

**Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del
Cauca**



**Astrid Cristina Ortega Muñoz
Luis Fernando Solano Hurtado**

Director: Mag. Francisco Javier Teran

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Redes y Servicios Telemáticos.
Popayán
2013**

**Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del
Cauca**



**Documento Final De Trabajo De Grado Para Optar Al Título De
Ingeniero En Electrónica Y Telecomunicaciones**

**Astrid Cristina Ortega Muñoz
Luis Fernando Solano Hurtado**

Director: Mag. Francisco Javier Teran

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Redes y Servicios Telemáticos.
Popayán
2013**

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. DISPONIBILIDAD DE INFRAESTRUCTURA DE RED.....	2
1.1 DISPONIBILIDAD.....	2
1.2 CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD.....	3
1.3 PRÁCTICAS PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD.....	8
CAPÍTULO 2. DISPONIBILIDAD DE INFRAESTRUCTURA EN LA RED DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA.....	12
2.1 ESTADO ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA DE RED DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA.....	12
2.1.1 Componentes Hardware de la Red.....	12
2.1.2 Componentes Software de la Red.....	14
2.1.3 Ambiente.....	15
2.1.4 Personal y Organización.....	16
2.1.5 Diseño de la Red.....	17
2.2 NECESIDADES EXISTENTES EN LA RED.....	18
2.2.1 Hardware.....	19
2.2.2 Software.....	19
2.2.3 Ambiente.....	20
2.2.4 Personal y Organización.....	22
2.2.5 Diseño de la Red.....	24
CAPÍTULO 3. SOLUCIÓN DE DISPONIBILIDAD PARA LA INFRAESTRUCTURA DE RED DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA.....	26
3.1 ELECCIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER.....	26
3.2 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	29
3.3 IMPLEMENTACIÓN.....	37
3.4 PRUEBAS Y VALIDACION.....	40
4.1 CONCLUSIONES.....	42
4.2 RECOMENDACIONES.....	42

4.3 TRABAJOS FUTUROS.....	43
BIBLIOGRAFIA.....	44

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1.1 MTTR estimado para el Hardware.	5
Tabla 1.2 MTTR estimado para software.	6
Tabla 2.1 MTBF para los equipos Cisco de la Red.	13
Tabla 2.2 Switches de la Universidad del Cauca y su Sistema Operativo.	14
Tabla 2.3 Desastres Naturales.	16
Tabla 2.4 Riesgos causados por el hombre.	16
Tabla 2.5 Necesidades a nivel de Hardware en la Red.	19
Tabla 2.6 Necesidades a nivel de Software en la Red.	19
Tabla 2.7 Necesidades a nivel de Ambiente en la Red.	20
Tabla 2.8 Necesidades a nivel del Personal y la Organización.	22
Tabla 2.9 Personal del Área de Infraestructura de la Red de Datos de la Universidad del Cauca.	22
Tabla 2.10 Necesidades de disponibilidad en el diseño de la Red de Datos de la Universidad del Cauca.	24
Tabla 3.1 Reporte de disponibilidad para los Equipos del backbone de la Red de la Universidad del Cauca, obtenido desde Nagios para el periodo de enero a junio de 2012, disponible en infraestructura.edu.co/nagios3	27
Tabla 3.2 Cálculo de la disponibilidad teórica para los equipos de distribución de la Red.	28
Tabla 3.3 Requisitos a tener en cuenta en la solución solicitados por los administradores de la Red Universitaria.	29
Tabla 3.4 Cuadro comparativo de los protocolos.	31
Tabla 3.5 Resultados de la simulación para el estado inicial de la Red Universitaria.	35
Tabla 3.6 Resultados de la Simulación de Enrutamiento Dinámico Con OSPF.	35
Tabla 3.7 Resultado simulación VRRP/Estático.	35
Tabla 3.8 Resultados de simulación con Script/Estático.	35
Tabla 3.9 Resultados de la implementación en la Facultad de Artes.	40

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1.1 Fallos durante el periodo útil de un sistema o máquina.....	4
Figura 1.2 Sistema Serie.	7
Figura 1.3 Sistema Paralelo.....	8
Figura 2.1 Topología de la Red de la Universidad del Cauca.....	17
Figura 2.2 Diagrama jerárquico de la Red de la Universidad del Cauca.	18
Figura 3.1 Propuesta de solución de disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca.....	30
Figura 3.2 Escenario de simulación para el Estado Inicial de la Red usado en gns3.	33
Figura 3.3 Escenario de simulación usado en GNS3.	33
Figura 3.4 Algoritmo de Simulación.	34
Figura 3.5 Diagrama de Red conexión entre la Facultad del Carmen y la Facultad de Artes.....	39
Figura 3.6 Infraestructura de la Facultad de Artes usada para la implementación de la solución.	39

Lista de Ecuaciones

	Pág.
Ecuación 1.1 Disponibilidad en términos de tiempo entre fallas y tiempo de reparación... 3	
Ecuación 1.2 Cálculo de la disponibilidad en sistemas seriales	7
Ecuación 1.3 Disponibilidad sistemas paralelos.....	8

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el uso de servicios de Internet es mayor, en comparación con años anteriores [1], estos servicios se han convertido en herramientas para la realización de labores cotidianas de muchos usuarios; Las empresas e instituciones también se han beneficiado de las redes de Internet, las cuales han facilitado la conquista de nuevos mercados sin importar las separaciones geográficas, la ejecución de procesos administrativos y comerciales, mejorando la productividad de las organizaciones, por estas razones, las redes actuales deben funcionar correctamente, se deben evitar los problemas de acceso a un servicio, ya que la indisponibilidad de éstos genera pérdidas económicas y hasta caos para algunos usuarios [2] [3] [4].

La Universidad del Cauca no es un ente aislado de la sociedad actual y de los cambios que se están dando; al igual que en otras organizaciones, cada día se automatizan los procesos académicos y administrativos, por ejemplo: las matrículas, el manejo de la contabilidad, el registros de notas y faltas, entre otros; la Universidad también ofrece los servicios básicos tales como correo electrónico, ftp y servidor web a todos los usuarios, por esta razón se han aumentado las prácticas y controles para mantener la red activa, por ejemplo en la actualidad la mayoría de los servidores se encuentran duplicados o virtualizados, sin embargo poco se ha hecho sobre la infraestructura que da soporte a los servicios.

El presente proyecto está centrado en generar una solución de disponibilidad para la infraestructura de red de la Universidad del Cauca de acuerdo a los recursos existentes en la Institución.

Con el objetivo de abordar los temas requeridos para el desarrollo del trabajo de grado, el contenido se divide en 4 capítulos de la siguiente manera: en el capítulo 1 se presenta la teoría sobre la disponibilidad, la forma de calcularla y algunas prácticas para disminuir los tiempos de indisponibilidad; en el capítulo 2 se realiza el análisis de la situación actual de la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca, determinando las falencias que afectan la disponibilidad de la misma; en el capítulo 3 se aborda el diseño de la solución y se documenta la implementación de la misma en la red Universitaria. Finalmente, el capítulo 4 presenta las conclusiones del trabajo de grado, las recomendaciones y posibles trabajos futuros a desarrollar en esta área.

CAPÍTULO 1. DISPONIBILIDAD DE INFRAESTRUCTURA DE RED

La disponibilidad es uno de los grandes retos que enfrentan los ingenieros de redes y telecomunicaciones, debido a que hoy en día las empresas con el objetivo de mejorar su productividad, utilizan cada vez más la tecnología aumentando su dependencia hacia las redes de Internet y a los sistemas informáticos, es por eso que garantizar el acceso a los recursos que los usuarios necesitan en el momento que lo requieren, ya no es un lujo sino una necesidad de toda institución.

En este capítulo se encuentra definido el concepto de disponibilidad para la infraestructura de una red de datos, que factores le afectan y cuáles son las mejores prácticas que permiten disminuir el porcentaje de tiempo indisponible de un sistema.

1.1 DISPONIBILIDAD

En términos generales la disponibilidad hace referencia a la posibilidad de que un producto o un fenómeno, esté disponible de ser realizado, encontrado o utilizado, por ejemplo: que un jabón esté disponible para ser usado significa, que se puede disponer de él ya que es accesible, está al alcance de la mano o simplemente porque es posible hacerlo [5].

La disponibilidad también se define como una característica de las arquitecturas empresariales, que mide el grado de disponibilidad de los recursos del sistema para el cliente final a lo largo de un tiempo dado. Desde el punto de vista del usuario, cualquier circunstancia que impida trabajar productivamente con el sistema – desde tiempos de respuesta prolongados, escasa asistencia técnica o falta de estaciones de trabajo disponibles –se considera como un factor de baja disponibilidad [6].

En la actualidad, ninguna red es 100% disponible [7], sin embargo, se han establecido niveles de disponibilidad mínimos aceptables dependiendo de la criticidad del proceso, por tal razón es importante definir en cada institución cual es el nivel de disponibilidad requerido.

1.2 CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD

Predecir el nivel de disponibilidad en una red de información es un proceso largo y tedioso, el cual se debe analizar desde varias perspectivas, debido a que ésta depende de varios factores como por ejemplo:

- Hardware
- Software
- Ambiente
- Personal y Organización
- Diseño de la Red

Tanto para hardware como para software, la disponibilidad se puede calcular mediante el uso de la Ecuación 1.1, donde se utilizan como parámetros el tiempo medio entre fallas (MTBF, Mean Time Between Fails) y el Tiempo Medio de Reparación (MTTR, Mean Time To Repair).

Ecuación 1.1 Disponibilidad en términos de tiempo entre fallas y tiempo de reparación.

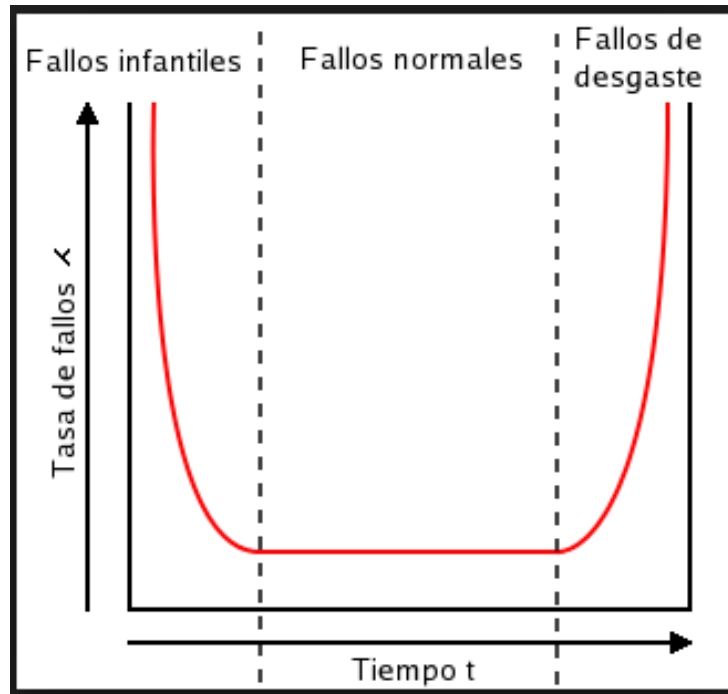
$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

El MTBF es el tiempo promedio de falla del sistema, en los dispositivos hardware, este tiempo lo calculan los fabricantes y se encuentra en su respectiva documentación; para calcular el MTBF de un software es necesario multiplicar la tasa de defectos por el número de defectos por mil líneas de código (KLOC, “*thousand lines of code*”) generados por segundo [8].

