de STC y los tributarios A y B que son montados a ADX[620-2] hacia la red, a continuación se muestra con detalle los tributarios en las líneas A y B:

- Línea A 47E1's
 - 24E1's (EST - COL)
 - 23E1's (EST - ALA)
- Línea B 53E1's
 - 12E1's (EST - JAR)
 - 22E1's (EST - CEN)
 - 19E1's (EST - CIR)

En la Tabla 3 se muestra la relación de costos para los equipos necesarios para el nodo del Estadio (EST).

EQUIPOS	CANTIDAD	V UNITARIO	V TOTAL
ADX 620-2	1	4000	4000
TRIB 63x2	3	500	1500
TL STM-1	2	500	1000
TOTAL			6500

Tabla 3. Coste Nodo Estadio.

2.4.4. Nodo Jardín (JAR)

Este es un nodo de especial cuidado, pues en este nodo llega el tráfico proveniente de Cerritos (CER) por medio de Radio en la parte inferior derecha de la Figura 7 se puede observar la antena que está conectada por medio de una línea D.

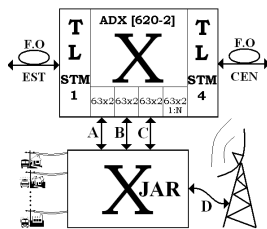


Figura 7. Nodo Jardín.

Como se puede observar, este nodo recibe el tráfico proveniente de Centro (CEN) y de Estadio (EST) por medio del ADX[620-2], y desde los tributarios entra al ADX la línea A, B y C, esto es ampliado a continuación.

- Línea A 12E1's
 - 12E1's (EST - JAR)
- Línea B 34E1's
 - 18E1's (JAR - CEN)
 - 16E1's (JAR - COL)
- Línea C 30E1's
 - 20E1's (JAR - CIR)
 - 10E1's (JAR - ALA)
- Línea D 12E1's
 - 12E1's (JAR - CER)

Como se puede notar en la anterior información, el tráfico de información enviado hacia el centro (CEN) y el anillo 1, es mucho mayor que la capacidad de una Tarjeta de Línea STM-1, por ende, para el transporte de la información desde el nodo del Jardín (JAR) hacia el Centro (CEN) es necesario usar una tarjeta de línea STM-4, esto se observa más claramente en la Figura 7 donde la conexión con el nodo del Centro (CEN) es por medio de una tarjeta de línea STM-4. El costo de los equipos necesarios para el montaje en el nodo de Jardín (JAR) se muestra en la Tabla 4, en ese total se incluye el montaje

del Radio necesario para transporte de los tributarios desde y hacia Cerritos (CER).

EQUIPOS	CANTIDAD	V UNITARIO	V TOTAL
ADX 620-2	1	4000	4000
TRIB 63x2	4	500	2000
TL STM-4	1	650	650
TL STM-1	1	500	500
RADIO	1	6000	6000
TOTAL			13150

Tabla 4. Coste Nodo Jardín.

2.4.5. Nodo Cerritos (CER) - Radio

Este nodo solo consta de la central donde salen los 12E1's que son transportados vía radio hacia Jardín (JAR), el costo de este equipo fue relacionado en el nodo de Jardín (JAR), en la Figura 8 se muestra la topología de este nodo.

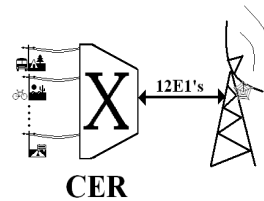


Figura 8. Nodo Cerritos.

2.4.6. Nodo Coliseo (COL)

El nodo del Coliseo (COL) es el nodo paralelo al de Jardín (JAR), éste también recibe tráfico desde Estadio (EST) hacia Centro (CEN) y viceversa, incluyendo los montados por la central de Coliseo (COL), al igual que el nodo de Jardín (JAR), éste también consta de una tarjeta de línea STM-1 que recibe el tráfico desde el Estadio (EST), y otra Tarjeta de línea STM-4 que se encarga del transporte hacia el nodo del Centro (CEN), esto se indica en la Figura 9. Por medio de las líneas A, B y C que se muestran en la figura 9 se maneja el siguiente tráfico.

- Línea A 24E1's
 - 24E1's (EST - COL)
- Línea B 36E1's
 - 21E1's (COL - CEN)
 - 15E1's (COL - CIR)
- Línea C 34E1's
 - 18E1's (COL - ALA)
 - 16E1's (COL - JAR)

De igual manera que en el caso del nodo de Jardín (JAR), el tráfico desde y hacia el centro y el anillo 1 supera la capacidad de transporte de STM-1, por ende se requiere de igual manera una Tarjeta de línea STM-4.

