

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**  
**Escuela de Ingeniería Electrónica**



**Diseño de integración de las subredes de gestión de los sistemas de telecomunicaciones SDH y sincronía**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura/Bachillerato**

**Luis Diego Jirón Viales**

**Cartago, Enero 2010**



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA**  
**PROYECTO DE GRADUACIÓN**  
**TRIBUNAL EVALUADOR**

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal

Ing. Javier Pérez Rodríguez

Profesor lector

Ing. William Marín Moreno

Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

Cartago, 26 de Enero del 2010

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, 26 Enero 2010



Luis Diego Jirón Viales

Céd: 5-344-233

## RESUMEN

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) tiene problemas en el reporte de averías de las redes de datos SDH (Jerarquía digital Síncrona) NEC, ALCATEL y LUCENT. Las fallas de asociación producto de la pérdida de información en el trayecto de la fibra están provocando grandes atrasos en la atención.

Si no se resuelven las averías en el menor tiempo posible, los clientes pierden gran cantidad de servicios que requieren, y el ICE clientes potenciales por la imagen pública que atrae un mal servicio.

Para evitar las fallas de asociación se diseña una propuesta de integración entre las subredes de gestión y la red de datos WAN FOUNDRY, que permita dar redundancia a la información y evitar que existan pérdidas de los paquetes de averías; siempre cumpliendo con recomendaciones internacionales sobre la gestión de las redes de telecomunicaciones (TNM por sus siglas en inglés) y los estándares de comunicación TCP/IP y OSI.

Palabras claves: SDH, TNM, TCP/IP, OSI, red de gestión.

## **ABSTRACT**

Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) has data lost problems of network management messages. These missing reports about SDH networks are causing a waste of time solving the problem.

If the problems are not solved in the shortest time, clients will lose a lot of services they need to work, and ICE public image will be damage.

As solution, the design of integration among management network and FOUNDRY Network, witch would give information redundancy and avoid lost messages

**Keywords:** SDH, TNM, TCP/IP, OSI, Management network

## DEDICATORIA

*A mis padres, Donaldo Jirón y Socorro Viales. Por estar siempre conmigo y apoyarme en las buenas y las malas.*

*A mis hermanos Giselle, Mauren, Juan Carlos, Donald Y Ginnette, porque sin su compromiso no habría llegado hasta el final.*

*A Medardo Pizarro por formar parte de mi crianza y educación.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A los Profesores de la Escuela de Ingeniería Electrónica, que durante mi carrera ayudaron no solo en mi formación académica sino también personal.*

*A los Ingenieros Julio Stradi, Julio Quesada, Carlos Cascante y Rocío Umaña, quienes me guiaron y dieron la oportunidad de realizar este proyecto.*

*A todos las personas del Departamento DTOM del ICE en San Pedro, quienes facilitaron información y ayuda en todo el camino.*

## INDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción .....	10
1.1 Problema existente e importancia de su solución .....	10
1.2 Solución seleccionada .....	12
Capítulo 2: Meta y objetivos .....	13
2.1 Meta.....	13
2.2 Objetivo general.....	13
2.3 Objetivos específicos .....	13
Capítulo 3: Marco teórico .....	14
3.1 Jerarquía Digital Sincrona SDH .....	14
3.2 Canales DCC (Data Communication Channel) .....	14
3.3 Unidad de gestión de los equipos SDH.....	14
3.4 Interfaz QB3 para comunicación con el NMS.....	14
3.5 Protocolos de enrutamiento .....	15
Capítulo 4: Procedimiento metodológico .....	16
4.1 Reconocimiento y definición del problema .....	16
4.2 Obtención y análisis de información.....	16
4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución .....	17
4.4 Redes de gestión .....	17
4.5 Red WAN de datos FOUNDRY .....	23
Capítulo 5: Descripción detallada de la solución .....	24
5.1 Soluciones propuestas para conectar el equipo SDH a la red FOUNDRY ...	24
5.2 Equipo NEC de Radio.....	43
5.3 Propuesta de integración de equipos de sincronía DCD-519 y TS3000.....	46
5.4 Propuesta de integración de equipos ALCATEL .....	49
5.5 Propuesta de integración de la red SDH LUCENT .....	51
5.6 Configuración del equipo FOUNDRY .....	53
Capítulo 6: Análisis y resultados .....	57
6.1 Red SDH NEC de fibra .....	57
6.2 SDH NEC radio.....	60
6.3 Equipos de sincronía .....	61
6.4 Equipo ALCATEL.....	61
6.5 LUCENT .....	62
Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones.....	63
7.1 Conclusiones .....	63
7.2 Recomendaciones .....	64
Referencias.....	65
Apéndices .....	67
A.1 Glosario, abreviaturas .....	67
A.2 Configuración del túnel IP GRE .....	68
Anexos.....	70
B.1 Reporte de averías de 2008 y 2009 .....	70

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.2 Solución propuesta .....	11
Figura 4.1 Diagrama actual de la red de gestión NEC de Fibra .....	18
Figura 4.2 Conexión física actual de la red de Sincronía.....	19
Figura 4.3 OSI sobre IP.....	20
Figura 4.4 Red de gestión ALCATEL.....	21
Figura 4.5 Red de gestión actual LUCENT .....	22
Figura 4.6 Red WAN .....	23
Figura 5.1 Conexión de un nodo del anillo .....	26
Figura 5.2 Conexión a dos nodos del anillo.....	27
Figura 5.3 Conexión de todos los nodos del anillo.....	28
Figura 5.4 Simbología de los anillos NEC SDH de fibra .....	29
Figura 5.5 Estación Oeste anillos 7, 9, 21 y 38 .....	30
Figura 5.6 Anillos 27, 37, 49 y 50.....	31
Figura 5.7 Anillo 13 y Buses 40, 43 y 28 .....	32
Figura 5.8 Estación Puntarenas - Anillos 31, 33, 34 y 35 .....	33
Figura 5.9 Estación de Alajuela – Anillos 8, 10, 14, 15 y 33 .....	34
Figura 5.10 Estación Escazú – Anillos 20 y 21.....	35
Figura 5.11 Estación San Pedro – Anillos 5, 12, 32, 9, 10, 13, 14, 16, 23 y 64 .....	35
Figura 5.12 Estación San José – Anillos 1, 2, 3, 9, 10, 14.....	36
Figura 5.13 Estación San José – Anillos 17, 18.....	37
Figura 5.14 Estación San José – Anillos 19, 25, 30.....	38
Figura 5.15 Estación Desamparados – Anillo 24 y Bus 48 .....	39
Figura 5.16 Estación Norte – Anillos 6 y 22.....	39
Figura 5.17 Estación Cartago – Anillos 11, 13 y 41 .....	40
Figura 5.18 Conexión física actual de la red NEC de gestión fibra.....	41
Figura 5.19 Conexión física integrada de la red NEC de gestión fibra .....	41
Figura 5.20 Conexión física actual de la red de gestión NEC radio.....	43
Figura 5.21 Conexión física integrada de la red de gestión NEC radio .....	44
Figura 5.22 Estaciones de radio con acceso WAN .....	45
Figura 5.23 Red de gestión de sincronía integrada.....	46
Figura 5.24 Conexión de E-gate20 .....	47
Figura 5.25 Conexión actual de E-gate20 en San Pedro.....	48
Figura 5.26 Conexión integrada de E-gate20 en San Pedro .....	48
Figura 5.27 Integración de la red de gestión ALCATEL.....	50
Figura 5.28 Diseño de integración LUCENT .....	51
Figura 9.1 Configuración de Tunel IP .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

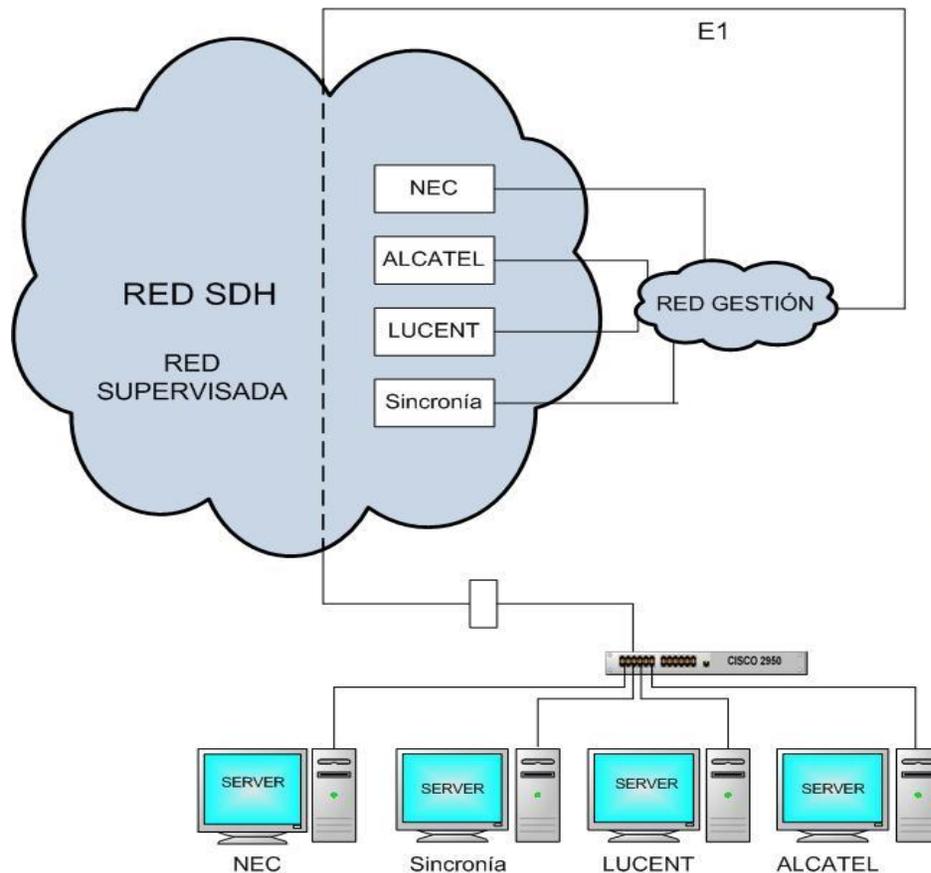
Tabla 4.1 Equipos LUCENT utilizados en la red SDH.....	21
Tabla 5.1 Cantidad de nodos NEC SDH con acceso a la red WAN .....	25
Tabla 5.2 Cantidad de VLAN necesarias por marca de equipo SDH .....	54
Tabla 6.1 Resumen de integración de anillos.....	57
Tabla 6.2 Dispositivos necesarios para Integración NEC Fibra .....	58
Tabla 6.3 Disponibilidad de la red SDH NEC .....	59
Tabla 6.4. Disponibilidad de la red SDH NEC integrada .....	60
Tabla 6.5. Dispositivos necesarios para Integración NEC Radio.....	60
Tabla 6.6 Anillos ALCATEL integrados a la red WAN.....	62
Tabla 6.7 Anillos LUCENT integrados a la red WAN .....	62
Tabla A.1 Reporte de averías .....	70

## Capítulo 1: Introducción

### 1.1 Problema existente e importancia de su solución

El Instituto Costarricense de Electricidad dispone de una red de datos SDH de al menos 1100 equipos en todo el país. Esta red SDH permite dar servicios de Internet y telefonía a gran parte de la población.

El Departamento de Transporte DTOM es el encargado del mantenimiento de toda esa red de datos. Cuando se presenta una falla en la red, los equipos SDH envían información de la avería hacia el centro de gestión para luego ser atendida.



**Figura 1.1** Funcionamiento actual de la red

Cuando los equipos SDH no pueden comunicar un reporte certero de la avería, se le llama falla de asociación. Esta falla se debe en gran parte a que la información de gestión no tiene una ruta alterna por donde comunicarse con el centro de gestión provocando pérdida de los paquetes de gestión.

El problema de la empresa radica en la pérdida de esa información sobre el estado de la red, debido a que las subredes de gestión dependen de las mismas redes de telecomunicaciones que supervisan, como se observa en la figura 1.1, donde la información proveniente de la red de gestión es transportada por una línea dedicada E1 por medio de la red SDH hacia los servidores. Si no se tiene un reporte de avería preciso, el tiempo de solución aumenta, dejando a gran cantidad de clientes sin servicios importantes.

Existe en la empresa una red de datos ethernet nueva, que está siendo utilizada para descongestionar las redes de datos SDH y algunas otras redes internas del ICE. Si existiera una forma de utilizar esta red de datos para evitar las fallas de asociación, el Departamento de Transporte podría resolver las averías que se presentan en un tiempo menor.

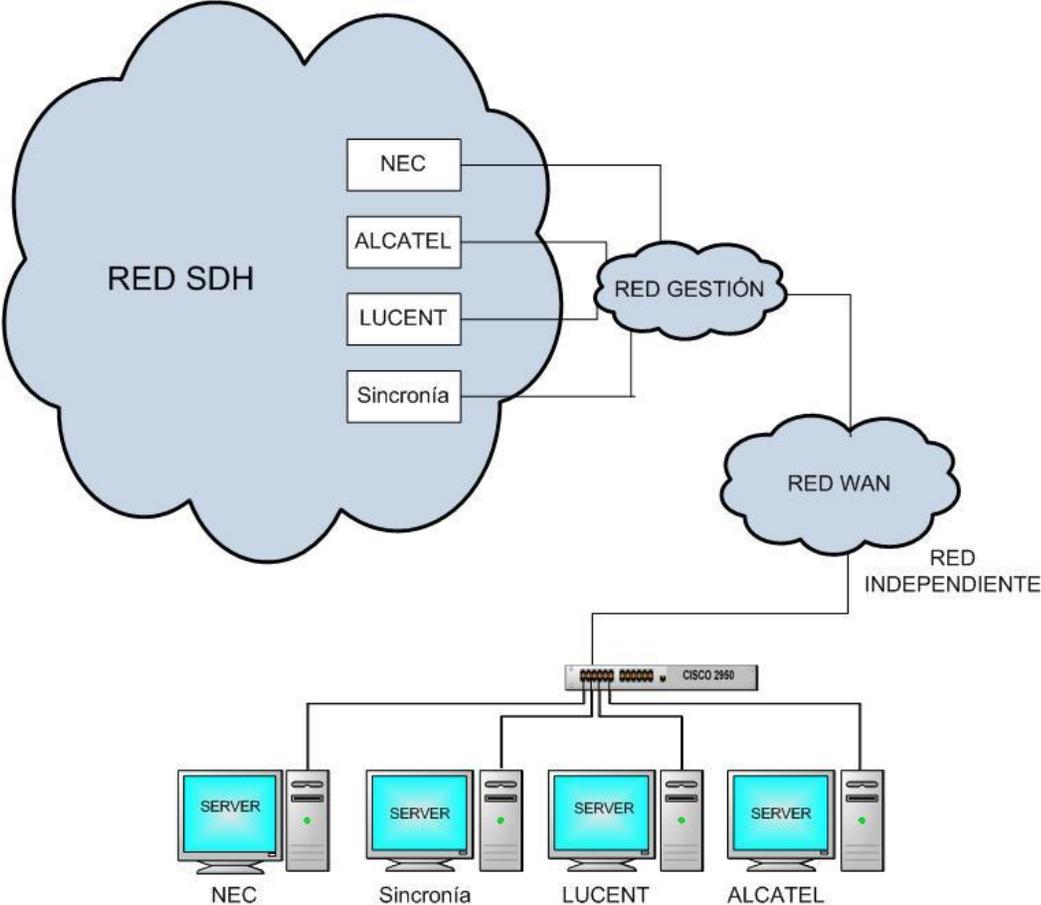


Figura 1.2 Solución propuesta

Entre los beneficios de cambiar la red de gestión actual a la red de datos nueva están:

- Independencia de la gestión sobre la red de datos supervisada
- Aumento en la disponibilidad de la información de gestión.
- Utilización de una red de alta velocidad y múltiples rutas de comunicación.

## **1.2 Solución seleccionada**

Entre los requerimientos de la empresa para solucionar el problema se encuentran:

- La utilización de la red de datos WAN para dar redundancia e independencia a las redes de gestión.
- Y una disponibilidad de la información de gestión de al menos 98%.

Ante el problema previsto, se diseñará una propuesta de integración de las redes de gestión y la red WAN, como en la figura 1.2 donde el servicio de transporte de los datos de gestión se realiza por la red WAN y no por la red SDH. Esta propuesta concluye en un sistema capaz de adaptar satisfactoriamente todos los nodos de las subredes a la red WAN.

Se desarrolla un documento que valore tanto la tecnología existente de las subredes de gestión, como aquella destinada a utilizarse como transporte (WAN) entre el centro de administración y los equipos SDH; analizando los equipos y protocolos utilizados actualmente.

## **Capítulo 2: Meta y objetivos**

### **2.1 Meta**

Crear una propuesta de referencia para implementar la integración de las subredes de gestión SDH del ICE a una nueva red WAN, que permita una mayor independencia de la red de telecomunicación nacional.

*Indicador:* Documento completo que especifique la forma de integrar las subredes de gestión a la red WAN.

### **2.2 Objetivo general**

Generar una propuesta de integración de las subredes de gestión SDH de los sistemas de transmisión a una red WAN.

*Indicador:* Mostrar las conexiones físicas y lógicas de las redes de gestión a la red WAN.

### **2.3 Objetivos específicos**

- 1 Diseñar la configuración física y lógica de los equipos SDH necesaria para conectar las subredes de gestión con la red WAN.

*Indicador:* Mostrar diagramas de diseño de las subredes.

- 2 Determinar la estructura de red necesaria para dotar de mayor redundancia en la información de gestión.

*Indicador:* Proponer un diseño que me permita aumentar la disponibilidad de gestión

- 3 Determinar la mejor configuración física de la red WAN para transportar las redes de gestión con una disponibilidad del 98%.

*Indicador:* Mostrar un diseño que permita el transporte y maximice la disponibilidad de información.

### **Capítulo 3: Marco teórico**

Este capítulo presenta información relevante sobre los principales conceptos a tomar en cuenta cuando se trabaja con una red de gestión y una red WAN. Como se menciona antes en la sección 1.2, se desarrolla una propuesta de integración de las subredes de gestión a la red WAN, según algunas recomendaciones de la ITU-T como son G.784 [1], M.3010e [3] y G.703 [4].

#### **3.1 Jerarquía Digital Síncrona SDH**

La Jerarquía Digital Síncrona es un estándar para la transmisión de datos por fibra óptica, donde se utilizan tramas STM-N para transportar señales plesiócronicas y síncronas utilizando el mapeo de las señales en contenedores virtuales.

El STM-1 es el módulo de transporte síncrono básico y puede transportar información a 155.520 Mbps. Existen otros niveles de módulos de transporte [2], habiéndose definido los STM-4 (622.08 Mbps) y STM-16 (2488.02 Mbps).

#### **3.2 Canales DCC (Data Communication Channel)**

En el encabezado de la trama STM, existen bytes dedicados exclusivamente al transporte de información de gestión entre equipos. Los bytes D1-D3 ( $DCC_R$ ) definen un canal de 192 kbps, utiliza un protocolo HDLC (LAPD) y es accesible en los terminales y repetidores [1] [8, 9]. Los Bytes D4-D12 ( $DCC_M$ ) definen un canal de 576 kbps y es accesible entre equipos multiplexores.

#### **3.3 Unidad de gestión de los equipos SDH**

En todo equipo SDH se requiere una unidad de gestión que procese los protocolos de comunicación y envíe la información de gestión hacia otros nodos SDH por el canal DCC. Además contiene una interfaz Q de conexión al exterior (LAN-Ethernet) para la comunicación con el administrador de la red de telecomunicaciones (Telecommunication Management Network - NMS). Esta unidad es un ruteador que puede ser OSI o TCP/IP [3,8]. Para OSI utiliza el protocolo de enrutamiento ISIS y para TCP/IP utiliza RIP. Uno de los requisitos si se quiere conectar un enrutador a esta unidad es que soporte esos protocolos de enrutamiento.

#### **3.4 Interfaz QB3 para comunicación con el NMS**

Los equipos SDH normalmente disponen de una interfaz QB3 (definida en la norma ITU-T G.773) que permite acceder al equipo por una LAN (10BaseT o 10Base2). Todos los equipos GNE [1] a ser gestionados por el TMN deben ser interconectados mediante esta LAN.

### **3.5 Protocolos de enrutamiento**

En este proyecto se trabaja con tres protocolos de enrutamiento que son Routing Information Protocol RIP (protocolo de enrutamiento de Internet que utiliza algoritmos de vector distancia) [16,17], Open Shortest Path First OSPF [18], ISIS (protocolo de enrutamiento OSI) [19].

#### **3.5.1 Túneles IP GRE**

Un túnel IP, es un canal virtual que comunica dos redes por medio de una red diferente, que puede ser Internet. Esto permite la facilidad de conectar redes privadas sobre una red pública como Internet sin necesidad de poseer una dirección IP pública. Uno de los protocolos que soportan túneles IP es Generic Routing Encapsulation GRE y es el que utilizan los dispositivos FOUNDRY BigIron [6] y [21].

## **Capítulo 4: Procedimiento metodológico**

### **4.1 Reconocimiento y definición del problema**

La red de datos WAN FOUNDRY fue un proyecto pensado para dar transporte a diferentes departamentos del ICE; y es utilizada para descongestionar otras redes sensibles como la red institucional, por lo que se trabaja en integrar los elementos de gestión SDH y de sincronía a esta nueva red.

Por medio de una entrevista a la Ingeniera Rocio Umaña del Departamento DTOM se determina que el principal problema de las redes de gestión (redes SDH NEC, ALCATEL, LUCENT y Sincronía) son las fallas de asociación, que provocan tiempos de solución de averías elevados ante el hecho de tener que desplazarse físicamente a los lugares de la falla para encontrar el problema y solucionarlo.

La empresa cuenta con una página WEB interna donde se enlistan las fallas de asociación por año o por tipo. Una lista de las fallas de asociación de los años 2008 y 2009 se presentan en el Anexo B.1, la cual permite conocer los principales problemas por los que se presentan y calcular un porcentaje de disponibilidad teórico luego de dar mayor redundancia a las redes de gestión.