El MTTR es el tiempo que toma reparar un módulo; a menor MTTR mayor costo operacional del sistema [9].

- **Hardware:** Para calcular la disponibilidad del hardware se utiliza la ecuación 1.1, por lo que es necesario conocer el MTBF y el MTTR. Las fallas en el hardware están definidas por la curva de la bañera; las probabilidades de que exista una falla al inicio de vida del módulo son altas, disminuye durante el periodo de vida útil y vuelve a aumentar cuando se está al final del ciclo de vida, como se muestra en la figura 1.1.

Figura 1.1 Fallos durante el periodo útil de un sistema o máquina [8].



- Fallos infantiles: Se deben a errores en la etapa de diseño, también son causados por una mala construcción del dispositivo.
- Fallos normales: Son errores aleatorios se pueden contrarrestar con redundancia.
- Fallos de Desgaste: Se debe a la degradación de los componentes debido a que han cumplido con su tiempo de vida útil, una forma de prevenir estos fallos consiste en realizar mantenimientos periódicos.

El MTTR para el hardware depende de la rapidez con que se pueda cambiar el elemento defectuoso, algunas de las formas de disminuir este tiempo son: contar con el equipo de respaldo apropiado, tener el personal disponible para el cambio, implementar un sistema de detección de fallas, entre otras. En la Tabla 1.1 se presenta el MTTR estimado para el Hardware.

Tabla 1.1 MTTR estimado para el Hardware [8].

Lugar donde se encuentra los equipos de respaldo	Monitoreo de la Red	MTTR aproximado
En el mismo sitio de la falla	24 horas al día	30 minutos
En el mismo sitio de la falla	El operador está disponible las 24 horas del día	2 horas
En el mismo sitio de la falla	Horario normal de trabajo incluye fines de semana y festivos	14 horas
En el mismo sitio de la falla	Horario normal de trabajo no incluye fines de semana ni festivos	3 días
En una bodega de la institución	El operador es informado cuando una falla ocurre	1 semana
En una bodega fuera de la institución	El sistema se monitorea remotamente, el operador necesita desplazarse para realizar la reparación	2 semanas

- **Software:** Para el cálculo de la disponibilidad de un software también se utiliza la Ecuación 1.1. En este caso las falencias se pueden dar debido a un mal diseño, si el software es complejo y el código es muy grande, las probabilidades de que se presente un error aumentan. Para determinar la disponibilidad de un software se requiere medir sus fallas durante un largo periodo de tiempo; la densidad de errores en un software se mide en número de defectos por mil líneas de código (defectos/KLOC).

Cisco ha determinado que el MTBF para su software maduro es de 30.000 horas y de 10.000 horas en el software nuevo (menor de un año) [10].

El MTTR para una falla software se mide como el tiempo que se demora en reiniciar el equipo una vez detectada la falla, en la Tabla 1.2 se muestra el MTTR estimado para el Software.

Tabla 1.2 MTTR estimado para software [8].

Mecanismo de detección de la falla.	Mecanismo de reinicio una vez detectada la falla	MTTR aproximado
La falla es detectada por un perro-guardián o watchdog y/o alertas.	El procesador se reinicia desde una imagen almacenada en la ROM	30 segundos
La falla es detectada por un perro-guardián o watchdog y/o alertas.	El procesador reinicia automáticamente las tareas sin necesidad de reiniciar el sistema operativo	30 segundos
La falla es detectada por un perro-guardián o watchdog y/o alertas.	El procesador se reinicia automáticamente y el sistema operativo se reinicia desde un disco de imagen.	3 minutos
La falla es detectada por un perro-guardián o watchdog y/o alertas.	El procesador se reinicia automáticamente y el sistema operativo desde una imagen descargada de otra máquina.	10 minutos
El software no soporta la detección de fallas	El reinicio manual es requerido	30 minutos a 2 semanas

- **Ambiente:** Por ambiente se entiende el lugar donde se encuentran ubicados los equipos, las fallas que se analizan en este ítem son las generadas por las interrupciones eléctricas, los desastres naturales (tornados, huracanes, temblores, etc.) y desastres generados por el hombre (incendios, protestas, robos); la mayoría de estos son difíciles de predecir y varían dependiendo del lugar a analizar, pero si ocurren pueden dejar sin servicio el sistema por varios días.

Según C Oreggino en su libro Fundamentos de Alta Disponibilidad en Redes, las fallas eléctricas son las más comunes, él sugiere que si no se poseen datos que permitan medir su impacto, se utilice el valor promedio de 29 minutos al año, que implican una disponibilidad del 99.99% [10].

- **Personal y Organización:** Los errores humanos son los que más afectan la disponibilidad de las redes, se presentan frecuentemente al realizar cambios en la configuración y en la actualización del software. Según el Instituto de Reportes de Incidentes Anormales, el 70% de las fallas en los centros de datos se deben a errores humanos [11]; C. Oreggino sugiere un valor de disponibilidad aproximado de 99.9% [10], es decir que en un año el sistema puede durar indisponible durante 8,76 horas/año, a causa de un error humano.

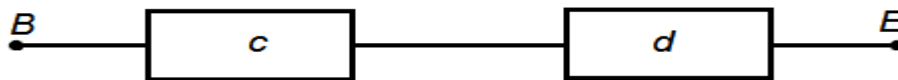
Para disminuir la probabilidad de éstas fallas, es necesaria una buena organización del personal, la definición de roles y responsabilidades de cada uno de los empleados, y la capacitación continua de los mismos.

- **Diseño de la Red:** Una red bien diseñada, facilita la realización de actividades de monitoreo, mantenimiento y expansión de la misma, un buen diseño de red incluye redundancia, la cual aumenta la disponibilidad, ya que si un equipo falla el otro puede reemplazarlo.

Haciendo uso de Ecuación 1.1 se puede calcular la disponibilidad de un elemento, sin embargo, las redes no dependen de un solo elemento sino de la combinación de varios de ellos. Para facilitar los cálculos de disponibilidad de un sistema, éste se debe modelar como la interconexión de partes en serie y paralelo.

- **Sistemas Serie:** Si la relación entre los elementos es serial, la disponibilidad dependerá de que todos los subsistemas estén trabajando correctamente, si un elemento falla todo el sistema se encontrará indisponible, en la figura 1.2 se muestra una relación serial; para que exista conectividad entre los puntos B y E es necesario que los elementos c y d funcionen de manera correcta [12] [13].

Figura 1.2 Sistema Serie.



Para calcular la disponibilidad se tiene:

Sea A=disponibilidad del sistema.

a=disponibilidad de un nodo

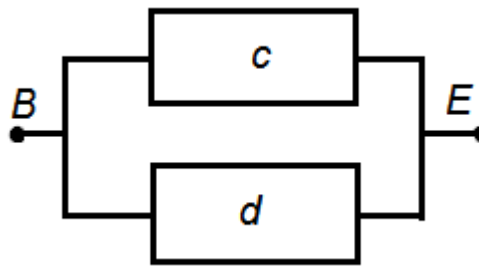
Si c y d son equipos homogéneos y bajo las mismas características se podría decir que la disponibilidad de c es igual a la de d, por lo tanto se tendría:

Ecuación 1.2 Cálculo de la disponibilidad en sistemas seriales

$$A = a_c \times a_d = a^2$$

- **Sistemas Paralelo:** Estos sistemas se dan cuando se tienen nodos que comparten los puntos de entrada y de salida, según la Figura 1.3. Para que no exista disponibilidad entre el punto B y punto E, debe suceder que el módulo c y el módulo d estén apagados o dañados simultáneamente [12] [13]:

Figura 1.3 Sistema Paralelo.



Sea A=disponibilidad del sistema.
a=disponibilidad de un nodo.
F= indisponibilidad del sistema.

Si c y d son equipos homogéneos y bajo las mismas características se podría decir que la disponibilidad de c es igual a la de d, por lo tanto se tendría:

Ecuación 1.3 Disponibilidad sistemas paralelos.

$$\begin{aligned} F &= (1 - a_c)(1 - a_d) \\ F &= (1 - a)^2 \\ A &= 1 - (1 - a)^2 = 1 - (1 - 2a + a^2) \\ A &= a(2 - a) \end{aligned}$$

Dividiendo en serie y paralelo se puede calcular la disponibilidad para sistemas complejos.

1.3 PRÁCTICAS PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD

La disponibilidad por ser un factor importante en los sistemas actuales, debe buscarse que sea lo más alta posible. A continuación se describen algunas reglas y consejos que se deben tener en cuenta con el fin de disminuir el porcentaje de indisponibilidad [14] [15].

- **Hardware Tolerante a Fallas:** Es aquel que permite reparar un componente o realizar su remplazo sin necesidad de apagar el sistema. Un equipo es tolerante a fallas cuando es capaz de responder a una interrupción simple, soportar redundancia en sus procesadores, discos de almacenamiento, unidades de potencia y ventiladores; también debe permitir el monitoreo de sus componentes.

- **Software Robusto:** Es la capacidad de los productos software de reaccionar apropiadamente ante condiciones excepcionales.¹ En un caso extremo la robustez del software permite que se pueda terminar la aplicación de una manera limpia y segura para los datos.
- **Redes Redundantes:** Consiste en el uso de líneas dedicadas de respaldo, las cuales proveen acceso a los recursos si la línea principal falla; por ejemplo las instituciones que tienen diferentes proveedores de Internet, se aconseja que los enlaces principales siempre posean redundancia.
- **Ambiente:** Por ambiente se definen las condiciones que deben tener los lugares donde se almacenan los equipos, los cuales deben contar con sistemas de potencia y de enfriamiento redundante y manejar fuentes de potencia independientes, si es posible.
- **Administración y Monitoreo:** Se deben monitorear los equipos y las aplicaciones. Generalmente se le hace seguimiento a los dispositivos y poco a los servicios, se recomienda el uso de scripts que estén continuamente testeando el sistema, para detectar problemas que las herramientas de monitoreo no pueden descubrir, además se debe de implantar un mecanismo de comunicación, que permita al personal indicado enterarse de que una falla ha ocurrido, ya sea mediante el envío de un mensaje a su correo o a su celular.
- **Personal:** Son las personas encargadas del correcto funcionamiento, monitoreo y actualización de la red; lo ideal es que estén disponibles las 24 horas, los 7 días de la semana todo el año, si esto no es posible se debe buscar la manera de garantizar que si en el momento de presentarse una falla, el personal no se encuentra presente, deben ser fácil de ubicar ya sea mediante una llamada, o mensaje; si no se tiene personal 7x24, se debe definir un equipo de crisis, capaz de actuar rápidamente frente a los problemas.
- **Actualización de Software:** Las actualizaciones siempre buscan mejorar, corregir fallas o introducir nuevas características. Antes de realizar una actualización es importante analizar la información y definir un plan de acción para tener el menor impacto posible. Cuando se realice una actualización se recomienda el uso de software estable, generalmente las primeras versiones presentan bugs; una buena práctica consiste en realizar la instalación del nuevo software en un ambiente de prueba y luego implementarlo en los equipos de producción.

