

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES



**“DISEÑO DE UNA TOPOLOGÍA DE RED LAN DE ALTA
DISPONIBILIDAD Y REDUNDANTE PARA MEJORAR EL ESTÁNDAR
DE SERVICIO Y SOLUCIONES CLOUD DE LA EMPRESA ITG
SOLUTIONS S.A.C.”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

BELLIDO MEDINA, EDGAR

Villa El Salvador

2019

DEDICATORIA

A Dios.

Por brindarme la bendición, protección y buena salud cada instante de mi existencia.

A mi familia.

Por sus apoyos incondicionales en cada momento de mi vida personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Fernando Páez E.

Por todo el apoyo en cada una de las asesorías, por sus recomendaciones y apoyo en cada momento de la elaboración de este trabajo.

A la Ing. Katherine Oyarce R.

Por todo el apoyo incondicional, consejos, constantes enseñanzas y por haberme encaminado en el ámbito profesional y personal.

A la empresa ITG SOLUTIONS

Por brindarme el apoyo incondicional durante la elaboración del trabajo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción de la realidad problemática	2
1.2. Justificación del problema.....	3
1.3. Delimitación del Proyecto.....	4
1.3.1. Teórica.....	4
1.3.2. Temporal.	4
1.3.3. Espacial.	4
1.4. Formulación del Problema	5
1.4.1. Problema General.....	5
1.4.2. Problemas Específicos.	5
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específicos.	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes	7
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	8
2.2. Bases Teóricas	10
2.2.1. Red de área local (LAN).	10
2.2.1.1. Principales tipos de topología de Red LAN.....	10
2.2.1.1.1. Topología de red tipo estrella.	10
2.2.1.1.2. Topología de red jerárquica o de árbol.	11
2.2.1.1.3. Topología de red de tipo malla.	11
2.2.1.2. Estándares para Redes de Área Local (LAN).	12
2.2.1.2.1. Estándar IEEE 802.	12
2.2.1.2.1.1. Estándar LAN IEEE 802.3.....	12
2.2.1.2.1.2. Tecnologías Ethernet de Alta Velocidad.	13
2.2.2. Modelo OSI.....	14
2.2.2.1. Capas del modelo de referencia OSI.	14
2.2.3. Medios de transmisión.....	15
2.2.3.1. El par trenzado.....	15
2.2.3.1.1. Principales categorías del par trenzado.....	16
2.2.3.1.2. Ponchado según norma ANSI/EIA/TIA-568-A.	17

2.2.3.1.3.	Ponchado según ANSI/EIA/TIA-568-B.....	17
2.2.3.2.	Sistemas de cableado.....	18
2.2.3.2.1.	Sistema de cableado horizontal.....	18
2.2.3.2.2.	Sistema de cableado vertical.....	18
2.2.4.	Expansión de la red.....	18
2.2.4.1.	Diseño de red que admita escalabilidad.....	18
2.2.5.	Jerarquía en las redes.....	19
2.2.5.1.	Niveles de una Red LAN jerárquico.....	19
2.2.5.1.1.	Capa de acceso.....	19
2.2.5.1.2.	Capa de distribución.....	20
2.2.5.1.3.	Capa núcleo.....	20
2.2.6.	Red Virtual de Área Local (VLAN).....	21
2.2.6.1.	Tipos de VLAN.....	21
2.2.7.	Protocolos de red.....	22
2.2.7.1.	Protocolos de redundancia de Red LAN.....	22
2.2.7.1.1.	Hot Standby Router Protocol (HSRP).....	23
2.2.7.1.2.	Spanning tree Protocol (STP).....	24
2.2.7.1.2.1.	Rapid-PVST+.....	24
2.2.7.2.	EtherChannel.....	24
2.2.7.2.1.	Link Aggregation Control Protocol (LACP).....	24
2.2.7.3.	Protocolo de asignación IP.....	25
2.2.7.3.1.	Dynamic Host Configuration Protocol v4 (DHCPv4).....	25
2.2.7.4.	Protocolo de seguridad.....	25
2.2.7.4.1.	Shell seguro (SSH).....	25
2.2.7.5.	Protocolo de enrutamiento.....	25
2.2.7.5.1.	OSPF.....	25
2.3.	Definición de términos básicos.....	26
CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL.....		28
3.1.	Modelo de solución propuesto.....	28
3.1.1.	Análisis.....	28
3.1.1.1.	Alcance.....	28
3.1.1.2.	Análisis cuantitativo de los dispositivos de redes de la actual infraestructura.....	28
3.1.1.3.	Análisis cuantitativo de colaboradores de la empresa ITG Solutions S.A.C.....	29
3.1.1.4.	Análisis de protocolos de red para la alta disponibilidad y redundancia de la Red LAN.....	30

3.1.2.	Desarrollo	31
3.1.2.1.	Descripción de la infraestructura de Red LAN actual.....	31
3.1.2.1.1.	Recorrido del cableado UTP.....	34
3.1.2.1.2.	Estado de los dispositivos de redes y cableado.	34
3.1.2.2.	Descripción de la topología a diseñar.	35
3.1.2.2.1.	Nivel de núcleo.	36
3.1.2.2.2.	Nivel de Distribución.	36
3.1.2.2.3.	Nivel de acceso.....	37
3.1.2.3.	Ubicación de los dispositivos.	37
3.1.2.4.	Requerimientos.	38
3.1.2.4.1.	Requerimiento de Rack y accesorios.....	38
3.1.2.4.2.	Requerimiento de gabinetes y accesorios.	39
3.1.2.4.3.	Requerimiento para el cableado estructurado.	39
3.1.2.4.4.	Requerimiento de direcciones IP.	39
3.1.2.4.5.	Requerimiento de Router y Switch.....	41
3.1.3.	Diseño de la topología de Red LAN.	42
3.1.3.1.	Configuración de las redes virtuales de área local (VLAN).	44
3.1.3.1.1.	Creación de VLAN.	44
3.1.3.1.2.	Definición de puertos como de acceso o troncal.	44
3.1.3.1.3.	Configuración de VLAN de Administración.	46
3.1.3.1.4.	Enrutamiento inter-VLAN.	47
3.1.3.2.	Configuración del protocolo LACP (Etherchannel).....	47
3.1.3.3.	Configuración de protocolos de redundancia.....	48
3.1.3.3.1.	Configuración del protocolo HSRP.	48
3.1.3.3.2.	Configuración del protocolo Rapid PVST+.....	51
3.1.3.4.	Configuración del protocolo OSPF.....	54
3.1.3.5.	Configuración de SSH.....	56
3.2.	Resultados.	57
	CONCLUSIONES.....	65
	RECOMENDACIONES	66
	BIBLIOGRAFÍA.....	67
	ANEXOS.....	71
	ANEXO A. Configuración completa de inicio del Router R1	71
	ANEXO B. Configuración completa de inicio del Router R2	72
	ANEXO C. Configuración completa de inicio del Switch SW1-D	73
	ANEXO D. Configuración completa de inicio del Switch SW2-D	74
	ANEXO E. Configuración completa de inicio del Switch SW1-A.....	75

ANEXO F. Configuración completa de inicio del Switch SW2-A	76
ANEXO G. Configuración completa de inicio del Switch SW4-A	77
ANEXO H. Configuración completa de inicio del Switch SW5-A.....	78

LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Topología de red tipo estrella.....	10
<i>Figura 2.</i> Topología de red jerárquico o de árbol.....	11
<i>Figura 3.</i> Topología de red tipo malla.....	11
<i>Figura 4.</i> Características de las Redes LAN IEEE 802.....	12
<i>Figura 5.</i> Modelo de referencia OSI.....	14
<i>Figura 6.</i> Tipos de par trenzado.....	15
<i>Figura 7.</i> Topología de una Red LAN jerárquico.....	20
<i>Figura 8.</i> Topología de una VLAN.....	21
<i>Figura 9.</i> Topología típica del protocolo HSRP.....	23
<i>Figura 10.</i> Topología actual de la empresa ITG Solutions S.A.C.....	33
<i>Figura 11.</i> Ubicación de los equipos de redes en el plano de la empresa ITG Solutions.....	33
<i>Figura 12.</i> Recorrido del cableado UTP.....	34
<i>Figura 13.</i> Estado de cableado estructurado.....	35
<i>Figura 14.</i> Ubicación de los dispositivos de red para la topología diseñada.....	38
<i>Figura 15.</i> Diseño de la Topología de Red LAN.....	43
<i>Figura 16.</i> Creación de VLAN en el Switch SW1-A.....	44
<i>Figura 17.</i> Configuración de puertos como “troncales” en SW1-D.....	45
<i>Figura 18.</i> Configuración de puertos como “de acceso” y “troncales” en el Switch SW4-A.....	46
<i>Figura 19.</i> Configuración de la VLAN de administración para SW1-A.....	46
<i>Figura 20.</i> Configuración del protocolo LACP en el Switch SW1-D.....	47
<i>Figura 21.</i> Configuración del protocolo LACP en el Switch SW2-D.....	48
<i>Figura 22.</i> Configuración del protocolo HSRP como “activo” para la VLAN10 en el Switch SW1-D.....	50
<i>Figura 23.</i> Configuración del protocolo HSRP como “Standby” para la VLAN10 en el Switch SW2-D.....	50
<i>Figura 24.</i> Configuración del protocolo HSRP como “activo” para la VLAN20 en el Switch SW2-D.....	51
<i>Figura 25.</i> Configuración del protocolo HSRP como “Standby” para la VLAN20 en el Switch SW1-D.....	51

<i>Figura 26.</i> Configuración del protocolo STP en el Switch SW1-D.	52
<i>Figura 27.</i> Configuración del protocolo STP en el Switch SW2-D.	53
<i>Figura 28.</i> Configuración del protocolo STP en el Switch SW1-A.	53
<i>Figura 29.</i> Asignación de direcciones IP y configuración del protocolo OSPF en el Switch SW1-D.	55
<i>Figura 30.</i> Asignación de dirección IP y configuración del protocolo OSPF en el Router R1.	55
<i>Figura 31.</i> Simulación de la topología de Red LAN diseñada.	57
<i>Figura 32.</i> Ping desde la VLAN10 hacia el servidor Web.	58
<i>Figura 33.</i> Ping desde el VLAN 20 hacia el servidor Web.	58
<i>Figura 34.</i> Ping desde el VLAN 30 hacia el servidor Web.	59
<i>Figura 35.</i> Ping desde el VLAN 40 hacia el servidor Web.	59
<i>Figura 36.</i> Ping desde el VLAN 50 hacia el servidor Web.	59
<i>Figura 37.</i> Ping desde la VLAN 10 hacia las VLAN 50 y VLAN 70.	60
<i>Figura 38.</i> Ping desde la VLAN 10 hacia las VLAN 20, 30 y 40.	60
<i>Figura 39.</i> Ingreso desde la VLAN 10 al servidor Web a través del navegador. ..	61
<i>Figura 40.</i> Comportamiento de la topología con el Switch SW1-D fuera de servicio.	62
<i>Figura 41.</i> Comportamiento de la topología con el Switch SW2-D fuera de servicio.	62
<i>Figura 42.</i> Comportamiento de la topología con el Router R1 y R2 en funcionamiento.	63
<i>Figura 43.</i> Comportamiento de la topología con el Router R2 fuera de servicio. .	63
<i>Figura 44.</i> Rutas principales de cada VLAN.	64
<i>Figura 45.</i> Rutas alternas de cada subred.	64

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 <i>Diagrama Gantt de las actividades</i>	4
Tabla 2 <i>Principales versiones del estándar IEEE802.3</i>	13
Tabla 3 <i>Ponchado de par trenzado, según ANSI/EIA/TIA-568-A</i>	17
Tabla 4 <i>Ponchado de par trenzado, según ANSI/EIA/TIA-568-B</i>	17
Tabla 5 <i>Listado de equipos de redes que conforman la infraestructura actual de la empresa ITG Solutions</i>	29
Tabla 6 <i>Listado general de colaboradores de la empresa ITG Solutions</i>	30
Tabla 7 <i>Protocolos de redundancia y alta disponibilidad</i>	30
Tabla 8 <i>Cantidad de direcciones IP necesarios para toda la red LAN con 60% de crecimiento</i>	40
Tabla 9 <i>Cantidad total de direcciones IP disponibles para cada subred</i>	41
Tabla 10 <i>Dispositivos de redes necesarios para cubrir los requerimientos del diseño de la topología de Red LAN</i>	42
Tabla 11 <i>Representación de los dispositivos de red en la topología de Red LAN</i>	43
Tabla 12 <i>Distribución de las subredes para cada Switch de capa 3</i>	48
Tabla 13 <i>Direcciones IP para asignar en los Switches de redundancia</i>	49
Tabla 14 <i>Asignación de Switches como raíces primarios y secundarios para cada subred</i>	52
Tabla 15 <i>Direcciones IP para cada enlace de enrutamiento entre el nivel de distribución y núcleo</i>	54

INTRODUCCIÓN

Las empresas que brinden servicio de soporte técnico en las distintas áreas de la tecnología de la información y telecomunicaciones, que sus principales actividades estén relacionadas con implementación y soluciones Cloud, deben de tener una infraestructura de red interna de alta disponibilidad y redundante para garantizar un estándar de servicio de alta calidad, así tener una mayor competitividad en el mercado actual.

ITG SOLUTONS S.A.C. es una empresa enfocada a brindar implementación y soluciones Cloud, entre sus clientes más importantes tiene a entidades financieras como: Mibanco, Banco de Crédito del Perú e Interbank, en dichas entidades brinda servicio de implementación y soporte técnico en la plataforma de Microsoft Office365. Como empresa prestadora de servicio de soporte técnico a entidades financieros, donde las exigencias de calidad de servicio son muy altas, deben contar con un estand de profesionales altamente calificadas, asimismo tener una infraestructura de redes muy bien implementada, puesto que brindan soporte técnico vía remoto y trabajan con servicios en la nube de Microsoft.

Una infraestructura de redes y comunicaciones siempre está expuesto a fallas ya sean humanas, a nivel de software, a nivel de hardware o fallas en el cableado estructurado, entonces, si no existe una topología redundante, por una falla lógica o física en uno de los componentes de la estructura de redes, todo el servicio se verá afectado ya que no existe un enlace de contingencia que mantenga el servicio activo.

La topología de Red LAN a diseñar en el presente trabajo tendrá una disponibilidad alta y redundante en los 3 niveles de red (nivel de acceso, nivel de distribución y nivel núcleo o Core), garantizando una salida permanente al servicio de internet e interconexión redundante a nivel LAN, a pesar de que ocurra una eventual falla física o lógica en uno de dispositivos o daños físicos en el cableado estructurado.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En los últimos años el crecimiento de la tecnología es exponencial, sobre todo la era digital, donde las compañías ofrecen servicios en línea en las diferentes plataformas como: ordenadores de mesa, ordenadores portátiles y los dispositivos móviles, a medida la población se adapta a estos servicios, la cantidad de base de datos va en crecimiento continuo y esto demanda implementar arquitecturas más robustas, asimismo contar con colaboradores altamente capacitados y especializados en cada rubro.