### **4.2 Obtención y análisis de información**

La información previa sobre el problema se obtuvo mediante entrevistas a Giselle Abarca, Ing. Julio Quesada y al Ing. Carlos Cascante del Departamento de TI, y a los ingenieros Rocío Umaña y Julio Stradi del Departamento de DTOM; consultas a los manuales de equipo NEC, ALCATEL, LUCENT y sincronía. Todos estos manuales fueron proporcionados por la empresa. Además se utilizaron diversas fuentes de la red para ahondar en la utilización de los protocolos LAPD, SNMP y CMIP, de TCP/IP y OSI, en la transmisión de información de gestión.

Para obtener información de los equipos FastIron SX-800 y BigIron RX8 de la red WAN se solicitaron los manuales a la empresa DATATELL y se hicieron numerosas entrevistas sobre el funcionamiento de estos equipos al técnico de la empresa Ing. Jorge Salguero.

Se recolectó información por medio del técnico Carlos Allan sobre la organización de las redes de telecomunicaciones, así como el transporte de la información de gestión sobre las redes SDH. Se encontró que las recomendaciones M.3010, G.703 y G.784 de ITU-T especifican una serie de principios para una red de gestión de telecomunicaciones y de interfaces para una red de datos SDH.

Los requerimientos de la empresa se basan en darle una confiabilidad a la red de gestión del 98%, que equivale a percibir pérdidas de la información solo 7,34 días al año. Además se toma en cuenta aspectos como facilidad de implementación, facilidad de administración de la configuración de red y disponibilidad de la red WAN.

### **4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución**

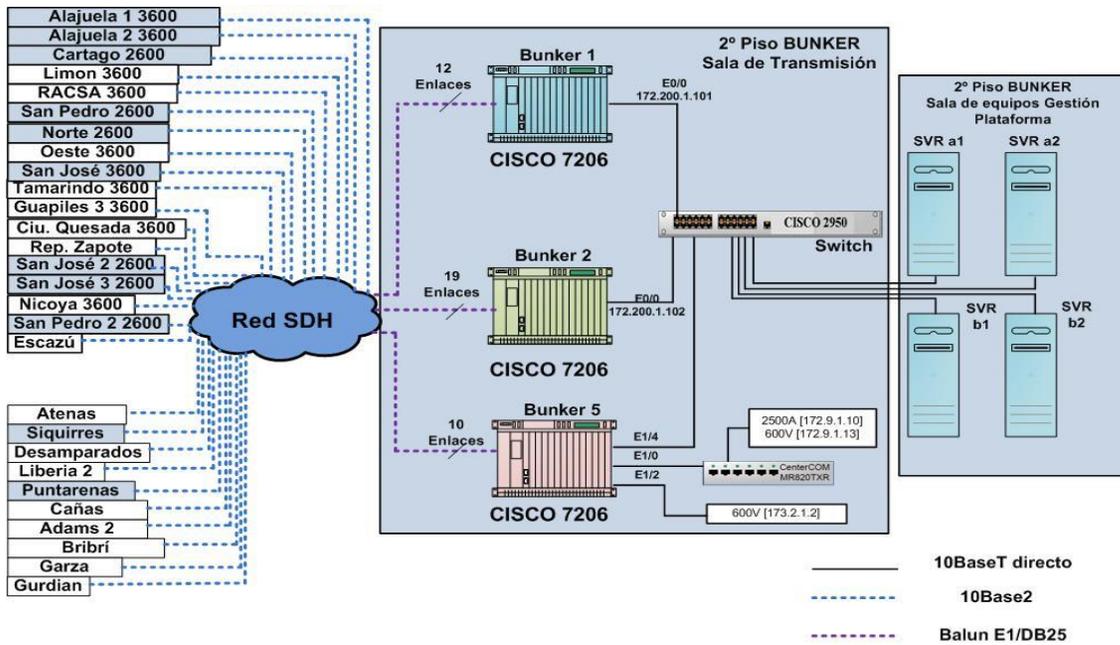
Se propone configurar dos o más nodos en un mismo anillo para que funcionen de gateway, como se puede ver en las figuras 5.2 y 5.3 donde cada nodo está representado por los círculos amarillos; de esta forma el anillo tendrá más de una ruta para comunicar al gestor la información de la red. Esos nodos de las figuras 5.2 y 5.3 pueden estar compuestos por equipos NEC 150V, 600V, 2500A, 2500R2, U-node y MW1000, equipos ALCATEL 1650 y 1660, LUCENT (Lambda Unidad® MSS, WaveStar® ADM 16/1 y Metropolis ADM Compact) y de sincronía TS3100 y DCD-519.

Esta solución no se puede implementar en todos los anillos ya que se tienen algunos que cuentan con 2 o 3 enrutadores, mientras otros no tienen ninguno, esto debido a que la red WAN se implementa independientemente de los requerimientos de gestión.

## **4.4 Redes de gestión**

### **4.4.1 Red de gestión NEC SDH**

Los equipos SDH de fibra están estructurados en anillos interconectados BLSR y bus lineal de 2/4 fibras. Los equipos 150A y 600V, disponen de una interfaz AUI para conexión con el exterior. Esta interfaz puede trabajar con el protocolo ISIS (OSI) o RIP (TCP/IP). Los dispositivos 2500A, 2500R2, MW1000 y U-node cuentan con interfaces QB3 10Base2 para comunicación con el sistema de gestión. Utilizan el protocolo RIP para comunicar la información de gestión. El equipo 3000S de radio NEC utiliza una interfaz OSI QB3 10Base2.



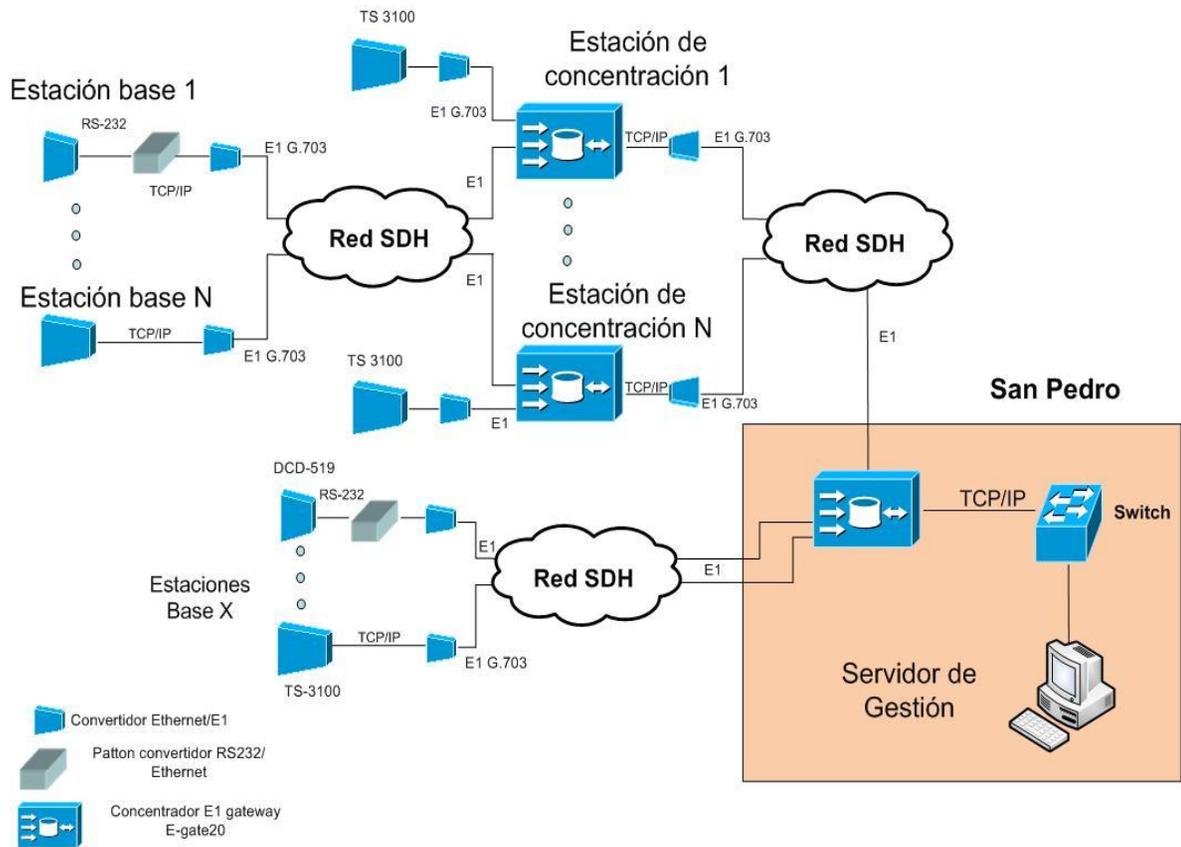
**Figura 4.1** Diagrama actual de la red de gestión NEC de Fibra

La red de gestión NEC de fibra se observa en la figura 4.1, donde enrutadores CISCO 2600 y 3600 (Cuadros claros y sombreados a la izquierda del dibujo) enrutan la información hacia el segundo piso del edificio BUNKER por medio de enlaces dedicados E1. En el edificio la información es recibida por 3 enrutadores CISCO 7206 que enrutan la información hacia los servidores de gestión. Los servidores de gestión NEC son 2 y cada uno cuenta con un servidor de respaldo.

#### 4.4.2 Red de gestión de Sincronía

Los equipos de sincronía utilizados en las redes SDH son el DCD-519 y el TS-3100. Ambos cuentan con una tarjeta MIS o SAI que proporciona un conector para comunicar las alarmas y estatus del equipo al NM (administrador de red por sus siglas en inglés).

La MIS reporta alarmas (por mensajes autónomos) hacia el Sistema de soporte de operaciones (OSS por sus siglas en inglés) en tiempo real, y escribe las alarmas y los eventos en un registro. El registro almacena hasta 256 mensajes (para tarjeta MIS estándar) o 64 mensajes (para una MIS no estándar) y es accedido vía TL1 comandos de lenguaje.



**Figura 4.2** Conexión física actual de la red de Sincronía

Los equipos DCD-519 de Symmetricom cuentan con una interfaz RS-232 para comunicar la información de gestión, mientras que el equipo TS-3100 cuenta con una interfaz ethernet 10BaseT. En las estaciones base de la figura 4.2, para transportar esa información se necesita convertir esa señal a un E1 (para ser transportado por la red SDH), por lo que se utiliza un convertidor Patton RS-232/10BaseT, luego se utiliza un convertidor 10BaseT/E1, en específico el RICi-E1 de RAD. Con los equipos TS3100 solo es necesario utilizar el convertidor Ethernet/E1 porque este equipo ya cuenta con interfaz Ethernet de gestión.

Con el propósito de minimizar la cantidad de enlaces E1 que se necesitarían para transportar la información directamente hacia el servidor, en algunas estaciones se utiliza concentradores E-gate20; se les llamará estaciones de concentración. Estas estaciones de concentración permiten disminuir la cantidad de enlaces E1 de 7 a 1, por lo que la cantidad real de enlaces necesarios en San Pedro (donde se encuentra el servidor de gestión) es de 29 enlaces E1 de un total de 237 nodos de sincronía.

### 4.4.3 Red de gestión ALCATEL

La red SDH ALCATEL está compuesta por los equipos 1660SM y 1650SM los cuales utilizan IS-IS como protocolo de enrutamiento para transportar información de gestión entre ellos. Estos equipos cuentan con una interfaz QB3 G.773 para comunicarse con el centro de gestión y con aplicaciones de mediación Q3/SNMP que permite el envío de la información de gestión OSI por medio de una red IP. El propósito es ofrecer un transporte IP y no OSI en la red DCN (Data Communication Network) [3] completa o en una porción de la misma como se observa en la figura 4.3.

Los servidores HP que contienen el sistema 1353NM ALCATEL para gestionar la red, disponen de un puerto LAN Ethernet para administración.

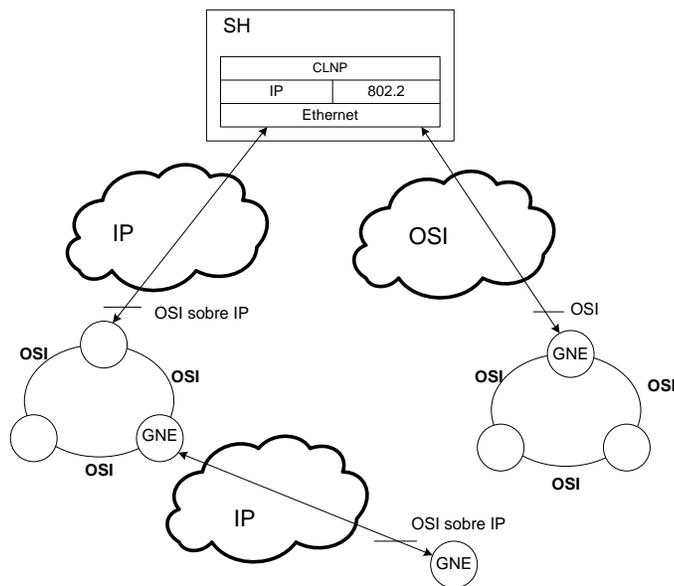
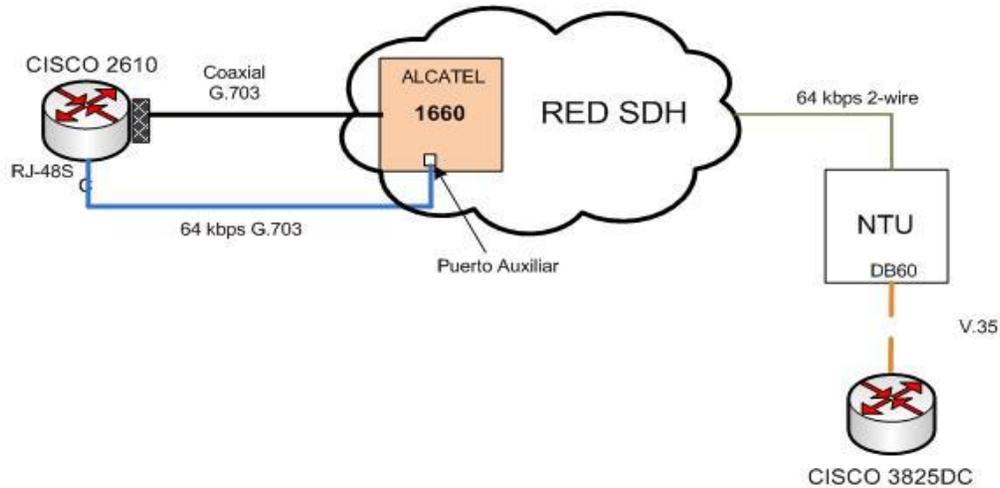


Figura 4.3 OSI sobre IP



**Figura 4.4** Red de gestión ALCATEL

La figura 4.4 muestra la red de gestión para equipo ALCATEL, en esta figura el 1660SM cuenta con una interfaz QB3 (coaxial G.703) para comunicar la información de gestión por medio de un enrutador CISCO 2610 que enruta la información a través de una interfaz de 64 kbps G.703 hacia un puerto auxiliar del equipo ALCATEL. La información es enviada sobre la trama STM-N de la red SDH y extraída en el cuarto piso del edificio de telecomunicaciones del ICE en San Pedro donde es transportada por un par de cobre hasta el sexto piso; aquí existe una Unidad Terminal de Red (NTU por sus siglas en inglés) que convierte la señal al estándar V.35. De aquí es conectado a un enrutador CISCO 3825 DC que enruta la información hacia los servidores.

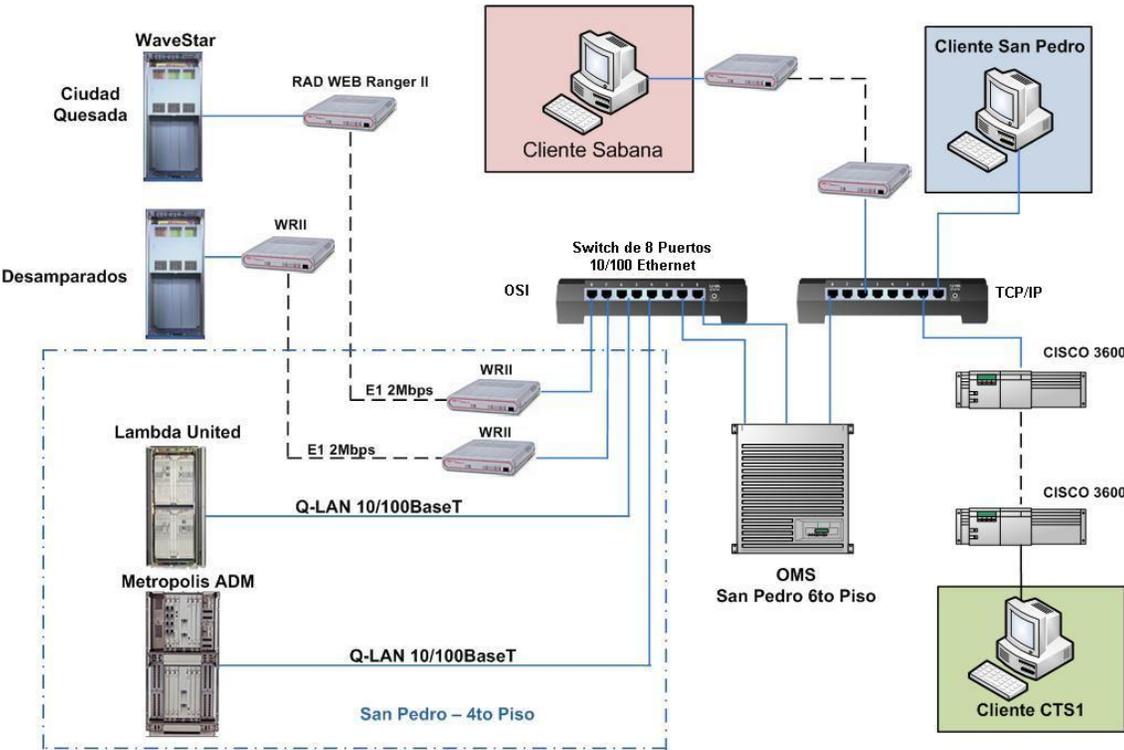
#### 4.4.4 Red de gestión Lucent

La red SDH LUCENT está compuesta por los equipos en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1** Equipos LUCENT utilizados en la red SDH

Elemento de red	Protocolo de comunicación	Puerto de comunicación
Lambda Unidad® MSS	OSI, TCP/IP GNE TCP/IP RNE	Ethernet 10BaseT
WaveStar® ADM 16/1	OSI	
Metropolis ADM Compact	OSI	

Los nodos LUCENT utilizan el estándar OSI para comunicar la información de gestión a los servidores por medio de una interfaz Ethernet 10BaseT. En cada anillo LUCENT pueden existir múltiples nodos funcionando como GNE (Gateway Network Element). Cuando esto pasa cada GNE maneja una porción del tráfico de comunicación. Además se puede configurar un GNE primario y uno secundario por si existe una falla donde se necesite que otro nodo pase a funcionar como el GNE del anillo.



**Figura 4.5** Red de gestión actual LUCENT

Dos de los nodos de la red de gestión LUCENT que se muestra en la figura 4.5 se encuentran en el mismo lugar que el servidor, por lo que se conectan por medio de interfaces 10BaseT a un switch conectado directamente con el servidor. Los GNE de los dos anillos restantes necesitan utilizar la red SDH para comunicar su información de gestión por medio de una línea dedicada E1.

#### 4.5 Red WAN de datos FOUNDRY

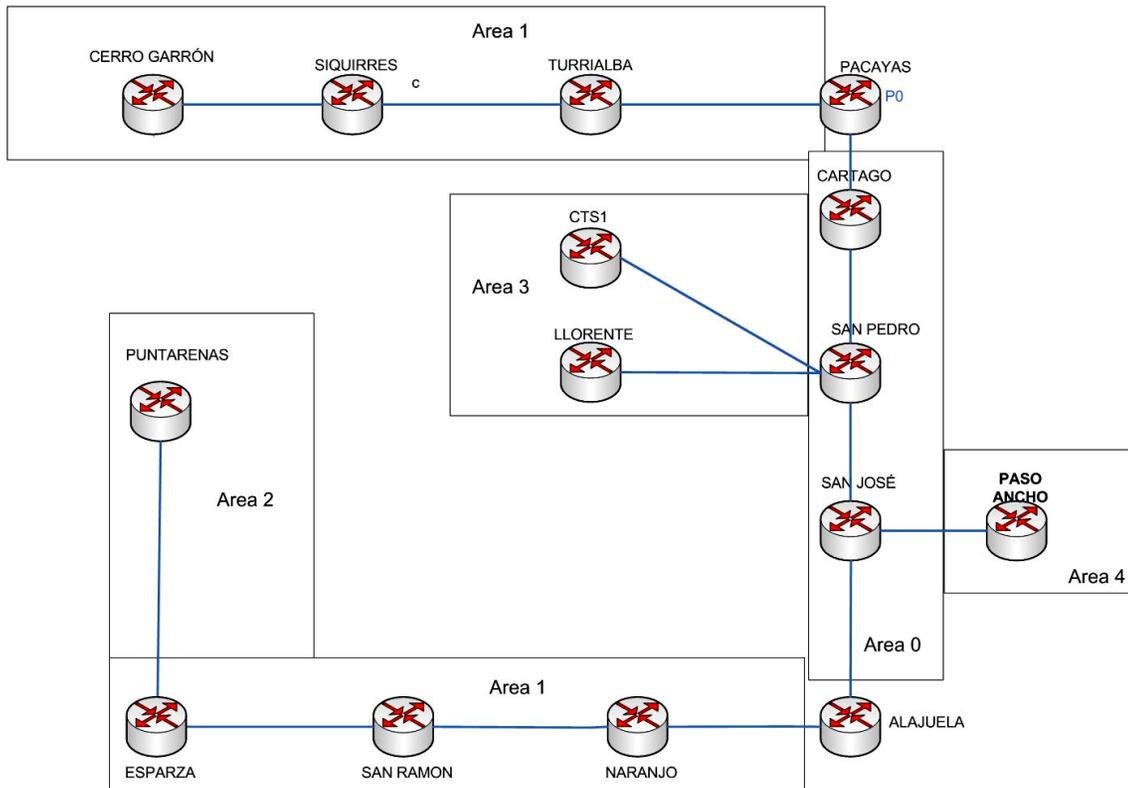


Figura 4.6 Red WAN

La red de datos WAN está compuesta por los enrutadores BigIron RX8 como dispositivos de CORE y los FastIron SX-800 como dispositivos de acceso, utiliza el protocolo de enrutamiento OSPF y está distribuida en solo 16 lugares del país como se observa en la figura 4.6. Como la red SDH que necesita ser supervisada esta distribuida en más de 200 lugares en todo el país, es imposible que todos los equipos se conecten directamente para transmitir su propia información de gestión, por lo que soluciones como esta se descartan. La utilización de todos los nodos de un anillo como su propio GNE es la solución ideal, pero tomando en cuenta la limitación de la red WAN se procede a encontrar una solución que permita al menos 2 GNE por anillo.