¹ Definición tomada de Internet <http://www.construtoresweb.com/robustez>

Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca

- **Mantenimiento:** Las labores de mantenimiento son necesarias para verificar el correcto funcionamiento de la red, sin embargo éstas se deben minimizar al máximo, y en lo posible programarlas de tal modo que no afecten demasiado a los usuarios del sistema [16] [17].

Existen varias formas de disminuir los tiempos de falla, siempre se debe analizar en conjunto software, hardware, personal, entre otras; si bien la redundancia es la solución más recomendada, la idea no es eliminar todos los puntos de falla, sino crear estrategias que permitan la recuperación o reparación del servicio lo antes posible de tal modo que el usuario final no note la interrupción o que ésta sea la más mínima posible.

Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca

CAPÍTULO 2. DISPONIBILIDAD DE INFRAESTRUCTURA EN LA RED DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

La Universidad del Cauca cuenta con una infraestructura de red que da soporte a varios de sus procesos educativos y administrativos, como por ejemplo el sistema de matrículas SIMCA, el sistema de recibos SQUID, los servidores de correo, ftp, página web, dns, proxy, entre otros muy usados y de gran impacto en los usuarios, razón por la cual los administradores de la red de la Universidad del Cauca deben trabajar para garantizar la mayor disponibilidad posible.

El problema abordado en este trabajo de grado hace referencia a la disponibilidad de la infraestructura de Red de la Universidad del Cauca, la cual está compuesta por todos los equipos hardware y su respectivo software, que permiten que el usuario pueda acceder a un servicio, es decir iniciando desde el equipo cliente el cual puede ser un portátil, computador de escritorio, celular o cualquier otro dispositivo, pasando por los equipos de acceso como hubs, switches y enrutadores incluyendo los respectivos trayectos, conexiones en fibra óptica o cable utp, hasta llegar a los servidores; por lo tanto hablar de disponibilidad en la infraestructura, hace referencia al porcentaje de tiempo en que el conjunto de equipos existentes funcionan correctamente y dan continuidad a los servicios.

En este capítulo se describe la situación actual de la infraestructura de red de la Universidad del Cauca, analizando de forma independiente los diferentes aspectos que afectan la disponibilidad, indicados en el primer capítulo como son el hardware, el software, el personal, el ambiente y la organización, para luego con base en las recomendaciones del anexo G del estándar ANSI/TIA 942 identificar las necesidades de disponibilidad existentes en la infraestructura de red.

2.1 ESTADO ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA DE RED DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

2.1.1 Componentes Hardware de la Red

Se definen como componentes de red todos los dispositivos que permiten el funcionamiento de ésta es decir hubs, switches, enrutadores y servidores.

Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca

La red de la Universidad del Cauca está diseñada de manera jerárquica es decir cuenta con un nivel de Core, un nivel de distribución y un nivel de acceso. Los equipos usados en cada nivel son:

- **Equipos de Red CORE:** Actualmente se tiene un Switch de Core CISCO Catalyst 6509-E el cual provee conexiones Gigabit en sus puertos de cobre y fibra y 10 Gigabit Ethernet en módulos de fibra.
- **Equipos de Distribución:** Switches CISCO Catalyst 3750 G, que proporcionan enlaces de 1 Gigabit Ethernet a los equipos de acceso.
- **Equipos de Acceso:** Switches CISCO 2950 y 2960 G, que soportan enlaces de 100 Mbps y 1Gbps hacia los usuarios finales.
- **Servidores:** Se utilizan los servidores Dell Poweredge.
- **Red Inalámbrica:** Cuenta con un controlador de movilidad y 44 enrutadores inalámbricos cisco, ubicados en puntos estratégicos de la Universidad.

Los equipos de red utilizados en el backbone presentan los siguientes valores de MTBF según la documentación de Cisco [18].

Tabla 2.1 MTBF para los equipos Cisco de la Red.

Facultad	Equipo	MTBF (horas)²
Core	Switch Cisco 6509 E	348,935
Artes	Switch Cisco 3750g-24TS-1U	221,150
Carmen	Switch Cisco 3750g-24TS	188,574
Contaduría	Switch Cisco 3750g-48TS	165,243
Educación	Switch Cisco 3750g-24TS-1U	221,150
Física	Switch Cisco 3750g-24TS-1U	221,150
Ingenierías	Switch Cisco 3750g-24TS-1U	221,150
Salud	Switch Cisco 3750g-24TS-1U	221,150
Santo Domingo	Switch Cisco 3750g-48PS	141,005
Sistemas	Switch Cisco 3750g-48PS	141,005

² Los valores del MTBF fueron conseguidos en la documentación oficial de Cisco en la página web http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps5023/product_data_sheet0900aecd80371991.html y http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps708/data_sheet_c78-708665.html

2.1.2 Componentes Software de la Red

Los dispositivos hardware poseen un software que les permite funcionar de determinada manera, para el caso de este trabajo se identifican como componentes software los sistemas operativos de los equipos, las imágenes de los switches y los programas de monitoreo.

- **Red Inalámbrica:** Se utiliza el sistema Mobile Edge de Aruba, el cual contiene un Software de Control.
- **Administración de Red:** La red es monitoreada mediante las herramientas NAGIOS y CISCO WORKS, también existe un sistema de inventario donde se puede verificar los puntos de red instalados.³
- **Servidores:** Todos los servicios prestados por la red de datos de la Universidad se encuentran virtualizados, algunos corren en máquinas con sistema operativo Windows server 2008 y los otros en el sistema operativo DEBIAN. La gran mayoría de los servidores existentes tienen implementada redundancia, por ejemplo existen 7 servidores proxy.
- **Switches Cisco:** Debido a que la cantidad de equipos existentes en la red es relativamente grande, solo se analizan los equipos Core y equipos de distribución. En la Tabla 2.2 se muestra la descripción del equipo, la imagen que tiene instalada y el número de puertos.

Tabla 2.2 Switches de la Universidad del Cauca y su Sistema Operativo.

Facultad	Equipo	IOS	No de Puertos
Artes	Switch Cisco 3750g-24TS-1U	lpservicesk9-mz.122-53.SE	24
Carmen	Switch Cisco 3750g-24TS	lpservicesk9-mz.122-53.SE	24
Contaduría	Switch Cisco 3750g-48TS	lpservicesk9-mz.122-53.SE	48
Educación	Switch Cisco 3750g-24TS-1U	lpservicesk9-mz.122-53.SE	24
Física	Switch Cisco 3750g-24TS-1U	lpservicesk9-mz.122-53.SE	24
Ingenierías	Switch Cisco 3750g-24TS-1U	lpservicesk9-mz.122-53.SE	24
Salud	Switch Cisco 3750g-24TS-1U	lpservicesk9-mz.122-53.SE	24

³ El sistema de inventario se puede encontrar online: <http://web.uniCauca.edu.co/infraestructura/index.php>, al cual solo pueden ingresar los usuarios registrados

Santo Domingo	Switch Cisco 3750g-48PS	lpservicesk9-mz.122-53.SE	48
Sistemas	Switch Cisco 3750g-48PS	lpservicesk9-mz.122-53.SE	48

De la anterior tabla se puede ver que todos poseen la misma imagen cuya versión es la 12.2 (53) SE liberada en septiembre de 2011⁴, por lo que se le considera un software maduro y su MTBF equivale a 30.000 horas.

2.1.3 Ambiente

Las edificaciones actuales usadas para el almacenamiento de equipos no fueron diseñadas con ese objetivo, por lo que no cumplen con algunos de los requerimientos del estándar, los dos centros de datos principales han sido acondicionados para tal fin, sin embargo se presentan problemas a la hora de una expansión.

Los centros de datos principales se encuentran uno en el IPET y otro en la facultad de Educación en la División de Sistemas, esta última cuenta con un sistema de enfriamiento sobredimensionado, mientras que el primero ha presentado fallos en cuanto al sistema de enfriamiento.

Los centros de cableados se encuentran localizados en las oficinas del personal administrativo o de docentes, esto implica que si ocurre un fallo en dicho centro, el tiempo de respuesta depende en parte de la presencia del encargado de la oficina.

Actualmente se está construyendo un edificio nuevo exclusivo para la División de Sistemas, en la cual se piensa centralizar los equipos, es decir existirá un solo centro de cableado.

En este ítem también se deben analizar los riesgos asociados a la posición geográfica de los centros de datos, según el estándar para la sostenibilidad operativa del Instituto Uptime, estos riesgos se dividen en dos categorías, riesgos naturales y riesgos generados por el hombre [11].

- **Desastres Naturales:** Se consideran desastres naturales las inundaciones, huracanes, tornados, actividades sísmicas y volcánica [19]; en general el centro de datos principal se encuentra ubicado en la facultad de educación presenta un nivel bajo de riesgo frente a desastres naturales como se ve en la tabla 2.3 donde la escala de riesgo mide la probabilidad de que se presente el evento.

⁴ Información obtenida en internet en la página oficial de cisco http://www.cisco.com/en/US/products/ps10144/prod_release_notes_list.html.

Tabla 2.3 Desastres Naturales.

Desastres Naturales	Escala de Riesgo	
	Alta	Baja
Componentes		
Inundaciones y Tsunamis		X
Huracanes, Tornados y Tifones		X
Actividad Sísmica ⁵	X	
Actividad Volcánica ⁶		X

- **Riesgos originados por el Hombre:** El estándar de la sostenibilidad operativa define como riesgos los presentados en la Tabla 2.4 [11], sin embargo en esta categoría también se adicionan los riesgos por manifestaciones o desordenes públicos, los cuales suelen presentarse por protesta de estudiantes en facultades como El Carmen y Santo Domingo que podrían afectar los equipos que brindan acceso a dichas instalaciones.

Tabla 2.4 Riesgos causados por el hombre.

Riesgos causados por el hombre	Escala de Riesgo	
	Alta	Baja
Componentes		
Cercanía a Aeropuertos, Edificios o Campos Militares		X
Cercanía a plantas químicas o empresa de combustibles		X
Manifestaciones y/o desordenes públicos	X	

2.1.4 Personal y Organización

El área de infraestructura pertenece a la División de Sistemas de la Universidad, está conformada por 4 personas un jefe de área y 3 empleados más, 2 son de planta y 2 son contratistas, trabajan con horario de oficina. A pesar de que la red de la Universidad es pequeña, el personal es muy limitado y no se da abasto, por lo que se recurre a la contratación de monitores, a los cuales se les organiza los horarios, de tal manera que siempre existan 2 personas disponibles que sumadas al personal del área de Infraestructura serían 6 en total, generalmente un contratista y los 2 monitores son los que atienden las solicitudes de los usuarios finales, los otros 2 monitorean la red y atienden los problemas o fallos relacionados con configuraciones y cambio de equipos, mientras que el jefe del área es el encargado de realizar labores administrativas.

⁵ Dato tomado del estudio general de amenaza sísmica de Colombia.