Las grandes empresas sobre todo financieras, tienen sistemas muy complejos y diversos como para ser abastecido con solo el personal interno; entonces para darse abasto incurren a la tercerización, contratando empresas especializadas en cada rubro. A razón de ello nacen pequeñas y medianas empresas estableciendo una especialización en un rubro específico, si bien es cierto cuentan con personal especializada y capacitada, muchos de ellos descuidan la importancia de tener una estructura de redes y comunicaciones muy bien implementadas, ya que los servicios son en línea, es decir es necesario el servicio continuo de internet e interconexión de alta disponibilidad en su red local.

La empresa ITG SOLUTIONS S.A.C, actualmente cuenta con una topología de Red LAN simple sin redundancia, es decir, ante una falla física o lógica en uno de los dispositivos de redes o en el cableado estructurado, la empresa queda sin servicio a internet, por ende sus actividades laborales se ven afectados generando molestias y amonestaciones económicas por parte de sus clientes, ya que el especialista encargado de brindar soporte técnico no podrá realizar su propósito sin una conexión a internet.

Por otro lado, áreas como: “arquitectura en infraestructura Cloud”, “implementación Cloud” y “operaciones”, sus actividades están basados

en la nube, es decir trabajan con servidores en la nube de Microsoft; entonces la conectividad a internet es indispensable para ellos, cuando hay una mala conexión o indisponibilidad de servicio de internet, paraliza todas las actividades de todo el equipo.

Ante una falla en la red, todas las áreas de la empresa se ven afectados en sus actividades, que en ocasiones los colaboradores se ven obligados a realizar conexiones a redes WIFI externos no seguros, así vulnerando la integridad y confidencialidad de la empresa.

Las actividades en general de la empresa estarán paralizadas hasta restablecer el servicio, que puede durar minutos, horas o hasta días dependiendo de la magnitud del problema, así generará una pérdida económica para la empresa.

1.2. Justificación del problema

La empresa ITG SOLUTIONS S.A.C. brinda servicio de implementación Cloud y Soporte Técnico en la plataforma office365, este último se realiza de manera remota desde la oficina principal. Teniendo como Misión: “Brindar soluciones de valor estratégico y tecnológico que permitan la transformación digital de nuestros clientes, logrando alta satisfacción y fidelización” y como Visión: “Ser el asesor de Soluciones de TI más influyente y respetado por las empresas de la región”. (ITG Solutions, 2016).

Para lograr su filosofía de trabajo mencionadas líneas arriba y brindar servicios de alta calidad y oportuno a sus clientes, es necesario tener una topología de red de alta disponibilidad y redundante, que permita a sus colaboradores tener acceso al servicio de internet a todo momento y sobre todo la empresa sea más competitiva ante sus homólogos.

Este trabajo pretende plantear una mejora en la estructura de red de la empresa ITG Solutions, para garantizar la alta disponibilidad del servicio

de redes y comunicaciones, así la empresa pueda garantizar a sus clientes un servicio de alto estándar de calidad, a la vez que sus propios colaboradores se sientan satisfechos y seguros con la infraestructura y aumentar su nivel de productividad.

1.3. Delimitación del Proyecto

1.3.1. Teórica.

Se definirán los requerimientos técnicos que posibiliten diseñar una topología redundante y de alta disponibilidad de una Red LAN para mejorar el estándar de servicio de la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C.

Este diseño estará bajo los estándares: IEEE802, ANSI/EIA RS-310-D, IEC297-2, ANSI/TIA 568-A y ANSI/TIA 568-B.

1.3.2. Temporal.

El proyecto tendrá tres fases las cuales comprenden: análisis, desarrollo, diseño y simulación, estas se detallan en la Tabla 1:

Tabla 1
Diagrama Gantt de las actividades.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Precesoras	
Primera Fase: Análisis	7 días	mar 1/10/19	mié 9/10/19		
Segunda Fase: Desarrollo	7 días	jue 10/10/19	vie 18/10/19	1	
Tercera Fase: Diseño y Simulación	18 días	lun 21/10/19	mié 13/11/19	2	

Fuente. Elaboración propia.

1.3.3. Espacial.

La topología diseñada es para la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C. ubicada en el distrito de San Isidro, Lima - Perú.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General.

¿De qué manera un diseño de una topología de Red LAN de alta disponibilidad y redundante permitirá en la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C. mejorar su estándar de servicio de soporte técnico 24x7 y soluciones Cloud?

1.4.2. Problemas Específicos.

- ¿De qué manera se puede garantizar la alta disponibilidad de la Red LAN en la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C.?
- ¿De qué manera se puede garantizar una conexión redundante en la Red LAN de la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C.?
- ¿De qué manera un diseño de Red LAN de alta disponibilidad y redundante impactará la productividad de las diferentes áreas de la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C.?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General.

Diseñar una topología de Red LAN de alta disponibilidad y redundante para la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C. para mejorar su estándar de servicio de soporte técnico 24x7 y soluciones Cloud.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Determinar de qué manera se puede garantizar la alta disponibilidad de Red LAN en la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C.

- Determinar de qué manera se puede garantizar conexión redundante en la Red LAN de la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C.
- Determinar de qué manera un diseño de Red LAN de alta disponibilidad y redundante impactará en la productividad de las diferentes áreas de la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Morales, W.E. (2016). *Diseño e implementación a nivel de laboratorio de una red multi-protocolo redundante con alta disponibilidad de enlaces a nivel de Lan, Wan, Firewall. caso de estudio: empresa Mikrodom S.A.* de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. Obtuvo las siguientes conclusiones más resaltantes:

- Con la realización de dicho proyecto, se logró demostrar el uso del toolkit de cada protocolo y la convergencia de múltiples protocolos de enrutamiento dinámico usando redistribución de rutas.
- Se concluye que para redes muy grandes y que sean compatibles entre distintas marcas dentro de un IGP, se deben usar protocolos de enrutamiento tales como IS-IS u OSPF.

Tomo este trabajo como de referencia para determinar que protocolo utilizar, en este caso el protocolo OSPF para el enrutamiento de las rutas redundantes de capa 3, con ello asegurar la funcionalidad optima del diseño que voy a realizar.

Moreno, M.A. y Tipán, L.A. (2015). *Diseño de una red de alta disponibilidad para la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito campus sur.* De la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, Ecuador. Obtuvo dos notables conclusiones:

- Después de realizar el análisis técnico-económico de la nueva infraestructura de red, se concluye que todos los bloques de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito Campus Sur

podrán contar con un servicio de red de alta disponibilidad gracias a la topología tipo estrella extendida que se diseñó y simuló entre los Switches de Core y los Switch de Acceso mediante el protocolo spanning-tree el cual controla los enlaces redundantes de la topología mencionada.

- La importancia de una red de alta disponibilidad en la actualidad propone diferentes retos para la administración de la información y las comunicaciones, como la escalabilidad, mayor velocidad, mayor seguridad, accesibilidad total, mejor administración, entre otras ventajas que brindará esta red.

Este trabajo me hace entender la importancia de la alta disponibilidad de una Red LAN, el tipo de topología que se debe diseñar y la importancia del uso del protocolo STP.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Coras, J. J. (2013). *Rediseño de la red de comunicaciones basado en tecnologías de alta disponibilidad de gestión de tráfico para mejorar la comunicación de la municipalidad provincial de Churcampa – Huancavelica*. De la Universidad Nacional de Centro del Perú, Huancayo, Perú. Obtuvo dos conclusiones más resaltantes:

- El rediseño de la red de comunicaciones basado en tecnologías de alta disponibilidad de gestión de tráfico para mejorar la comunicación de la Municipalidad Provincial de Churcampa - Huancavelica se ha realizado para optimizar los recursos tecnológicos.
- Mediante la aplicación de las tecnologías alta disponibilidad en el rediseño de la red de comunicaciones se garantiza un alto nivel de eficiencia, seguridad y disponibilidad de los sistemas lo

cual debe ser aprovechado al máximo por los empleados de la Municipalidad Provincial de Churcampa.

Este trabajo hace referencia sobre los puntos más importantes a tomar en cuenta al momento de diseñar una topología de Red LAN, como la importancia de garantizar un alto nivel de eficiencia, seguridad y disponibilidad continuo del sistema.

Felipe, S.G. y Saavedra, M. (2015). *Diseño de una red de alta disponibilidad y redundancia a fin de asegurar la continuidad de los procesos informáticos de la municipalidad provincial de Chiclayo – 2015*. De la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. Obtuvo tres conclusiones más resaltantes:

- Se realizó el diseño de una red de alta disponibilidad y redundancia utilizando el protocolo HSRP y el nivel de redundancia TIER 2 para la continuidad de los procesos informáticos.
- Se realizó el diseño de la estructura de red con enlaces redundantes utilizando el protocolo STP, LACP y la Tecnología EtherChannel.
- El funcionamiento de las instalaciones y respaldo eléctrico fueron óptimas manteniendo activos los procesos de los equipos.

Este trabajo lo utilizo como de referencia para determinar que protocolos de redundancia utilizar, en este caso los protocolos HSRP, STP y LACP. Con ello tener la seguridad de que los protocolos a emplear funcionarán de manera correcta y optima.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Red de área local (LAN).

El término Local Area Network (LAN) proviene del idioma inglés que traducido al español sería: Red de Área Local. Esta tecnología se aplica en lugares o espacios pequeños como edificios o hogares donde todos los componentes o equipos comparten recursos o acceden a informaciones almacenadas en los servidores de manera local, estando ubicados en distintos lugares de un determinado campus, como diferentes habitaciones o pisos. (Estela, 2018).

2.2.1.1. Principales tipos de topología de Red LAN.

2.2.1.1.1. Topología de red tipo estrella.

En una topología de tipo estrella todos los equipos como computadoras, impresoras, televisores, laptops, etc; están conectados a un único servidor central, en este tipo de topología todos dependen del servidor central para enviar o recibir información, como se muestra en la Figura 1. (Estela, 2018)

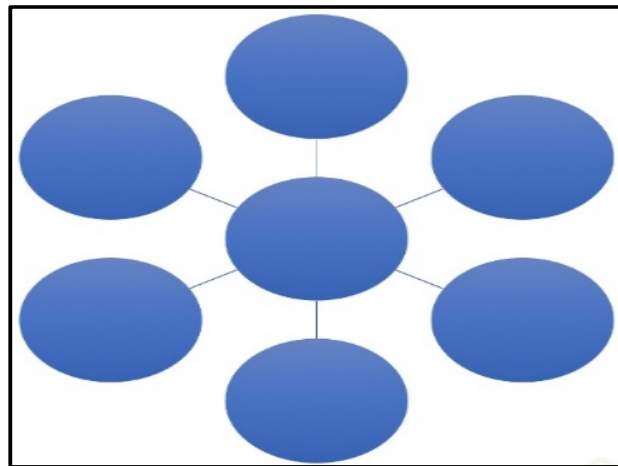


Figura 1. Topología de red tipo estrella.
Fuente: Cortés (2018).

2.2.1.1.2. Topología de red jerárquica o de árbol.

Topología de red jerárquico o en árbol tiene un nodo de enlace troncal desde el que se ramifican los demás nodos. Hay dos tipos de topologías en árbol: El árbol binario (cada nodo se divide en dos enlaces); y el árbol backbone (un tronco backbone tiene nodos ramificados con enlaces que salen de ellos), véase la Figura 2. (González, 2011).

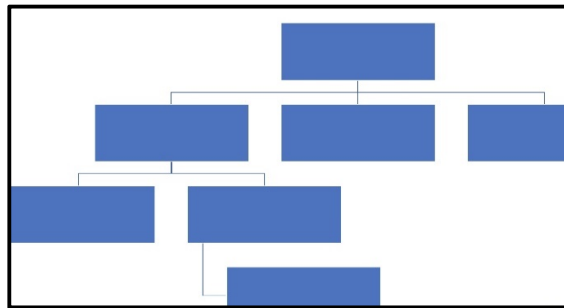


Figura 2. Topología de red jerárquico o de árbol.
Fuente: Cortés (2018).

2.2.1.1.3. Topología de red de tipo malla.

En una topología de malla, cada nodo se enlaza directamente con los demás nodos. Cada nodo está físicamente conectado a todos los demás nodos, lo cual crea una conexión redundante. Si fallara cualquier enlace, la información podrá fluir a través de una gran cantidad de enlaces alternativos para llegar a su destino, véase la Figura 3. (González, 2011).

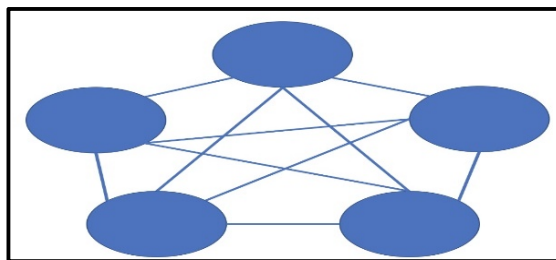


Figura 3. Topología de red tipo malla.
Fuente: Cortés (2018).

2.2.1.2. Estándares para Redes de Área Local (LAN).

2.2.1.2.1. Estándar IEEE 802.

El Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (IEEE) decidió establecer el denominado comité 802 para la elaboración de unos estándares para las redes de área local. El Comité IEEE 802 definió tres estándares: la Red Ethernet de Xerox con la denominación LAN IEEE 802.3, la Red Token Bus MAP de la General Motors con la denominación LAN IEEE 802.4 y la Red Token Ring de la IBM con la denominación LAN IEEE 802.5, véase la Figura 4. (Briceño, 2005, pp. 362-366).

CARACTERISTICAS	LAN IEEE 802.3 (*)	LAN IEEE 802.4 (**)	LAN 802.5 (***)
Topología	Barra / Arbol	Barra Física Anillo Lógico	Anillo Físico
Método de Acceso	CSMA/CD	Barra de Contraseña (Token Bus)	Anillo de Contraseña (Token Ring)
Forma de Transmisión	Banda de Base/ Portadora Modulada	Banda de Base/ Portadora Modulada	Banda de Base
Velocidad de Transmisión	10 Mbps	1 a 20 Mbps	1, 4 y 16 Mbps
Código de Línea	Manchester/DPSK	Manchester/ FSK, PSK	Differential Manchester
Medio de Transmisión	Cable Coaxial, Par Trenzado, Fibras Ópticas	Cable Coaxial Fibras Ópticas	Par Trenzado Fibras Ópticas
Distancia Máxima entre Estaciones	1500 (Con Repetidores)	800 m	100 m
Número Máximo de Estaciones	100 (Segmento de 500 m)	45	260

(*) Ethernet: DEC, XEROX, Intel; (**) MAP: General Motors; (***) IBM Token Ring Network.