## Capítulo 5: Descripción detallada de la solución

### 5.1 Soluciones propuestas para conectar el equipo SDH a la red FOUNDRY

Se necesita utilizar la red WAN FOUNDRY para dar transporte a la información de gestión en vez de utilizar la red de datos actual que comprende equipos CISCO y enlaces E1 dedicados.

La red WAN FOUNDRY de la figura 4.6 no cuenta con equipos en todas las estaciones del ICE, lo que hace imposible integrar completamente la gestión hasta que se cuente con la expansión a todo el país. A continuación se muestra una lista de las opciones de conexión de los nodos con la red WAN:

- Configuración 1. Utilización de unidad de gestión: Un equipo puede conectarse por medio de una red LAN TCP/IP (LCN – Local communication Network) [1] a la unidad de gestión de otro equipo del mismo anillo para transmitir la información por los canales  $DCC_R$ , como se observa en la figura 5.15, donde el bus 48 se conecta a la subred de gestión del anillo 24 en el nodo de Desamparados para comunicar la información de gestión.
- Configuración 2. Conexión directa a Red WAN: Los equipos con acceso a la red WAN pueden conectarse directamente a esta por medio de un convertidor 10Base2/T, como lo muestra la figura 5.8, donde los nodos de los anillos 33, 34 y 35 de la estación de Puntarenas se conectan directamente a la red WAN.
- Configuración 3. Redireccionamiento de E1: Los anillos sin acceso a la red WAN pueden conectarse si se redirecciona la ruta del E1 que antes viajaba hasta la estación de gestión. La nueva ruta del E1 será la estación del ICE más cercana al lugar y que permita acceso a la red WAN, como se observa en la figura 5.5 donde el anillo 7 y el Bus 38 no tienen acceso a la red, pero la información se redirecciona hacia San Pedro por medio del enrutador CISCO que ya existe en el lugar.

En la tabla 5.1 se hace una comparación de la cantidad de nodos por anillo donde existe acceso a la red WAN para la red SDH NEC de fibra. De los 43 anillos, 18 tienen acceso a la red WAN en solo uno de sus nodos; 13 anillos no tienen acceso en ninguno de sus nodos; 2 anillos tienen acceso en 2 nodos; 5 anillos en 3 nodos; 4 anillos con 4 nodo; y solo 2 anillos con acceso en 5 de sus nodos.

Así por ejemplo si un anillo no tiene acceso a la red WAN, la integración solo se puede realizar con las configuraciones 1 y 3, pero si el anillo tiene acceso a la red WAN, entonces se utiliza la configuración 2, tal y como se presenta en esta sección.

**Tabla 5.1** Cantidad de nodos NEC SDH con acceso a la red WAN

Anillo	cantidad de nodos	Nº de nodos con acceso WAN	Anillo	cantidad de nodos	Nº de nodos con acceso WAN
Anillo 1	5	1	Anillo 24	6	1
Anillo 2	3	1	Anillo 25	4	3
Anillo 3	2	1	Anillo 27	4	1
Anillo 5	2	1	Bus 28	6	0
Anillo 6	3	1	Anillo 29	4	0
Anillo 7	3	0	Anillo 30	4	4
Anillo 8	5	1	Anillo 31	6	0
Anillo 9	3	1	Anillo 32	2	1
Anillo 10	6	4	Anillo 33	5	3
Anillo 11	3	1	Anillo 34	2	1
Anillo 12	2	1	Anillo 35	6	2
Anillo 13	6	5	Anillo 36	5	1
Anillo 14	4	3	Anillo 37	3	0
Anillo 15	6	3	BUS 38	2	0
Anillo 16	6	3	Anillo 40	4	0
Anillo 17	8	5	Anillo 41	3	1
Anillo 18	8	4	Bus 48	3	0
Anillo 19	6	4	Bus 49	2	1
Anillo 20	5	0	Bus 50	4	0
Anillo 21	3	0	Bus 63	4	0
Anillo 22	4	2	Anillo 64	3	1
Anillo 23	4	1			

### 5.1.1 Conexión de un nodo a la red FOUNDRY

En los anillos donde solo un nodo cuenta con acceso a la red WAN se puede configurar ese nodo para que trabaje como GNE y enrute la información de gestión de los demás nodos hacia la red FOUNDRY. Un ejemplo de esta configuración se observa en la figura 5.1, en ésta el nodo de San José, representado por un círculo amarillo, esta conectado a la nube WAN FOUNDRY que permite el envío de información hacia los servidores. Los nodos de Alajuela, Sur y Norte solo pueden comunicar la información de gestión por el nodo de San José.

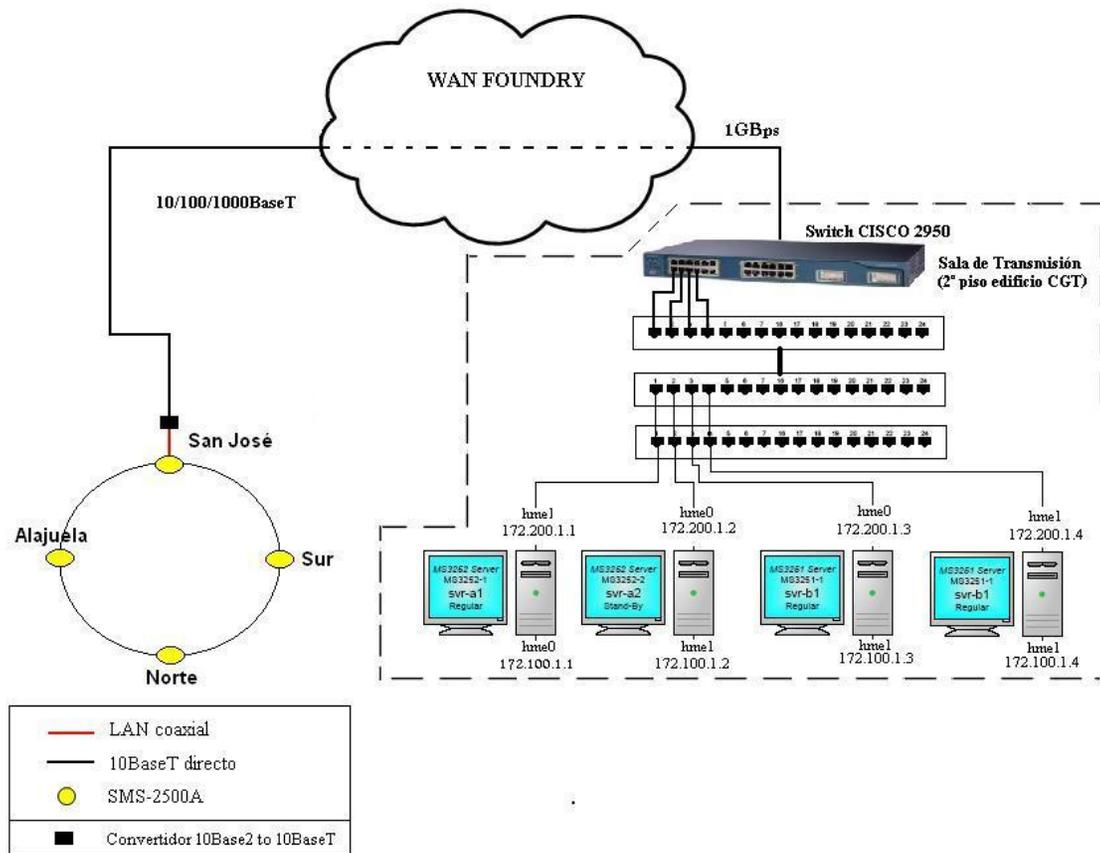
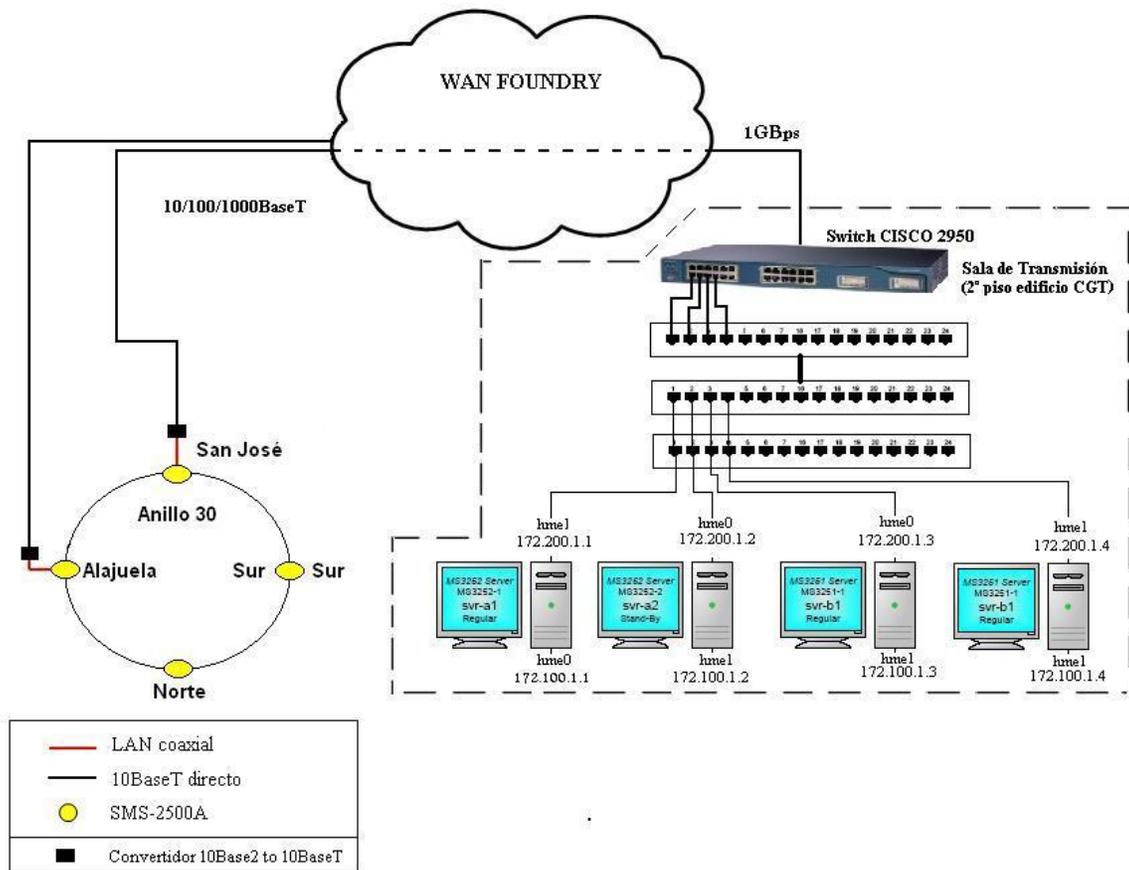


Figura 5.1 Conexión de un nodo del anillo

Esta configuración fue la más utilizada por la empresa NEC para comunicar la información de gestión y entre las principales desventajas de utilizar dicho sistema se encuentran la dependencia de una sola puerta de enlace hacia los servidores. Si esa única conexión falla, el centro de gestión deja de recibir información de ese anillo y será más difícil encontrar las posibles fallas. La mayoría de problemas presentes de fallas de asociación hasta ahora son producto de esta configuración (Ver Anexo B.1).

### 5.1.2 Acceso en dos o más nodos del anillo

Con acceso en dos nodos del anillo se puede configurar cada uno de estos nodos para que sea un GNE diferente del anillo, como se observa en la figura 5.2, donde los nodos de Alajuela y San José cuentan con acceso a la red y los nodos Sur y Norte pueden utilizar cualquiera de los dos GNE del anillo en caso de fallo. En este caso es necesario que todos los puertos  $DCC_R$  se encuentren habilitados y con direcciones IP configuradas. Como la información de gestión es enrutada por los equipos SDH hacia los servidores por medio del protocolo RIP, los nodos del anillo encontrarán su puerta de enlace en el equipo que disponga de menos saltos hacia los servidores.

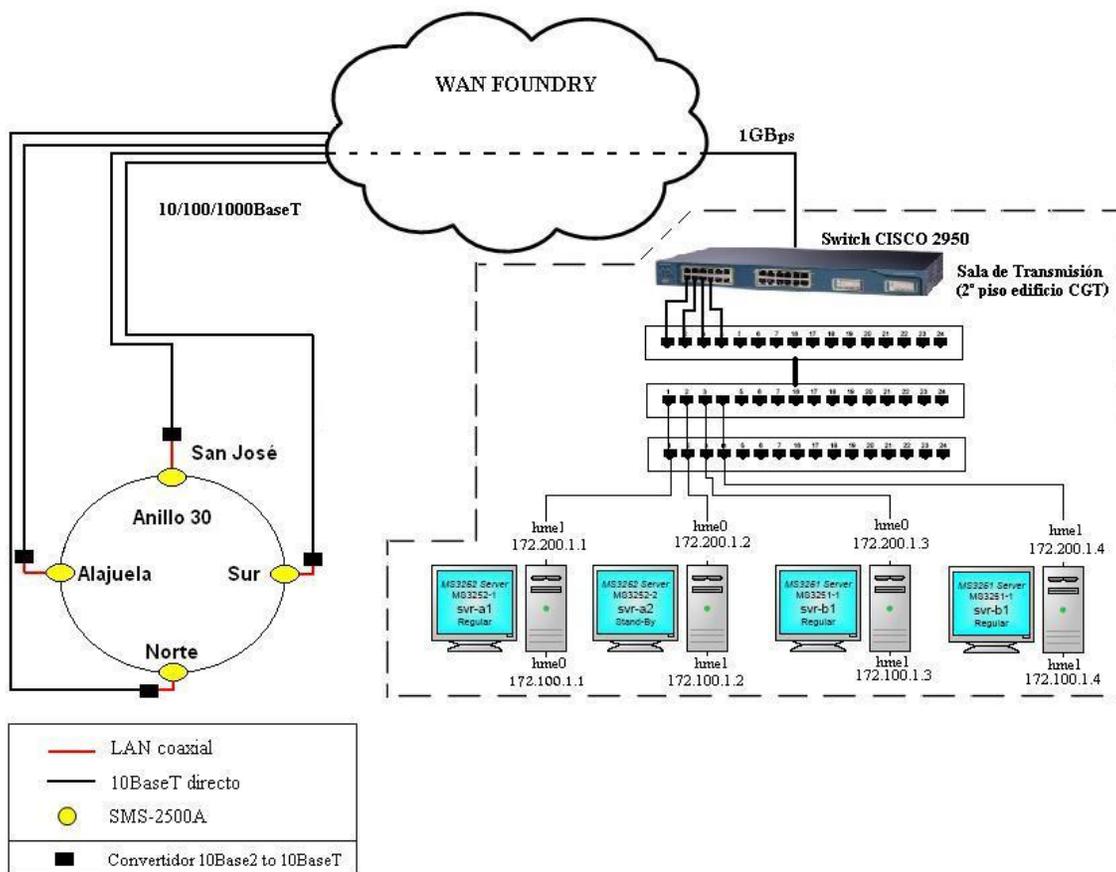


**Figura 5.2** Conexión a dos nodos del anillo

La principal ventaja de esta solución es la disponibilidad de varias puertas de enlace en el anillo que evitaría fallas de asociación en la red. A pesar de la mayor disponibilidad de la información, solo 14 anillos de la red SDH NEC disponen con al menos dos nodos con acceso a la red WAN. Los 29 anillos y nodos restantes solo cuentan con uno o ningún nodo con acceso a la red.

En esta configuración es importante la habilitación de los canales  $DCC_R$ , si una de las fibras se daña la conmutación de protección de los anillos se activa y pueden transmitir la información por otro trayecto del anillo.

### 5.1.3 Conexión de todos los nodos de un anillo a la red FOUNDRY



**Figura 5.3** Conexión de todos los nodos del anillo

La figura 5.3 muestra un anillo SDH donde todos los nodos cuentan con acceso directo a la red WAN. Cada nodo se configura como su propia puerta de enlace predeterminada y la información de gestión que antes viajaba por la misma fibra que se gestiona ahora lo hace por una red completamente diferente.

La ventaja de esta solución es que inclusive cuando existe daño en la fibra de uno de los trayectos del anillo los equipos siempre pueden comunicarse con los servidores para reportar esos problemas. Además se elimina del todo la necesidad de transportar la información de gestión por la fibra óptica de la red SDH tanto de un GNE a los servidores como de la información entre equipos SDH. Los canales  $DCC_R$  embebidos en la trama STM-N del anillo pueden ser deshabilitados, pero se recomienda dejarlos configurados para que el equipo pueda enviar/recibir la información de gestión hacia/desde los demás equipos en una eventual falla, lo que proporciona mayor redundancia en la información.

En contraste, solo existe un anillo que cuentan con acceso a la red WAN en todos sus nodos por lo que no es posible implementar esta configuración en toda la red SDH.

Actualmente algunos anillos cuentan con más de una conexión a la red de datos, pero los canales DCC<sub>R</sub> están deshabilitados, por lo que solo transmiten su propia información de gestión.

### 2.2.1 Propuesta seleccionada

Tomando en cuenta que el acceso a la red WAN es limitado, la solución se enfoca en conectar la mayor cantidad de nodos posibles directamente a la red LAN de gestión, por lo que en algunos casos será necesario conectar todos los nodos como puertas de enlace y un nodo en los casos donde no exista otra posibilidad.

El anillo 7 y el bus 38 de la figura 5.5, el anillo 20 y 21 de la figura 5.10, el anillo 37 y buses 49 y 50 de la figura 5.6, el anillo 28 de la figura 5.7 y el anillo 31 de la figura 5.8 no cuentan con acceso a la red WAN, por lo que se configura la ruta del enlace E1 del enrutador CISCO para que acceda la red WAN por la estación más cercana, configuración 3 de la sección 5.1.

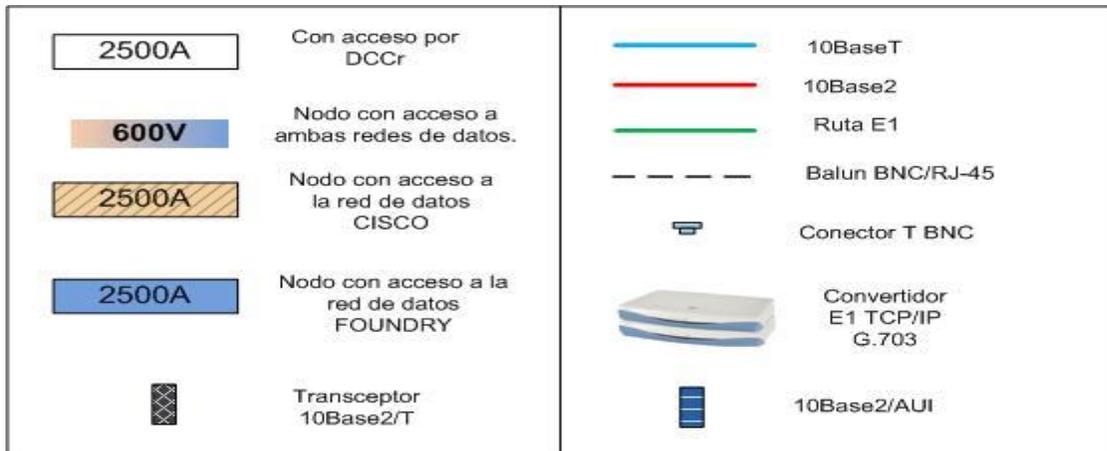
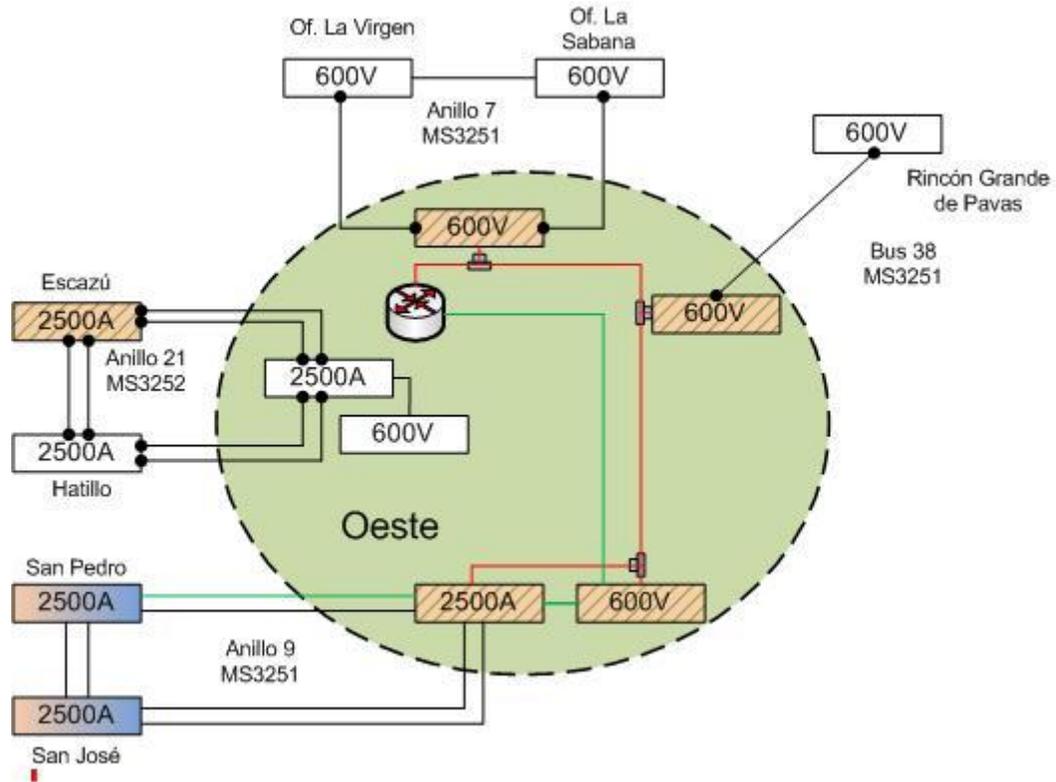


Figura 5.4 Simbología de los anillos NEC SDH de fibra

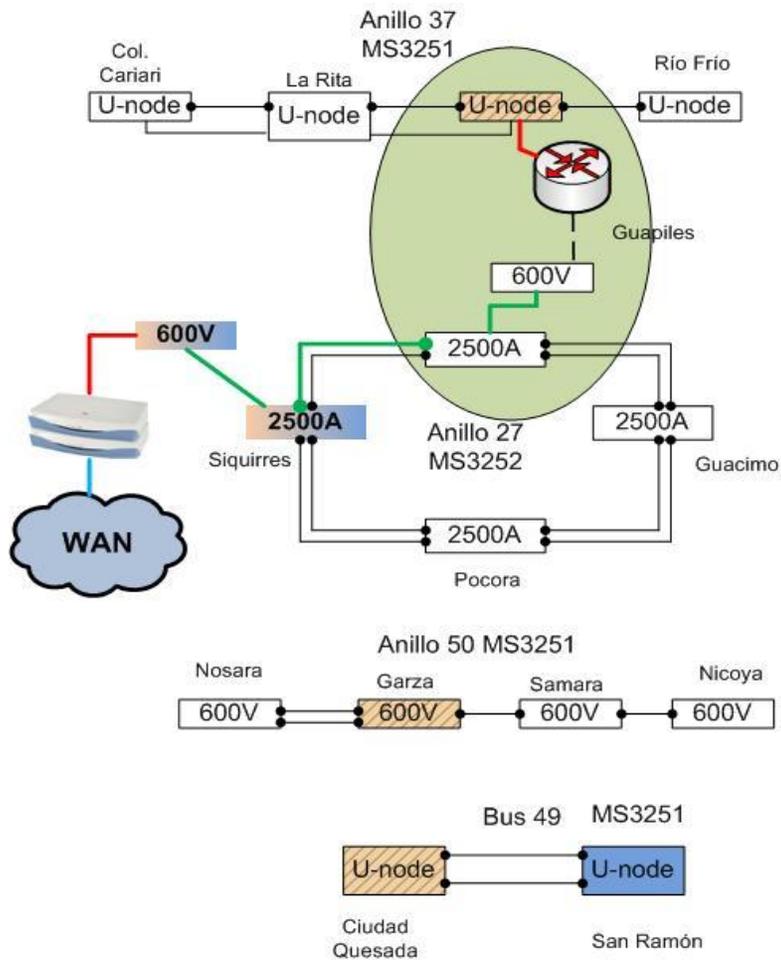


**Figura 5.5** Estación Oeste anillos 7, 9, 21 y 38

En la figura 5.5, los anillos 7 y 21 y el bus 38 no tienen acceso a la red WAN, por lo que la ruta del E1 (trayecto en verde) que antes iba hasta el centro de gestión en el edificio CTS1 por fibra, puede ser redireccionado hasta San Pedro y de ahí transportado por la red WAN (la configuración WAN necesaria se presenta en el apéndice A.2).