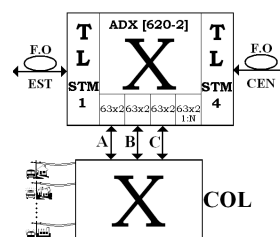


Figura 9. Nodo Coliseo.

A continuación se muestra en la Tabla 5, la relación de costos de los equipos necesarios para el montaje del nodo de Coliseo (COL).

EQUIPOS	CANTIDAD	V UNITARIO	V TOTAL
ADX 620-2	1	4000	4000
TRIB 63x2	4	500	2000
TL STM-4	1	650	650
TL STM-1	1	500	500
TOTAL			7150

Tabla 5. Coste Nodo Coliseo.

2.4.7. Nodo Centro HUB (CEN - HUB)

Este nodo es el concentrador de transporte de la red SDH, por ende es el nodo más importante, pues por medio de él se transporta la información desde y hacia el anillo 1 y el anillo 2 (Ver figura 3), en la Figura 10 se muestra la topología de las conexiones de los equipos en el nodo de Centro (CEN). En la figura 10 se puede observar las líneas de tráfico, las líneas A, B y C contienen información que va desde cualquier parte de la red hacia el Centro (CEN) y viceversa, y las líneas D y E transportan la información que vas desde el anillo 1 al anillo 2 (Ver Figura 3), a continuación se muestra con detalle el contenido de información de cada uno de los tributarios.

- Línea A 61E1's
 - 22E1's (EST - CEN)
 - 18E1's (JAR - CEN)
 - 21E1's (COL - CEN)
- Línea B 20E1's
 - 20E1's (CEN - ALA)
- Línea C 45E1's
 - 45E1's (CEN - CIR)
- Línea D 51E1's
 - 10E1's (JAR - ALA)
 - 18E1's (COL - ALA)
 - 23E1's (EST - ALA)
- Línea E 54E1's
 - 15E1's (COL - CIR)
 - 19E1's (EST - CIR)
 - 20E1's (JAR - CIR)

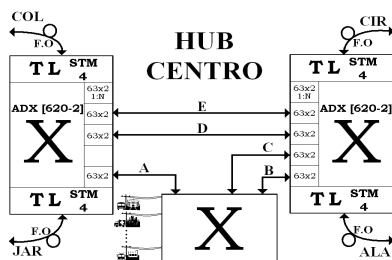


Figura 10. Nodo Centro – HUB.

Con la información del tráfico entre los nodos, se determina de igual manera que es necesario que la capacidad de transporte del Centro hacia los dos anillos y entre anillos sea de STM-4, eso se observa en el diseño del nodo Centro (CEN - HUB) mostrado en la Figura 10. La relación de costo de los equipos para del montaje del nodo HUB Centro (CEN) se muestra en la Tabla 6.

EQUIPOS	CANTIDAD	V UNITARIO	V TOTAL
ADX 620-2	2	4000	8000
TRIB 63x2	9	500	4500
TL STM-4	4	650	2600
TL STM-1	0	500	0
TOTAL			15100

Tabla 6. Coste Nodo Centro – HUB.

2.4.8. Nodo Circunvalar (CIR)

El nodo de Circunvalar (CIR), es el segundo nodo con más tráfico en la red, este está asegurado con una conexión directa vía STM-4 con el CEN-HUB, la topología de conexión de este nodo se muestra en la figura 11.

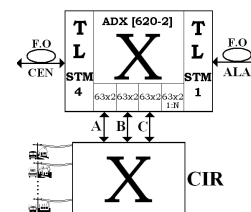


Figura 11. Nodo Circunvalar.

Como se puede observar en la Figura 11, la tarjeta de Línea que conecta el Centro (CEN-HUB) con la Circunvalar (CIR) es STM-4, y como el tráfico entre Álamos (ALA) y Circunvalar (CIR) es transportable vía STM-1, se usa la tarjeta con esa capacidad en esa conexión. Por medio de las líneas A, B y C mostradas en la figura 11 se transmiten el siguiente tráfico.

- Línea A 45E1's
 - 45E1's (CEN - CIR)
- Línea B 54E1's
 - 15E1's (COL - CIR)
 - 19E1's (EST - CIR)
 - 20E1's (JAR - CIR)
- Línea C 19E1's
 - 19E1's (CIR - ALA)

En la Tabla 7 se muestra la relación de costo de los equipos necesarios para el montaje del nodo de Circunvalar (CIR).

EQUIPOS	CANTIDAD	V UNITARIO	V TOTAL
ADX 620-2	1	4000	4000
TRIB 63x2	4	500	2000
TL STM-4	1	650	650
TL STM-1	1	500	500
TOTAL			7150

Tabla 7. Coste Nodo circunvalar.