Figura 4. Características de las Redes LAN IEEE 802.

Fuente: Briceño (2005, p. 366).

2.2.1.2.1.1. Estándar LAN IEEE 802.3.

El estándar LAN IEEE 802.3 fue desarrollado tomando como base la red Ethernet, en la cual el método de acceso es el CSMA/CD y la topología en barra/árbol. En el estándar LAN IEEE 802.3 hay una cantidad de opciones que le dan al usuario flexibilidad y variedades en la mayor parte de las aplicaciones. (Briceño, 2005, p. 366).

2.2.1.2.1.2. Tecnologías Ethernet de Alta Velocidad.

Como la Red Ethernet (802.3) no ha seguido este mismo tren, los fabricantes han desarrollado nuevos estándares que aumentan la velocidad de transmisión hasta 100 Mbps y 1000 Mbps, estas son Ethernet Rápida (Fast Ethernet, FE), Ethernet Conmutada (Switched Ethernet) y Ethernet de Alta Velocidad (High Speed Ethernet, HSE), en la Tabla 2 se muestra los principales estándares del IEEE802.3 (Briceño, 2005, pp. 372-373)

Tabla 2
Principales versiones del estándar IEEE802.3

Base	Medio	Estándar	Distancia máxima
10Base-T	UTP CAT 3,5,5e,6	IEEE802.3i	100 m
10Base-FL	Fibra Óptica MM 850nm	IEEE802.3	2000 m
100Base-TX	UTP CAT 5,5e,6	IEEE802.3u	100 m
100Base-FX	Fibra óptica MM 1300 nm	IEEE802.3u	2000 m
1000Base-KX	Placas eléctricas	IEEE802.3ap	-
1000Base-T	Par trenzado CAT 5 o superior	IEEE 802.3ab	100 m
1000Base-TX	Par trenzado CAT 6,7	IEEE802.3	100 m
1000Base-CX	Cable blindado	IEEE 802.3z	25 m
1000Base-SX	Dos fibras ópticas 850 nm	IEEE 802.3z	550 m 50µm
1000Base-LX	Dos fibras ópticas 1300 nm	IEEE 802.3z	5000 m
Ethernet 10GbE	-	IEEE 802.3ae	-

Fuente. Adaptado de Cisco Systems (2012).

2.2.2. Modelo OSI.

La Organización Internacional para la Normalización (ISO) creó un modelo de red que pudiera ayudar a los diseñadores de red a implementar redes que pudieran comunicarse y trabajar en conjunto (interoperabilidad) y, por lo tanto, elaboraron el modelo de referencia OSI. (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2008).

2.2.2.1. Capas del modelo de referencia OSI.

La estructura del modelo de referencia OSI se muestra en la Figura 5 y se divide en siete capas que son:

- Capa 7: La capa de aplicación
- Capa 6: La capa de presentación
- Capa 5: La capa de sesión
- Capa 4: La capa de transporte
- Capa 3: La capa de red
- Capa 2: La capa de enlace de datos
- Capa 1: La capa física (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2008).

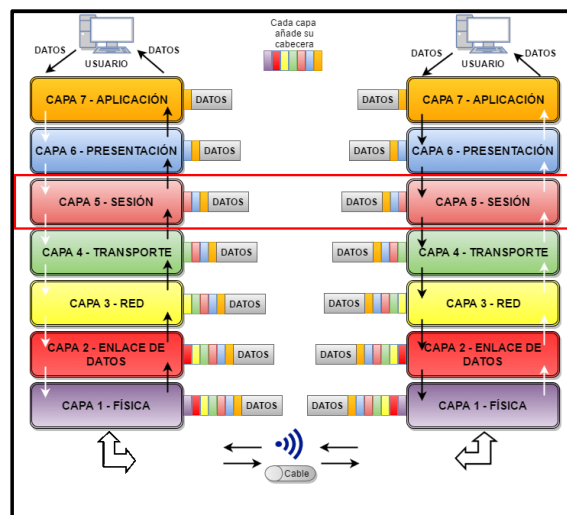


Figura 5. Modelo de referencia OSI.
Fuente: Paredes (2018).

2.2.3. Medios de transmisión.

El medio de transmisión constituye el canal que permite la transmisión de información entre dos terminales en un sistema de transmisión. Las transmisiones se realizan empleando ondas electromagnéticas que se propagan a través del canal de un medio físico o por el vacío. (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, 2012).

Los medios de transmisión dependiendo de la forma de conducir la señal a través del medio, se pueden clasificar en dos grupos: Medios de transmisión guiados (el par trenzado, el cable coaxial y la fibra óptica y Medios de transmisión no guiados (radio microondas, infrarrojos y láser). (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, 2012).

2.2.3.1. El par trenzado.

El par trenzado consiste en un par de hilos de cobre conductores cruzados entre sí, con el objetivo de reducir el ruido de diafonía o interferencias electromagnéticas. Existen tres tipos de par trenzado: par trenzado no apantallado o no blindado (UTP), par trenzado apantallado o blindado (STP) y par trenzado con pantalla global o blindado global (FTP), véase la Figura 6. (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, 2012)

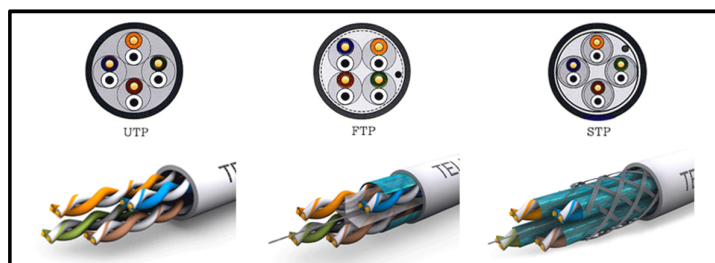


Figura 6. Tipos de par trenzado.
Fuente: TELECOABLE (2017).

2.2.3.1.1. Principales categorías del par trenzado.

- a. **Categoría 5.** El cable par trenzado de categoría 5, o CAT 5, ayuda a la transmisión de hasta 100 MHz con velocidades de hasta 1000 Mbps, adecuado para el rendimiento 100BASE T. Se puede utilizar para redes ATM, 1000BASE T, 10BASE T, y token ring. (Dominic, s.f.).

- b. **Categoría 5e.** El cable par trenzado de categoría 5e o CAT 5e, es una versión mejorada sobre el de nivel 5. Sus características son similares al CAT 5 y es compatible con transmisión de hasta 10MHz. Es más adecuado para operaciones con Gigabit Ethernet 1000BASE T. (Dominic, s.f.).

- c. **Categoría 6.** El cable par trenzado de Categoría 6, o CAT 6, es un par trenzado que puede soportar hasta 250 MHz de transmisión. Este cable con alambres de cobre puede soportar velocidades de 1 Gbps. Es adecuado para redes 1000BASE T, 100BASE T y 10BASE T. (Dominic, s.f.).

- d. **Categoría 7.** El cable par trenzado de categoría 7 o CAT 7, es otro proyecto de norma que admite la transmisión de hasta 600MHz. CAT 7 es un estándar Ethernet de cable de cobre 10G que mide más de 100 metros. Tiene reglas más estrictas que CAT 6 sobre el ruido del sistema y la diafonía. (Dominic, s.f.).

2.2.3.1.2. Ponchado según norma ANSI/EIA/TIA-568-A.

Germán (2015) mencionana que el estadar ANSI/EIA/TIA “regula todo lo concerniente a sistemas de cableado estructurado para edificios comerciales” (p. 101). En la Tabla 3 se muestra el orden de los colores para el par trenzado.

Tabla 3
Ponchado de par trenzado, según ANSI/EIA/TIA-568-A.

PIN CONECTOR	PAR	COLOR
1	3	Blanco Verde
2	3	Verde
3	2	Blanco Naranja
4	1	Azul
5	1	Blanco Azul
6	2	Naranja
7	4	Blanco Marrón
8	4	Marrón

Fuente. Adaptado de Universidad Autónoma del Carmen (2006).

2.2.3.1.3. Ponchado según ANSI/EIA/TIA-568-B.

Germán (2015) mencionana que el estadar ANSI/EIA/TIA, “Especifica los requisitos mínimos para componentes reconocidos de par trenzado balanceado de 100, usados en cableado de telecomunicaciones en edificios y campus” (p. 104). El orden de colores se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4
Ponchado de par trenzado, según ANSI/EIA/TIA-568-B.

PIN CONECTOR	PAR	COLOR
1	2	Blanco Naranja
2	2	Naranja
3	3	Blanco Verde
4	1	Azul
5	1	Blanco Azul
6	3	Verde
7	4	Blanco Marrón
8	4	Marrón

Fuente. Adaptado de Universidad Autónoma del Carmen (2006).

2.2.3.2. Sistemas de cableado.

2.2.3.2.1. Sistema de cableado horizontal.

El sistema horizontal está compuesto por los cables, terminaciones, canalizaciones, cables de equipos y cordones de conexión, necesarios para llevar servicios hasta cada puesto de trabajo. El sistema horizontal es instalado entre las áreas conocidas como “cuartos de telecomunicaciones” y las “áreas de trabajo”. (Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, s.f.).

2.2.3.2.2. Sistema de cableado vertical.

Da Silva y Fernández (2003). Afirman que un sistema de cableado vertical: “Se define como la interconexión entre cuartos de cableado, áreas de trabajo, y acometidas. También incluye el cableado entre edificios” (p.115).

2.2.4. Expansión de la red.

2.2.4.1. Diseño de red que admita escalabilidad.

Para admitir escalabilidad en una red, el diseño básico de red debe incluir las siguientes recomendaciones:

- Diseño de red jerárquico para que incluya módulos que se puedan agregar, actualizar y modificar, sin afectar el diseño de otras áreas funcionales de la red.
- Creación de direcciones IP jerárquica para admitir usuarios y servicios adicionales.
- Elección de Routers o Switches de capas múltiples para limitar la difusión y filtrar otro tipo de tráfico no deseado en la red.

- La implementación de enlaces redundantes en la red, entre los dispositivos esenciales y los dispositivos de capa de distribución y de capa de núcleo.
- La implementación de varios enlaces entre los equipos ya sea con agregación de enlaces (EtherChannel) o con balanceo de carga de mismo costo para aumentar el ancho de banda. (Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, s.f.).

2.2.5. Jerarquía en las redes.

Las redes deben satisfacer las necesidades actuales de las organizaciones y admitir tecnologías emergentes a medida que se adoptan nuevas tecnologías. Cuando se analiza el diseño de red, es útil categorizar las redes según la cantidad de dispositivos que se atienden:

- **Red pequeña:** Hasta 200 dispositivos.
- **Red mediana:** De 200 a 1000 dispositivos.
- **Red grande:** Más de 1000 dispositivos. (Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, s.f.)

2.2.5.1. Niveles de una Red LAN jerárquico.

2.2.5.1.1. Capa de acceso.

La capa de acceso otorga acceso a la red para las terminales. La capa de acceso para la red de una pequeña empresa, por lo general, incorpora Switches de capa 2 y puntos de acceso que proporcionan conectividad entre las estaciones de trabajo y los servidores. (Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, s.f.).

2.2.5.1.2. Capa de distribución.

La capa de distribución concentra los datos recibidos de los Switches de la capa de acceso antes de que se transmitan a la capa núcleo. Utilizando Routers o Switches multicapa, se puede proporcionar agregación de enlaces, redundancia y balanceo de carga, seguridad basada en políticas de listas de control de acceso (ACL) y filtrado. (Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, s.f.).

2.2.5.1.3. Capa núcleo.

La capa de núcleo también se conoce como “backbone de red”, consta de dispositivos de red de alta velocidad. El núcleo debe tener una alta disponibilidad y debe ser redundante. El núcleo agrega el tráfico de todos los dispositivos de la capa de distribución, por lo tanto, debe poder enviar grandes cantidades de datos rápidamente. En la Figura 7 se muestra los niveles jerárquicos de una Red LAN. (Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, s.f.).

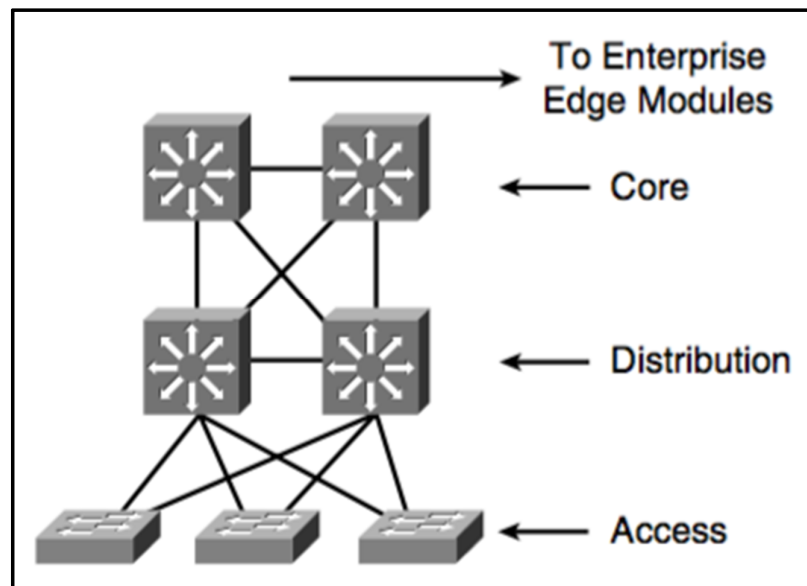


Figura 7. Topología de una Red LAN jerárquico.
Fuente: Martínez (2015).

2.2.6. Red Virtual de Área Local (VLAN).

Las VLAN proporcionan una manera de agrupar dispositivos dentro de una Red LAN bajo el estándar IEEE802.1q. Un grupo de dispositivos dentro de una VLAN se comunica como si estuvieran conectados al mismo cable como se aprecia en la Figura 8. Se basan en conexiones lógicas, en lugar de conexiones físicas. Cualquier puerto de Switch puede pertenecer a una VLAN, y los paquetes de unidifusión, difusión y multidifusión se reenvían y saturan solo las estaciones terminales dentro de la VLAN donde se originan los paquetes. (Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, s.f.).

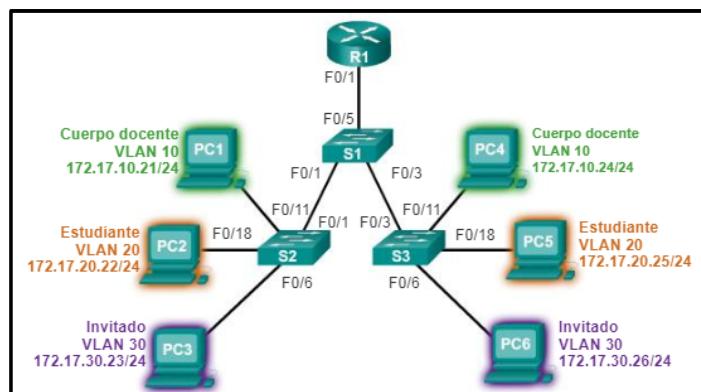


Figura 8. Topología de una VLAN.