Para el nodo 21 la conexión del E1 con la red SDH se da en Escazú como se observa en la figura 5.10, por lo que la información de gestión de ese anillo en particular se envía por el enrutador en Escazú a través de un E1.

El anillo 9 tiene 2 nodos con acceso, San Pedro y San José. Cada nodo funciona como GNE. Como el nodo Oeste transporta la información por la misma LAN que el anillo 7 y bus 38, entonces es suficiente conectar los nodos de San Pedro y San José a la red WAN para que todo el anillo siga funcionando igual, cada nodo como su puerta de enlace.



**Figura 5.6** Anillos 27, 37, 49 y 50

El anillo 27 de la figura 5.6 tiene un nodo con acceso a la red WAN y es el mismo nodo que sirve de GNE actualmente. La conexión física y de software con la red se especifica en las secciones 5.1.5 y 5.1.7 de este capítulo. Como todos los canales  $DCC_R$  del anillo estaban habilitados, no es necesaria ninguna configuración extra.

El enlace E1 en el anillo 37 de la misma figura se redirecciona a Siquirres para ser transportado hacia el centro de gestión por medio de la red WAN. Para el anillo 50 también es necesario reconfigurar el E1 hacia una estación con acceso WAN por lo que se aplica la misma configuración de hardware y software del anillo 37.

En el bus 49 el nodo de San Ramón tiene acceso a la red WAN pero es diferente al nodo que servía como GNE anteriormente, como este nodo de San Ramón tiene habilitados los canales  $DCC_R$  y tiene dirección IP de nodo solo es necesario configurar el equipo WAN y conectar el U-node directamente por medio del convertidor 10Base2/T.

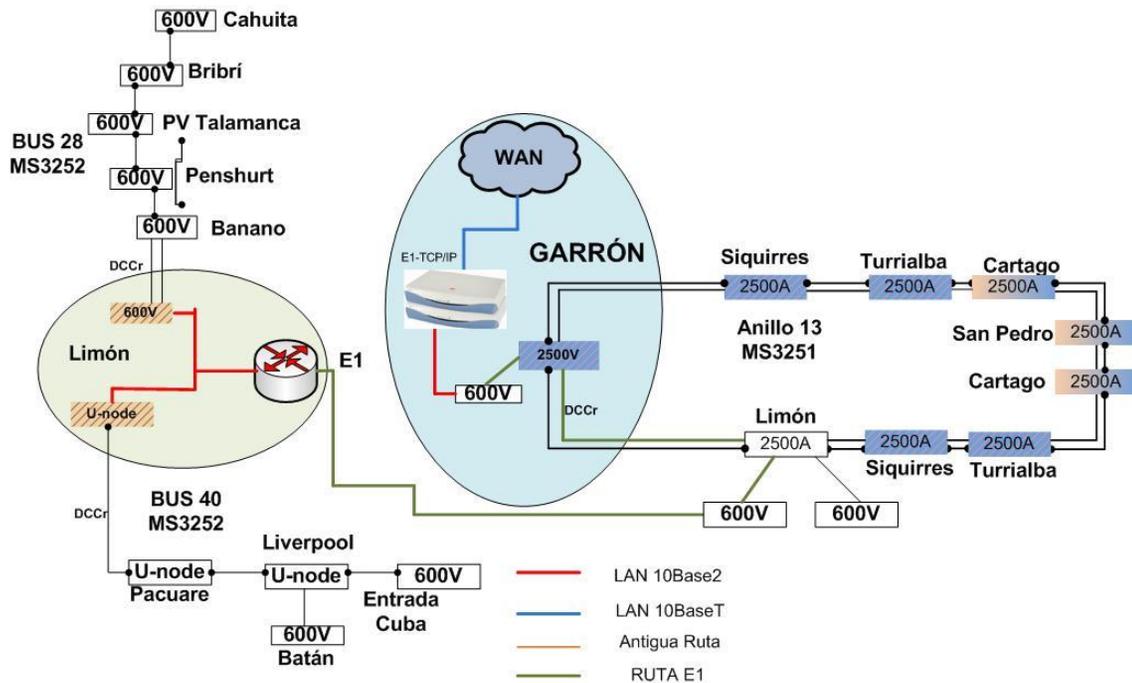
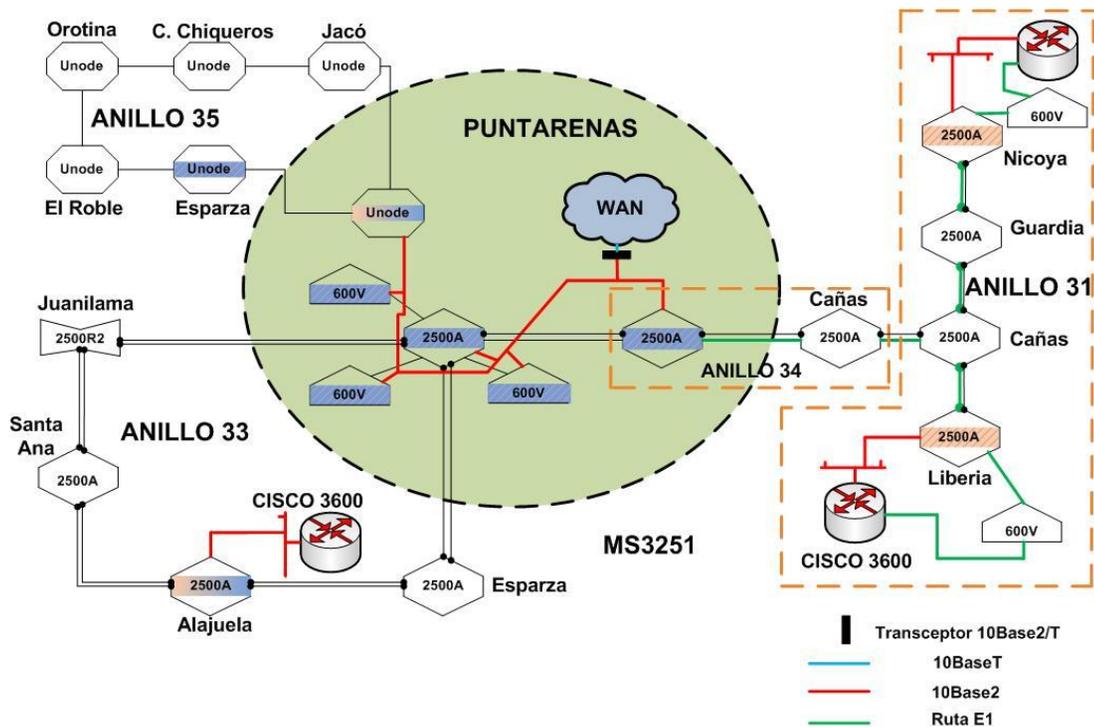


Figura 5.7 Anillo 13 y Buses 40, 43 y 28

Para los buses 28 y 40 de la figura 5.7, la ruta del enlace E1 es redireccionada a Cerro Garrón, en ese lugar se convierte la señal por medio del dispositivo RICI-E1 para que sea transportado hacia el gestor por la red WAN.

Actualmente los nodos de Turrialba, Siquirres y Limón del anillo 13 transmiten la información por los canales  $DCC_R$  hacia Cartago, San Pedro o Cerro Garrón. Con la nueva configuración todos los nodos del anillo transmiten su propia información de gestión excepto Limón el cual transmite por medio de los canales  $DCC_R$  hacia Cerro Garrón o en caso de falla a cualquiera de los otros GNE.

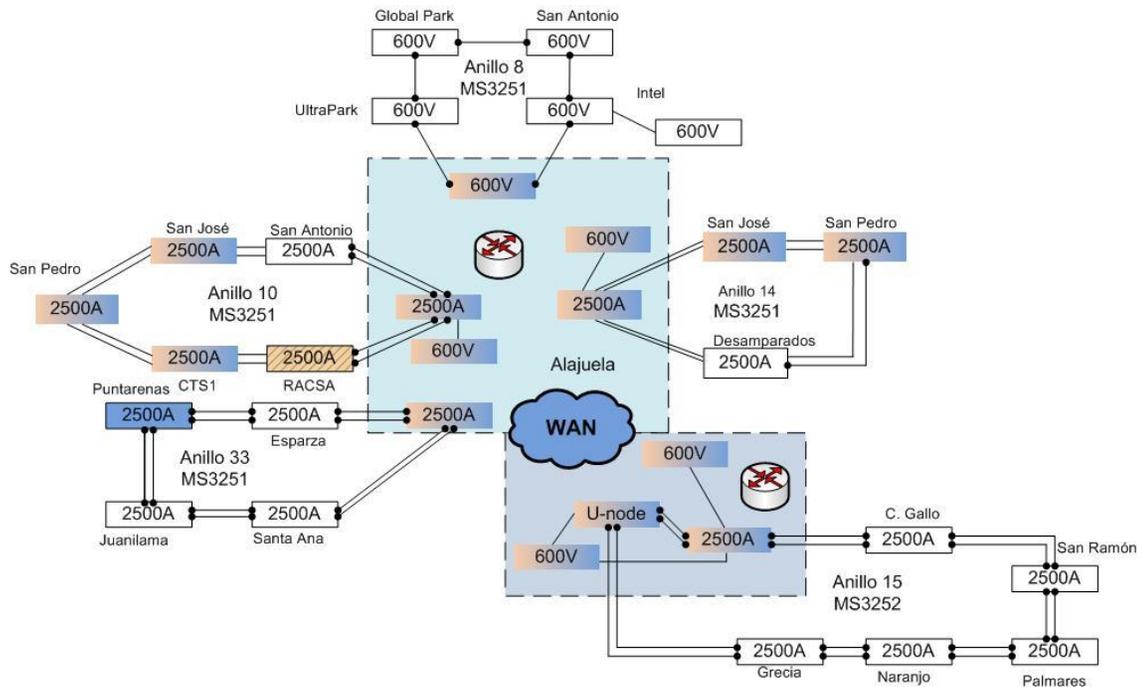


**Figura 5.8** Estación Puntarenas - Anillos 31, 33, 34 y 35

En el anillo 33 de la figura 5.8 para poder cumplir con la estructura de al menos 2 nodos gateway se conectan los equipos del nodo de Puntarenas a la red WAN por medio de cable coaxial y con conectores AUI/BNC (para los 600V) y 10Base2/T a la red FOUNDRY. La especificación de la conexión se observa en la sección 5.1.5. Los equipos 600V y 2500A no necesitan ninguna configuración adicional porque ya cuentan con direcciones IP de nodo. Este mismo proceso se realiza en el nodo de Alajuela que ya contaba con acceso a la red de datos vieja CISCO.

Para el anillo 35 de la misma figura se conectan los nodos de las estaciones de Esparza y Puntarenas a la red WAN. El nodo de Puntarenas comparte la misma red LAN que los nodos del anillo 33, por lo que las direcciones configuradas deben estar en la misma subred. A estos nodos se les suma el nodo Puntarenas del anillo 34.

El anillo 31 de la figura 5.8 transmite la información de gestión por medio de enlaces E1 desde Liberia y Nicoya hacia Puntarenas por medio del anillo 34, donde son convertidas a señales ethernet por medio del dispositivo RICi-E1 y enviadas por la red WAN hacia los servidores.



**Figura 5.9** Estación de Alajuela – Anillos 8, 10, 14, 15 y 33

En la figura 5.9 los anillos 8 y 15 pueden transmitir información de gestión solo por el nodo de Alajuela el cual cuenta con acceso a la red WAN, en este nodo los equipos se pueden conectar directamente utilizando el convertidor 10Base2/T.

Existen 3 nodos en el anillo 14 de la misma figura que funcionan como GNE, Alajuela y San José transmiten solo su propia información, mientras San Pedro lo hace también para el nodo de Desamparados, esto se nota en la figura 5.9 donde se observan puntos negros en la línea que comunica Desamparados con San Pedro. Los nodos Alajuela, San José, San Pedro y CTS1 del anillo 10 se conectan directamente como GNE a la red WAN FOUNDRY y los nodos RACSA y San Antonio transmiten la información por  $DCC_R$  hacia Alajuela.

Todos los nodos del anillo 33 comunican su información de gestión por medio de canales  $DCC_R$  hacia Alajuela.

En esta estación se requieren dos conexiones LAN TCP/IP debido a que el anillo 15 requiere enrutar hacia el servidor b1 (ver figura 5.9), mientras que el resto de anillos enrutan información hacia el servidor a1.

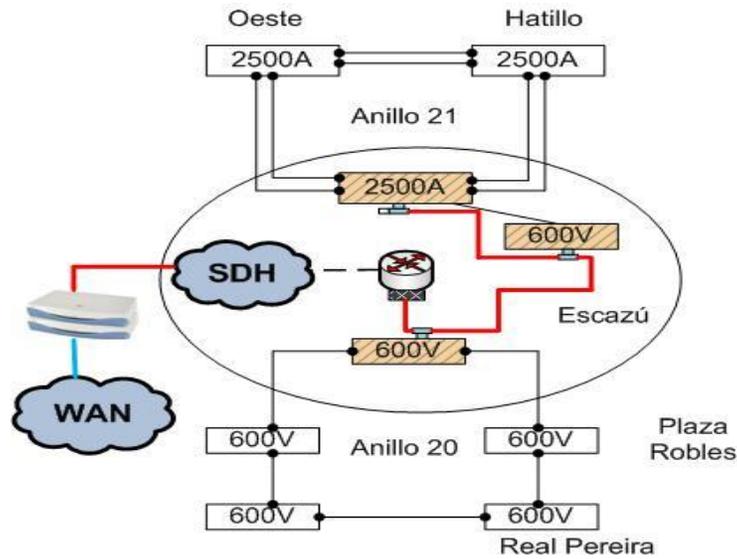


Figura 5.10 Estación Escazú – Anillos 20 y 21

Los anillos 20 y 21 de la figura 5.10 no cuentan con acceso a la red WAN por lo que se redirecciona la ruta del E1 hacia un lugar donde si exista, por ejemplo hacia San José por el anillo 17. En San José se extrae el E1 y la información es convertida a TCP/IP por medio de un convertidor RICI-E1 de RAD y conectada directamente al FastIron de acceso.

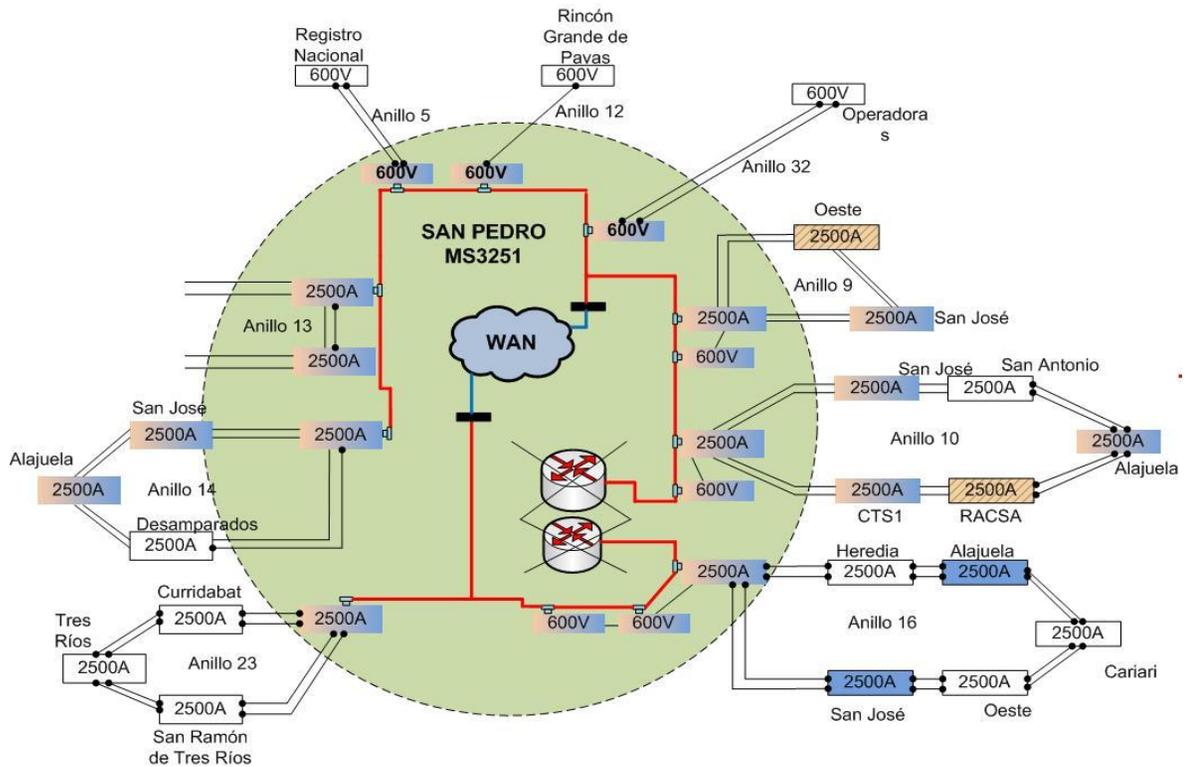
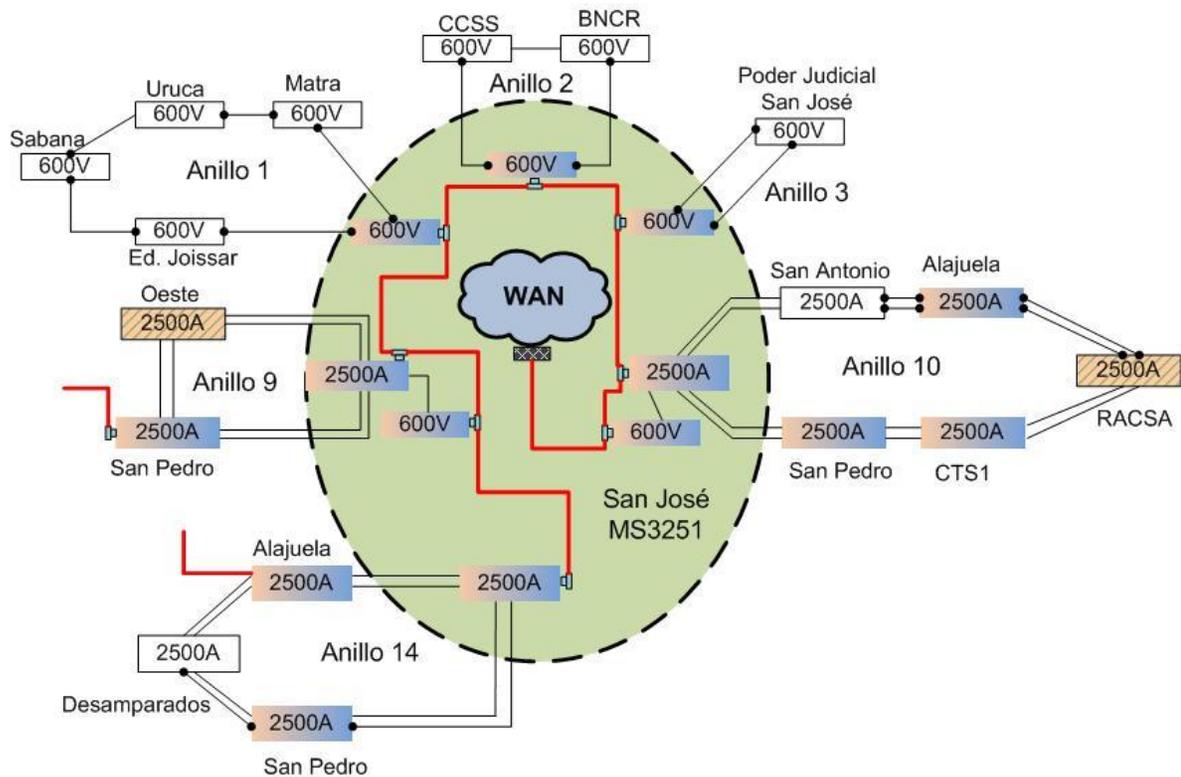