⁶ Información encontrada en línea: <http://www.ingeominas.gov.co/Popayan/Volcanes/Volcan-Purace/Mapa-de-amenaza.aspx>

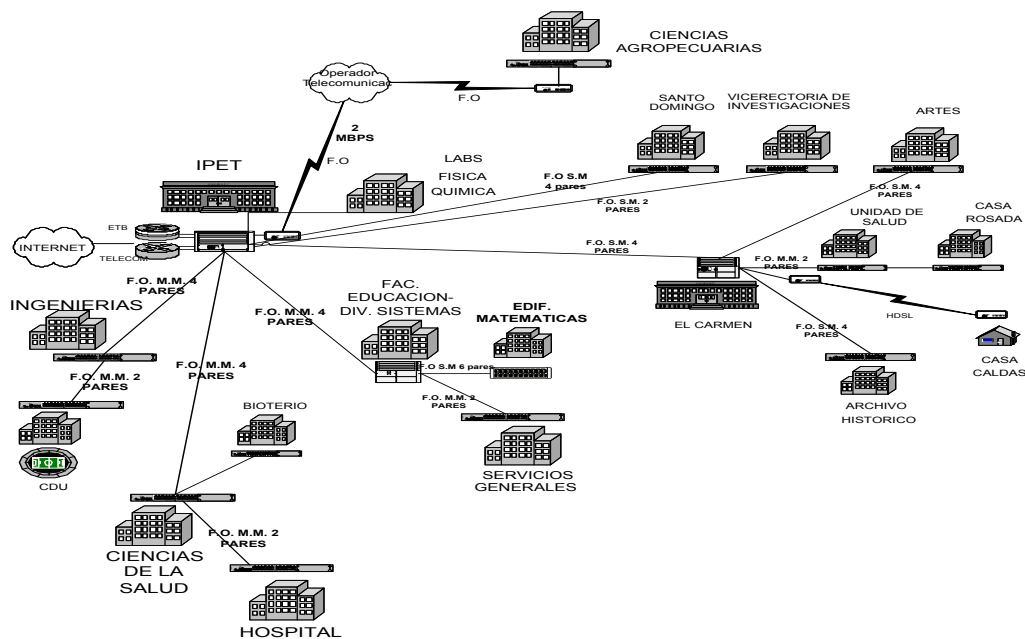
Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca

El seguimiento a los equipos se hace las 24 horas del día mediante el uso de la herramienta Nagios, sin embargo la jornada laboral es de 8 horas, los contratos no incluyen cláusula de disponibilidad 7x24, por lo que si ocurren fallas en horario no laboral, no es responsabilidad de ellos corregirlo de manera inmediata, hay que resaltar que aun así, se trata de atender los problemas lo antes posible y que en varias ocasiones trabajan en horario extra para solucionar cualquier inconveniente.

2.1.5 Diseño de la Red

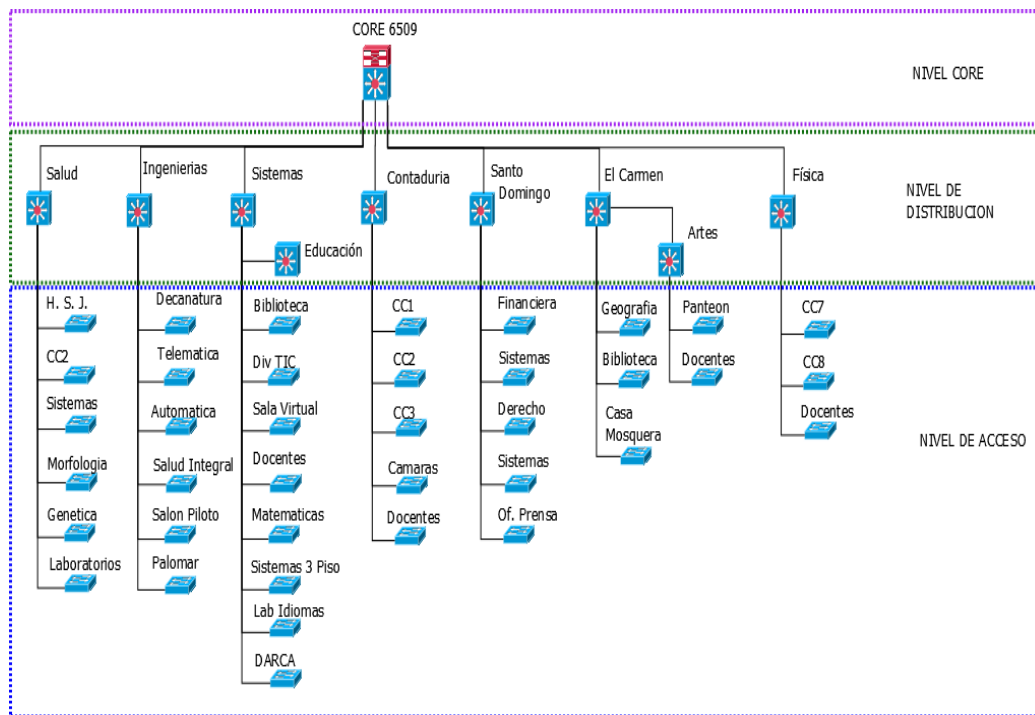
Actualmente la red de datos universitaria posee una topología de doble estrella, teniendo como nodos principales los switches ubicados en el Instituto de Postgrados de Electrónica y Telecomunicaciones (IPET) y en la facultad del Carmen, como se puede ver en la Figura 2.1 [20].

Figura 2.1 Topología de la Red de la Universidad del Cauca.



La red Universitaria está diseñada de manera jerárquica que facilita la escalabilidad y la administración por lo que se pueden identificar fácilmente 3 niveles Core, Distribución y Acceso.

Figura 2.2 Diagrama jerárquico de la Red de la Universidad del Cauca⁷.



A nivel de red solo existe redundancia en última milla, es decir en los enlaces con los proveedores de Internet, sin embargo los demás enlaces entre el switch Core y los equipos de distribución son únicos, si fallan dejarán aislada dicha dependencia del resto de la red.

2.2 NECESIDADES EXISTENTES EN LA RED.

Para analizar la situación actual de la red se evalúa cada ítem que afecta la disponibilidad, los cuales están descritos en el primer capítulo en la sección 1.2, y se comparan con los valores definidos en los estándares para la topología y la sostenibilidad operativa generados por el Instituto Uptime Inc, los cuales también se encuentran referenciados como el anexo G de la norma ANSI/TIA 942 [21].

⁷ Existen muchos más switches y hubs en la Universidad sin embargo solo se muestran los concentradores más importantes.

2.2.1 Hardware

Tabla 2.5 Necesidades a nivel de Hardware en la Red.

	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO
Estado actual de los equipos hardware		X		
La capacidad del hardware de la red para soportar redundancia es			X	
Los equipos cuentan con garantías.		X		

- *Estado actual de los equipos hardware:* La mayoría de los equipos de red son equipos viejos que si bien todavía cumplen con sus funciones, tienen poca capacidad, a la fecha casi todos los switches del backbone no tienen puertos libres y poseen en promedio de 1 puerto dañado.
- *La capacidad del hardware de la red para soportar redundancia es:* Se considera regular, debido a que a excepción del switch Core 6509, el cual es un switch modular que soporta redundancia de puertos, fuente de potencia y RAM, los demás equipos no tienen o no soportan la implementación de hardware redundante, además de los equipos actuales del backbone solo 3 tienen puertos de fibra libres en los cuales se podría implementar redundancia a nivel de enlace.
- *Los equipos cuentan con garantías:* Las garantías son muy importantes porque aseguran el respaldo del proveedor, en la actualidad no todos los equipos cuentan con garantía pero si los equipos nuevos y el switch Core 6509.

2.2.2 Software

Tabla 2.6 Necesidades a nivel de Software en la Red.

	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO
Sistemas Operativos Actualizados de los equipos de Red			X	
Monitoreo de la Red		X		
Operación de los servidores		X		
Mecanismos de Recuperación de Software			X	

- *Sistemas Operativos actualizados de los equipos de Red:* En el momento los equipos se encuentran utilizando la versión más reciente que soportan; sin embargo la red de la Universidad, ha comprado equipos nuevos para instalar a

Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca

nivel de distribución de referencia 3750x los cuales no se dejan actualizar a menos de que se pague una licencia individual por cada equipo, por lo que a futuro las actualizaciones no se podrán realizar tan fácilmente como hasta ahora.

En cuanto a los servidores, hace poco se realizó la migración de los sistemas operativos en los cuales se encontraban montados.

- **Monitoreo de la Red:** La red cuenta con varios sistemas de gestión y monitoreo, como Nagios, scripts y Cisco Works, los cuales envían alertas cuando hay un problema, además las alertas de Nagios no solo llegan a los técnicos del área de infraestructura, sino también a los monitores del área de soporte o mesa de ayuda, lo que facilita la detección de fallas y problemas en la red.
- **Operación de los servidores:** Los servidores en este momento se encuentran funcionando correctamente, además gracias a la virtualización, la mayoría de servidores poseen redundancia.
- **Mecanismos de Recuperación de Software:** En el caso de los servidores, no todos cuentan con la capacidad de recuperación automática, generalmente el proceso de recuperación debe ser manual, es decir cuando se presenta una falla el sistema lo reporta y el técnico o ingeniero encargado reinicia el sistema.

Cuando la falla se da en un equipo de red, por ejemplo se llena la memoria, el mecanismo de recuperación también es manual, un técnico autorizado envía la orden de reinicio vía web.

2.2.3 Ambiente

Tabla 2.7 Necesidades a nivel de Ambiente en la Red.

	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO
Centros de cableados			X	
Fuentes de potencia			X	
Programa de aseo		X		
Facilidad de ampliación en el centro de datos principal				X
Seguridad y acceso		X		
Sistema de enfriamiento		X		
Ubicación		X		

Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca

- Centros de cableados: Los centros de cableado están ubicados en oficinas de docentes y/o administrativos, cuando una falla se presenta se debe tener en cuenta si el encargado de la oficina está disponible, para realizar el debido mantenimiento y corrección del problema, esto afecta el tiempo de reparación, aumentando el MTTR de la red.
- Fuentes de potencia: El sistema de fluido eléctrico es uno de los problemas que más afecta la prestación de los servicios de red, este problema aunque no depende directamente del área de sistemas, se puede disminuir su impacto con el uso de fuentes de potencia o ups; en el momento solo el centro de cableado principal cuenta con un sistema de ups capaz de proporcionar continuidad de fluido eléctrico a los equipos y servidores de red allí instalados.
- Programa de aseo: El aseo de los centros de cableado y de los cuartos principales es importante, ya que el polvo puede afectar el rendimiento de los equipos. Actualmente existe un programa de aseo, en el que se define cómo hacer la limpieza, qué utensilios se deben utilizar, cada cuanto se debe realizar el aseo y qué se debe hacer si por error se desconecta un cable.
- Facilidad de ampliación en el centro de datos principal: El centro de datos principal no permite la fácil ampliación debido a que no fue diseñado para almacenar equipos de red; las instalaciones actuales son pequeñas, razón por la cual existen dos centros de cableado, uno en el instituto de postgrados y otro en la facultad de educación.

Ambos centros se encuentran casi al máximo de su capacidad eléctrica, por lo que la instalación de nuevos equipos requiere de un estudio minucioso para evitar una sobrecarga de potencia que afecte los dispositivos que ya están funcionando.

- Seguridad y acceso: La Universidad cuenta con un sistema de autenticación basado en tarjetas biométricas, el acceso a los centros de cableado principales se encuentra monitoreado mediante el uso de cámaras de seguridad, tarjetas inteligentes y guardias, por lo que tener acceso a los equipos principales para un usuario común tiene un alto grado de dificultad; sin embargo algunos de los puntos de acceso inalámbrico son fácilmente accesibles debido a su ubicación, pero en estos lugares la presencia del personal de seguridad es permanente.
- Sistema de enfriamiento: En el momento ambos centros de datos principales (IPET y Educación) cuentan con un sistema de enfriamiento continuo, en el IPET dicho sistema se encuentra sobredimensionado y tiene implementada redundancia.