Fuente: Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo (s.f.).

2.2.6.1. Tipos de VLAN.

- a. **VLAN de datos.** “Una VLAN de datos es una VLAN configurada para transportar tráfico generado por usuarios (no lleva administración ni tráfico de voz)” (Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, s.f.).
- b. **VLAN nativa.** Una VLAN nativa está asignada a un puerto troncal 802.1Q. Los puertos de enlace troncal son los

enlaces entre Switches que admiten la transmisión de tráfico asociado a más de una VLAN. El puerto de enlace troncal 802.1Q coloca el tráfico sin etiquetar la VLAN 1 de manera predeterminada. (Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, s.f.).

- c. VLAN de administración.** Una VLAN de administración es cualquier número de VLAN que se configura para poder acceder de manera remota a las capacidades de administración de los Switches administrables, mediante los medios como HTTP, Telnet, SSH o SNMP. (Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, s.f.).

2.2.7. Protocolos de red

Protocolos de red son conjunto de normas o estándares que especifican el método para enviar y recibir datos entre varios ordenadores. Es una convención que controla o permite la conexión, comunicación, y transferencia de datos entre dos puntos finales. (Santibañez, 2011).

2.2.7.1. Protocolos de redundancia de Red LAN.

La redundancia de red es clave para mantener la confiabilidad de la red donde varios enlaces físicos entre dispositivos proporcionan rutas redundantes. De esta forma, la red puede continuar funcionando si falló un único enlace o puerto. Permitiendo a que un cliente utilice un Gateway predeterminado alternativo en caso de que falle el Gateway predeterminado principal. (Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, s.f.).

2.2.7.1.1. Hot Standby Router Protocol (HSRP).

Hot Standby Router Protocol (HSRP) es un protocolo propietario de Cisco, cuyo objetivo es proporcionar redundancia de capa 3 a nivel Gateway. Para lograr esto, las interfaces de dos o más Routers o Switches multicapa son asignadas a un grupo HSRP. Dentro de ello existe dos tipos de dispositivos, uno como primario este Router es encarga de procesar los paquetes IP que son enviados a la dirección IP virtual y otro Router del grupo es elegido como Standby como se aprecia en la Figura 9. Los Routers intercambian entre ellos mensajes “hello” de manera regular para monitorear su estado y la existencia o ausencia de un Router activo. Los dispositivos pasan por una serie de estados donde las más importantes son: el estado active y passive, el primer estado lo obtiene el dispositivo con la prioridad más alta del grupo, mientras que el dispositivo en segundo lugar se denomina standby. Una de las funciones principales del dispositivo standby es monitorear el estado del dispositivo activo del grupo HSRP mediante los mensajes hello que se envían con intervalos de 3 segundos. Así mismo, existe un parámetro denominado Hold-Time timer, el cual es de 10 segundos. Tanto el intervalo de hello como el Hold-time pueden ser configurados. Una regla general es que el Hold-time sea 3 veces mayor al intervalo de hello. (Calvillo, 2017).

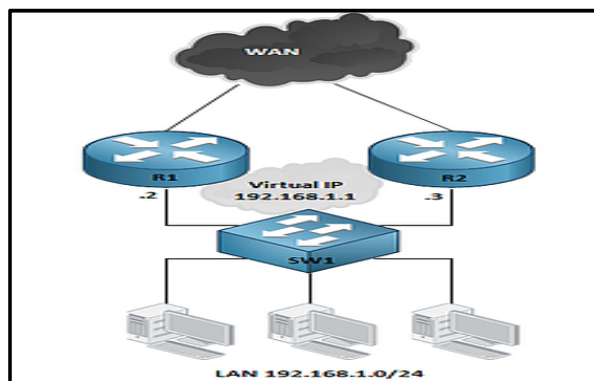


Figura 9. Topología típica del protocolo HSRP.
Fuente: Calvillo (2017).

2.2.7.1.2. Spanning tree Protocol (STP).

Es la versión original de IEEE 802.1D (802.1D-1998 y anterior), que proporciona una topología sin bucles en una red con enlaces redundantes. El tráfico para todas las VLAN fluye por la misma ruta, lo que puede provocar flujos de tráfico poco óptimos. Debido a las limitaciones de 802.1D, la convergencia de esta versión es lenta. (Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, s.f.).

2.2.7.1.2.1. Rapid-PVST+.

Es una mejora de Cisco de RSTP que utiliza PVST+. Proporciona una instancia de 802.1w distinta por VLAN. La instancia aparte admite PortFast, protección BPDU, filtro BPDU, protección de raíz y protección de bucle. Esta versión resuelve tanto los problemas de convergencia como los de flujo de tráfico poco óptimo. (Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, s.f.).

2.2.7.2. EtherChannel.

2.2.7.2.1. Link Aggregation Control Protocol (LACP).

Es un protocolo de capa de enlace de datos definido en el estándar IEEE 802.3ad. Proporciona un método para controlar la agrupación de varios puertos físicos para formar un solo canal lógico. LACP funciona en conjunto con MLAG (Agregación de enlaces de chasis múltiple) (FS.Com, 2018).

2.2.7.3. Protocolo de asignación IP.

2.2.7.3.1. Dynamic Host Configuration Protocol v4 (DHCPv4).

DHCPv4 asigna direcciones IPv4 y otra información de configuración de red en forma dinámica. Se puede configurar un Router Cisco para proporcionar servicios DHCPv4 sin necesidad de un servidor dedicado. DHCPv4 incluye tres mecanismos diferentes de asignación de direcciones IP: Asignación manual, asignación automática y Asignación dinámica. (Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, s.f.).

2.2.7.4. Protocolo de seguridad.

2.2.7.4.1. Shell seguro (SSH).

Es un protocolo que proporciona una conexión de administración segura (cifrada) a un dispositivo remoto. SSH proporciona seguridad para las conexiones remotas mediante el cifrado seguro cuando se autentica un dispositivo (nombre de usuario y contraseña) y también para los datos transmitidos entre los dispositivos que se comunican. SSH se asigna al puerto TCP 22. (Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, s.f.).

2.2.7.5. Protocolo de enrutamiento.

2.2.7.5.1. OSPF.

El protocolo Open Shortest Path First (OSPF), definido en RFC 2328, es un Internal Gateway Protocol (IGP) que se usa para distribuir la información de ruteo dentro de un solo sistema autónomo. El protocolo OSPF está basado en tecnología de estado de Link, OSPF incluye conceptos como la autenticación

de actualizaciones de ruteo, Máscaras de subred de longitud variable (VLSM), resumen de ruta, etc. (Cisco, 2005).

2.3. Definición de términos básicos

- Alta disponibilidad. Es la capacidad de un sistema de poder brindar servicios continuos a pesar de alguna falla, el sistema siga siendo disponible de alguna manera.
- Redundancia. Capacidad de una topología de Red LAN de poseer duplicidad de dispositivos y enlaces.
- Topología. Representación gráfica del diseño de Red LAN, donde se muestra las interconexiones y dispositivos de red.
- Dispositivos de redes. Son las que forman parte de la topología (Parte física), interconectados entre si cumpliendo diferentes roles y jerarquías que hacen posible la comunicación de un punto a otro.
- Par trenzado. Formado por dos cables de cobre entrelazados entre sí para minimizar interferencias.
- Enlace. Un medio que conecta un dispositivo y otra y hace posible la transmisión de data o paquete.
- Enlace Troncal. Es el medio donde circula alta cantidad de datos de diferentes medios y/o subredes.
- Jerarquía. Estructura que se establece según la importancia y función que cumple los dispositivos en una topología de red.
- Protocolo de red. Conjuntos de reglas o normas que hacen posible una comunicación entre dispositivos de red.
- Norma ANSI/TIA/EIA 569. Estándar para telecomunicaciones en el tema de rutas o recorridos y espacios en edificios comerciales.
- Estándar ANSI/TIA/EIA 568. Estándar que explica los requisitos mínimos para el cableado estructurado en telecomunicaciones dentro de edificios comerciales, y entre edificios comerciales dentro de un determinado campus.
- ANSI/EIA 310-D-92. Estándar que regula las características de un rack estandarizado.

- IEC297-2. Estándar que regula la compatibilidad de equipos electrónicos y de telecomunicaciones de distintos fabricantes en un rack.
- RFC (Request For Comments). Conjunto de documentos que son utilizados como referencia para la estandarización de protocolos en la implementación de redes.
- Área de trabajo. El área de trabajo es donde se encuentran los usuarios finales y sus equipos están conectados a la red.
- Cable Directo. Son empleados para conectar: Router con Switch, Router con Hub, Hub con PC, Switch con PC. Para el armado de un Patch Cord se emplea un solo estándar en ambos extremos, ya sea ANSI/TIA/EIA 568-B o ANSI/TIA/EIA 568-A.
- Cable cruzado. Son empleados para conectar: Router con Router, Hub con Hub, Switch con Switch, PC con PC, Router con PC. Para armar un Patch Cord se utilizan dos estándares: ANSI/TIA/EIA 568-B y ANSI/TIA/EIA 568-A, en un extremo el estándar A y en el otro extremo el estándar B.
- Patch Cord. Es un cable de red para conectar dos o más dispositivos de telecomunicaciones, se emplean para mantener el orden y facilidad.
- Patch Panel. Elemento que se instala en el rack, donde las conexiones entre dispositivos se hacen por medio de este, para no afectar directamente a los dispositivos o puertos por las constantes actividades en el sistema.
- Ordenador. Elemento que sirve para mantener ordenado los cables en un rack de telecomunicaciones.
- Rack. Elemento que sirve para albergar a los dispositivos de redes y cableado estructurado de manera ordenada en un cuarto de telecomunicaciones.
- Cuarto de telecomunicaciones. Es el espacio donde están ubicados equipos de telecomunicaciones. Es el espacio más importante del área tecnológica y tiene acceso restringido.

CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1. Modelo de solución propuesto.

3.1.1. Análisis

3.1.1.1. Alcance.

- Diseño de la topología de Red LAN de alta disponibilidad y redundante con los dispositivos principales: Router, Switch, equipos de usuarios finales, granja de servidores, impresora y Access Point.
- Listar los protocolos para lograr redundancia y alta disponibilidad en la Red LAN.
- Presentar la programación de los protocolos empleados en los dispositivos Router y Switch.
- Listar los modelos de los dispositivos Router y Switch adecuados para la funcionalidad óptima del sistema.
- Presentar la programación de seguridad para el acceso remoto a los dispositivos administrables (Router y Switch).
- Simulación de la topología diseñada.

3.1.1.2. Análisis cuantitativo de los dispositivos de redes de la actual infraestructura.

La empresa ITG Solutions tiene como parte de su inventario de redes y comunicaciones, dispositivos de redes (Router, Switches, Firewall y Access Point), impresora, ordenadores de mesa y ordenadores portátiles. Estos tres últimos son usados directamente por los colaboradores de las distintas áreas de la empresa.

En la Tabla 5 se listan la cantidad total de cada dispositivo de redes, equipos de usuarios finales y su descripción.

Tabla 5
Listado de equipos de redes que conforman la infraestructura actual de la empresa ITG Solutions.

Equipos	Cant.	Descripción
Router	1	Router principal para salida hacia el internet
Firewall	1	Primer dispositivo en la Red LAN.
Switch de Capa 2	2	1 Switch de 24P y 1 Switch de 48P.
Access Point	3	Brinda WiFi en toda la oficina.
Granja de Servidores	1	Formado por servidores físicas y virtualizados.
Ordenadores de mesa	35	Usados en las distintas áreas de la empresa.
Ordenadores portátiles	12	Usado por el área de gerencia, ventas, jefes y coordinadores.
Impresora	1	Utilizado por todos los colaboradores.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.3. Análisis cuantitativo de colaboradores de la empresa ITG Solutions S.A.C.

El ambiente de trabajo de la empresa ITG Solutions está compuesta por áreas y cada área está conformada por profesionales que cumplen el perfil que cada área exige; el área de Gerencia está compuesta por el gerente general, gerente de operaciones y soluciones Cloud y una asistente de gerencia. Áreas como ventas, administración y RR. HH están conformadas por un único jefe de área y colaboradores con cargos de analista y asistente. Por otro lado, las áreas de Operaciones, Cloud y Soporte de Office 365 está constituida por un jefe de área, coordinadores de proyecto, especialistas, analistas y practicantes, para un mejor alcance de las distintas áreas de la

empresa y la cantidad de colaboradores que las conforman véase la Tabla 6.

Tabla 6
Listado general de colaboradores de la empresa ITG Solutions.

Área	Cantidad
Administración	3
Ventas	4
Gerencia	3
Operaciones	11
Cloud	8
Soporte Office365	13
RR. HH	2

Fuente. Elaboración propia.

3.1.1.4. Análisis de protocolos de red para la alta disponibilidad y redundancia de la Red LAN.

Para que la topología de Red LAN diseñada tenga la funcionalidad de alta disponibilidad y redundancia, se emplearán protocolos de red que se ilustran en la Tabla 7.

Tabla 7
Protocolos de redundancia y alta disponibilidad.

Protocolo	Descripción
HSRP	Empleados en los Switches de capa 3, para lograr redundancia.
Rapid PVST+	Empleados en los Switches de capa 2 y 3, para evitar generación de bucles.
SSH v2	Empleados en los dispositivos administrables, para restringir acceso remoto no autorizado.
OSPF	Empleados en los Routers y Switches de capa 3, para el enrutamiento entre estos dispositivos.
LACP	Empleado en los Switches del nivel de distribución para agregación de enlaces.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Desarrollo.

3.1.2.1. Descripción de la infraestructura de Red LAN actual.

La empresa ITG Solutions tiene una topología de Red LAN con un diseño 1+0, es decir solamente cuenta con un enlace principal en toda la red y ningún enlace de respaldo ante una falla en los equipos, puertos o cableado estructurado. Los dispositivos que conforman la estructura actual están desabastecidos, generando lentitud, alta probabilidad de colapso del servicio, falta de puertos para agregar nuevos equipos (topología no escalable), etc. La estructura está conformada por equipos listados en la tabla 5, a continuación, se describe cada dispositivo que conforman la Red LAN actual de la empresa ITG Solutions:

- a. **Firewall.** Dispositivo que está instalado como el primer componente de la Red LAN, que cumple la función de proteger ante posibles ataques de Malwares.