Figura 5.11 Estación San Pedro – Anillos 5, 12, 32, 9, 10, 13, 14, 16, 23 y 64

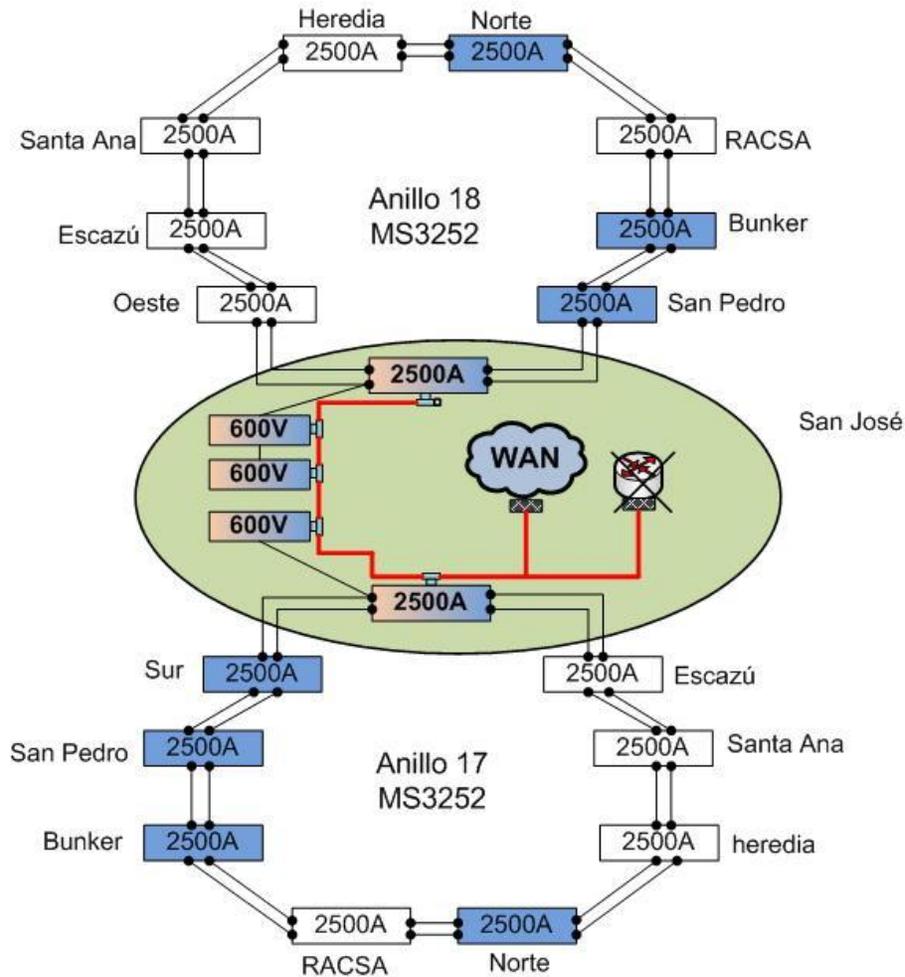
En la estación de San Pedro de la figura 5.11 los anillos 5, 9, 10, 12, 13, 14 y 32 transmiten información por medio de un enlace Fast Ethernet conectado al equipo FOUNDRY por medio de un convertidor 10Base2/T, al igual que lo hacen los anillos 16 y 23 solo que estos últimos son gestionados por el servidor a1 y los primeros por el servidor b1, por lo que deben existir 2 LAN distintas.



**Figura 5.12** Estación San José – Anillos 1, 2, 3, 9, 10, 14

Los nodos en la estación San José de la figura 5.12, que pertenecen a los anillos 1, 2 y 3, funcionan como GNE, por esta razón se encuentran configurados los canales  $DCC_R$  necesarios para que los demás nodos del anillo se comuniquen con ellos, estos canales están señalados con puntos negros en la figura.

Por el contrario, los anillos 9, 10 y 14 comunican únicamente su gestión funcionando como sus propios GNE ya que existen más nodos en esos anillos con acceso a la red WAN.

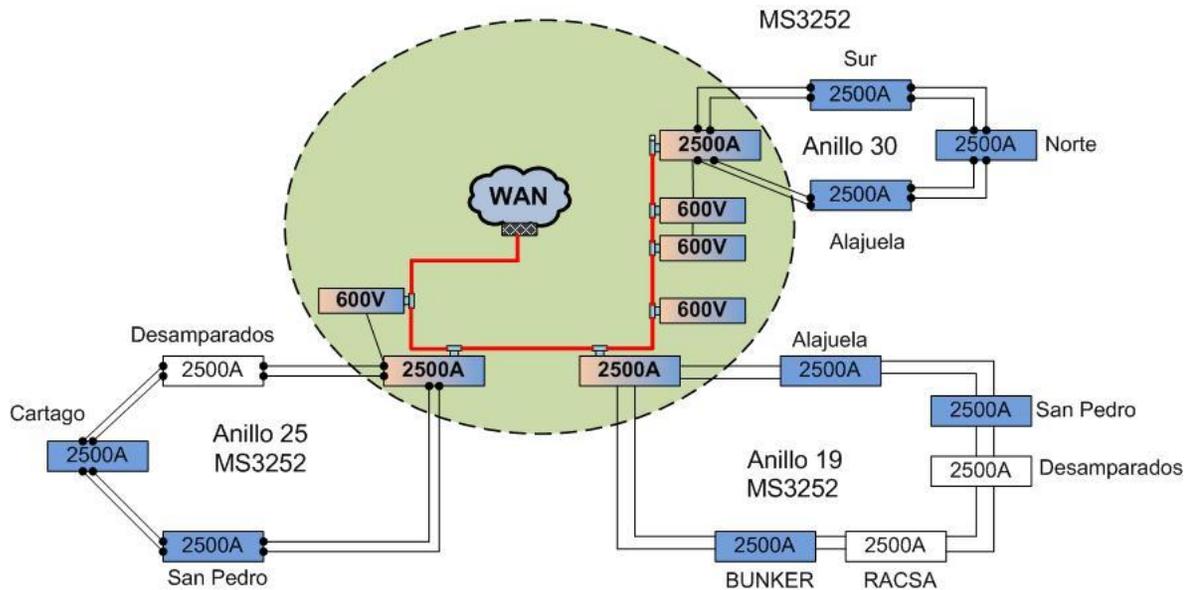


**Figura 5.13** Estación San José – Anillos 17,18

En el caso del anillo 17 de la figura 5.13, los nodos en San José, Sur, San Pedro, BUNKER y Norte se conectan directamente a la red WAN, al igual que en el anillo 18 son los nodos San José, San Pedro, Bunker y Norte.

Como cada servidor puede administrar un máximo aproximado de 250 equipos, en cada estación debe haber una o dos subredes dependiendo de si existen equipos administrados por uno o ambos servidores. Para los nodos en la estación Sur, BUNKER y Norte donde no existe una conexión LAN 10Base2 para anillos administrados por el servidor a1 como en otras estaciones, deben conectarse los equipos por medio de una red LAN ethernet coaxial como la que se presenta en la figura 5.13.

Para el nodo San Pedro ya existe una red que enruta información hacia el servidor a1, por lo que no es necesario crear una, solo se deben conectar estos nodos a esa red por medio de un cable coaxial 10Base2.

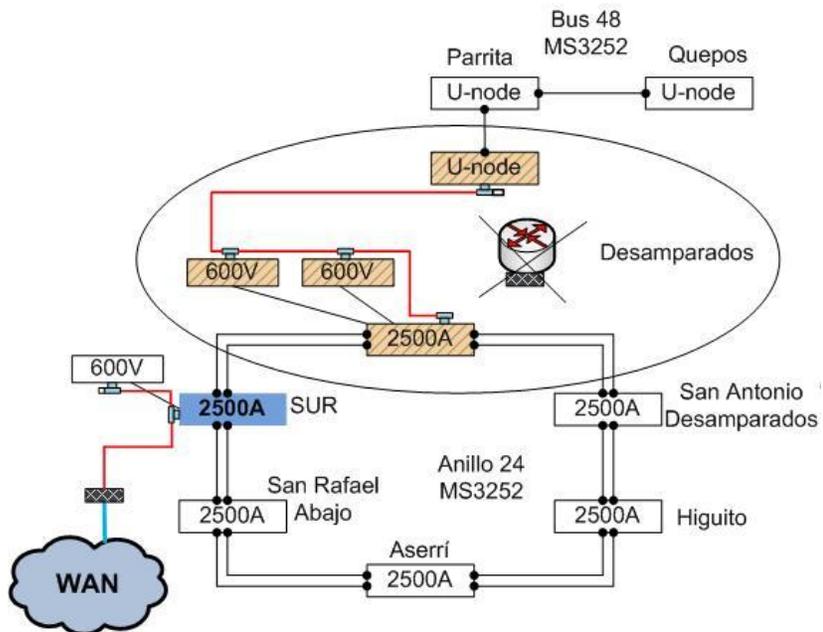


**Figura 5.14** Estación San José – Anillos 19, 25, 30

En la figura 5.14 se observa que el anillo 30 es el único con acceso a la red WAN en todos sus nodos. En Alajuela ya existe una LAN para comunicarse con el servidor a1, mientras que en Sur y Norte se puede conectar a las LAN creadas para transportar información de los anillos 17 y 18 para que estos nodos funcionen como su propio GNE.

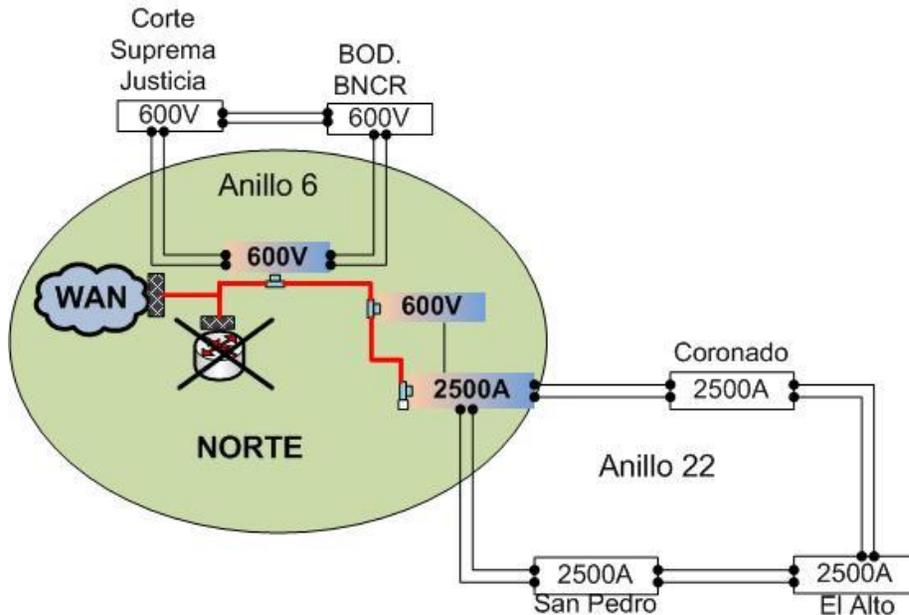
Actualmente, el anillo 25 transporta la información de gestión por medio del nodo en San José, ahora se conectan además los nodos de Cartago y San Pedro para que funcionen como sus propios GNE. Desamparados sigue comunicándose con San José por medio del canal  $DCC_R$  y se necesita crear una red LAN en Cartago para el anillo 25 ya que es administrado por el servidor a1, diferente a la red LAN existente administrada por el servidor b1.

El anillo 19 se conecta directamente a la red WAN por medio de los nodos San José, Alajuela, San Pedro y BUNKER.



**Figura 5.15** Estación Desamparados – Anillo 24 y Bus 48

Los nodos de la estación Desamparados del anillo 24 y del Bus 48 en la figura 5.15 no poseen acceso directo a la red WAN pero se aprovecha la conexión directa en la estación Sur del anillo 24, por lo que se conecta el Bus 48 por medio de una LAN TCP/IP de cable coaxial a este nodo. De esta forma no es necesario direccionar la ruta del E1 del enrutador CISCO en Desamparados si no que se comunica por medio del canal  $DCC_R$ .



**Figura 5.16** Estación Norte – Anillos 6 y 22

Los anillos 6 y 22 de la figura 5.16 solo cuentan con acceso a la red WAN en los nodos Norte, estos se pueden conectar directamente al equipo FastIron por medio de un convertidor 10Base2/T que ya está disponible con el enrutador CISCO 2600 utilizado en esa estación

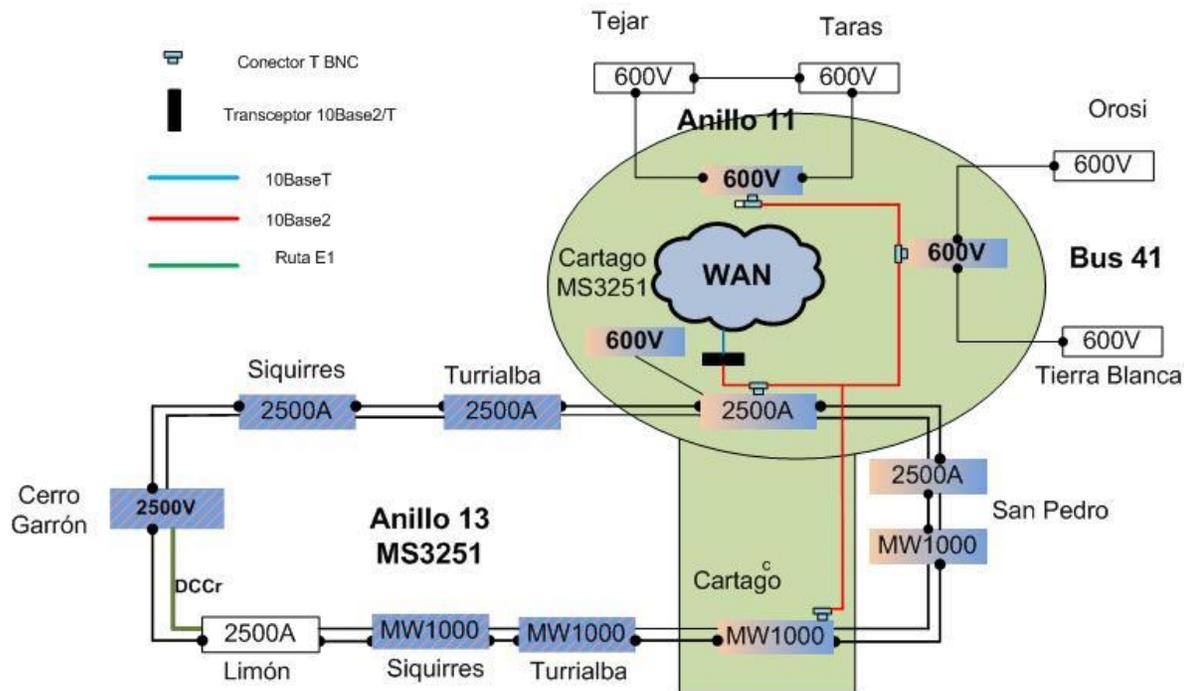


Figura 5.17 Estación Cartago – Anillos 11, 13 y 41

El anillo 11 y el bus 41 como se observa en la figura 5.17 solo cuentan con acceso a la red WAN por medio del nodo en Cartago, estos nodos pertenecen y se conectan a la misma LAN hacia el servidor b1 del anillo 13, por eso estos equipos se conectan al equipo FOUNDRY por medio de un convertidor 10Base2/T.

### 5.1.4 Estructura Física

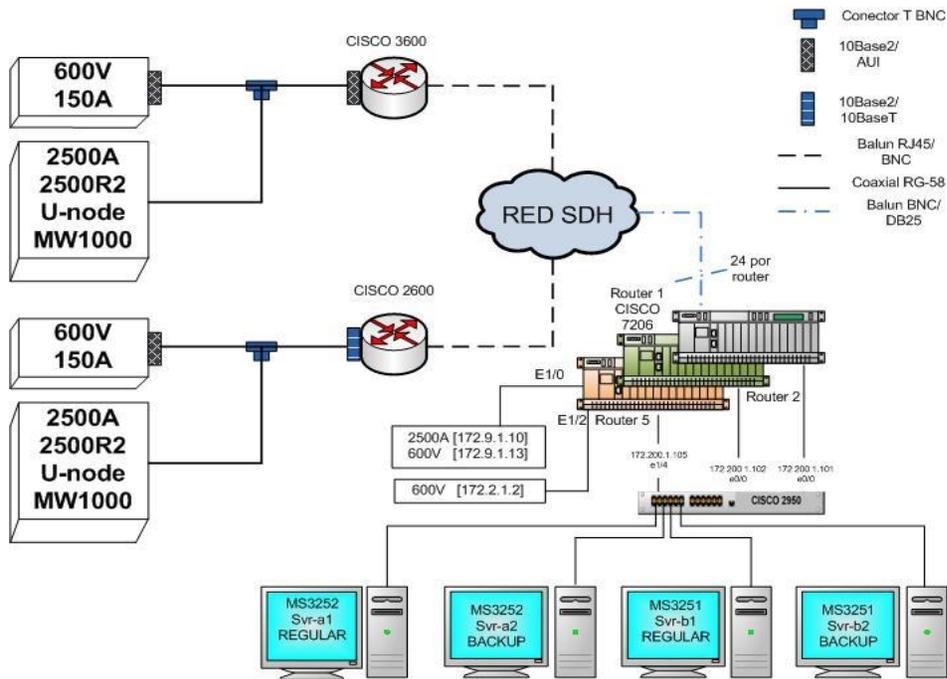


Figura 5.18 Conexión física actual de la red NEC de gestión fibra

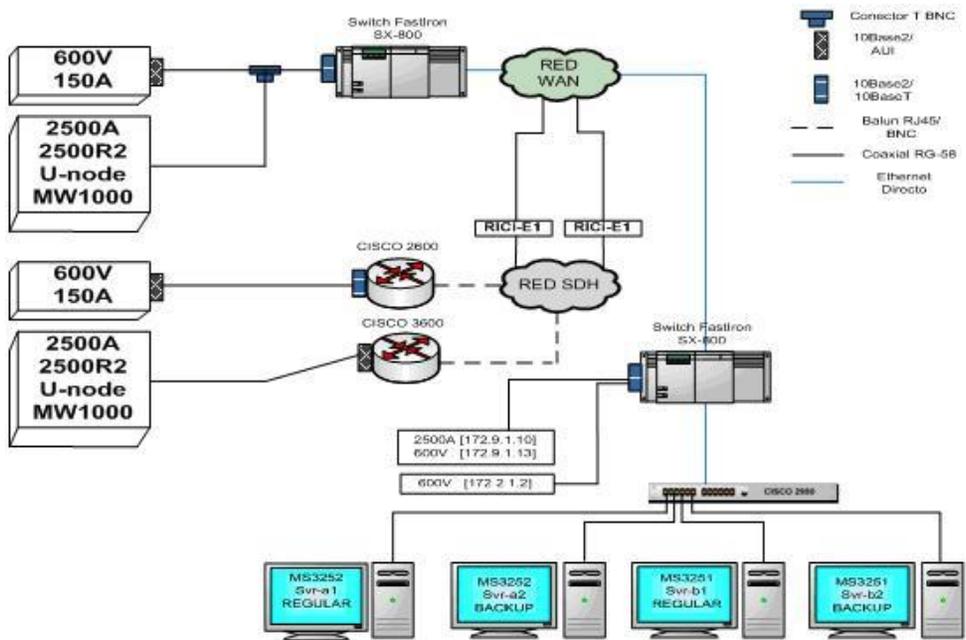


Figura 5.19 Conexión física integrada de la red NEC de gestión fibra

En la figura 5.18 se observa la conexión física actual de los equipos NEC a la red de datos, donde los equipos se conectan por medio de una red LAN TCP/IP 10base2 a un enrutador

CISCO 2600 o 3600, que a su vez conecta esta LAN hacia un enrutador CISCO 7206 por medio de un enlace E1. El enrutador CISCO 7206 rutea la información hacia los servidores.

La figura 5.19 muestra la solución a la configuración física, donde los equipos 600V y 150A disponen de interfaces AUI para conectarse con la red de comunicación de datos; en cada interfaz existe un convertidor AUI/BNC (Allied Telesyn CentreCOM MX10S Transceiver) para conectar el equipo con el resto de dispositivos SDH de la estación. Los equipos 2500A, 2500R2, MW1000 y U-node cuentan con interfaz coaxial BNC para comunicarse con la red LAN de gestión. Esta red TCP/IP coaxial se conecta al FastIron por medio de un convertidor 10Base2/T ya disponible para las estaciones que cuentan con un enrutador CISCO 2600.

En las estaciones donde no se cuenta con acceso a la red WAN se redirecciona la ruta del enlace E1 por el cual viaja la información hacia los servidores como se observa en la figura 5.19. Un enrutador CISCO 2600 y otro 3600 se conectan a la red SDH por medio de un cable balun BNC-RJ45 y la señal es transportada luego por la red WAN por medio de un convertidor RICI-E1 de RAD (permite conectar Fast Ethernet sobre E1) para permitir la transmisión de gestión por medio del switch FastIron RX-800. De esta forma la dependencia hacia la misma red de fibra se minimiza en al menos 1 trayecto de fibra en todos los casos.

### **5.1.5 Funcionamiento**

Los nodos gateway comunican la información de gestión por medio del protocolo RIP hacia los servidores en la estación central (localizada en el edificio CTS1 en San Pedro) por lo que cada equipo SDH tiene configurada una dirección IP de nodo que pertenece a la misma subred que todos los demás equipos. El dispositivo de acceso FastIron SX-800 comunica al nodo con los servidores por medio de un tunel IP (un ejemplo de la configuración necesaria se observa en el Apéndice A2) hacia los servidores según la figura 5.19.