2.2.4 Personal y Organización

Tabla 2.8 Necesidades a nivel del Personal y la Organización.

	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO
Presencia del personal.			X	
Calificación del Personal			X	
Organización del Personal			X	
Capacitaciones			X	
Disponibilidad para atender problemas			X	
Independencia Económica				X
Documentación sobre los procesos				X

- **Presencia del personal:** Hace referencia al tiempo en el que la red cuenta con un trabajador pendiente del sistema, definiéndose excelente entre 20 y 24 horas, bueno entre 16 y 20 horas diarias, regular entre 8 y 16 horas diarias y malo menos de 8 horas diarias.

En la actualidad el personal del área de Infraestructura trabaja en horario de oficina, es decir 8 horas diarias, a pesar de que es un periodo muy corto, no se cataloga como malo, ya que los trabajadores son de fácil ubicación y si se presenta un daño de gran impacto en horas no laborales se puede llamarlos para que solucionen el problema.

- **Calificación del Personal:** En este ítem se evalúa el grado de educación que poseen los empleados de la Red de la Universidad del Cauca, siendo excelente contar una especialización y/o Maestría, bueno un título Universitario o Superior, Regular un estudio técnico y certificaciones cisco, itil entre otras relacionadas y Malo ningún estudio.

El área de Infraestructura cuenta con 4 trabajadores 2 de planta y 2 contratistas, de ellos solo 1 es ingeniero, sin embargo hay 2 más que actualmente están estudiando ingeniería, también de los 4 solo 2 están certificados, además en la contratación de monitores no siempre se presentan los mejores estudiantes.

Tabla 2.9 Personal del Área de Infraestructura de la Red de Datos de la Universidad del Cauca.

Nombre	Cargo	Nivel Educativo
Jaime Martínez	Jefe del Área de Infraestructura	Universitario – Graduado
Andrés Zúñiga	Técnico	Estudiante Universitario
Julio Mulcue	Técnico	Estudiante Universitario
Rene Barrera	Técnico	Técnico

Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca

- Organización del Personal: Hace referencia a la definición de reglas y roles en el personal. Los roles y responsabilidades de los técnicos auxiliares del área de infraestructura no están bien definidas, las tareas se asignan de manera verbal y no por escrito, lo que dificulta el monitoreo de los procesos y el buen desarrollo de éstos.
- Capacitaciones: Debido a la alta rotación del personal, es necesario capacitar a los nuevos miembros de trabajo, sin embargo no siempre se pueden realizar las inducciones debido a la falta de tiempo y a que no se tienen las instalaciones adecuadas.

El problema de no realizar las correctas capacitaciones repercute en el grado de satisfacción del usuario final.

- Disponibilidad para atender problemas: El hecho de que solo se cuente con 4 trabajadores (2 de planta y 2 contratistas) dificulta atender todas las solicitudes a tiempo, lo que hace que los tiempos de respuesta varíen entre 2 a 12 horas para problemas en el nivel de distribución, Core y servidores y entre 1 a 3 días en el nivel de acceso.

Con base en los datos recogidos mediante la herramienta de gestión Helpdesk utilizada por la Red de Datos Universitaria y presentados en el anexo B, se calculó un valor promedio para el tiempo de reparación de las fallas o MTTR equivalente a 2.75 horas.

- Independencia Económica: La Red de Datos universitaria, no maneja un presupuesto propio, por lo tanto la compra de nuevos equipos y la actualización del software se encuentra condicionada a factores externos como la disponibilidad presupuestal de cada facultad, esto dificulta y retrasa el desarrollo de proyectos que aumenten la productividad de la red.
- Documentación sobre los procesos: Una buena organización debe incluir un sistema de gestión de la documentación, en el momento la red de la Universidad del Cauca, posee una pobre documentación sobre los procesos que allí se realizan, muchos de los datos se encuentran desactualizados y actualmente, procedimientos como el mantenimiento o cambio de equipos, no se encuentran documentados de manera formal, esto dificulta la gestión ya que se depende de la capacidad de memorización de los empleados, para recordar que se ha hecho y que se debe mejorar.

2.2.5 Diseño de la Red

Tabla 2.10 Necesidades de disponibilidad en el diseño de la Red de Datos de la Universidad del Cauca.

	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO
Facilidad de Expansión		X		
Facilidad de Monitoreo		X		
Redundancia				X
Definición de estados de operación normal y de emergencia.			X	

- Facilidad de Expansión: Gracias al diseño jerárquico de la red, la expansión o instalación de nuevos equipos es relativamente fácil, solo está condicionada por la disponibilidad presupuestal para la compra de equipos y de cables y al espacio para la instalación de los mismos.
- Facilidad de Monitoreo: Los equipos actuales soportan el monitoreo de sus componentes y gracias a la compra de herramientas como Cisco Works, el seguimiento a los equipos es fácil y se permite monitorear varios eventos al mismo tiempo.
- Redundancia: La infraestructura de red solo posee redundancia en sus enlaces con los proveedores de internet; los servidores cuentan con redundancia a nivel virtual, sin embargo a nivel físico no existen rutas alternas entre nodos y debido a su configuración en estrella, cada switch central es un punto crítico.
- Definición de estados de operación normal y de emergencia: Un factor importante en el diseño de la red, consiste en definir qué se entiende por operación normal y qué se debe considerar como una emergencia; también debe estar documentado cuales son los pasos a seguir en cada situación, esto con el fin de facilitar la administración de la red.

Actualmente esta documentación no existe en la red de datos Universitaria y esta información es necesaria debido a la alta rotación del personal, debería existir un documento formal que indique, qué se debe realizar en caso de un problema, esto permitiría agilizar el proceso de atención y solución de la falla y por ende repercute en los tiempos de respuesta o MTTR.

En conclusión la red de la Universidad presenta diferentes falencias en cada ítem analizado, unos afectan más que otros, o influyen de manera directa en la disponibilidad de la red y el acceso a los recursos con relación a otros, pero todos los problemas identificados se deben analizar para lograr minimizar el impacto de éstos sobre la red.

Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca

Con la identificación de las falencias se da por cumplido el primer objetivo específico de este trabajo de grado que consiste en determinar las necesidades de disponibilidad de la Infraestructura de la Red de Información de la Universidad del Cauca.

CAPÍTULO 3. SOLUCIÓN DE DISPONIBILIDAD PARA LA INFRAESTRUCTURA DE RED DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Hasta el momento se ha presentado el concepto de disponibilidad y el estado actual de la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca, se han identificado también las falencias que ésta posee. En éste capítulo se describe una solución a uno de los problemas de disponibilidad descritos en el capítulo anterior, primero se elige el problema a resolver y se limita el alcance de la solución, luego se procede a diseñar dicha solución teniendo en cuenta las peticiones de los administradores de red y los recursos existentes, al final del capítulo se presentan los resultados de la implementación y las pruebas realizadas.

3.1 ELECCIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER

De las falencias presentadas en el anterior capítulo y que resumen los problemas encontrados en la red, se deduce que a nivel operativo (problemas en el ambiente, en el personal y la organización) no se cumple con muchos de los requerimientos definidos en los estándares, existe muy poca documentación sobre lo que se realiza, hay dificultades a nivel administrativo, problemas en la contratación del personal, en la gestión financiera y en las edificaciones actuales, a los cuales no se les puede dar solución mediante el desarrollo de este trabajo, cabe anotar que actualmente la Red de la Universidad está en proceso de acreditación ISO, por lo que la documentación inexistente hasta la fecha, se empezará a generar; en cuanto al problema de las edificaciones, en el momento se está construyendo una nueva sede que cumple con los estándares para centros de datos.

A nivel de infraestructura (problemas en el hardware y/o software de los equipos de red), la red cuenta con muchos puntos críticos sin ningún nivel de redundancia, lo cual afecta su funcionamiento de manera tangible, como por ejemplo al realizar labores de mantenimiento o cuando se presenta algún fallo en un equipo, algunos sectores o facultades se ven aisladas o sin servicio afectando a muchos usuarios; por tal razón se define como problema a resolver la existencia de puntos únicos de falla en la red universitaria.

Hasta el momento se han realizado varios trabajos de grado para mejorar la disponibilidad de los servicios prestados por la Red de Información de la Universidad del Cauca [22], sin embargo poco o nada se ha intentado frente al problema de disponibilidad en la infraestructura de red universitaria, esto debido a factores económicos, ya que

Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca

generalmente la solución más usada es la redundancia, la cual implica la compra de nuevos equipos y la instalación de nuevas conexiones [23].

- **Delimitación del problema:** Una vez detectado el problema al cual se le hará frente, es necesario delimitar el alcance de la solución; por ser la Universidad una entidad pública, planear o pensar en hacer redundancia a todos los puntos críticos es inviable económicamente, ya que no se tienen los recursos necesarios para ello, por lo tanto es necesario identificar cuáles son los puntos de falla prioritarios y verificar si existen los recursos para implementar la solución.

Partiendo de la teoría de que en la red, los puntos que mayor tráfico manejan son el Core y los equipos de distribución, se hace análisis a dichos equipos. En la Tabla 3.1 se muestran los porcentajes de disponibilidad para el periodo comprendido desde el 1 de enero al 30 de Junio de 2012.

Tabla 3.1 Reporte de disponibilidad para los Equipos del backbone de la Red de la Universidad del Cauca, obtenido desde Nagios para el periodo de enero a junio de 2012, disponible en infraestructura.edu.co/nagios3.

Equipo	% Disponible	% Indisponible
Nivel CORE		
Switch CORE 6509	99.800%	0.200%
Nivel DISTRIBUCION		
Switch 3750 Artes	99,58	0,42
Switch 3750 Carmen	99,807	0,193
Switch 3750 Contaduría	99,578	0,422
Switch 3750 Educación	99,403	0,597
Switch 3750 Física	99,592	0,408
Switch 3750 Ingenierías	96,242	3,758
Switch 3750 Salud	99,808	0,192
Switch 3750 Santo Domingo	99,805	0,195
Switch 3750 Sistemas	100	0
Nivel ACCESO		
Promedio equipos de red	98,586	1,414
Promedio de la Red	98.646%	1.354%

De la anterior tabla se observa que los puntos que más fallos han presentado son los switches ubicados en la facultad de Ingenierías, Educación, Contaduría y Artes. También se calculó la disponibilidad teórica de cada equipo mediante el uso de la Ecuación 1.1, y que da como resultado los valores mostrados en la Tabla 3.2

Tabla 3.2 Cálculo de la disponibilidad teórica para los equipos de distribución de la Red.

Equipo	MTBF(horas) [18]	$A=MTBF/(MTBF+MTTR); MTTR=2.75horas$
Artes	221,150	98,77%
Carmen	188,574	98,56%
Contaduría	165,243	98,36%
Educación	221,150	98,77%
Física	221,150	98,77%
Ingenierías	221,150	98,77%
Salud	221,150	98,77%
Santo Domingo	141,005	98,09%
Sistemas	141,005	98,09%

En las tablas anteriores (Tabla 3.1 y Tabla 3.2) se ve que a excepción del switch de Ingenierías todos los demás equipos superan en la práctica la disponibilidad teórica de los equipos.