- b. **Router Cisco.** Dispositivo ubicado en el cuarto de telecomunicaciones, a ello está conectado un ordenador para la administración de la red, asimismo está conectado un Switch de 24 puertos capa 2 y este dispositivo es el encargado de enrutar la red y enviar todo el tráfico proveniente de los equipos de los colaboradores hacia su destino final.

- c. **Switch Cisco 24 Puertos de capa 2.** Este dispositivo está conectado al puerto del Router Cisco, también algunos equipos de la oficina están conectados a este Switch, asimismo la granja de servidores está conectado a este dispositivo, finalmente uno de los puertos da conexión a otro Switch Cisco de 48 puertos. Este equipo es la que lleva el mayor flujo de datos ya que está ubicado en el

centro de la topología, generando varias desventajas en la Red LAN, por ejemplo, si fallara por algún motivo dejaría toda la oficina sin servicio a internet, generando molestias en los propios colaboradores de la empresa y sobre todo en los clientes.

- d. Granja de servidores.** Conformado por servidor de archivos, servidor de correo, Active Directory y otros servidores virtualizados.

- e. Switch Cisco 48 puertos de capa 2.** Este dispositivo brinda conexión a la mayoría de los equipos de los colaboradores de la empresa, conexión a la impresora y al Access Point.

- f. Impresora multifuncional.** Equipo usado por todos los colaboradores de la empresa, está conectado al Switch Cisco de 48 puertos.

- g. Access Point.** Dispositivo que brinda servicio de internet para los dispositivos móviles, laptops y equipos con conexión inalámbrica, el Access Point está conectado al Switch Cisco de 48 puertos. Este dispositivo es la más usada por los colaboradores ya que los Switches ya no cuentan con puertos disponibles y sobre todo no se encuentran al alcance de los colaboradores (los Switches están ubicados en cuarto de telecomunicaciones).

El Router, el Firewall, los Switches y la granja de servidores se encuentran ubicados en el cuarto de telecomunicaciones; mientras tanto la impresora está ubicada en la zona de recepción y por último los dispositivos Access Point están instaladas en la parte superior del pasadizo.

En la Figura 10 se ilustra la topología de Red LAN actual.

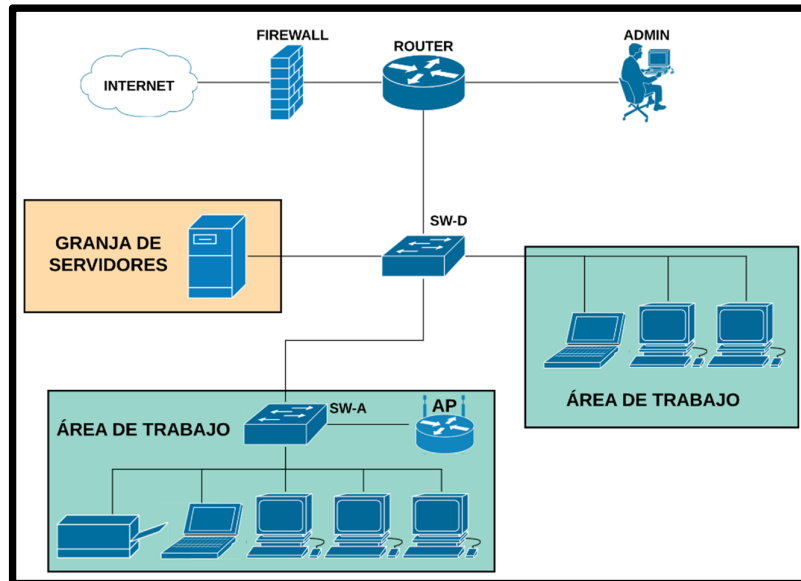


Figura 10. Topología actual de la empresa ITG Solutions S.A.C.
Fuente: Elaboración propia.

Los distintos equipos que son parte de la infraestructura de Red LAN de la empresa ITG Solutions, están ubicados como se muestra en la Figura 11.

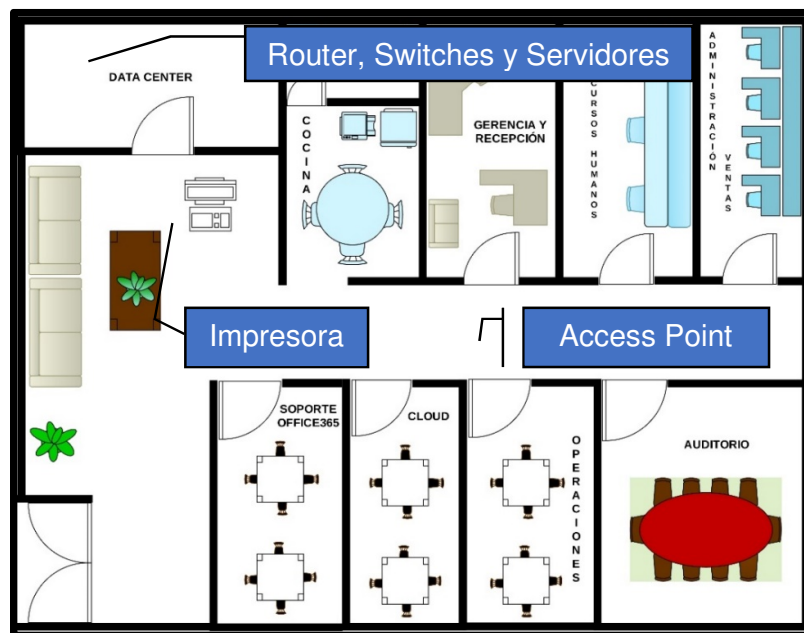


Figura 11. Ubicación de los equipos de redes en el plano de la empresa ITG Solutions.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.1.1. Recorrido del cableado UTP.

Los Switches se encuentran en el cuarto de telecomunicaciones, por ello el cableado recorre desde el cuarto de telecomunicaciones hasta las oficinas de las distintas áreas. El recorrido es a través de canaletas instaladas por debajo de la alfombra. La canaleta lleva una gran cantidad de cables UTP, necesarios para todos los equipos en las oficinas. El recorrido del cableado se ilustra en la Figura 12.

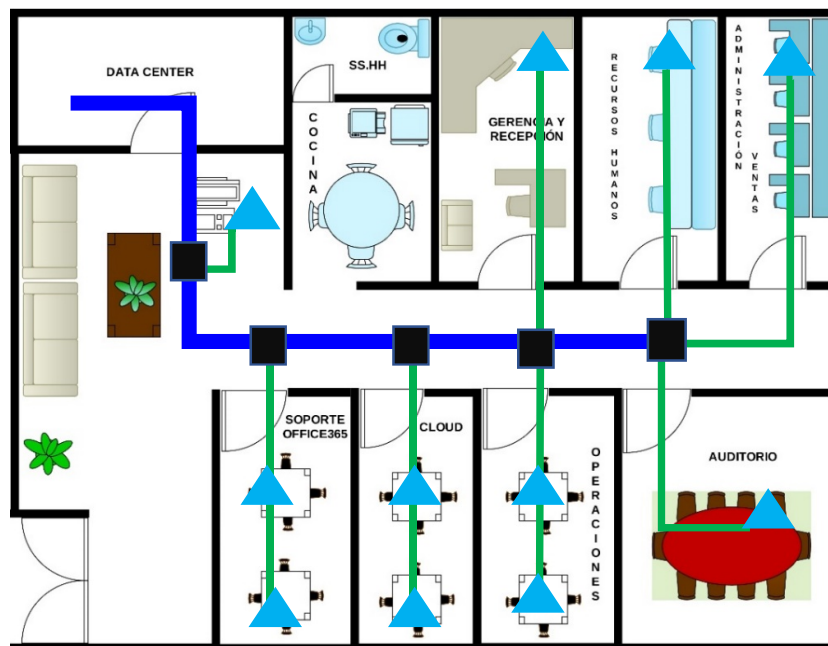


Figura 12. Recorrido del cableado UTP.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.1.2. Estado de los dispositivos de redes y cableado.

El cableado entre dispositivos se encuentra desordenado y está expuesto a ser desconectado accidentalmente por el personal encargado de redes, colaboradores que transiten en el lugar u otros factores que estropeen el cableado estructurado. En cuanto a los dispositivos alojados en el rack no se encuentran fijados en cada división o unidad, al no estar asegurados, ante un movimiento telúrico o manipulación del

personal puede sufrir caídas y afectar todo el sistema de redes. En la figura 13 se puede apreciar el estado del cableado estructurado.

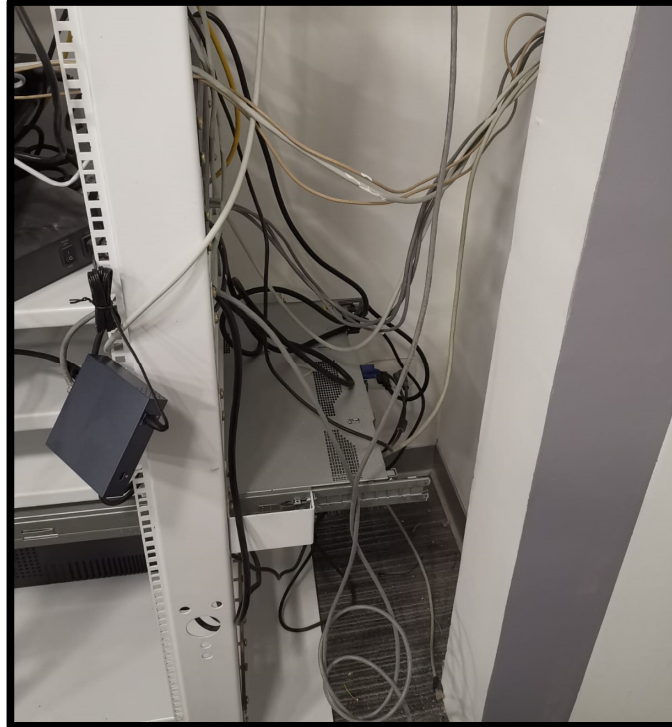


Figura 13. Estado de cableado estructurado.
Fuente: Fotografía propia.

3.1.2.2. Descripción de la topología a diseñar.

El nuevo diseño de la topología de Red LAN será un sistema jerárquico escalable o llamado topología de árbol, con conexiones redundantes en cada nivel para garantizar la continuidad de servicio ante un fallo en uno de los componentes de la Red LAN, el diseño estará basado en la norma IEEE802/Ethernet, asimismo el cableado estructurado estará en base a la norma ANSI/TIA/EIA-568. Para un funcionamiento eficaz del sistema, en cada nivel jerárquico se empleará equipos que cumplan las exigencias y calidad de un sistema jerárquico de alta disponibilidad. Cuando en un futuro se requiera agregar más equipos, aumentar el ancho de banda, expandir la red, etc.; no

será necesario rediseñar toda la topología, ya que este diseño estará preparado para tales requerimientos. A continuación, se describe las características de cada dispositivo que formarán parte del diseño de la topología de Red LAN.

3.1.2.2.1. Nivel de núcleo.

Este nivel estará conformado por 2 Routers Cisco Serie 4000 que cumplirán la función de enrutar todo el tráfico proveniente del nivel de distribución de la Red LAN hacia el exterior, asimismo cumplirá la función de seguridad en la red (Firewall) ante los ataques de los Malwares, ya que estos dispositivos tienen servicios integrados, es decir, un solo dispositivo tiene dos funcionalidades (Enrutador + Firewall).

Cada Router tendrá una conexión redundante a los Switches del nivel de distribución. Para enrutar todo el tráfico entre los Routers y Switches capa 3, se empleará el protocolo de enrutamiento OSPF.

3.1.2.2.2. Nivel de Distribución.

En este nivel estarán ubicadas dos Switches de capa 3 o también conocidos como multicapas, estos dispositivos concentrarán todo el tráfico proveniente de los Switches de acceso y los enviará al nivel de núcleo a través de las rutas redundantes con mayor ancho de banda disponible esto gracias al protocolo OSPF.

La conexión entre los dos Switches multicapa del nivel de distribución es la que llevará mayor cantidad de datos cuando se presenta fallas en el resto del sistema de la Red LAN, por ello se establecerá el método de agregación de enlaces que consiste en unir dos o más puertos de manera lógica para lograr un ancho de banda equivalente a la suma de: ancho de banda

de cada puerto, para este requerimiento se empleará el protocolo LACP.

Es en este nivel dónde se empleará 2 protocolos más: HSRP y STP en su versión Rapid-PVST+, el primero para lograr la redundancia de enlace y el segundo para evitar congestión (generación de bucle) en las rutas redundantes.

3.1.2.2.3. Nivel de acceso.

Es el último nivel de la red jerárquica que dará conexión a todos los equipos finales como: ordenadores, servidores, Access Point, impresora, etc. En este nivel se usará Switches de capa 2 y se configurará el protocolo STP en su versión Rapid-PVST+.

3.1.2.3. Ubicación de los dispositivos.

Los dispositivos tendrán una nueva ubicación según su funcionalidad, una parte estará en el Rack ubicado en el cuarto de telecomunicaciones y el resto estará en gabinetes tipo rack mural ubicados en el pasadizo de las instalaciones de la empresa ITG Solutions, las referencias de las ubicaciones se presentan en la Figura 14 y a continuación se describen las ubicaciones.

a. Ubicación de los Routers y Switches capa 3. Estarán alojados en el rack principal ubicado en el cuarto de telecomunicaciones con acceso restringido por ser dispositivos de mayor jerarquía y de mayor importancia en la topología.

b. Ubicación de los Switches capa 2 o de acceso. Estos dispositivos estarán ubicados en gabinetes o rack mural instalados en cada lado del pasadito, donde dos Switches brindarán acceso a red a los colaboradores ubicados en el

lado derecho (lado área de operaciones), un Switch dará acceso a red a los colaboradores del lado opuesto, finalmente un Switch estará ubicado en el cuarto de telecomunicaciones para proporcionar conexión a la granja de servidores.