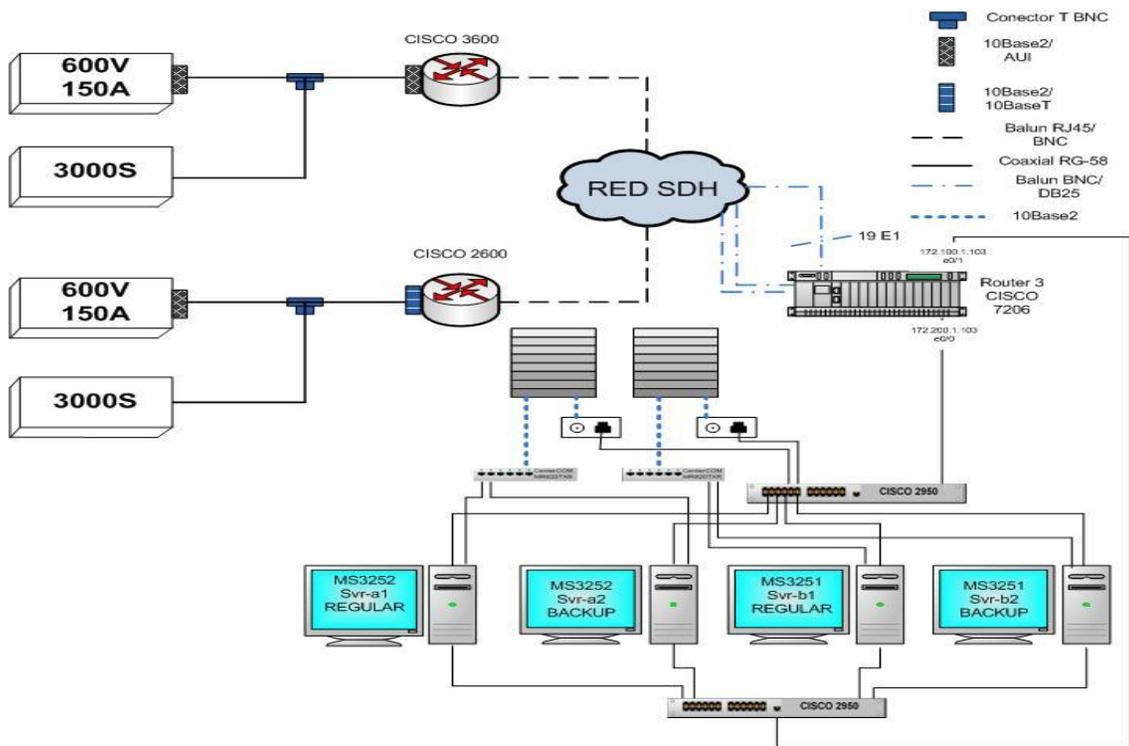
### **5.1.6 Propuesta de configuración de la WAN**

Los equipos SDH NEC de todo el país, al menos unos 700 nodos, están configurados con un rango de direcciones IP públicas que van de la 172.1.0.0/24 a 172.90.0.0/24. La utilización de VLAN provoca problemas de broadcast y mantenimiento de la red porque se tienen que configurar muchas VLAN en todos los nodos CORE para manejar la gestión en capa 2. El enrutamiento, aunque la mejor opción en estos casos, es imposible si no se cambian las direcciones IP públicas a IP privadas, ya que la red WAN tiene acceso a Internet, por lo que se selecciona la configuración de un túnel IP entre cada red LAN de gestión y los servidores. De esta manera no es necesario cambiar las direcciones de 900 equipos a lo largo de todo el

país y se cuenta con un circuito privado virtual que comunica dos redes diferentes (un ejemplo de la configuración entre dos equipos BigIron se muestra en el apéndice A2).

## 5.2 Equipo NEC de Radio

Los equipos de radio SDH NEC 3000S se conectan a equipos 150V y 600V los cuales funcionan como GNE y están conectados a un enrutador CISCO (2600 o 3600) que como se observa en la figura 5.20 envía la información a los servidores por medio de enlaces dedicados E1. En el otro extremo del enlace por medio de un cable balún BNC/DB25 un enrutador CISCO 7206 envía la información hacia los servidores. El CISCO 7206 cuenta con 24 enlaces DB25 que facilitan recibir información de los 18 enrutadores CISCO para la red SDH NEC de radio.



**Figura 5.20** Conexión física actual de la red de gestión NEC radio

La diferencia de integrar la red de gestión de radio a la red WAN es que trabajan con el protocolo ISIS de OSI para comunicar la información de gestión, debido a esto las estaciones y equipos están organizados por áreas y estructuralmente no se dividen en anillos, si no que se organizan en topología de bus. Además, la cantidad de nodos con acceso a la red WAN es mínima, por lo que la integración es menos perceptible comparada con la gestión SDH de fibra.

Debido a estos argumentos la solución propuesta radica en minimizar el uso de la red de fibra para transportar los paquetes de gestión hasta los servidores. Se propone realizar la misma acción utilizada para los equipos SDH NEC de fibra en anillos donde no existe acceso a la red WAN, que equivale a la configuración 3 de la sección 5.1. Además existen dos servidores de gestión porque cada uno puede manejar un máximo de 120 equipos SDH.

En la figura 5.21 se observa que existe equipo SDH que puede ser conectado directamente a la red WAN, pero otros equipos tienen que utilizar la red SDH para transportar la información hacia la red WAN. Luego de enrutar los enlaces E1 hacia un enlace con acceso, es necesario convertir la señal E1 a Ethernet 10BaseT. Para ello se utiliza el convertidor RICI.E1 de RAD.

### 5.2.1 Propuesta de integración de equipo de radio

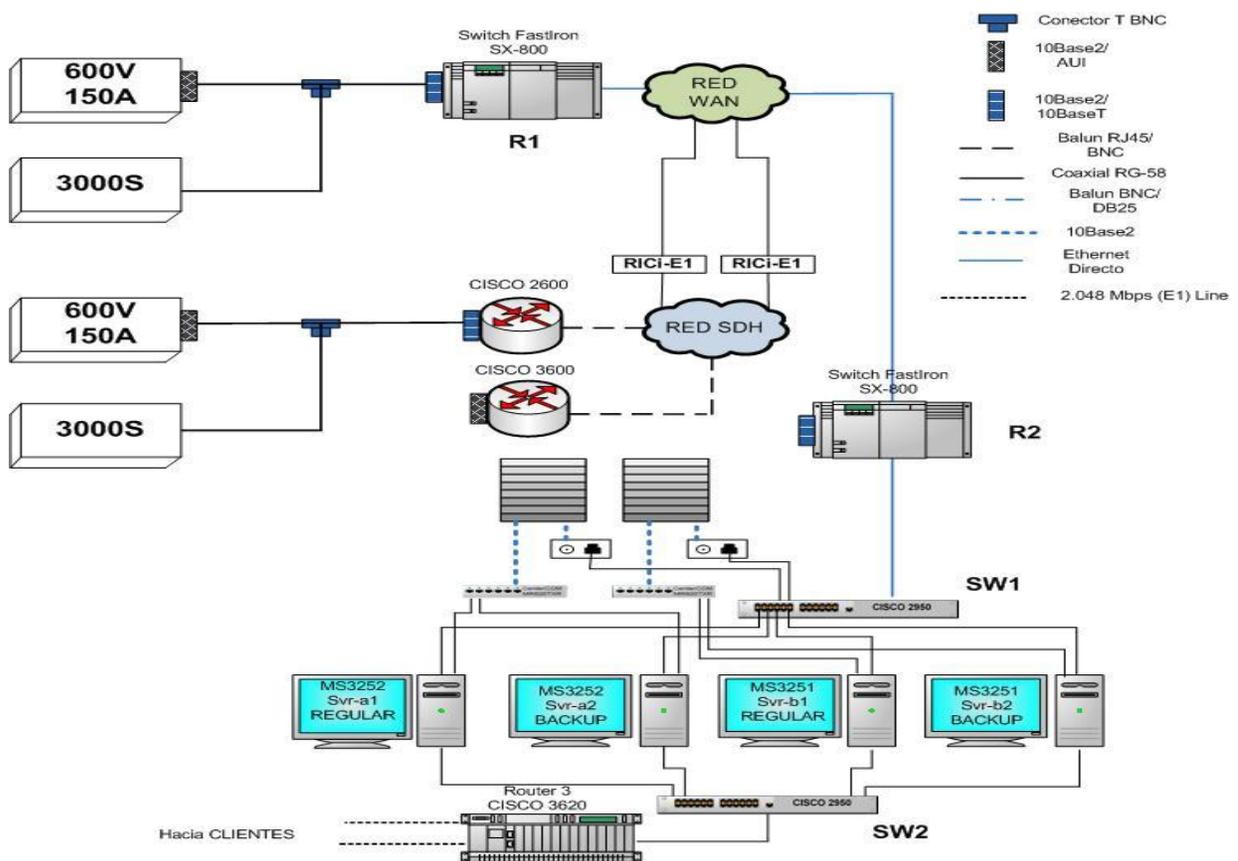


Figura 5.21 Conexión física integrada de la red de gestión NEC radio

Según la figura 5.22 existen 3 lugares donde el equipo SDH de radio y WAN concuerdan (Puntarenas, San Pedro y San José), se puede observar en la parte superior izquierda del dibujo. En estos lugares cada red LAN de gestión (coaxial 10Base2) se conecta a la red WAN de datos por medio de un convertidor 10Base2/T. Para el resto de áreas, las rutas E1 sobre la

red SDH pueden ser redireccionadas a un lugar con acceso, no exclusivamente uno de los tres lugares mencionados anteriormente.

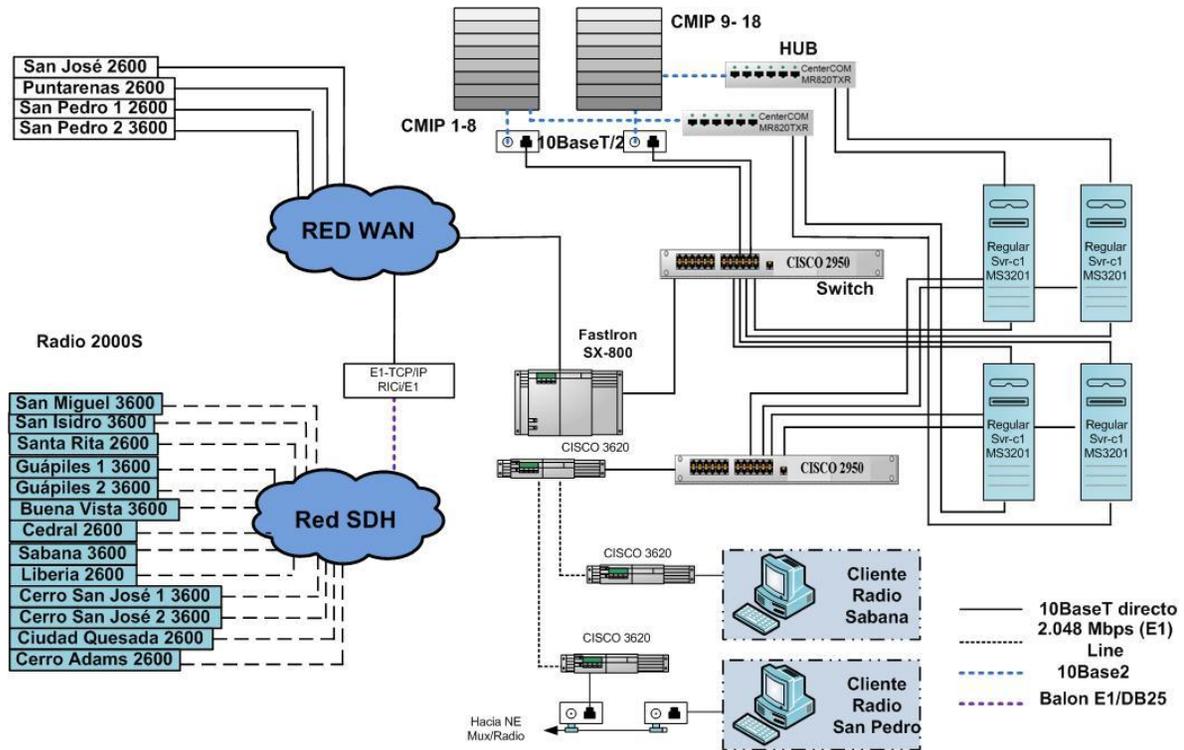


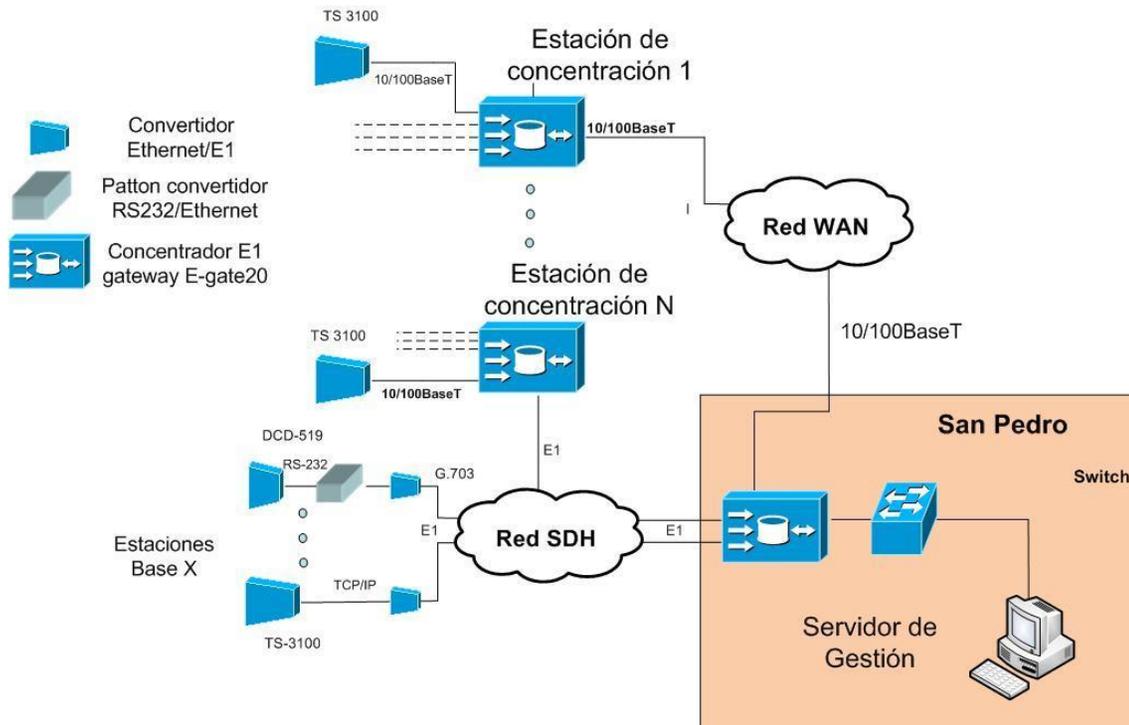
Figura 5.22 Estaciones de radio con acceso WAN

Como la información de gestión es comunicada por medio del protocolo de gestión OSI CMIP y los servidores son TCP/IP, se requiere de equipos denominados CMIP que conviertan la información a TCP/IP. Estos equipos, como los de la figura 5.22 son cajas negras para la empresa y no se tiene mayor información de las mismas. Aquí se consideran de la misma forma y solo se trabaja en hacer llegar la información de gestión a la LAN conectada por el switch CISCO 2950 de la figura 5.22.

### 5.2.2 Configuración de la red WAN

Los equipos SDH NEC de radio también están configurados con IP públicas, y por lo tanto existen los mismos problemas planteados para la red NEC de fibra de la sección 5.1.7, debido a esto se selecciona la configuración de tunel IP entre cada red LAN de gestión y los servidores. De esta manera, la información de gestión llega directamente a la red de los servidores, un ejemplo de la configuración se muestra en el Apéndice A2.

### 5.3 Propuesta de integración de equipos de sincronía DCD-519 y TS3000.



**Figura 5.23** Red de gestión de sincronía integrada

Existen 237 nodos de sincronía, de los cuales 222 no cuentan con acceso a la red WAN por lo que estos equipos siguen transportando la información hacia las 15 estaciones de concentración de la figura 5.23 por medio de enlaces E1. Una estación de concentración es un lugar donde existe un concentrador de enlaces E1 que permite minimizar la cantidad de conexiones hacia el servidor tal y como se observa en la figura 5.24. El concentrador es un E-gate20 y puede recibir 8 enlaces E1 y 3 10/100BaseT y enlutarlo por un solo de estos enlaces. De las 15 estaciones de concentración existentes, solo 8 tienen acceso a la red WAN, en las cuales se pueden configurar los E-gate20 para que la información sea dirigida hacia una interfaz ethernet para que sea conecta directamente al equipo de acceso FastIron de la red WAN.

Para algunas estaciones que no cuentan con concentradores E-gate20, como es el caso de Cerro Garrón, CTS-1 y Sur, ya no es necesario el convertidor RICI-E1, en cambio los equipos se conectan directamente a la red WAN.

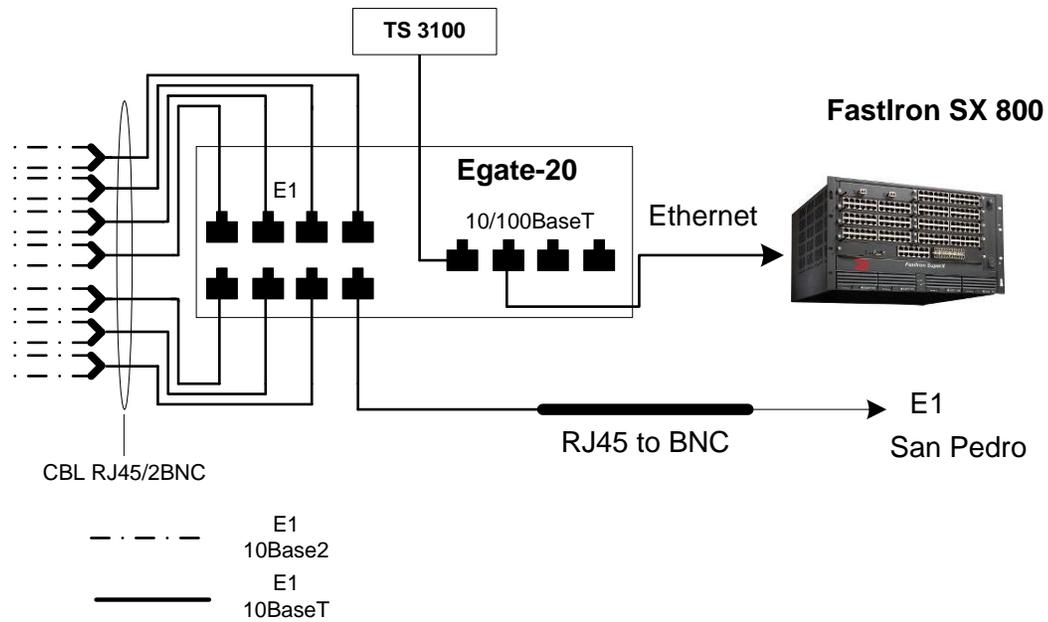
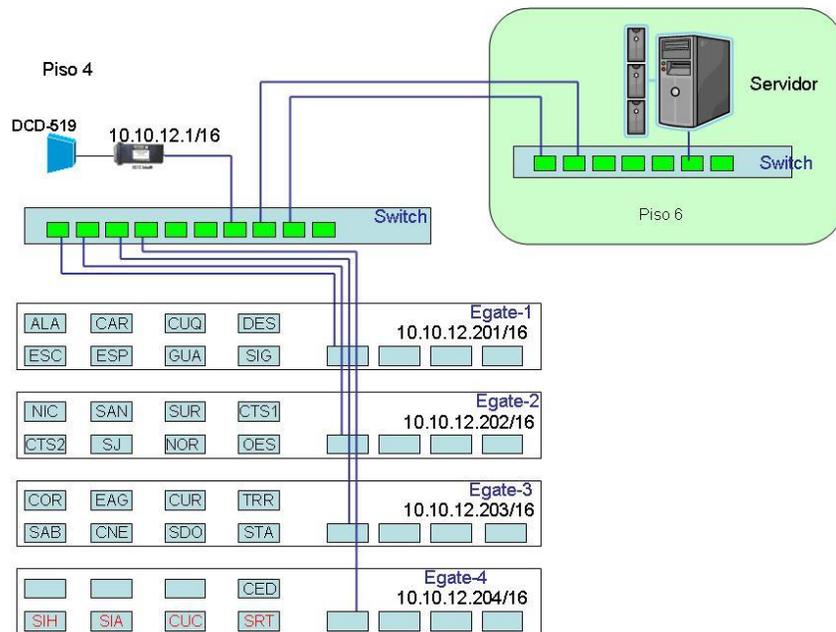
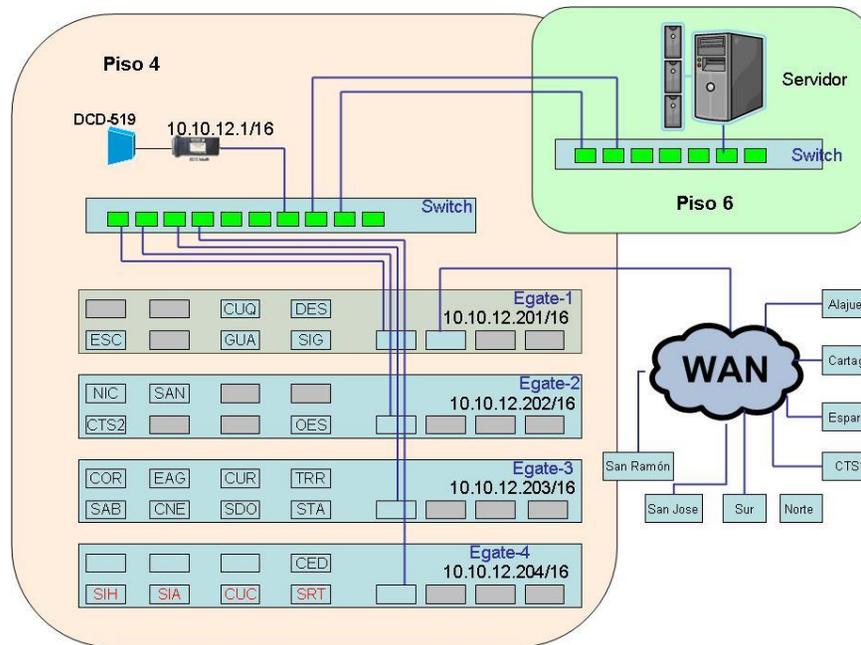


Figura 5.24 Conexión de E-gate20

Es contraproducente redirigir todas las rutas E1 de todos los nodos sin utilizar los centros de concentración porque existen 237 nodos de sincronía, que representarían aproximadamente 14 enlaces E1's promedio en cada estación de concentración y el disponer de 14 enlaces E1s en los equipos SDH para gestión de sincronía reduciría la cantidad de enlaces disponibles para clientes.