A continuación se describen brevemente los equipos que poseen mayores problemas de disponibilidad:

- **Facultad de Ingenierías:** Posee un switch 3750 con 24 puertos Ethernet y 4 puertos de fibra; da conectividad a administrativos, docentes y estudiantes de la facultad; en éste edificio es donde se presentan la mayor cantidad de salas de Internet con un total de 12, razón por la cual es uno de los equipos que más tráfico genera y que maneja márgenes de procesamiento cerca del 80%.

Uno de los problemas presentados en esta facultad es la adición de equipos hubs a la red debido a que los puntos disponibles para el nivel de acceso no son suficientes en comparación con la demanda; dichos elementos producen dominios de colisión y generan demasiado tráfico.

- **Facultad de Educación:** Cuenta con un switch 3750g de 24 puertos, tiene definidas las vlans por defecto para dar conectividad a docentes, administrativos, estudiantes e inalámbrica, posee 3 salas de Internet. No posee puertos de fibra disponibles para implementar enlaces redundantes.
- **Facultad de Contaduría:** Debido a que esta facultad es nueva, posee equipos nuevos con mayor cantidad de puertos; posee un switch 3750 con 48 puertos, tiene conectado en cascada 3 centros de cableado; además posee las vlans por defecto, como también vlans específicas para cámaras, biométricas y VoIP, lo cual hace que éste equipo sea generador de un volumen considerable de tráfico; en el

momento posee puertos disponibles en fibra, que permitirían la implementación de redundancia.

- **Facultad de Artes:** Posee en total 2 salas de Internet, a las que da conectividad mediante un switch 3750g de 24 puertos, conectado en cascada con el switch del Edificio El Carmen; no genera mucho tráfico en comparación con otras facultades, en el momento posee puertos de fibra óptica libres.
- **Switch Core:** Este switch es el que maneja todo el tráfico interno de la red y aunque no presenta problemas de saturación, es el switch central de la red; si éste falla, el acceso a los servicios de internet es imposible, razón por la cual es importante incluirlo en el diseño de la solución.

La solución de disponibilidad que se planteará será aplicable al backbone, es decir incluye el nivel de distribución y el Core de la red, ya que es allí donde se encuentran los puntos más críticos, dicha propuesta involucra solo los switches de Ingenierías, Contaduría, Educación y Artes ya que como se vio anteriormente son los que mayor nivel de indisponibilidad presentan.

3.2 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Como el problema a solucionar consiste en disminuir los puntos críticos de falla encontrados el backbone de la red, se plantea como solución la implementación de redundancia para los equipos que más riesgo de fallo presentan, es decir los switches de Ingeniería, Educación, Contaduría y Artes.

- **Restricciones de la Solución**

Tabla 3.3 Requisitos a tener en cuenta en la solución solicitados por los administradores de la Red Universitaria.

Requisitos	Obligatorio	No permitido	Opcional
La solución debe ser orientada a equipos principales (backbone de la red)	X		
La solución debe estar estandarizada	X		
Uso de protocolos nivel 3	X		
Uso de protocolos nivel 2		X	
Uso de características propietarias de los equipos			X
Se deben usar recursos existentes en la Red de datos	X		

- **Propuesta de Solución:**

Se plantea como solución la implementación de redundancia a nivel de equipos y de enlaces; la redundancia es una de las prácticas más usadas para mejorar la disponibilidad, implica disminuir al mínimo posible los puntos críticos de falla.

La redundancia implica necesariamente la duplicación de la infraestructura, ésta puede diseñarse de dos modos: Activo- Activo, o Activo – Pasivo [23].

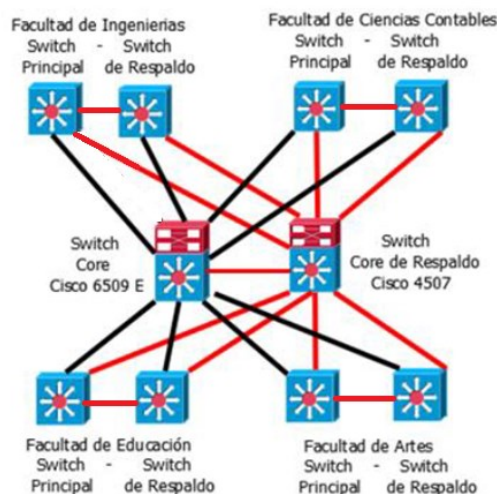
En el modo Activo – Activo, los dos equipos comparten el trabajo y si uno falla el otro asume toda la responsabilidad.

En el modo Activo – Pasivo, hay un equipo trabajando y el otro a la espera; si el equipo principal falla, el otro toma su lugar; en este caso el trabajo no es compartido y es necesario la utilización de protocolos que permitan definir quién es el dispositivo maestro y quien es el esclavo.

La escogencia entre un modo y otro depende de los equipos a usar, cuando el equipo principal y el de respaldo poseen las mismas características, lo más aconsejable es usar el modo activo – activo, pero si los equipos no son homogéneos se recomienda escoger el modo activo – pasivo, donde el equipo con las mejores características sea el maestro.

En la figura 3.1 se muestra la solución planteada para el backbone de la red Universitaria.

Figura 3.1 Propuesta de solución de disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca.



Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca

- **Nivel de Core:** Hasta hace poco la Universidad tenía como switch Core un equipo cisco 4507 el cual está en buenas condiciones por lo que puede servir como equipo de reserva para el actual switch Core cisco 6509E. Como los equipos principal y de respaldo no son homogéneos, se utilizará el modo de redundancia activo – pasivo, donde el switch cisco 6509E será el maestro y el switch cisco 4507 el esclavo.

Se utilizarán enlaces punto a punto entre el Core y los equipos de distribución principales y redundantes.

- **Nivel de Distribución:** Se plantea la redundancia de equipos y de rutas, con el fin de aumentar el nivel de disponibilidad, los equipos a usar para lograr la duplicidad varían dependiendo de la existencia de éstos en la red de datos, se recomienda el uso de equipos cisco 3750x ya que poseen una mayor capacidad de procesamiento en comparación con los equipos 3750g que funcionan actualmente.
- **Protocolo a utilizar:** La utilización de protocolos facilita la gestión de la red, actualmente en la red Universitaria se utiliza el enrutamiento estático, sin embargo cuando se utiliza redundancia se recomienda el uso de un protocolo que este verificando cuando un enlace se ha caído y que automáticamente cambie la tabla de direccionamiento.

Teniendo en cuenta los requerimientos iniciales sobre el uso exclusivo de protocolos de nivel 3, se plantea probar las siguientes opciones. Abre Primero la Ruta más Corta (OSPF, “*Open Short Path First*”) [24], Enrutamiento Estático/Script [25] [26] y el Protocolo de Redundancia de Enrutador Virtual (VRRP, “*Virtual Router Redundance Protocol*”) [27].

Tabla 3.4 Cuadro comparativo de los protocolos.

	OSPF	VRRP	Estático + Script⁸
Es protocolo de Enrutamiento	SI	NO	SI
Soporta Redundancia	SI	SI	SI
Estándar	RFC 2328	RFC 3768	NO
Características			
<ul style="list-style-type: none"> • Actualización de la tabla de enrutamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • SI 	<ul style="list-style-type: none"> • NO 	<ul style="list-style-type: none"> • SI
<ul style="list-style-type: none"> • Uso de tráfico de control 	<ul style="list-style-type: none"> • SI 	<ul style="list-style-type: none"> • SI 	<ul style="list-style-type: none"> • SI

⁸ Cisco permite el manejo de scripts mediante la herramienta de administración de eventos embebida, la cual se explica en el anexo D.

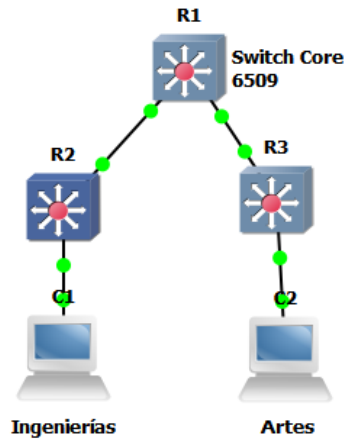
- **Banco de Pruebas:** Para determinar cuál de los protocolos propuestos es el más conveniente para usar en la red universitaria, se hizo un banco de pruebas, en el cual se midieron los parámetros número de paquetes perdidos y número de saltos.
 - **Parámetro Paquetes Perdidos:** Indica la cantidad de paquetes que no llegan al destino cuando se presenta una falla en el enlace. Este parámetro permite determinar cuál es el protocolo que mayor disponibilidad genera en la red universitaria; para medir este parámetro se usa la herramienta ping repeat n, donde n es el número de paquetes enviados, al final se obtiene una estadística de paquetes perdidos.
 - **Parámetro Número de Saltos:** Esta métrica es usada por el protocolo RIP para escoger la mejor ruta, mediante este indicador se obtiene el valor de cuantos saltos realiza un paquete para llegar a su destino. Si bien este parámetro no indica cual protocolo es mejor en términos de disponibilidad, se decide introducirlo por petición de los administradores de la Red Universitaria; para conocer la ruta se utiliza el comando traceroute que devuelve los puntos por los que pasa un paquete.

Para la realización de las pruebas se eligió el software de simulación GNS3, la cual es una herramienta de licencia gratuita, que emula equipos reales, permitiendo la simulación de protocolos y características avanzadas.

- **Escenario de Simulación- Estado Inicial:** Para determinar cuál protocolo presenta mayor disponibilidad, es necesario identificar es el estado inicial de la red, este valor sirve como punto de referencia y de comparación con los escenarios de simulación de la solución planteada.

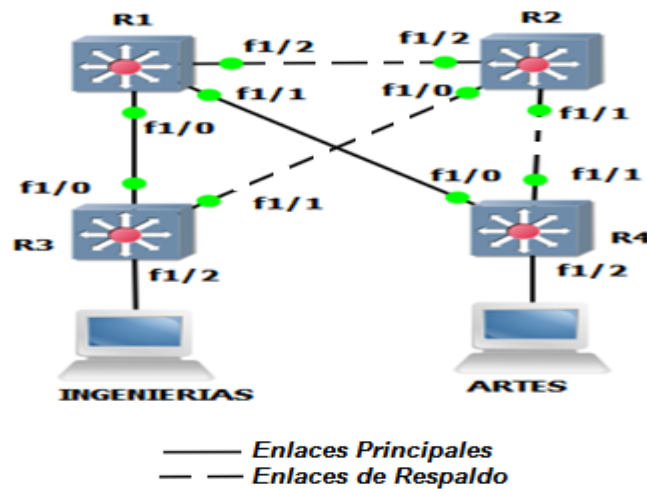
En la figura 3.2 se muestra la configuración para la simulación del estado inicial en gns3 donde R1 representa al switch Core, R2 y R3 son switches de distribución que representan a las facultades de Ingenierías y Artes a los cuales se les configura un cliente desde el cuál se harán las pruebas de conectividad.

Figura 3.2 Escenario de simulación para el Estado Inicial de la Red usado en gns3.



- **Escenario de Simulación para la Solución Planteada:** En la siguiente figura se muestra el diagrama de red usado para la simulación en gns3, donde R1 representa el switch Core principal, R2 el switch Core de respaldo, R3 y R4 son los switches de distribución de las facultades de Ingenierías y Artes y dos clientes encargados de generar el tráfico y sobre los cuáles se hará la toma de datos.