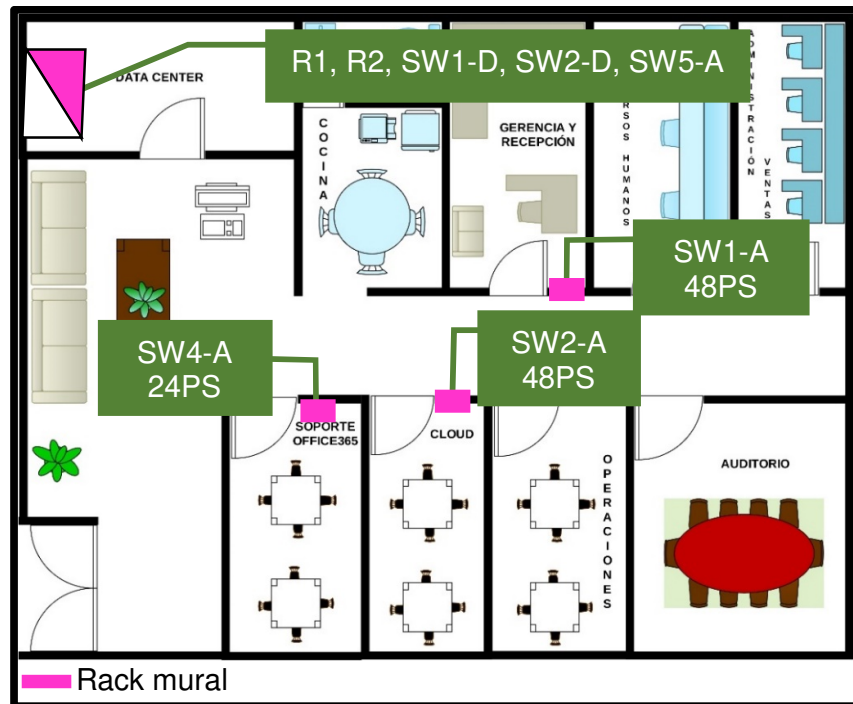


Figura 14. Ubicación de los dispositivos de red para la topología diseñada.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.4. Requerimientos.

3.1.2.4.1. Requerimiento de Rack y accesorios.

- 1 rack multipropósito de 42U 19".
- 3 Patch Panel 1U 24 puertos.
- 2 regletas para rack de 8 tomas.
- Ordenadores de cable.

3.1.2.4.2. Requerimiento de gabinetes y accesorios.

- 3 racks mural de 4U 19".
- 1 Patch panel de 24 puertos.
- 2 Patch panel de 48 puertos.
- Ordenadores de cable.
- 3 regletas para rack mural de 4 tomas.

3.1.2.4.3. Requerimiento para el cableado estructurado.

- Patch Cord UTP categoría 6 norma ANSI/TIA/EIA 568-B (cable directo).
- Patch Cord UTP categoría 6 norma ANSI/TIA/EIA 568-B Y ANSI/TIA/EIA 568-B (cable cruzado).
- Cable UTP Categoría 6.

3.1.2.4.4. Requerimiento de direcciones IP.

Para calcular la cantidad de direcciones IP se tendrá en cuenta: la cantidad de usuarios de cada área de la empresa ITG Solutions, cantidad de IP para la granja de servidores, cantidad de IP para equipos dentro de la empresa como: impresora, Access Point y dispositivos se puedan ser agregados en el futuro. Asimismo, la Red LAN estará fragmentada en subredes denominados VLAN (red virtual de área local) para las distintas áreas y servicios con un crecimiento de 60% en la cantidad de Host, es decir, cada área requerirá de la cantidad de direcciones IP con proyección a futuro que sería la cantidad necesaria actualmente más el 60% de estas.

Por ejemplo, para el área de Operaciones se requiere 11 direcciones IP, entonces la cantidad total necesaria será 18 como se muestra en la ecuación (α).

$$Total\ IP = 11 + 11 \times 60\% = 11 + 60 \left(\frac{11}{100} \right) \cong 18 \dots \dots (\alpha)$$

Por otro lado, se creará una subred con el nombre de VLAN60 que será usado para la administración de los dispositivos de la topología de manera remota. Tomando los datos de la Tabla 6, la cantidad de direcciones IP necesarios se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8
Cantidad de direcciones IP necesarios para toda la red LAN con 60% de crecimiento.

Área/Servicio	VLAN	IP necesarios (0%)	IP necesarios (60%)
Administración	10	3	5
Ventas	10	4	6
Gerencia	10	3	5
RR. HH	10	2	3
Operaciones	20	11	18
Cloud	30	8	13
Soporte Office365	40	13	21
Granja de servidores	50	5	8
Gestión	60	7	11
Enrutamiento 1	NA	2	2
Enrutamiento 2	NA	2	2
Enrutamiento 3	NA	2	2
Enrutamiento 4	NA	2	2
Otros	70	10	16

Fuente: Elaboración propia.

Realizando el método de Subneteo de red, que consiste en generar subredes a partir de una dirección IP principal, los cálculos se realizarán mediante la fórmula (β):

$$x = 2^n - 2 \dots (\beta)$$

Donde:

x : Número de host que se necesita.

n : Número de bits que se quitará del primer octeto de la dirección IP principal.

Con los datos de la Tabla 8 se obtiene la cantidad real de direcciones IP disponibles para cada subred que se muestra en la tabla 9, para ello la IP Principal será 10.135.16.0 con máscara 255.255.255.0.

Tabla 9
Cantidad total de direcciones IP disponibles para cada subred.

Nombre subred	Cant. IP	Subred	Mask	Default-Gateway
VLAN40	30	10.135.16.0	/27	10.135.16.1
VLAN10	30	10.135.16.32	/27	10.135.16.33
VLAN20	30	10.135.16.64	/27	10.135.16.65
VLAN70	30	10.135.16.96	/27	10.135.16.97
VLAN30	14	10.135.16.128	/28	10.135.16.129
VLAN60	14	10.135.16.144	/28	10.135.16.145
VLAN50	14	10.135.16.160	/28	10.135.16.161
Enrutami ento 1	2	10.135.16.176	/30	-
Enrutami ento 2	2	10.135.16.180	/30	-
Enrutami ento 3	2	10.135.16.184	/30	-
Enrutami ento 4	2	10.135.16.188	/30	-

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.4.5. Requerimiento de Router y Switch.

Según los cálculos realizados en la tabla 8 la cantidad de puertos físicos necesarios en los Switches del nivel de acceso deben de ser igual o mayor a 103 (95 + 8 puertos requeridos para conexión al nivel de distribución). Para cada subred se necesitará:

- **VLAN 10 y 70.** 35 puertos + 2 puertos para conexión al Switch de distribución, se necesitará un Switch de 48PS.
- **VLAN 20 y 30.** 31 puertos + 2 puertos para conexión al Switch de distribución, se necesitará un Switch de 48PS.
- **VLAN 40.** 21 puertos + 2 puertos para conexión a Switch de distribución, se necesitará un Switch de 24PS.
- **VLAN 50.** 8 puertos + 2 puertos para conexión al Switch de distribución, se necesitará un Switch de 24PS.

Para los Switches del nivel de distribución se requiere 8 puertos en cada dispositivo para lo cual se necesitará 2 Switches de 24 puertos. Los modelos de Routers y Switches se listan en la Tabla 10.

Tabla 10
Dispositivos de redes necesarios para cubrir los requerimientos del diseño de la topología de Red LAN.

Dispositivo	Cant.	Marca	Modelo
Router	2	Cisco	Servicios integrados serie 4000
Switch capa 3	2	Cisco	Catalyst 3650-24PS
Switch capa 2	2	Cisco	Catalyst 2960-24PS
Switch capa 2	2	Cisco	Catalyst 2960-48PS

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Diseño de la topología de Red LAN.

Con los datos obtenidos en los capítulos de análisis y desarrollo, se procede realizar diseño de la topología de Red LAN de alta disponibilidad y redundante de tipo árbol o jerárquica escalable, donde se muestran los dispositivos de redes en cada nivel jerárquico (acceso, distribución y núcleo), las conexiones de las subredes (VLAN) a los Switches de acceso y las distintas rutas o conexiones

entre los distintos dispositivos, la topología de Red LAN de alta disponibilidad y redundante diseñada se muestra en la Figura 15.

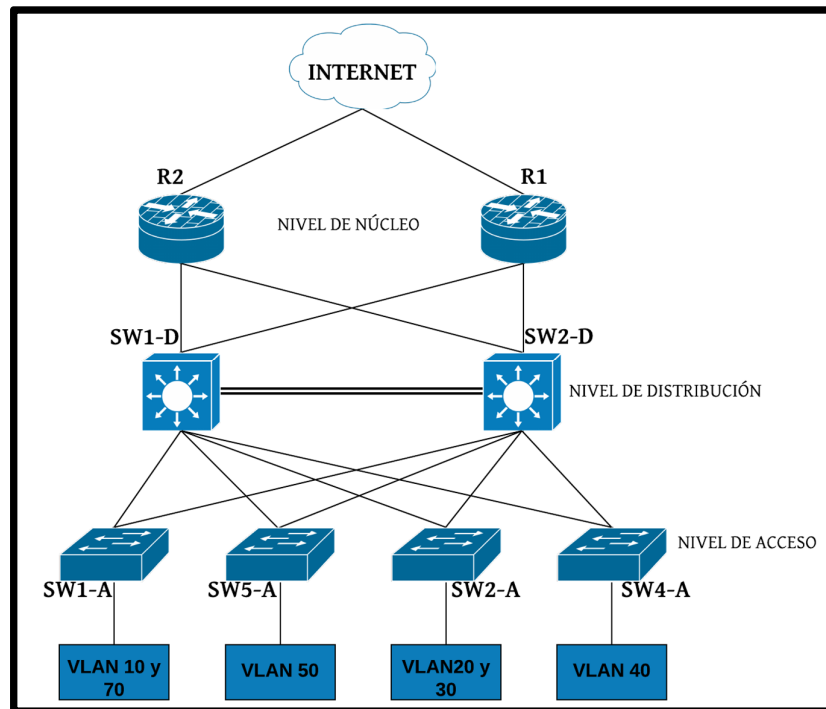


Figura 15. Diseño de la Topología de Red LAN.
Fuente: Elaboración propia.

Para un mejor manejo, orden y facilidad en las programaciones de los dispositivos, se les asignarán una representación con nombres cortos, como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11
Representación de los dispositivos de red en la topología de Red LAN.

Dispositivo	Representación	Cant. puertos
Switch 1 capa 3	SW1-D	24
Switch 2 capa 3	SW2-D	24
Switch 1 capa 2	SW1-A	48
Switch 2 capa 2	SW2-A	48
Switch 4 capa 2	SW4-A	24
Switch 5 capa 2	SW5-A	24
Router 1	R1	4
Router 2	R2	4

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.1. Configuración de las redes virtuales de área local (VLAN).

3.1.3.1.1. Creación de VLAN.

En cada Switch ya sea de capa 2 o 3, se tiene que declarar las subredes o VLAN para que sea posible la comunicación entre subredes y enrutamientos de estos. Desde la configuración global de cada dispositivo se ingresa el comando “*vlan <número de vlan>*”, finalmente ingresar el comando “*name <nombre de vlan>*”, el nombre de vlan se asigna para una mejor gestión y orden; con ello se habrá ingresado la subred a la base de datos del dispositivo. En la Figura 16 se ilustra la creación de las subredes en el Switch SW1-D.

```
SW1-A(config)#vlan 10
SW1-A(config-vlan)#name Admin,ventas,gerencia,rrhh
SW1-A(config-vlan)#exit
SW1-A(config)#vlan 20
SW1-A(config-vlan)#name Operaciones
SW1-A(config-vlan)#exit
SW1-A(config)#vlan 30
SW1-A(config-vlan)#name Cloud
SW1-A(config-vlan)#exit
SW1-A(config)#vlan 40
SW1-A(config-vlan)#name Soporte0365
SW1-A(config-vlan)#exit
SW1-A(config)#vlan 50
SW1-A(config-vlan)#name Servidores
SW1-A(config-vlan)#exit
SW1-A(config)#vlan 60
SW1-A(config-vlan)#name Gestion
SW1-A(config-vlan)#exit
SW1-A(config)#vlan 70
SW1-A(config-vlan)#name Otros
```

Figura 16. Creación de VLAN en el Switch SW1-A.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.1.2. Definición de puertos como de acceso o troncal.

Para una mejor seguridad en los puertos de los Switches del nivel de distribución y acceso se declararán como de “acceso” o “troncales” según corresponda; cuando los puertos

de un Switch darán conexión a un equipo final y dicho equipo pertenezca a una sola subred estas se configurarán como puertos de acceso e indicando la subred a la cual pertenece el equipo final. Por otro lado, si los puertos de un Switch deberán dejar pasar más de una subred entonces se declararán puertos troncales, siempre listando las subredes que pasarán por el puerto. Desde la configuración global del dispositivo, se ingresa al interfaz del puerto a configurar con el comando: “*Interface <nombre del interfaz>*”, estando en la configuración del interfaz, mediante el comando “*switchport mode access*” se establecerá el puerto como de acceso y con el comando “*switchport mode trunk*” como puerto troncal, para listar las subredes se usa el comando “*switchport trunk o access allowed vlan <número de las subredes>*”. Véase la Figura 17, donde se ilustra los comandos para la configuración de los puertos del Switch SW1-D como troncales.

```
SW1-D#
SW1-D#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SW1-D(config)#interface gigabitEthernet 1/0/3
SW1-D(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
SW1-D(config-if)#switchport mode trunk
SW1-D(config-if)#switchport trunk allowed vlan 10,60,70
SW1-D(config-if)#exit
SW1-D(config)#interface gigabitEthernet 1/0/4
SW1-D(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
SW1-D(config-if)#switchport mode trunk
SW1-D(config-if)#switchport trunk allowed vlan 20,30,60
SW1-D(config-if)#exit
SW1-D(config)#interface gigabitEthernet 1/0/5
SW1-D(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
SW1-D(config-if)#switchport mode trunk
SW1-D(config-if)#switchport trunk allowed vlan 40,60
SW1-D(config-if)#exit
SW1-D(config)#interface gigabitEthernet 1/0/8
SW1-D(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
SW1-D(config-if)#switchport mode trunk
SW1-D(config-if)#switchport trunk allowed vlan 50,60
SW1-D(config-if)#exit
SW1-D(config)#
```

Figura 17. Configuración de puertos como “troncales” en SW1-D.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 18 se ilustra los comandos para la configuración de los puertos del Switch SW1-A como de acceso y troncales.

```
SW1-A#
SW1-A#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SW1-A(config)#interface GigabitEthernet 0/1
SW1-A(config-if)#switchport mode trunk
SW1-A(config-if)#switchport trunk allowed vlan 10,60,70
SW1-A(config-if)#exit
SW1-A(config)#interface GigabitEthernet 0/2
SW1-A(config-if)#switchport mode trunk
SW1-A(config-if)#switchport trunk allowed vlan 10,60,70
SW1-A(config-if)#exit
SW1-A(config)#interface range FastEthernet 0/1-19
SW1-A(config-if-range)#switchport mode access
SW1-A(config-if-range)#switchport access vlan 10
SW1-A(config-if-range)#exit
SW1-A(config)#interface range FastEthernet 0/20-24
SW1-A(config-if-range)#switchport mode access
SW1-A(config-if-range)#switchport access vlan 70
SW1-A(config-if-range)#exit
SW1-A(config)#
```

Figura 18. Configuración de puertos como “de acceso” y “troncales” en el Switch SW4-A.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.1.3. Configuración de VLAN de Administración.