**Figura 5.25** Conexión actual de E-gate20 en San Pedro



**Figura 5.26** Conexión integrada de E-gate20 en San Pedro

Las figuras 5.25 y 5.26 muestran un antes y un después de la integración con la red WAN. En la primera, el nodo de San Pedro donde se encuentran los servidores recoge las señales del resto de concentradores y otras estaciones por medio de 4 equipos E-gate20, los cuales la concentran en 4 enlaces ethernet que se comunican con los servidores. Todos los equipos de sincronía incluyendo los servidores pertenecen a la misma red, por lo que estos dispositivos son de capa 2.

La figura 5.26 muestra como se conecta la información transportada por la red WAN proveniente de las estaciones de concentración con acceso a la red WAN tales como Alajuela, Cartago, Esparza, CTS1, Norte, Sur, San José y San Ramón. En cada FastIron SX-800 de los lugares mencionados anteriormente en esta sección se configura una VLAN por puerto, que además se configura en los equipos de CORE necesarios para comunicarse con el servidor en la sala de servidores en San Pedro (Piso 4). Tendremos una VLAN por puerto para sincronía que se comunicará con los servidores utilizando un puerto ethernet de uno de los E-gate20 en San Pedro.

#### **5.4 Propuesta de integración de equipos ALCATEL**

La red ALCATEL dispone de 3 anillos y 7 buses de datos SDH de los cuales solo dos anillos disponen de acceso a la red WAN; como se observa en la figura 5.27 son el anillo 56 y el 51. Inclusive el anillo 56 dispone de acceso a la red WAN en dos de sus nodos, por lo que se pueden configurar estos 2 equipos para que ambos trabajen como GNE.

La conexión física a la red WAN se observa en la figura 5.27. El equipo ALCATEL comunica la información por medio de una interfaz coaxial QB3 G.773 conectada a la red WAN por un convertidor 10Base2/T. La red WAN comunica la información hasta el cuarto piso del Edificio de Telecomunicaciones en San Pedro y luego hacia los servidores, donde los cables se conectan al Dual Speed Hub 3COM para comunicarse directamente con el servidor. El hub tiene 16 puertos ethernet y solo utiliza 5 de momento.

Para los demás anillos sin acceso a la red WAN, se puede configurar el canal auxiliar de 64 kbps de los equipos ALCATEL 1660 y 1650 para que la información sea obtenida en una estación donde exista conexión a la red WAN. Después de que la información es extraída se necesita un convertidor o unidad terminal de red (NTU). Este equipo es necesario para conectar la línea dedicada a la red WAN; en total serían 8 NTU, los cuales ya están disponibles pero para una conversión al estandar V.35, por lo que se requeriría otro convertidor a ethernet para implementarlo.

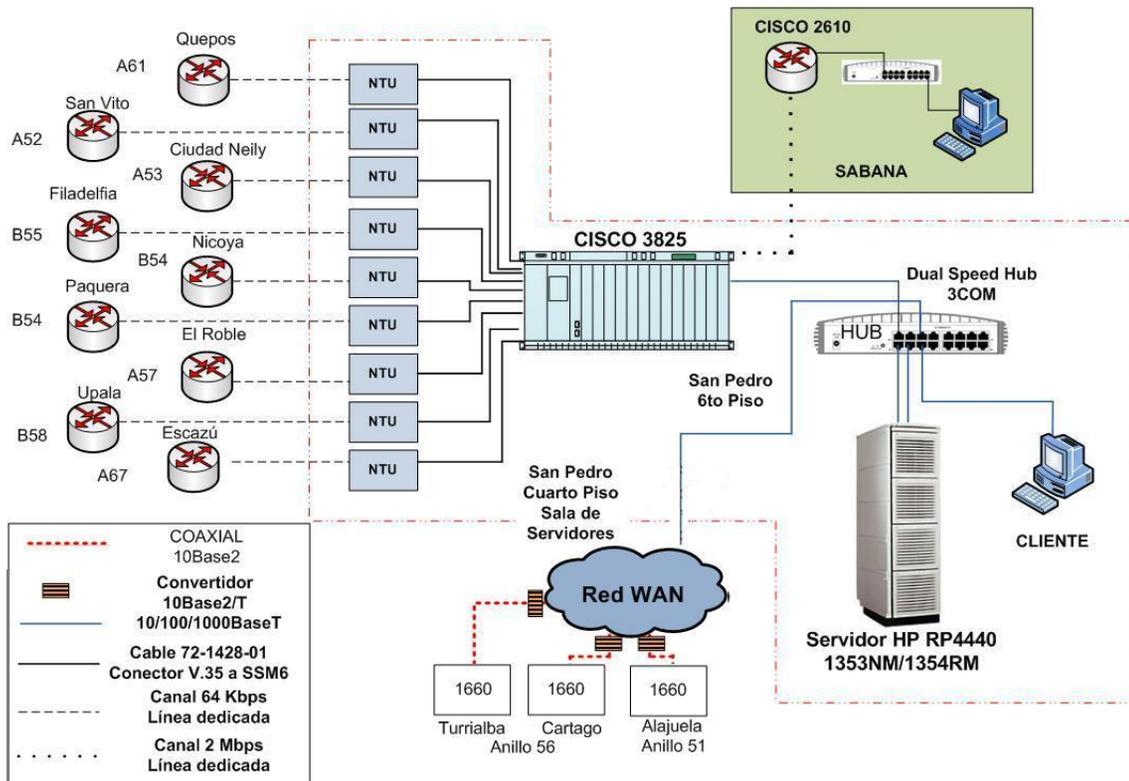


Figura 5.27 Integración de la red de gestión ALCATEL

#### 5.4.1 Configuración de los nodos de Alcatel

Los nodos ALCATEL están configurados con direcciones NSAP para comunicarse con el servidor por medio de la red de datos vieja CISCO. Para poder comunicarse por una red de datos IP se habilitó la función "OSI over IP tunneling". Esta función permite al administrador de red tener acceso a los GNE por medio de una red IP.

La comunicación de la subred de gestión ALCATEL con los servidores se hace por medio de un túnel IP. La idea de enrutamiento utilizando la distribución de rutas de OSPF sobre ISIS es interesante y fue tomada en cuenta pero los equipos ALCATEL necesitan ser configurados con una dirección IP, y en este momento lo están con una IP pública, para poderse conectar a la red WAN y utilizar enrutamiento hay que cambiar todas las direcciones de los nodos IP privadas.



El anillo 46 no tiene acceso a la red WAN y la única ventaja de direccionar el enlace E1 a una estación con acceso es que la información de gestión no dependa de la red SDH en todo su camino hacia San Pedro, por lo que para integrar el anillo 46 es necesario trasladar el enrutador WR11 de la figura 5.28 hacia la estación de Naranjo. La estación de Naranjo se selecciona porque es el lugar más cercano a Ciudad Quesada el cual tiene acceso a la red WAN.

Para comunicar la información de gestión se utiliza una VLAN de capa dos para poder conectar el nodo GNE San José en los anillos 44 y 45. Además otra VLAN para conectar el nodo Cartago y otra para el nodo Ciudad Quesada redireccionado por enlaces E1 a Naranjo.

## **5.6 Configuración del equipo FOUNDRY**

El equipo FastIron FOUNDRY es el encargado de dar acceso a la red WAN y comunicar la información de gestión hacia los servidores en el edificio CTS1 (Edificio Bunker) y San Pedro (Edificio de Telecomunicaciones viejo).

Existen 5 posibles soluciones de configuración para que la red WAN FOUNDRY funcione como red de comunicación de datos de gestión y cabe mencionar que no se probaron las configuraciones en los equipos porque no había acceso apropiado a ellos, ya que solo existía un equipo de prueba llamado Maqueta en San Pedro, pero para probar las configuraciones se requería de al menos dos nodos de la red WAN en diferentes lugares y disponibilidad de equipos SDH, por lo que la solución es meramente teórica.

### **5.6.1 Configuración de VLAN por puerto para cada estación**

Una VLAN de capa 2 por puerto permite conectar una red LAN de gestión hacia los servidores y requiere que las direcciones IP de los equipos que se conectan estén en la misma subred.

Para cada una de las subredes LAN de gestión es necesaria una VLAN diferente y esta VLAN tiene que ser configurada además en todos los equipos CORE de la red y en aquellos dos equipos de acceso que interesan. Los mensajes de difusión en esta configuración, están limitados a los equipos que tienen configurada esa VLAN.

#### **2.2.2 Ventajas**

Es la configuración más simple que se puede realizar ya que una VLAN asignada por puerto permite conectividad de capa 2, sin tomar en cuenta cualquier protocolo de capa 3 para comunicarse con los equipos.

Como la red WAN tiene acceso a Internet, y los equipos SDH cuentan con direcciones IP de clase B tanto públicas como privadas, una VLAN de capa 2 elimina la necesidad de configurar de nuevo todas las direcciones IP de los equipos, y más bien aprovechar el direccionamiento existente.

Inclusive, como las direcciones IP utilizadas van del rango 172.1.0.0 hasta 173.1.0.0 con máscara 255.255.255.0, la cantidad de hosts que se pueden conectar por subred es de 254, y existen solo 152 nodos GNE con acceso a la red WAN, que son administrados por servidores que manejan un máximo de 256 elementos de red, la mitad corresponden a los manejados por el servidor MS3252 srv-a1 y la otra mitad por el servidor MS3251 srv-b1 para el caso de la

red SDH NEC de fibra, en consecuencia se requieren VLANs diferentes para la información que corresponde a cada servidor.

### 5.6.1.1 Desventajas

Como se requiere una VLAN para comunicar cada GNE con los servidores y además en esos puntos se requieren VLAN diferentes dependiendo del servidor que maneje los elementos, la cantidad de VLAN que se necesitan configurar en los 15 enrutador CORE es de 76 en el peor de los casos, según la tabla 5.2. Como se utilizan VLAN por puerto, la cantidad de VLAN concuerda con la cantidad de interfaces ethernet necesarias para comunicar la información a los servidores, lo que representa un gran desperdicio de interfaces físicas del dispositivo de acceso.

**Tabla 5.2** Cantidad de VLAN necesarias por marca de equipo SDH

Equipo	Nº LANs - VLANs - Puertos ethernet	Switch Disponible (# puertos)	Switch Necesario (# puertos)
NEC Fibra	33	12	40
NEC Radio	20	12	27
ALCATEL	11	16	15
LUCENT	4	8	10
Sincronía	8	12	0
Total	76 VLANs		
	23 Puertos Ethernet en San Pedro y 53 en CTS1		

Como cada puerto Ethernet del switch FastIron solo puede pertenecer a una VLAN de capa 2, para conectarse, se requieren 23 puertos ethernet en San Pedro y 53 en el Edificio BUNKER y además se requeriría comprar más switches para poder conectar todas esas VLAN a los servidores.

### 5.6.2 Configuración de VLAN agregadas

Estas permiten conexiones punto a punto entre dos dispositivos, como si estuvieran comunicados por un cable. Se puede tener una configuración de este tipo para cada una de las 76 subredes LAN, pero presentan las mismas desventajas que la configuración de VLANs por puerto. La ventaja frente a la solución expuesta en la sección 5.6.1.2 radica en la menor cantidad de VLANs que hay que configurar en los equipos CORE de la red, ya que permite agregar VLAN sobre otras, lo que es realmente útil cuando en un mismo nodo de acceso

existen VLANs no solo de gestión NEC de fibra, pero si no también de radio, ALCATEL, LUCENT y sincronía, por lo que la cantidad de VLANs a configurar en los enrutadores CORE es de 15 y no de 76 en este caso.

### **5.6.3 Configuración de una VLAN por puerto para cada marca**

Si configuramos una VLAN por puerto para cada red de gestión, una para cada fabricante, la cantidad de interfaces necesarias disminuiría de 76 a solo 7; 4 en el FastIron del CTS1 y 3 en el FastIron de San Pedro.

Esta configuración nos llevaría a inundar la red con mensajes de difusión, ya que en cada dispositivo de la red estarían configuradas estas 7 VLANs y los enrutadores tendrían que procesar todos los paquetes de broadcast de los servidores y dispositivos para comunicarse entre ellos.

### **5.6.4 GRE Túnel IP**

Esta configuración permite conectar dos redes sobre una red IP utilizando un protocolo de enrutamiento (OSPF, ISIS o BGP) para crear el túnel donde los dispositivos o redes conectados se comunican directamente entre ellos.

#### **5.6.4.1 Ventajas**

No es necesario configurar todos los enrutadores del CORE para poder comunicar dos redes. La configuración del túnel se hace en los enrutadores donde están conectadas ambas redes.

#### **5.6.4.2 Desventajas**

Como es necesario agregar rutas estáticas para definir el túnel, y se requieren 76 túneles lo que equivale a 152 rutas estáticas, se estaría demandando una gran cantidad de procesamiento al enrutador, pero estos equipos tienen una capacidad de conmutación datos de 800 Gbps [22] y la red se utiliza actualmente en menos de un 5% de su capacidad.

### **5.6.5 Configuración de un protocolo de enrutamiento**

El enrutamiento es una solución dinámica porque, a diferencia de las VLAN y los túneles IP, las rutas hacia una red son aprendidas de forma automática y no introducidas manualmente por un administrador. Por lo que ahorraremos configurar 76 VLANs en todos los dispositivos CORE.

Es necesario habilitar la distribución de rutas RIP (para equipos SDH NEC de fibra) e ISIS (Para NEC de radio, ALCATEL y LUCENT), las cuales están soportadas por el protocolo OSPF. Se necesita un dispositivo de capa 3, como el BigIron RX8 que se utiliza en la red WAN.

La principal desventaja de esta configuración es que para el caso de los anillos NEC de fibra, todos los canales DCC<sub>R</sub> y nodos de los equipos tienen direcciones IP públicas que van del rango 172.1.0.0 hasta 172.90.0.0. Antes este detalle se pasaba por alto porque la red de datos CISCO no estaba conectada a Internet, pero la nueva red de datos FOUNDRY sí lo tiene. El mismo problema de las direcciones IP públicas surgen con los equipos ALCATEL, LUCENT y NEC de radio.

### **5.6.6 Configuración seleccionada**

Para comunicar la información de gestión de los equipos NEC, ALCATEL y LUCENT se utilizan túneles IP.

La mayor ventaja es la de no tener que cambiar las más de mil direcciones IP públicas utilizadas en los equipos SDH y que actualmente la red WAN FOUNDRY no está implementada en su totalidad ya que es la primera etapa, agregar un solo enrutador a la red no significa gran cosa para un túnel IP, ya que la ruta la determina el protocolo de enrutamiento OSPF.

Cambiar el direccionamiento IP de todos los equipos tardaría meses o años y además hay que coordinar con otras redes de datos del ICE que también se conectan a la red FOUNDRY y que utilizan direccionamiento privado.

## Capítulo 6: Análisis y resultados

### 6.1 Red SDH NEC de fibra

Los resultados finales de la integración NEC de fibra se muestran en la tabla 6.1 donde se listan los nodos conectados a la red WAN y la forma en la que fueron integrados. 31 anillos son integrados directamente a la red WAN y 13 anillos siguen dependiendo de los FOTS para transmitir la información de gestión. Estos anillos que aún dependen de los FOTS no pueden ser integrados totalmente en este momento; pero si se espera la ampliación de la red WAN en un futuro cercano, el diseño de conexión físico o lógico servirá para integrarlos. La conexión parcial de un anillo o bus de la tabla 6.1 se refiere a que estos equipos se conectaron a la red WAN por medio de enlaces E1 transportados por los FOTS.

**Tabla 6.1** Resumen de integración de anillos

Anillo	Nodos integrados	Tipo de Integración	Anillo	Nodos integrados	Tipo de Integración
Anillo 1	1/5	Directa - WAN	Anillo 24	1/6	Directa - WAN
Anillo 2	1/3	Directa - WAN	Anillo 25	3/4	Directa - WAN
Anillo 3	1/2	Directa - WAN	Anillo 27	1/4	Directa - WAN
Anillo 5	1/2	Directa - WAN	Bus 28	0/6	Parcial – E1 o DCC <sub>R</sub>
Anillo 6	1/3	Directa - WAN	Anillo 29	0/4	Parcial – E1 o DCC <sub>R</sub>
Anillo 7	0/3	Parcial – E1 o DCC <sub>r</sub>	Anillo 30	4/4	Directa - WAN
Anillo 8	1/5	Directa - WAN	Anillo 31	0/6	Parcial – E1 o DCC <sub>R</sub>
Anillo 9	2/3	Directa - WAN	Anillo 32	1/2	Directa - WAN
Anillo 10	4/6	Directa - WAN	Anillo 33	2/5	Directa - WAN
Anillo 11	1/3	Directa - WAN	Anillo 34	1/2	Directa - WAN
Anillo 12	1/2	Directa - WAN	Anillo 35	2/6	Directa - WAN
Anillo 13	9/10	Directa - WAN	Anillo 36	0/5	Parcial – E1 o DCC <sub>R</sub>
Anillo 14	3/4	Directa - WAN	Anillo 37	0/3	Parcial – E1 o DCC <sub>r</sub>
Anillo 15	3/6	Directa - WAN	BUS 38	0/2	Parcial – E1 o DCC <sub>R</sub>
Anillo 16	3/6	Directa - WAN	Anillo 40	0/4	Parcial – E1 o DCC <sub>R</sub>
Anillo 17	5/8	Directa - WAN	Anillo 41	1/3	Directa - WAN
Anillo 18	4/8	Directa - WAN	Bus 48	0/3	Parcial – E1 o DCC <sub>R</sub>
Anillo 19	4/6	Directa - WAN	Bus 49	1/2	Directa - WAN
Anillo 20	0/5	Parcial – E1 o DCC <sub>r</sub>	Bus 50	0/4	Parcial – E1 o DCC <sub>R</sub>
Anillo 21	0/3	Parcial – E1 o DCC <sub>r</sub>	Bus 63	0/4	Parcial – E1 o DCC <sub>R</sub>
Anillo 22	1/4	Directa - WAN	Anillo 64	1/3	Directa - WAN
Anillo 23	1/4	Directa - WAN			
Total anillos conectados directamente			31		

Con la integración directa y parcial de los anillos NEC se pueden liberar 41 enlaces E1 en la estación CTS1, los cuales pueden ser utilizados para conectar clientes u otros servicios de la

empresa. Con la expansión de la red WAN se pueden integrar la totalidad de los anillos y buses SDH NEC en al menos uno de los nodos.

Para conectar los anillos a la red WAN se necesitan convertidores 10Base2 y Ethernet/E1. Una lista de los equipos necesarios se muestra en la tabla 6.2.

**Tabla 6.2** Dispositivos necesarios para Integración NEC Fibra

Dispositivo	Cantidad
Conector T BNC	61
Cable coaxial delgado	100 m
Conectores BNC	122
RICi-E1 RAD	6
Convertidor 10Base2/T	31

Se desocupan dos convertidores 10Base2/T producto de la integración en los nodos Cartago y norte. No se especifica la marca ni el modelo del convertidor porque muchos de los equipos ya están disponibles en la empresa, por lo que una especificación de marca no es necesaria aunque en la empresa utilizan convertidores CentreCOM.

Si comparamos la nueva red de gestión FOUNDRY con la antigua (compuesta por enrutadores CISCO y líneas dedicadas) se pueden señalar algunos puntos como: 1- La nueva red WAN ofrecerá (cuando la ampliación se complete) una velocidad mayor a una línea dedicada debido a los caminos que la información puede tomar en una red Fast Ethernet y 2 - El precio de una línea dedicada de 2.048 Mbps es mayor que la utilización de la red WAN para transportar la información.

La disponibilidad de la información de gestión de un anillo depende del buen funcionamiento de la red de fibra misma, ya que la gestión se transporta por enlaces E1 dedicados, esta disponibilidad en porcentajes se observan en la tabla 6.3 donde se tomaron en cuenta las fallas de asociación de la red SDH NEC de 2008 y 2009.

**Tabla 6.3** Disponibilidad de la red SDH NEC

Año	Días con falla Asocia.	% del año	Disponibilidad (%)
2009	19,03	5,21	94,79
2008	101,54	27,90	72,1
Requerido	7,3	2	98

Con la integración a la red WAN y la utilización de más de un nodo del anillo como GNE, los problemas de asociación debido a cortes en la fibra o problemas en alguno de los nodos GNE se pueden eliminar del cálculo. Los nuevos porcentajes se muestran en la tabla 6.4 donde se observa que aunque existe una ruta redundante las fallas de asociación no alcanzan el 98% requerido por la empresa porque existen problemas frecuentes que no se pueden solucionar por medio de la redundancia de información, entre los principales se tienen (ver Apéndice A1 para una lista completa):

- 3 Fallas eléctricas
- 4 Fallas en los servidores por aumento en el uso de la memoria swap.

**Tabla 6.4.** Disponibilidad de la red SDH NEC integrada

Año	Días con falla Asocia.	% del año	Disponibilidad (%)
2009	13,33	3,65	96,35
2008	64,75	17,74	82,26
Requerido	7,3	2	98

## 6.2 SDH NEC radio

La integración de los equipos SDH NEC de radio es parcial en su mayoría ya que la mayoría de estaciones de radio se encuentran en cerros de todo el país, por lo que es difícil que estos cuenten con acceso a la red WAN

Existen 11 áreas de radio en todo el país. Cada área cuenta con dos enrutadores de gestión que direccionan la información a los dos servidores. Para integrar estos equipos se tiene que recurrir a redireccionar la ruta del E1 hacia una estación de las 15 en el país con acceso a la red WAN.