Figura 3.3 Escenario de simulación usado en GNS3.



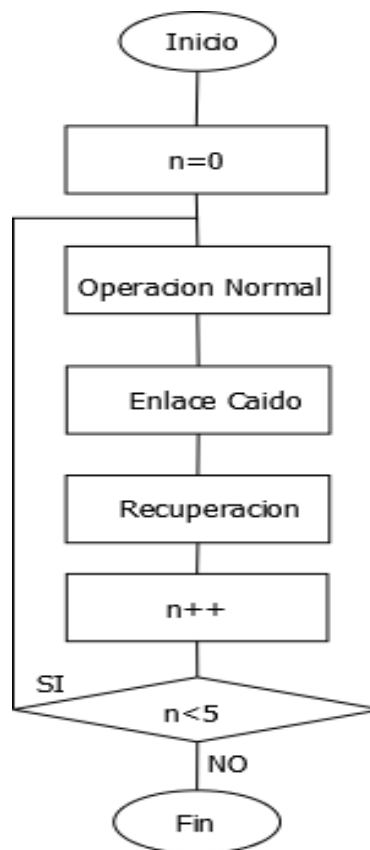
Para la realización de las pruebas se definen 3 modos de operación, Normal, Caído y Recuperación, así:

- **Modo de Operación Normal:** Todos los enlaces principales y secundarios están funcionando correctamente, por ende no existen paquetes perdidos y el número de saltos entre ellos es constante y es el mínimo.

- **Modo de Operación Caído:** Este modo implica que uno de los enlaces principales ha fallado, para este caso de estudio, se define como enlace de prueba el enlace principal del switch de ingenierías con el Core, el cual se estará preniendo y apagando para simular el fallo.
- **Modo de Recuperación:** Este modo se da después de generarse el fallo en enlace de prueba y consisten en restaurar dicha conexión.

Las pruebas se realizaran de manera cíclica, 5 veces en cada escenario, se inicia en modo normal, luego se simula el fallo y por último se da la recuperación, tal como se muestra en la Figura 3.4 donde n indica el número de veces que se ha repetido la prueba.

Figura 3.4 Algoritmo de Simulación.



Al realizarse las simulaciones se obtuvieron los siguientes resultados, las configuraciones utilizadas están en el anexo D:

Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca

Tabla 3.5 Resultados de la simulación para el estado inicial de la Red Universitaria.

Modo de Operación	# saltos de Ingenierías-Artes	# saltos de Artes-Ingenierías	#paquetes Perdidos I-A (promedio)	# paquetes Perdidos A-I (promedio)
Normal	2	2	0	0
Caído	No hay conectividad	No hay conectividad	Todos (500)	Todos (500)
Recuperado	2	2	3	5

Tabla 3.6 Resultados de la Simulación de Enrutamiento Dinámico Con OSPF.

Modo de Operación	# saltos de Ingenierías-Artes	# saltos de Artes-Ingenierías	#paquetes Perdidos I-A (promedio)	# paquetes Perdidos A-I (promedio)
Normal	2	2	0	0
Caído	2	3	3	5
Recuperado	2	2	3	2

Tabla 3.7 Resultado simulación VRRP/Estático.

Modo de Operación	# saltos de Ingenierías-Artes	# saltos de Artes-Ingenierías	#paquetes Perdidos I-A (promedio)	# paquetes Perdidos A-I (promedio)
Normal	2	2	0	0
Caído	2	3	3	2
Recuperado	2	2	3	1

Tabla 3.8 Resultados de simulación con Script/Estático.

Modo de Operación	# saltos de 3560 (Ing.) a 3750x (artes)	# saltos de 3750x (Ing.) a 3650 (Artes)	#paquetes Perdidos I-A (promedio)	# paquetes Perdidos A-I (promedio)
Normal	2	2	0	0
Caído	2	2	3	2
Recuperado	2	2	2	1

Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca

Al comparar las tablas anteriores (tabla 3.6, tabla 3.7 y tabla 3.8) se puede ver que el enrutamiento estático con script genera el menor número de paquetes perdidos en comparación con el valor de referencia mostrado en la tabla 3.5, además la utilización del script permite mantener constante el número de saltos, lo que no ocurre con OSPF ni con VRRP, por lo tanto se sugiere la utilización de éste en la implementación de la solución.

- **Equipos Redundantes:** Para la solución planteada es necesario contar con 5 equipos para brindar redundancia al switch Core y a los 4 switches de distribución.

Switch Core de Respaldo: Se utilizara el equipo cisco 4507 que es un switch multicapa.

Switches de Respaldo para el nivel de distribución: Se recomienda la utilización de equipos cisco 3750x, ya que poseen mayor capacidad de procesamiento en comparación con los equipos cisco 3750g.

- **Ubicación de los equipos redundantes:** los equipos de respaldo deben ubicarse preferiblemente en una zona geográfica distinta de donde está instalado el equipo principal, sin embargo llevar esta recomendación a la práctica es en este caso poco viable, ya que aumentaría los costos de instalación.

Analizando los distintos lugares donde podría ubicarse el equipo de respaldo del Core se recomienda instalarlo en la sala de equipos de la División de Sistemas, actualmente la Universidad solo cuenta con dos salas adecuadas para el funcionamiento de éste equipo las cuales están ubicadas una en el Instituto de Postgrados de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones y la otra en la División de Sistemas, se recomienda la última, pues cuenta con mejores sistemas de aire acondicionado y de potencia, además de contar con un mayor espacio para su instalación; en esta sala el control de acceso es mayor en relación a la otra, debido a que en esta instalación también se encuentran los administradores de la red, por lo que existe un mayor control sobre el equipo.

Generalmente en cada facultad existen en promedio 3 centros de cableados; en el centro de cableado 1 se ubica el switch principal y el switch de respaldo se puede ubicar en uno de los otros dos centros de cableados que quedan disponibles, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos como enlaces de fibra y tomas de corriente.

Una vez definido los puntos críticos, los equipos necesarios para la solución, el protocolo de enrutamiento y la ubicación de los equipos de respaldo, se puede

proceder a la implementación en el ambiente real: La Red de Infraestructura de la Universidad del Cauca.

3.3 IMPLEMENTACIÓN

- **Implementación de la Solución.**

El segundo objetivo específico de este proyecto de grado consiste en: Diseñar e implantar una solución de disponibilidad de acuerdo a los recursos existentes, para la red de información de la Universidad del Cauca.

Una vez diseñada la solución y siendo aprobada por el jefe del área de infraestructura el ingeniero Jaime Martínez, se procede a implantarla en el entorno real de la red, para ello se analiza cada facultad para verificar que existan los recursos necesarios, de dicho análisis se tiene:

Equipos Disponibles: Para el desarrollo de este trabajo de grado se facilitan los siguientes equipos:

- 1 switch cisco 4509
- 1 switch cisco 3560
- 2 switch cisco 3750x
- 1 switch cisco 2960g
- 2 Computadores Lenovo I7

Facultad de Ingenierías: El switch de distribución que posee esta facultad no posee puertos de fibra disponibles, por lo que la implementación de redundancia para este equipo no es viable por el momento.

Facultad de Contables: El equipo de distribución de esta facultad posee puertos libres y también existen enlaces de fibra libres que permitirían la conectividad con el equipo de Core.

Facultad de Educación: Este equipo no posee puertos de fibra disponibles para implementar enlaces redundantes.

Facultad de Artes: El switch de distribución posee puertos de fibra disponibles y también existen enlaces de fibra óptica libres, sin embargo este switch no se conecta directamente al switch Core sino al switch de distribución de la facultad de El Carmen.

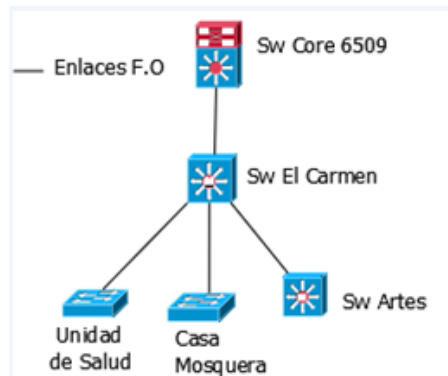
Switch Core: El equipo cisco 6509 E, es un equipo muy potente, capaz de manejar grandes cantidades de tráfico; posee dos fuentes de potencia de 220 Voltios, capaces de brindar una potencia de 3000 Vatios [28], sin embargo existe un problema de potencia, debido a que cuando se compró el equipo, los cables de poder que traía solo soportaban 120 Voltios a 16 Amperios, por esta razón los ingenieros de la red optaron por configurar ambas fuentes como una sola, esto implica que no se genere la suficiente potencia para que el switch funcione completamente, por lo que en el momento no es posible conectar ningún enlace de fibra adicional al equipo.

De acuerdo con lo anterior, no se puede implementar la redundancia en el backbone de la red, ya que el switch Core no soporta enlaces de fibra adicionales, sin embargo la facultad de Artes cumple con los requisitos para probar si la solución planteada en este trabajo de grado es funcional en un ambiente de producción, por esta razón se procede a adecuar e implementar la solución de disponibilidad en la facultad de Artes.

- **Implementación en la facultad de Artes:** Esta facultad está ubicada en el centro de la ciudad, cuenta con 3 salas de Internet [29] y es una de las facultades que menor tráfico genera, gracias a ello se pueden hacer las pruebas de manera fácil ya que si ocurre un error en la implementación el número de usuarios afectados será el mínimo posible.

Esta facultad, cuenta con un switch 3750g de 24 puertos Ethernet y 4 puertos de fibra, está conectada con fibra óptica en cascada al switch de la facultad del Carmen, dos puertos en fibra dan conectividad a switches capa 2 ubicados en esta facultad, quedando un puerto libre con el cual se puede realizar las pruebas de redundancia; en el otro extremo la facultad del El Carmen posee un switch con las mismas características, 24 puertos Ethernet y 4 puertos de fibra óptica, estos últimos están conectados así uno conecta al Core, otro a la Casa Mosquera, otro a la Unidad de Salud y el último a la Facultad de Artes, como se observa en la Figura 3.5

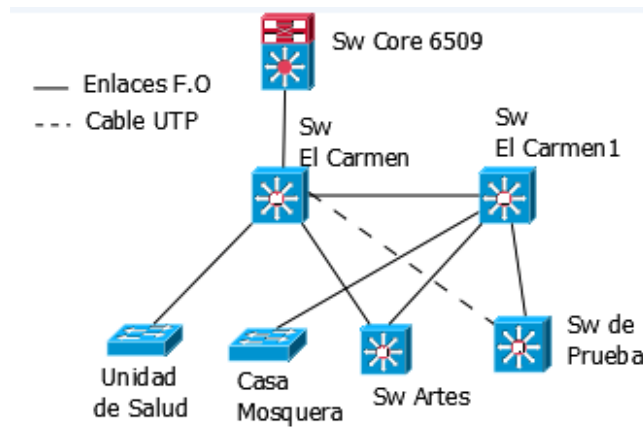
Figura 3.5 Diagrama de Red conexión entre la Facultad del Carmen y la Facultad de Artes.



Para poder verificar si la solución planteada funcionaría en el backbone, se realizan las siguientes modificaciones, se toma como switch principal el equipo ubicado en la facultad de El Carmen que vendría a ser el equivalente al Core en las simulaciones y el switch de Artes en conjunto con un switch de prueba representarían los equipos de distribución, es necesario la utilización de un switch extra llamado “equipo de prueba”, debido a que los dispositivos de red de la casa Mosquera y la unidad de Salud son switches 2960g y no soportan enrutamiento por ser de nivel 2.