2.4.9. Nodo Álamos (ALA)

Este nodo tiene un topología igual que la del nodo de Circunvalar (CIR), la diferencia es que el tráfico de este es un poco menor que el de Circunvalar (CIR), la topología del nodo se muestra en la Figura 12, donde se pueden observar todos los equipos necesarios para el montaje de este nodo.

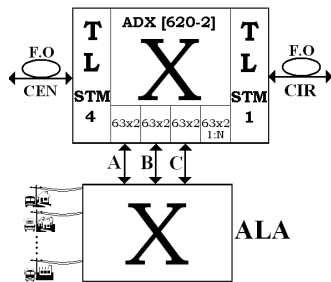


Figura 12. Nodo Álamos.

Por medio de las líneas A, B y C mostradas en la figura 12 se transmiten el siguiente tráfico.

- Línea A 38E1's
 - 20E1's (CEN - ALA)
 - 18E1's (COL - ALA)
- Línea B 33E1's
 - 10E1's (JAR - ALA)
 - 23E1's (EST - ALA)
- Línea C 19E1's
 - 19E1's (ALA - CIR)

En la Tabla 8 se muestra la relación de costo de los equipos para el montaje del nodo de Álamos (ALA).

EQUIPOS	CANTIDAD	V UNITARIO	V TOTAL
ADX 620-2	1	4000	4000
TRIB 63x2	4	500	2000
TL STM-4	1	650	650
TL STM-1	1	500	500
TOTAL			7150

Tabla 8. Coste Nodo Álamos.

2.5. Tramos de Fibra Óptica (F.O.)

En el planteamiento de la topología para la Red de Transporte SDH (RT-SDH), se llegó a una topología con dos anillos y dos derivaciones, de las cuales una es vía radio y la otra vía red SDH, en la figura 2 se muestra la topología final con la que se trabajó todo el diseño de la RT-SDH, cada uno de los cables de color rojo son líneas de conexión entre los equipos de transporte SDH (ADX[XXX-2]), es decir fibra óptica, en la Tabla 9 se muestra la relación de las distancia entre nodos y el costo de cada tramo al igual que el coste total de la fibra para la conexión de toda la RT-SDH.

Tramo	Km	Costo (120 \$/Km)
STC - EST	5	600
EST - COL	8	960
EST - JAR	7	840
COL - CEN	4,5	540
JAR - CEN	5	600
CEN - CIR	3	360
CEN - ALA	3,5	420
CIR - ALA	4,5	540
Total	40,5	4860

Tabla 9. Relación de tramos de FO y coste.

2.6. COSTO TOTAL DEL MONTAJE DE LA RED DE TRANSPORTE SDH (RT-SDH)

Para cada nodo que se analizó, se llegó a un valor de coste total de cada uno, en la Tabla 10 se relaciona el coste total del montaje de la RT-SDH incluyendo el valor de todos los equipos necesario y la fibra óptica para todas las conexiones de la RT-SDH.

RED TRANSPORTE SDH	
Costos Total Equipos	\$59380
Costo Total Fibra Óptica	\$4860
TOTAL	\$64240

Tabla 10. Coste total de todo el montaje de la RT-SDH.

3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La necesidad de comunicación ha sido un factor clave en el desarrollo del hombre, quien ha tratado desde tiempos inmemoriales lograr una comunicación eficiente con todo lo que lo rodea y en especial con otros seres humanos. Esta necesidad de comunicación fue tan fuerte que se han logrado desarrollos que permiten las comunicaciones casi a la velocidad de la luz, gracias al desarrollo de la fibra óptica.

Hoy en día las redes de transporte SDH tienen gran importancia, ya que representan la vanguardia de las comunicaciones y la globalización de la transmisión de datos e información, de un modo tan abrumador que la humanidad no ha terminado de asimilar un medio de comunicación y ya se está trabajando en otro que lo supera.

Trabajar a la velocidad de la luz permite disminuir los límites en el tráfico de información, ya que dicho límite está asociado a los equipos que se construyen, pues es muy complejo acceder a velocidades de oscilación muy grandes (por encima de los 160GHz).

Con respecto a la Red de Transporte SDH planteada, los costos pueden variar según la topología que se escoja, pero se debe tener en cuenta que la topología de la Red se ve afectada directamente por el nodo de mayor tráfico, que para el caso del tráfico propuesto en la Tabla 1 es el nodo de Centro (CEN).

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sistemas de comunicación, S. Haykin, Segunda edición [2 Ed.], Editorial Interamericana, Pags: 648-660.
- [2] Telecomunicaciones, J. Brawn and E.V.D. Glazier, Edición desconocida, Editorial Marcobo, Pags: 430-434.
- [3] Apuntes de la Asignatura Comunicaciones II, Universidad Tecnológica de Pereira,