Una lista de los equipos necesarios se observa en la tabla 6.5.

**Tabla 6.5.** Dispositivos necesarios para Integración NEC Radio

Dispositivo	Cantidad
RICi-E1 RAD	13
Convertidor 10Base2/T	14

Una limitación de las redes de fibra es que no se puede dar redundancia a la información debido a su topología de bus; aunque estos se conecten a los anillos SDH de fibra, los canales DCC<sub>R</sub> no se pueden utilizar sobre la fibra NEC porque estos se comunican con el protocolo de transporte OSI y no TCP/IP y además la conmutación de protección habilitada por la topología de anillo no está disponible en la topología de bus [2].

### **6.3 Equipos de sincronía**

Como se especificó en la sección 5.3, solo se pueden integrar 8 estaciones de concentración. No es necesario invertir en equipo para la integración de sincronía, más bien se disponen de 4 RICi-E1 que antes eran utilizados en los nodos de San Ramón, CTS1, Cerro Garrón y Sur.

La utilización de VLAN de capa 2 para integrar las 8 estaciones es la forma más fácil y cómoda de administrar el equipo de sincronía porque solo se necesita configurar una VLAN y se necesitarían 8 puertos ethernet en el FastIron donde se encuentra el servidor. Además todos los equipos de sincronía están configurados con direcciones IP que pertenecen a una misma red y una VLAN puede unir esas redes sin ningún problema.

El enrutamiento daría como resultado reconfigurar la máscara de subred de cada estación de concentración y cada equipo que se conecte independiente a la red WAN porque todos se encuentran en la misma subred, por lo que habría que recurrir a VLMS (máscara de subred de tamaño variable)

### **6.4 Equipo ALCATEL**

La integración de las subredes de gestión ALCATEL tiene ciertas limitaciones, ya que al igual que en la integración de los anillos ALCATEL, solo algunos anillos y buses cuentan con acceso a la red WAN, por lo que se recurre al redireccionamiento de los enlaces de 64 kbps para que se comuniquen con la red WAN (como se especifica en la sección 5.4). Solo es posible integrar directamente a la red WAN los anillos 56 y 51 en las estaciones de Cartago, Turrialba y Alajuela.

Una lista de los anillos integrados parcial y directamente se observa en la tabla 6.6. En ella se detalla además, que con la ampliación de la red WAN 5 anillos más pueden ser integrados directamente a la red.

**Tabla 6.6** Anillos ALCATEL integrados a la red WAN

	Nodos	Nodos con acceso WAN	Intergración
Anillo 51	4	1	Directa
Bus 52	3	0	Por E1 hacia otra estación
Bus 53	5	0 (1 con ampliacion)	Por E1 hacia otra estación
Bus 54	13	0 (1 con ampliacion)	Por E1 hacia otra estación
Bus 55	3	0	Por E1 hacia otra estación
Anillo 56	12	2	Directa
Bus 57	7	0 (1 con ampliacion)	Por E1 hacia otra estación
Bus 58	2	0	Por E1 hacia otra estación
Anillo 61	2	0 (1 con ampliacion)	Por E1 hacia otra estación
Anillo 62	7	0 (2 con ampliacion)	Por E1 hacia otra estación

El equipo necesario para la integración consiste de 3 convertidores CentreCOM 10Base2/T ya disponibles en la empresa y 8 NTU que convierta la línea de un par de cobre (64 kbps) a ethernet, o se puede aprovechar los NTU que ya se dispone en la empresa (V.35 a par de cobre) y luego un convertidor de V.35 a Ethernet como el Tahoe 285 - V.35/FastEthernet Interface Converter.

### 6.5 LUCENT

Con la integración de la red SDH LUCENT, los anillos 44 y 45 ganan redundancia de información porque se pueden configurar dos equipos de esos anillos para que funcionen como GNE, lo que permite aumentar la disponibilidad de información.

El anillo 47 se conecta por medio de otro GNE en Cartago, donde antes tenía configurado el nodo de Desamparados como GNE. La tabla 6.7 muestra los anillos y la forma de integrarse a la red

**Tabla 6.7** Anillos LUCENT integrados a la red WAN

Anillo	Cantidad de GNE	Tipo de integración
44	2	Directa a WAN
45	2	Directa a WAN
46	1	Por E1 hacia WAN
47	1	Directa a WAN

## Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones

### 7.1 Conclusiones

1. Con la integración de los equipos SDH a la red WAN se logra liberar unos 120 enlaces E1 dedicados.
2. Las redes de gestión se independizan de la misma red SDH que gestionan al utilizar la red WAN FOUNDRY como DCN.
3. Utilizar protocolos de enrutamiento para transportar la información de gestión en la red WAN permite disminuir la cantidad de código de configuración y una administración más sencilla de la red.
4. La integración de los anillos NEC de fibra permite obtener gran cantidad de equipo de enrutamiento CISCO.
5. La integración permite minimizar los puntos de falla en las conexiones físicas de las redes.
6. Con el aumento de GNEs en los anillos SDH NEC la disponibilidad aumentaría de un 94% a un 96%.
7. El 98% de disponibilidad que la empresa requiere en las redes de gestión no es alcanzable porque los fallos no son exclusivos de la redundancia de la información.
8. La configuración de direcciones públicas es la red SDH no permite utilizar protocolos de enrutamiento para transportar la información de gestión.
9. Los Equipos SDH NEC de radio no pueden aprovechar las características de redundancia de un anillo porque la topología bus no permite conmutación de protección.
10. La red WAN aún no presenta ningún problema de utilización de ancho de banda dado que el porcentaje de utilización actualmente es menor al 5%.

## 7.2 Recomendaciones

- Para aumentar la redundancia de la información en un nodo SDH NEC, es necesario habilitar todos los canales  $DCC_R$  de los equipos
- La red WAN solo dispone de un servidor RADIUS para la seguridad de la red. Se recomienda agregar al menos un servidor más de respaldo.
- Con la ampliación de la red WAN muchas otras estaciones podrán transportar información de gestión directamente y dejar de utilizar la red SDH, por lo que se recomienda ampliar este estudio para esos lugares.
- Se recomienda trabajar en las principales fallas de asociación de la red SDH diferentes a las de redundancia de información para poder lograr un 98% de disponibilidad de la red de gestión.
- Realizar un estudio de las direcciones IP privadas disponibles en las redes del ICE para utilizarlas en las conexiones de los equipos SDH a las redes de gestión en un futuro.

## Referencias

- [1] Internacional Telecommunication Union ITU-T. 2004. Synchronous Digital Hierarchy (SDH) management [En línea]: Recomendación UIT-T G.784. International Telecommunication Union (ITU), Switzerland. <http://eu.sabotage.org/www/ITU/G/G0784e.pdf> (Consulta: 10 Junio 2009).
- [2] NEC Corporation. (1991) Multiplexor de Inserción – Extracción STM –1 / STM – 4 SMS 600V. NEC Corporation. Japón.
- [3] Internacional Telecommunication Union ITU-T. 2004. Principles for a telecommunications management network [En línea]: ITU-T Recommendation M.3010. International Telecommunication Union (ITU), Switzerland. <http://www.itu.int/itudoc/itu-t/aap/sg4aap/history/m3010a1/m3010a1.html> (Consulta: 14 Septiembre 2009).
- [4] Internacional Telecommunication Union ITU-T. 2004. Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas [En línea]: Recomendación UIT-T G.703. International Telecommunication Union (ITU), Switzerland. <http://www.itu.int/itudoc/itu-t/aap/sg15aap/history/g703/g703-es.html> (Consulta: 23 Agosto 2009).
- [5] Symmetricom, Inc. 2009. TimeSource 3100 [En línea]: GPS Primary Reference Source. Symmetricom, Inc, San José, California. [www.symmetricom.com/link.cfm?lid=4775](http://www.symmetricom.com/link.cfm?lid=4775) (Consulta: 11 Octubre 2009).
- [6] FOUNDRY Networks. (2008) Foundry BigIron RX Series Configuration Guide. Santa Clara, California. Brocade.
- [7] FOUNDRY Networks. (2005) Foundry FastIron X.Series Configuration Guide. Brocade. Santa Clara, California.
- [8] GESTION DE REDES SDH. (En línea). Consultada 14 Octubre 2009. Disponible en <http://www.nootes.org/document?d=LESfd0cWE3JLV#>
- [9] PROTOCOLOS DE GESTION ISO/ITU. (En línea). Consultada 14 Octubre 2009. Disponible en <http://www.scribd.com/doc/7353492/12-Protocolos-de-Gestion-Isoitu>
- [10] Web Ranger II Internet Access Enrutador. (En línea). Consultada 9 Setiembre 2009. Disponible en <http://www.rad-direct.com/datasheet/webrang2.pdf>
- [11] Díaz, H. A. 2006. Servicios de Red Práctica 5 Análisis del Nivel de Enlace RDSI. Q.921 [En línea]: Práctica 5 Análisis del Nivel de Enlace RDSI. Q.921. V.1. Himar Alonso Díaz, Lugar. [www.himaralonso.com/archivos/enlacerdsi.pdf](http://www.himaralonso.com/archivos/enlacerdsi.pdf) (Consulta: 26 Octubre 2009).
- [12] RICi-E1, RICi-T1. (En línea). Consultada 03 Mayo 2009. Disponible en [www.datacom.cz/files\\_datacom/rici-e1t11\\_0.pdf](http://www.datacom.cz/files_datacom/rici-e1t11_0.pdf)
- [13] 3Com Corporation. (2000) Dual Speed Hub 8, Hub 16. 3Com Corporation. Estados Unidos de América.

- [14]** CISCO System. 2006. Cisco Interface Cards Hardware [En línea]: Hardware Installation Guide. CISCO System, California. [http://docstore.mik.ua/univercd/cc/td/doc/product/access/acs\\_mod/cis2600/hw\\_inst/wic\\_inst/wic\\_doc/vwicpdf.pdf](http://docstore.mik.ua/univercd/cc/td/doc/product/access/acs_mod/cis2600/hw_inst/wic_inst/wic_doc/vwicpdf.pdf) (Consulta: 23 Agosto 2009)
- [15]** ALCATEL. 2005. Alcatel 1354RM NR. 8.1 Administration. 1ra Ed. Alcatel University. Francia.
- [16]** RIP – Routing Information Protocol. [En Línea]. Consultada 16 Noviembre 2009. Disponible en <http://eduangi.com/wp-content/uploads/2007/03/rip1.pdf>
- [17]** RFC1058 - Routing Information Protocol. [En línea]. Consultada 16 Noviembre 2009. Disponible en <http://www.faqs.org/rfcs/rfc1058.html>
- [18]** OSPF Design Guide. [En línea]. Consultada 4 Noviembre 2009. Disponible en [http://ciscosystems.com/en/US/tech/tk365/technologies\\_white\\_paper09186a0080094e9e.shtml](http://ciscosystems.com/en/US/tech/tk365/technologies_white_paper09186a0080094e9e.shtml)
- [19]** OSI IS-IS Intra-domain Routing Protocol. [En línea]. Consultada 17 Octubre 2009. Disponible en <http://tools.ietf.org/html/rfc1142>.
- [20]** VLAN - Redes virtuales. [En línea]. Consultada 12 Septiembre 2009. Disponible en <http://es.kioskea.net/contents/internet/vlan.php3>
- [21]** Túneles. [En línea]. Consultada 3 Septiembre 2009. Disponible en <http://www.textoscientificos.com/redes/firewalls-distribuidos/soluciones-seguridad/tuneles>.
- [22]** Modular Layer 2/3 Ethernet Switches. [En línea]. Consultada 14 Mayo 2009. Disponible en [http://www.brocade.com/forms/getFile?p=documents/data\\_sheets/product\\_data\\_sheets/ds-bi-rx.pdf](http://www.brocade.com/forms/getFile?p=documents/data_sheets/product_data_sheets/ds-bi-rx.pdf).

## Apéndices

### A.1 Glosario, abreviaturas

TCP/IP	(Transmisión Control Protocol/ Internet Protocol) Es una familia de protocolos de internet de la capa de red
OSI	(Open System Interconnection) Es un modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos para
WAN	(Wide Area Network) Es una red de área amplia de computadoras que puede abarcar distancias desde 100 km hasta unos 1000 km
SDH	(Synchronous Digital Hierarchy) Es una norma para el transporte de datos por fibra óptica
TMN	(Telecommunications Management Network) Es un modelo o protocolo para manejar sistemas abiertos en una red de comunicaciones
STM	(Synchronous Transport Module) Es la unidad de transmisión de la Jerarquía Digital Sincrona
LAPD	(Link Access Protocol for D-channel) Es un protocolo de control de enlace de datos para los canales tipo D
DCC <sub>R</sub>	(Data communications channel) De regenerador
DCC <sub>M</sub>	(Data communications channel) De multiplexor
RIP	(Routing Information Protocol) Protocolo de enrutamiento TCP/IP
QB3	Interfaz de gestión G.703 10Base2 o 10BaseT
GNE	(Gateway Network Element) Elemento de red configurado como puerta de enlace para el resto de equipos de un anillo o bus
BLSR	(Bi-directional Line Switched Ring) Es una topología de red de los anillos SDH que proporciona una línea de protección y una de trabajo
AUI	(Attachment Unit Interface) Es una Interfzade 15 pines
E1	Es un formato de transmisión digital que permite transportar datos a una velocidad de 2.048 Mbps
MN	(Management Network)
TL1	(Transaction Lenguaje 1) Es un protocolo de gestión de telecomunicaciones
RS-232	Es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de información
NTU	(Network Termination Unit)

## A.2 Configuración del túnel IP GRE

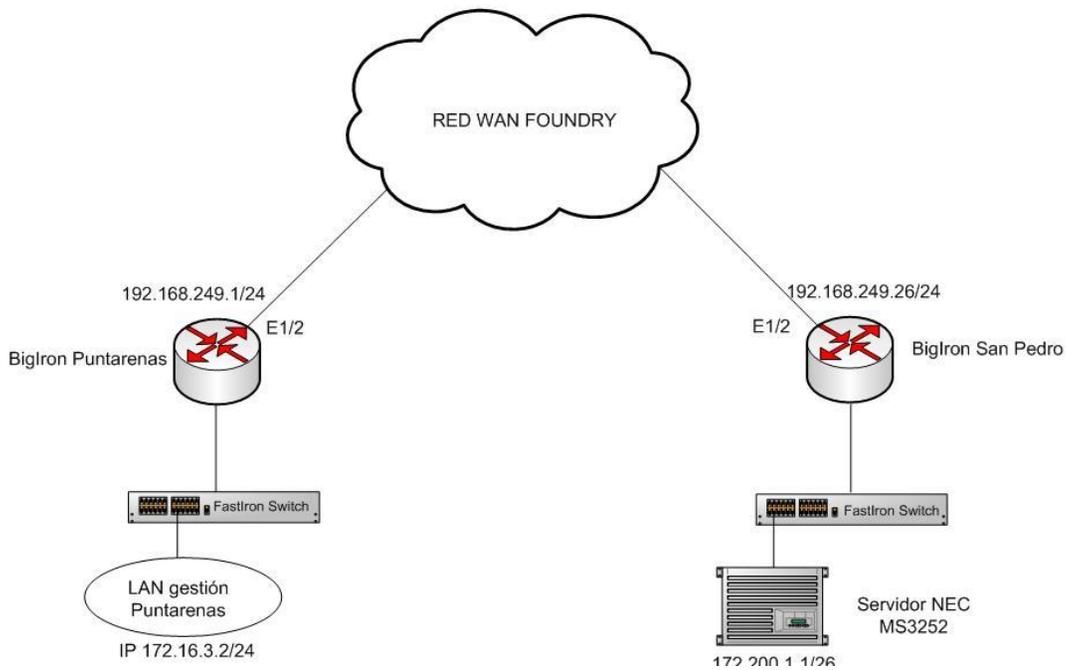


Figura 9.1 Configuración de Túnel IP

Se configura una VLAN en el puerto donde se conecta la red de gestión.

Configuración del switch Puntarenas

```
FESX424 Switch-C(config)# vlan 2 name Gestion_NEC_Fibra_Puntarenas_52
```

```
FESX424 Switch-C(config-vlan-2)# untag ethernet 1/3
```

```
FESX424 Switch-C(config-vlan-2)# tagged ethe 1/1 to 1/2
```

En el enrutador conectado a la subred (Puntarenas)

```
BigIron RX(config)# interface tunnel 1
```

```
BigIron RX(config-tnif-1) #tunnel source 192.168.249.1
```

```
BigIron RX(config-tnif-1) #tunnel destination 192.168.249.26
```

```
BigIron RX(config-tnif-1) #tunnel mode gre ip //Encapsulamiento GRE
```

```
BigIron RX(config-tnif-1) #tunnel loopback 1/1
```

```
BigIron RX(config-tnif-1) #ip address 172.16.3.1/24
```

```
BigIron RX(config-tnif-1) #exit
BigIron RX (config)# ip route 192.168.249.0/24 192.168.249.1
BigIron RX(config)# ip route 172.16.3.0/24 tunnel 1
Switch en San Pedro
FESX424 Switch-C(config)# vlan 3 name Gestion_NEC_Fibra_San Pedro_52
FESX424 Switch-C(config-vlan-2)# untag ethernet 1/3
FESX424 Switch-C(config-vlan-2)# tagged ethe 1/1 to 1/2
Enrutador en San Pedro
BigIron RX(config)# interface tunnel 1
BigIron RX(config-tnif-1) #tunnel source 192.168.249.26
BigIron RX(config-tnif-1) #tunnel destination 192.168.249.1
BigIron RX(config-tnif-1) #tunnel mode gre ip //Encapsulamiento GRE
BigIron RX(config-tnif-1) #tunnel loopback 1/1
BigIron RX(config-tnif-1) #ip address 172.16.200.2/24
BigIron RX(config-tnif-1) #exit
BigIron RX (config)# ip route 192.168.249.0/24 192.168.249.26
BigIron RX(config)# ip route 172.16.3.2/24 tunnel 1
```

## Anexos

### B.1 Reporte de averías de 2008 y 2009

**Tabla A.1** Reporte de averías

Apertura	Cierre	Duración	Descripción
06/04/2008 13:01	07/04/2008 11:26	0,934	microondas
28/04/2008 12:57	28/04/2008 18:35	0,235	cable fibra
09/05/2008 12:00	09/05/2008 23:01	0,459	perdida STM1- Aísla tráfico
19/05/2008 10:25	19/05/2008 16:06	0,237	Equipo SDH
19/05/2008 10:35	20/05/2008 14:31	1,164	Tarjeta SC y Agente
19/05/2008 11:44	20/05/2008 7:21	0,817	repetido playas del coco
17/06/2008 10:10	17/06/2008 11:04	0,037	falla de corriente eléctrica
22/06/2008 8:21	22/06/2008 10:01	0,069	problema en enrutador
27/06/2008 8:17	30/06/2008 9:37	3,056	Cable Fibra óptica dañado
02/07/2008 16:17	03/07/2008 12:01	0,822	NEC SMS-600V
09/07/2008 6:31	09/07/2008 15:15	0,364	fibra rota
11/07/2008 5:44	13/07/2008 15:19	2,399	NEC 2000S
16/07/2008 20:37	17/07/2008 9:57	0,556	Enrutador de Asociación
23/07/2008 8:31	23/07/2008 19:14	0,447	en México
24/07/2008 8:38	08/09/2008 11:31	46,120	Equipo no se esta gestionando
03/09/2008 10:03	05/09/2008 7:32	1,895	Tarjeta LMS en equipo
03/09/2008 16:35	05/09/2008 10:28	1,745	problemas con la radio base
09/09/2008 18:03	10/09/2008 0:51	0,283	microondas
09/09/2008 18:29	10/09/2008 1:30	0,292	microondas
19/09/2008 10:53	08/01/2009 19:09	84,350	servidores de radio
09/10/2008 12:50	22/10/2008 9:50	12,875	MCI dañada. Se pasa enrutador
09/10/2008 14:57	10/10/2008 14:34	0,984	Equipo ADM
10/10/2008 8:10	13/10/2008 7:11	2,959	corte de fibra
21/10/2008 15:04	07/11/2008 14:09	16,962	LAN
31/10/2008 13:45	31/10/2008 14:37	0,036	tarjeta SC
01/11/2008 13:16	01/11/2008 15:53	0,109	sin acceso al nodo - se resetea
04/11/2008 9:43	04/11/2008 12:47	0,128	tarjetas STM-1 dañada
15/11/2008 14:28	15/11/2008 16:25	0,081	tarjeta del NEC MW 1000
29/11/2008 20:26	01/12/2008 7:59	1,481	LAN - robo de carga
02/12/2008 16:53	02/12/2008 18:47	0,079	Microondas perdida de Señal
07/12/2008 20:25	12/02/2009 9:21	31,539	<u>Los CMIP</u>
04/02/2009 21:48	09/02/2009 10:58	4,549	Mal funcionamiento microondas
05/02/2009 6:03	06/02/2009 0:06	0,752	Fuertes vientos debilitan
05/02/2009 8:01	05/02/2009 12:29	0,186	Tarjeta
05/02/2009 17:07	09/02/2009 12:28	3,806	Fuertes vientos
18/03/2009 22:05	26/03/2009 15:18	7,717	Servidores NEC y
19/03/2009 9:59	20/03/2009 22:02	1,502	Problemas Servidor radio

**Tabla A1.** Continuación Reporte de averías de 2008 y 2009

19/03/2009 12:13	19/03/2009 14:10	0,081	ADM NEC
25/04/2009 7:05	25/04/2009 9:07	0,085	Se resetea Nodo ok
01/05/2009 15:06	01/05/2009 21:08	0,251	Cable de red LAN desconectado
13/05/2009 11:09	15/05/2009 6:34	1,809	Tarjeta SC y agente
01/06/2009 13:40	02/06/2009 15:49	1,090	Servidores NEC
02/06/2009 15:58	03/06/2009 13:25	0,894	Falla en enlace por microonda.
02/06/2009 18:15	02/06/2009 21:22	0,130	Falla celular
09/06/2009 13:34	09/06/2009 15:18	0,072	Falta energía
11/06/2009 18:55	15/06/2009 10:27	3,647	SDH NEC
03/07/2009 21:49	04/07/2009 6:35	0,366	Servidores radio