La VLAN de administración es para poder gestionar los equipos remotamente sin necesidad de trasladarse físicamente hasta la ubicación de un dispositivo, para ello se estableció el VLAN60 como de gestión. Para configurar se ingresa desde la configuración global el comando “*interface vlan <número de vlan>*”; luego se ingresa la dirección IP que se asignará al dispositivo y la dirección predeterminada de la subred. Véase la Figura 19, dónde se ilustra la configuración de la VLAN 60 (VLAN de gestión) en el Switch SW1-A.

```
SW1-A(config)#interface vlan 60
SW1-A(config-if)#ip address 10.135.16.148 255.255.255.240
SW1-A(config-if)#ip default-gateway 10.135.16.145
```

Figura 19. Configuración de la VLAN de administración para SW1-A.

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.3.1.4. Enrutamiento inter-VLAN.

La función de enrutar las subredes de la Red LAN, cumplirán los Switches SW1-D y SW2-D. Para ello se habilita la función de enrutamiento inter-VLAN mediante el comando “*ip routing*” desde la configuración global de cada Switch capa 3.

3.1.3.2. Configuración del protocolo LACP (Etherchannel).

El protocolo LACP se empleará para unir los puertos GigabitEthernet 1/0/6 y GigabitEthernet 1/0/7 del Switch SW1-D, así como los puertos GigabitEthernet 1/0/6 y GigabitEthernet 1/0/7 del Switch SW2-D. Desde la configuración global de cada dispositivo se ingresa el comando “*interface range <nombre de interfaz> <rango de los puertos>*”, una vez ejecutado el comando se crea el grupo de canales con el comando “*channel-group <número del grupo de canales> mode active o passive*” (en cada Switch se debe ingresar solo una orden “active” o “passive”). Una vez creado el grupo de canales se tiene que establecer dicho grupo como enlace troncal, ya que por este enlace fluirán todas las subredes de la Red LAN, para ello se configura mediante el comando “*interface port-channel <Número de grupo de canales creado>*”, luego de ello se sigue los pasos establecidos en el capítulo 3.1.3.1.2 para establecer como enlace troncal. En la Figura 20 se muestra la configuración del protocolo LACP para unir los puertos GigabitEthernet 1/0/6-7 del SW1-D.

```
SW1-D#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SW1-D(config)#interface range gigabitEthernet 1/0/6-7
SW1-D(config-if-range)#channel-group 1 mode active
SW1-D(config-if-range)#exit
SW1-D(config)#interface port-channel 1
SW1-D(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
SW1-D(config-if)#switchport mode trunk
SW1-D(config-if)#switchport trunk allowed vlan 10,20,30,40,50,60,70
SW1-D(config-if)#exit
```

Figura 20. Configuración del protocolo LACP en el Switch SW1-D.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 21 se muestra los comandos de configuración del protocolo LACP para unir los puertos GigabitEthernet 1/0/6-7 del SW2-D.

```

SW2-D#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SW2-D(config)#interface range gigabitEthernet 1/0/6-7
SW2-D(config-if-range)#channel-group 1 mode passive
SW2-D(config-if-range)#exit
SW2-D(config)#interface port-channel 1
SW2-D(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
SW2-D(config-if)#switchport mode trunk
SW2-D(config-if)#switchport trunk allowed vlan 10,20,30,40,50,60,70
SW2-D(config-if)#exit

```

Figura 21. Configuración del protocolo LACP en el Switch SW2-D.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.3. Configuración de protocolos de redundancia.

3.1.3.3.1. Configuración del protocolo HSRP.

Los Switches de capa 3 serán configurados como dispositivos de redundancia, es decir un dispositivo funcionará como principal y el otro como de contingencia para cada subred. Para aprovechar los recursos de ambos equipos se realizará balanceo de carga, configurando un dispositivo primario para cierta cantidad de subredes y otro dispositivo como secundario para el resto de las subredes. Para un mejor panorama de lo propuesto véase la tabla 12.

Tabla 12
Distribución de las subredes para cada Switch de capa 3.

Subred	Switch Principal	Switch Reserva
VLAN10	SW1-D	SW2-D
VLAN20	SW2-D	SW1-D
VLAN30	SW2-D	SW1-D
VLAN40	SW2-D	SW1-D
VLAN50	SW1-D	SW2-D
VLAN70	SW1-D	SW2-D

Fuente: Elaboración propia.

Como la configuración del protocolo HSRP exige una dirección IP para cada dispositivo (primario y secundario), se usarán los últimos IP usables de cada subred. En la tabla 13 se muestra las direcciones IP que se usarán para cada Switch multicapa.

Tabla 13
Direcciones IP para asignar en los Switches de redundancia.

VLAN	IP Virtual	IP Activo	IP Standby
VLAN10	10.135.16.33	10.135.16.61	10.135.16.62
VLAN20	10.135.16.65	10.135.16.93	10.135.16.94
VLAN30	10.135.16.129	10.135.16.141	10.135.16.142
VLAN40	10.135.16.1	10.135.16.29	10.135.16.30
VLAN50	10.135.16.161	10.135.16.173	10.135.16.174
VLAN70	10.135.16.97	10.135.16.125	10.135.16.126

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar que dispositivo será primario o secundario (contingencia), se establecen prioridades para asignar que dispositivo tomará la función principal de enrutar los datos y que dispositivo será de contingencia ante un posible fallo del primero; el protocolo HSRP como prioridad predeterminada tiene el valor 100, en este caso se establecerá prioridad 200 para el dispositivo primario y prioridad 150 para el secundario, esto quiere decir que el dispositivo con mayor valor es la que predomina.

Las configuraciones se realizarán en los Switches SW1-D y SW2-D. Estando en la configuración global del dispositivo, con el comando "*interface vlan <número de vlan>*" se determina que subred se configurará; en seguida se asigna la dirección IP con su respectivo máscara de subred con el comando "*ip address <dirección ip> <máscara subred>*"; luego de ello mediante el comando "*standby <número de vlan> ip <dirección ip virtual>*", la dirección "IP virtual" es la dirección IP predeterminada de una

subred; continuando con la configuración, con el comando “standby <número de vlan> priority <valor de prioridad>” se establece la prioridad que tendrá cada dispositivo; ahora con el comando “standby <número de vlan> preempt” se habilita la función que hace posible que los roles se reactiven cuando el dispositivo fuera de servicio entra en funcionamiento; finalmente se establece el seguimiento de las rutas por donde fluyeran los datos de un determinado subred o subredes, esto se realiza con el comando “standby <número de vlan> track <nombre de interfaz>”. En la Figura 22 y Figura 23 se muestran las configuraciones del protocolo HSRP en el Switch SW1-D para la subred VLAN 10 como dispositivo activo y de contingencia (Standby) respectivamente.

```
SW1-D#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SW1-D(config)#interface vlan 10
SW1-D(config-if)#ip address 10.135.16.61 255.255.255.224
SW1-D(config-if)#standby 10 ip 10.135.16.33
SW1-D(config-if)#standby 10 priority 200
SW1-D(config-if)#standby 10 preempt
SW1-D(config-if)#standby 10 track GigabitEthernet 1/0/3
SW1-D(config-if)#standby 10 track GigabitEthernet 1/0/6
SW1-D(config-if)#standby 10 track GigabitEthernet 1/0/7
SW1-D(config-if)#exit
SW1-D(config)#
```

Figura 22. Configuración del protocolo HSRP como “activo” para la VLAN10 en el Switch SW1-D.

Fuente: Elaboración propia.

```
SW2-D#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SW2-D(config)#interface vlan 10
SW2-D(config-if)#ip address 10.135.16.62 255.255.255.224
SW2-D(config-if)#standby 10 ip 10.135.16.33
SW2-D(config-if)#standby 10 priority 150
SW2-D(config-if)#standby 10 preempt
SW2-D(config-if)#standby 10 track GigabitEthernet 1/0/3
SW2-D(config-if)#standby 10 track GigabitEthernet 1/0/6
SW2-D(config-if)#standby 10 track GigabitEthernet 1/0/7
SW2-D(config-if)#exit
SW2-D(config)#
```

Figura 23. Configuración del protocolo HSRP como “Standby” para la VLAN10 en el Switch SW2-D.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 24 y Figura 25 se muestran las configuraciones del protocolo HSRP en el Switch SW2-D para la subred VLAN20 como dispositivo activo y de contingencia (Standby) respectivamente.

```
SW2-D#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SW2-D(config)#interface vlan 20
SW2-D(config-if)#ip address 10.135.16.93 255.255.255.224
SW2-D(config-if)#standby 20 ip 10.135.16.65
SW2-D(config-if)#standby 20 priority 200
SW2-D(config-if)#standby 20 preempt
SW2-D(config-if)#standby 10 track GigabitEthernet 1/0/4
SW2-D(config-if)#standby 10 track GigabitEthernet 1/0/6
SW2-D(config-if)#standby 10 track GigabitEthernet 1/0/7
SW2-D(config-if)#exit
SW2-D(config)#
```

Figura 24. Configuración del protocolo HSRP como “activo” para la VLAN20 en el Switch SW2-D.

Fuente: Elaboración propia.

```
SW1-D#
SW1-D#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SW1-D(config)#interface vlan 20
SW1-D(config-if)#ip address 10.135.16.94 255.255.255.224
SW1-D(config-if)#standby 20 ip 10.135.16.65
SW1-D(config-if)#standby 20 priority 150
SW1-D(config-if)#standby 20 preempt
SW1-D(config-if)#standby 10 track GigabitEthernet 1/0/4
SW1-D(config-if)#standby 10 track GigabitEthernet 1/0/6
SW1-D(config-if)#standby 10 track GigabitEthernet 1/0/7
SW1-D(config-if)#exit
```

Figura 25. Configuración del protocolo HSRP como “Standby” para la VLAN20 en el Switch SW1-D.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.3.2. Configuración del protocolo Rapid PVST+.

Para evitar generación de bucles en los enlaces redundantes, se configurará en los Switches de ambas capas el protocolo STP en su versión Rapid-PVST+ la cual es la más rápida en cuanto a respuestas y convergencia. Para no generar conflicto con el protocolo de redundancia HSRP se establecerá los mismos conmutadores como primario y secundario para

cada subred, la distribución de subredes a cada Switch se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14
Asignación de Switches como raíces primarios y secundarios para cada subred.

Subred	Root Primario	Root Secundario
VLAN10	SW1-D	SW2-D
VLAN20	SW2-D	SW1-D
VLAN30	SW2-D	SW1-D
VLAN40	SW2-D	SW1-D
VLAN50	SW1-D	SW2-D
VLAN70	SW1-D	SW2-D

Fuente: Elaboración propia.

Para habilitar el protocolo Rapid-pvst se realiza mediante el comando “*spanning-tree mode Rapid-pvst*”, luego de ello se establece raíz primario o secundario, con el comando “*spanning-tree vlan <número de vlan> root primary o secondary*”, el comando “primary” establece como dispositivo primario para las subredes asignadas, mientras que el comando “secondary” establece como dispositivo secundario. Véase la Figuras 26 donde se ilustra la configuración en el Switch SW1-D para las VLAN 10, 50, 60 y 70 como raíz primaria y para las VLAN 20, 30, 40 como raíz secundaria.

```
SW1-D#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SW1-D(config)#spanning-tree mode rapid-pvst
SW1-D(config)#spanning-tree vlan 10,50,60,70 root primary
SW1-D(config)#spanning-tree vlan 20,30,40 root secondary
SW1-D(config)#exit
SW1-D#
```

Figura 26. Configuración del protocolo STP en el Switch SW1-D.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 27 se ilustra la configuración en el Switch SW2-D para las VLAN 20, 30 y 40 como raíz primaria y para las VLAN 10, 50, 60 y 70 como raíz secundaria.

```
SW2-D#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SW2-D(config)#spanning-tree mode rapid-pvst
SW2-D(config)#spanning-tree vlan 20,30,40 root primary
SW2-D(config)#spanning-tree vlan 10,50,60,70 root secondary
SW2-D(config)#exit
SW2-D#
```

Figura 27. Configuración del protocolo STP en el Switch SW2-D.
Fuente: Elaboración propia.

Después de establecer las raíces primarios y secundarios para cada subred, es momento de configurar los puertos de acceso de los Switches del nivel de acceso, los puertos que están configuradas como de acceso no necesitan escuchar las comunicaciones del protocolo STP ya que estos puertos no se comunicaran con otros puertos de niveles más altos de la topología, entonces mediante el comando *“spanning-tree portfast”* se habilita la función de no escuchar o ejecutar los mensajes del protocolo STP, véase la Figura 28 con los comando de configuración para los puertos del Switch SW1-A.

```
SW1-A#
SW1-A#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SW1-A(config)#spanning-tree mode rapid-pvst
SW1-A(config)#interface range fastEthernet 0/1-24
SW1-A(config-if-range)#spanning-tree portfast
%Warning: portfast should only be enabled on ports connected to a single
host. Connecting hubs, concentrators, switches, bridges, etc... to this
interface when portfast is enabled, can cause temporary bridging loops.
Use with CAUTION

%Portfast has been configured on FastEthernet0/1 but will only
have effect when the interface is in a non-trunking mode.
%Warning: portfast should only be enabled on ports connected to a single
host. Connecting hubs, concentrators, switches, bridges, etc... to this
interface when portfast is enabled, can cause temporary bridging loops.
Use with CAUTION
```

Figura 28. Configuración del protocolo STP en el Switch SW1-A.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.4. Configuración del protocolo OSPF.

Para trasladar la información desde el nivel de distribución hacia el nivel de núcleo, se requerirá el uso del protocolo de enrutamiento OSPF, las direcciones IP que se asignaran a cada puerto de enrutamiento se lista en la Tabla 15.

Tabla 15

Direcciones IP para cada enlace de enrutamiento entre el nivel de distribución y núcleo.

Ruta	IP subred	Primera IP	Segunda IP
SW1-D a R2	10.135.16.176/30	10.135.16.177	10.135.16.178
SW2-D a R1	10.135.16.180/30	10.135.16.181	10.135.16.182
SW2-D a R2	10.135.16.184/30	10.135.16.185	10.135.16.186
SW1-D a R1	10.135.16.188/30	10.135.16.189	10.135.16.190

Fuente: Elaboración propia.