En la Figura 3.6 se muestra como se conectaron los diferentes equipos para poder realizar las pruebas, los archivos de configuración se encuentran en el anexo D.

Figura 3.6 Infraestructura de la Facultad de Artes usada para la implementación de la solución.



3.4 PRUEBAS Y VALIDACION

Una vez configurado los equipos se procede a hacer las pruebas de funcionamiento, para ello se configura dos clientes uno conectado al switch de artes y el otro al switch de pruebas, las pruebas realizadas son las mismas practicadas en el escenario de simulación, se utiliza el mismo algoritmo mostrado en la Figura 3.4, en este caso se tiene que:

- El modo de operación normal implica que todos los enlaces principales y de respaldo funcionan correctamente.
- El enlace a apagar para simular el fallo o el modo de operación caído, es la conexión entre el switch del Carmen y el switch de Artes, para ello se apagará la interfaz en el switch del Carmen mediante el comando Shutdown.
- El modo de recuperación consisten en levantar la interfaz apagada, para eso se utiliza el comando No Shutdown.
- Igualmente el proceso se realizará 5 veces.
- Para verificar cuantos paquetes se pierden se establecerá un ping entre los equipos clientes configurados en el switch de Artes y en el Switch de Prueba, también entre ellos se evaluará el número de saltos realizados en cada modo de operación (normal, caído y de recuperación).

Los resultados obtenidos al realizar las pruebas se pueden observar en la Tabla 3.9

Tabla 3.9 Resultados de la implementación en la Facultad de Artes.

Modo de Operación	# saltos entre Artes – Pruebas	# saltos de Pruebas - Artes	#paquetes Perdidos A-P (promedio)	# paquetes Perdidos P-A (promedio)
Normal	2	2	0	0
Caído	2	2	3	2
Recuperado	2	2	4	2

Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca

De la anterior tabla se puede concluir que la solución en el entorno real cumple con los requisitos establecidos por los administradores de la red, que su comportamiento es similar al obtenido en las simulaciones y que la cantidad de paquetes perdidos es muy baja, por lo que se considera es una solución viable para implantar en las demás sedes donde se cuente con los recursos disponibles.

CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este capítulo se presentan las conclusiones obtenidas a lo largo del desarrollo de presente trabajo de grado, así como un conjunto de proyectos futuros, acordes con los objetivos de la línea de investigación y desarrollo.

4.1 CONCLUSIONES.

- El presente trabajo de grado tiene como aporte la identificación de las necesidades o problemas de disponibilidad de la red de la Universidad del Cauca. Con esto, el personal de la red de información de la Universidad, puede enfatizar sus aportes o esfuerzos a solucionar aspectos de fácil resolución.
- La Red de Datos de la Universidad, debe plantear a quien corresponda la posibilidad de manejar sus propios recursos, lo que facilitaría la planificación del ciclo de vida de los equipos y las respectivas compras necesarias para dar soporte a los requerimientos de los usuarios de la red.
- Se diseñó un script haciendo uso de una característica propietaria de cisco, que permite mejorar el comportamiento del enrutamiento estático, usado actualmente en la Universidad del Cauca.
- El estudio de la Disponibilidad de la Red de Información de la Universidad del Cauca a la luz de la norma ANSI/TIA 942 con su respectivo anexo G, ayuda a la institución a la certificación de su Red en la norma ISO, además que permite plantear las posibles mejoras para contar con un centro de datos de calidad.

4.2 RECOMENDACIONES

Tras el trabajo realizado, hay ciertos aspectos que podrían resultar útiles para la implementación total de la solución de disponibilidad, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda gestionar la compra de los cables de potencia adecuados para el correcto funcionamiento del switch Core 6509, ya que esto permitiría la implementación de nuevas conexiones.

- Se hace necesario que la red de fibra instalada en la Universidad del Cauca, se fusione, de lo contrario no se pueden conectar enlaces redundantes, entre las diferentes facultades y el switch Core de la Red.
- Se recomienda a la Red de Datos Universitaria, hacer las gestiones necesarias que le permitan manejar su propio presupuesto, esto agilizaría la realización de los proyectos y facilitaría la compra de nuevos equipos.

4.3 TRABAJOS FUTUROS

- Teniendo en cuenta las nuevas adecuaciones físicas de la División de Tecnologías de Información de la Universidad del Cauca, un trabajo futuro sería implementar esta solución, en los enlaces entre los niveles de distribución y Core, verificando el impacto en la disponibilidad de la red y en la disminución de puntos únicos de falla.
- En el proceso de certificación de la red de información, un buen trabajo consiste en el estudio de la viabilidad de la implementación de un protocolo de enrutamiento activo y el análisis de su impacto en la capacidad de procesamiento de los equipos de red.
- Uno de los problemas a nivel operativo es la carencia de documentación, teniendo en cuenta la ley de cero papel en las empresas, sería bueno desarrollar una herramienta software para el manejo de la documentación, la automatización de procesos, manejo de inventarios y controles de acceso, que hasta el momento no se hacen o se practican de manera manual.

BIBLIOGRAFIA.

- [1] Royal Pingdom, “*Pingdom Internet 2011 in numbers*”. 2012. [Consulta: 5 de febrero de 2013]. [Consulta: 5 de Febrero de 2013]. Página Web disponible en: <http://royal.pingdom.com/2012/01/17/internet-2011-in-numbers/>.
- [2] Sombers Asociados Inc. y H. Highlayman. “*National Australia Bank’s Customers Down for Days*”. 2010. [Consulta: 8 de Febrero de 2013]. Página Web disponible en: http://www.availabilitydigest.com/public_articles/0512/national_australian_bank.pdf.
- [3] H. Highleyman. “*BlackBerry Messenger Down for Days*”. 2011. [Consulta: 15 de Enero de 2013]. Página Web disponible en: http://www.availabilitydigest.com/public_articles/0610/blackberry_messenger.pdf.
- [4] Sombers Associates Inc y H. Highleyman. “*Amazon’s Cloud Downed by Fat Finger*”. 2011. [Consulta: 9 de Diciembre de 2012].Página Web disponible en: http://www.availabilitydigest.com/public_articles/0605/amazon_ebs.pdf.
- [5] Definiciónabc. “*Definición de Disponibilidad*”. [Consulta: 15 de Marzo de 2013]. Página Web disponible en: <http://www.definicionabc.com/general/disponibilidad.php#ixzz2SqCAynCW>.
- [6] Everac. “*Alta Disponibilidad: ¿Qué es y Cómo se logra?*”. 2008. [Consulta: 15 de Marzo de 2013]. Página Web disponible en: <http://everac99.wordpress.com/2008/08/19/alta-disponibilidad-que-es-y-como-se-logra/>
- [7] Sombers Associates Inc y H. Highleyman. “*All about Continuous Processing Architecture*”. 2006. [Consulta: 3 de Julio de 2012].Página Web disponible en: http://www.availabilitydigest.com/public_articles/0101/continuous_precessing_architectures.pdf
- [8] EventHelix. “*Reliability and Availability Basics*”. 2008. [Consulta: 12 de Febrero de 2013]. Página Web disponible en: http://www.eventhelix.com/realtimemantra/faulthandling/reliability_availability_basics.htm#.UTfuQBcmd4
- [9] Serio Soft Ltd. “*Métricas de la Gestión de los Servicios de TI: Cómo Empezar*”. [Consulta: 21 de Marzo de 2013]. Página Web disponible en:

Solución de Disponibilidad para la Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca

<http://www.seriosoft.com/Blog-espagnol/?p=5&page=7>

- [10] C. Oggerino, "*High Availability Networks Fundamentals*". Cisco, 2005.
- [11] Uptime Institute Profesional Service - LLC, "*Data Center Site Infrastructure Tier Standar: Operational Sustainability*". 2010.
- [12] Availability Digest. "*Calculating Availability - Redundant Systems*". 2006. [Consulta: 23 de Diciembre de 2012]. Página Web disponible en: http://www.availabilitydigest.com/public_articles/0101/calculating_availability.pdf
- [13] W. H. Highleyman. "*Calculating Availability Heterogeneous Systems*". 2008. [Consulta: 17 de Enero de 2013]. Página Web disponible en: http://www.availabilitydigest.com/public_articles/0303/calculating_availability_heterogeneous_syst.pdf
- [14] Sombers Associates Inc. y W. H. Highleyman. "*Availability Best Practices*". 2007. [Consulta: 17 de Enero de 2013]. Página Web disponible en: http://www.availabilitydigest.com/private/0201/availability_best_practices.pdf
- [15] Availability Digest. "*Continuous Availability System Design Guide*". 2007. [Consulta: 15 de Febrero de 2013]. Página Web disponible en: http://www.availabilitydigest.com/private/0201/ca_design_guide.pdf
- [16] J Knezevic, "*Mantenibilidad*". España: T.G. Forma, 1996, ch. 1, p. 27.
- [17] J. R LAFRAIA, "*Manual de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad*". Qualitmark, 2001.
- [18] CISCO SYSTEM INC. "*Datasheet Switches Cisco Catalyst 3750*". [Consulta: 3 de Marzo de 2013]. Página Web disponible en: http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps5023/product_data_sheet0900aecd80371991.html
- [19] Uptime Institute. "*Natural Disaster Risk Profiles for Data Centers*". 2011. [Consulta: 8 de Marzo de 2013]. Página Web disponible en: <http://www.uptimeinstitute.com/resources>
- [20] Area de Infraestructura - Division de Sistemas, "*Informe de Infraestructura de Red de la Universidad del Cauca*," Popayan, 2011.
- [21] ANSI TIA, "*Telecommunications Infrastructure Standar for Data Centers*". USA: Industry Telecommunications Association, 2005.

- [22] J.J. Imbachí y S. Pantoja, "*Solución de Alta Disponibilidad para servicios críticos de un centro de datos universitario: caso de estudio Red de Datos de la Universidad del Cauca*". Universidad del Cauca, Popayan, Tesis 2010.
- [23] Gabriel, M. "*Redundancia, Contingencia, Continuidad y Resiliencia*". 2011. [Consulta: 3 de Diciembre de 2012]. Página Web disponible en: <http://www.fedesoft.org/noticiastic/redundancia-contingencia-continuidad-resiliencia>
- [24] IETF. "*Ospf version 3*". [Consulta: 5 de Diciembre de 2012]. Página Web disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc5340.txt>
- [25] Cisco Systems, Inc. "*Cisco IOS Network Management Configuration Guide*". San Jose, 2008, pp. 345-599.
- [26] Cisco Systems, Inc. "*Embed Event Manager Overview*". San Jose, Estados Unidos, 2009.
- [27] IETF, "*Virtual Router Redundance Protocol Version 3*," Estandar 2010.
- [28] Cisco Inc. "*Power Supply Specifications*". 2012. [Consulta: 5 de Febrero de 2013].
Página Web disponible en:
http://www.cisco.com/en/US/docs/switches/lan/catalyst6500/hardware/Chassis_Installation/Cat6500/0apwsply.html#wp1003613
- [29] Universidad del Cauca. Universidad del Cauca. [Consulta: 5 de Febrero de 2013].
Página Web disponible en: www.unicauca.edu.co