Antes de configurar el protocolo OSPF se debe asignar las direcciones IP a cada puerto, procurando que cada puerto que pertenece a un enlace esté con el mismo segmento de dirección IP. Continuando con la configuración, con el comando *“Router ospf <id de proceso ospf [1 - 65,535]>”* se crea el protocolo en el dispositivo, en seguida se asigna una identificación al dispositivo con el comando *“router-id <id Router>”*; ahora se ingresa todas las subredes vecinas al dispositivo o las subredes que se quiera enrutar, mediante el comando *“network <ip subred> <máscara wildcard> area <número de área>”*; finalmente se configura los puertos no involucrados en funciones de enrutar como pasivos para evitar que estos puertos reciban información de ruteo innecesariamente, esto se realiza con el comando *“passive-*

interface <nombre de interfaz>". Las configuraciones para el Switch SW1-D y Router R1 se ilustran en la Figura 29 y Figura 30 respectivamente.

```
SW1-D#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SW1-D(config)#interface GigabitEthernet 1/0/1
SW1-D(config-if)#no switchport
SW1-D(config-if)#ip address 10.135.16.189 255.255.255.252
SW1-D(config-if)#no shutdown
SW1-D(config-if)#exit
SW1-D(config)#interface GigabitEthernet 1/0/2
SW1-D(config-if)#no switchport
SW1-D(config-if)#ip address 10.135.16.177 255.255.255.252
SW1-D(config-if)#no shutdown
SW1-D(config-if)#exit
SW1-D(config)#router ospf 1
SW1-D(config-router)#router-id 1.1.1.1
SW1-D(config-router)#network 10.135.16.0 0.0.0.31 area 0
SW1-D(config-router)#network 10.135.16.32 0.0.0.31 area 0
SW1-D(config-router)#network 10.135.16.64 0.0.0.31 area 0
SW1-D(config-router)#network 10.135.16.96 0.0.0.31 area 0
SW1-D(config-router)#network 10.135.16.128 0.0.0.15 area 0
SW1-D(config-router)#network 10.135.16.144 0.0.0.15 area 0
SW1-D(config-router)#network 10.135.16.160 0.0.0.15 area 0
SW1-D(config-router)#network 10.135.16.176 0.0.0.3 area 0
SW1-D(config-router)#network 10.135.16.188 0.0.0.3 area 0
SW1-D(config-router)#passive-interface GigabitEthernet 1/0/3
SW1-D(config-router)#passive-interface GigabitEthernet 1/0/4
SW1-D(config-router)#passive-interface GigabitEthernet 1/0/5
SW1-D(config-router)#passive-interface GigabitEthernet 1/0/6
SW1-D(config-router)#passive-interface GigabitEthernet 1/0/7
SW1-D(config-router)#passive-interface GigabitEthernet 1/0/8
SW1-D(config-router)#exit
```

Figura 29 Asignación de direcciones IP y configuración del protocolo OSPF en el Switch SW1-D.
Fuente: Elaboración propia.

```
R1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#interface serial 0/1/0
R1(config-if)#ip address 200.1.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface GigabitEthernet 0/0/0
R1(config-if)#ip address 10.135.16.190 255.255.255.252
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface GigabitEthernet 0/0/1
R1(config-if)#ip address 10.135.16.182 255.255.255.252
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#router-id 3.3.3.3
R1(config-router)#network 200.1.1.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)#network 10.135.16.188 0.0.0.3 area 0
R1(config-router)#network 10.135.16.180 0.0.0.3 area 0
R1(config-router)#exit
```

Figura 30. Asignación de dirección IP y configuración del protocolo OSPF en el Router R1.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.5. Configuración de SSH.

Para prevenir accesos no autorizados vía remoto a los dispositivos administrables como el Router y el Switch, se establecerá el protocolo de seguridad SSH en su versión 2. Para todos los dispositivos administrables se emplearán los mismos comandos, a diferencia del nombre (hostname) que es único para cada uno de los dispositivos.

```
Switch>enable
Switch#configure terminal
Switch(config)#hostname <nombre que se asignará al
dispositivo>
SW1-A(config)#username itgadmin password Gard1mas$100
SW1-A(config)#ip domain-name itgsolutions.com.pe %%dominio
de la empresa.
SW1-A(config)#crypto key generate rsa
%%Elegir el tamaño del módulo clave en el rango de 360 a 2048.
A más alto es el número mayor seguridad, pero también mayor
demora en generar la llave.
SW1-A(config)#ip ssh version 2
SW1-A(config)#line vty 0 15
SW1-A(config-line)#transport input ssh
SW1-A(config-line)#login local
SW1-A(config-line)#exit
SW1-A(config)#ip ssh authentication-retries 3
SW1-A(config)#ip ssh time-out 30
SW1-A(config)#enable secret Pa$$W0rd3000
SW1-A(config)#service password-encryption
SW1-A(config)#exit
```

3.2. Resultados.

Para obtener los resultados se realizará mediante simulaciones, utilizando el Software Packet Tracer en su versión 7.2.2, desarrollado por la marca CISCO. Las simulaciones incluyen 4 escenarios con los posibles sucesos que se podrían presentar en un escenario real, donde el objetivo de la Red LAN diseñada es mantener la continuidad de servicio a pesar de los incidentes que se puedan presentar. Para una simulación completa se agregó dispositivos del proveedor (Router, Switch, Servidor Web y Servidor DNS), el servidor Web simulará el servicio de internet la cual tendrá una dirección IP 200.0.0.2/24 y dominio www.tsp.edu.pe. En la Figura 31 se visualiza la topología de Red LAN simulada.

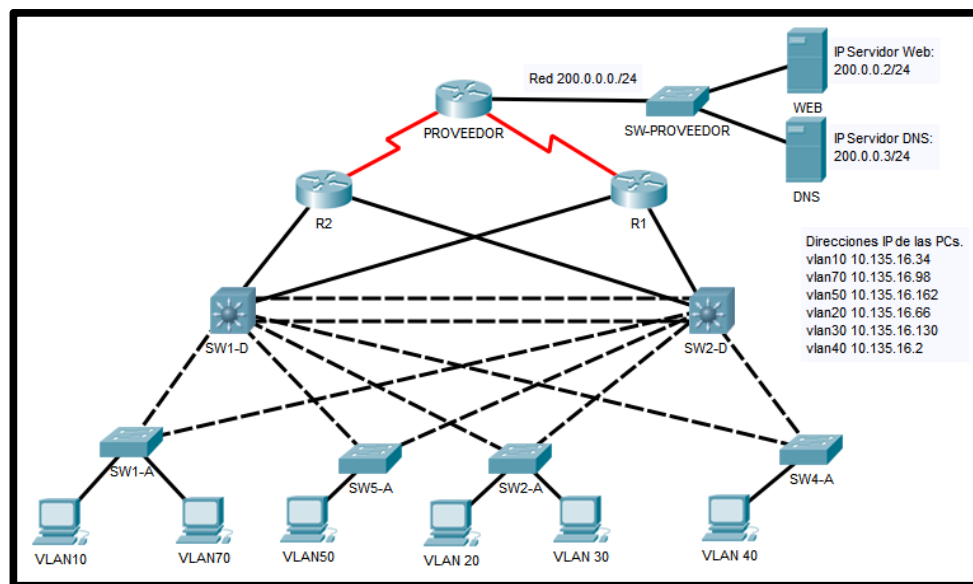


Figura 31. Simulación de la topología de Red LAN diseñada.
Fuente: Elaboración propia.

- Escenario 1.** Con todos los dispositivos y enlaces funcionando de manera normal se realiza "ping" desde cada subred hacia el servidor web y "ping" desde la VLAN10 hacia todas las otras VLAN. El objetivo de esta prueba es probar la disponibilidad de la Red LAN.

a.1. Resultados.

Los 4 paquetes enviados mediante el comando “ping” desde las subredes VLAN 10 y VLAN 20, hacia el servidor Web del proveedor de internet con dirección IP 200.0.0.2, resultaron exitosas y sin pérdida de paquete TTL=125 con tiempo de envío entre 1ms a 16 ms, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 32 y Figura 33 respectivamente.

```
C:\>ping 200.0.0.2

Pinging 200.0.0.2 with 32 bytes of data:

Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=2ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=1ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=14ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=11ms TTL=125

Ping statistics for 200.0.0.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 14ms, Average = 7ms
```

Figura 32. Ping desde la VLAN10 hacia el servidor Web.
Fuente: Elaboración propia.

```
C:\>ping 200.0.0.2

Pinging 200.0.0.2 with 32 bytes of data:

Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=2ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=16ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=14ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=11ms TTL=125

Ping statistics for 200.0.0.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 2ms, Maximum = 16ms, Average = 10ms
```

Figura 33. Ping desde el VLAN 20 hacia el servidor Web.
Fuente: Elaboración propia.

Los 4 paquetes enviados mediante el comando “ping” desde las subredes VLAN 30 y VLAN 40, hacia el servidor Web resultaron exitosas, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 34 y Figura 35 respectivamente.

```
C:\>ping 200.0.0.2

Pinging 200.0.0.2 with 32 bytes of data:

Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=18ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=5ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=11ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=12ms TTL=125

Ping statistics for 200.0.0.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 5ms, Maximum = 18ms, Average = 11ms
```

Figura 34. Ping desde el VLAN 30 hacia el servidor Web.
Fuente: Elaboración propia.

```
C:\>ping 200.0.0.2

Pinging 200.0.0.2 with 32 bytes of data:

Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=11ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=14ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=15ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=11ms TTL=125

Ping statistics for 200.0.0.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 11ms, Maximum = 15ms, Average = 12ms
```

Figura 35. Ping desde el VLAN 40 hacia el servidor Web.
Fuente: Elaboración propia.

Los 4 paquetes enviados mediante el comando “ping” desde la subred VLAN 50, hacia el servidor Web resultó exitoso, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 36.

```
C:\>ping 200.0.0.2

Pinging 200.0.0.2 with 32 bytes of data:

Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=6ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=11ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=10ms TTL=125
Reply from 200.0.0.2: bytes=32 time=8ms TTL=125

Ping statistics for 200.0.0.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 6ms, Maximum = 11ms, Average = 8ms
```

Figura 36. Ping desde el VLAN 50 hacia el servidor Web.
Fuente: Elaboración propia.

Al ejecutar el comando "ping" desde la subred VLAN 10 hacia las subredes VLAN 20, 30, 40, 50 y 70 los resultados fueron exitosos, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 37 y Figura 38.

```
C:\>ping 10.135.16.98

Pinging 10.135.16.98 with 32 bytes of data:

Reply from 10.135.16.98: bytes=32 time=1ms TTL=127
Reply from 10.135.16.98: bytes=32 time=10ms TTL=127
Reply from 10.135.16.98: bytes=32 time<1ms TTL=127
Reply from 10.135.16.98: bytes=32 time=10ms TTL=127

Ping statistics for 10.135.16.98:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 10ms, Average = 5ms

C:\>ping 10.135.16.162

Pinging 10.135.16.162 with 32 bytes of data:

Reply from 10.135.16.162: bytes=32 time=1ms TTL=127
Reply from 10.135.16.162: bytes=32 time<1ms TTL=127
Reply from 10.135.16.162: bytes=32 time=11ms TTL=127
Reply from 10.135.16.162: bytes=32 time=11ms TTL=127

Ping statistics for 10.135.16.162:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 11ms, Average = 5ms
```

Figura 37. Ping desde la VLAN 10 hacia las VLAN 50 y VLAN 70.
Fuente: Elaboración propia.

```
C:\>ping 10.135.16.66

Pinging 10.135.16.66 with 32 bytes of data:

Reply from 10.135.16.66: bytes=32 time=1ms TTL=127
Reply from 10.135.16.66: bytes=32 time<1ms TTL=127
Reply from 10.135.16.66: bytes=32 time=14ms TTL=127
Reply from 10.135.16.66: bytes=32 time<1ms TTL=127

Ping statistics for 10.135.16.66:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 14ms, Average = 3ms

C:\>ping 10.135.16.130

Pinging 10.135.16.130 with 32 bytes of data:

Reply from 10.135.16.130: bytes=32 time=1ms TTL=127
Reply from 10.135.16.130: bytes=32 time=13ms TTL=127
Reply from 10.135.16.130: bytes=32 time<1ms TTL=127
Reply from 10.135.16.130: bytes=32 time<1ms TTL=127

Ping statistics for 10.135.16.130:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 13ms, Average = 3ms

C:\>ping 10.135.16.2

Pinging 10.135.16.2 with 32 bytes of data:

Reply from 10.135.16.2: bytes=32 time=18ms TTL=127
Reply from 10.135.16.2: bytes=32 time=11ms TTL=127
Reply from 10.135.16.2: bytes=32 time<1ms TTL=127
Reply from 10.135.16.2: bytes=32 time<1ms TTL=127

Ping statistics for 10.135.16.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 18ms, Average = 7ms
```

Figura 38. Ping desde la VLAN 10 hacia las VLAN 20, 30 y 40.
Fuente: Elaboración propia.

Mediante el navegador de una de las computadoras de la subred VLAN 10 se pudo acceder al servidor web del proveedor, el resultado se muestra en la Figura 39.

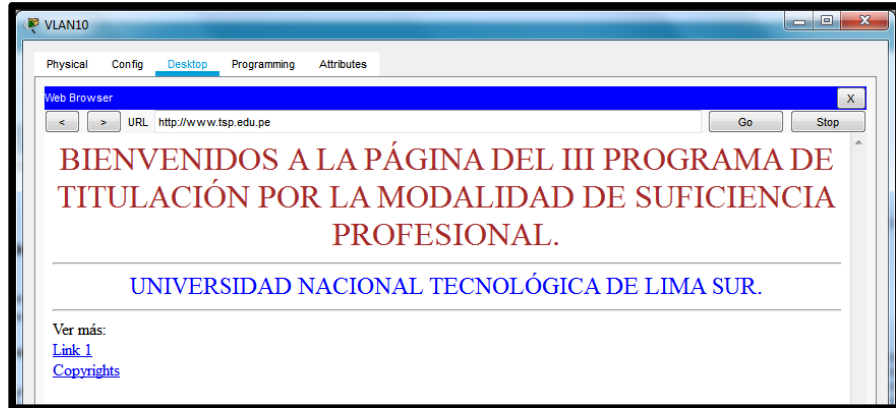


Figura 39. Ingreso desde la VLAN 10 al servidor Web a través del navegador.
Fuente: Elaboración propia.

b. Escenario 2. El Switch SW1-D o Switch SW2-D queda fuera de servicio. En este escenario se pretende demostrar la alta disponibilidad del nivel de distribución de la Red LAN.

b.1. Resultados.

El Switch de distribución SW1-D es el dispositivo principal o primario para las subredes: VLAN 10 (Administración, Gerencia, Ventas y Recurso Humanos), VLAN 50 (Servidores) y VLAN 70 (Otros servicios) y es el dispositivo de contingencia o secundario para las subredes: VLAN 20 (Operaciones), VLAN 30 (Cloud) y VLAN 40 (Soporte Office365). Con el Switch SW1-D fuera de servicio las subredes VLAN 10, VLAN 50 y VLAN 70 son redireccionados automáticamente al Switch SW2-D como se muestra en la Figura 40; por otro lado, con el Switch SW2-D fuera de servicio, las subredes VLAN 20, VLAN 30 y VLAN 40 son

redireccionados automáticamente hacia el Switch SW1-D como se muestra en la Figura 41.

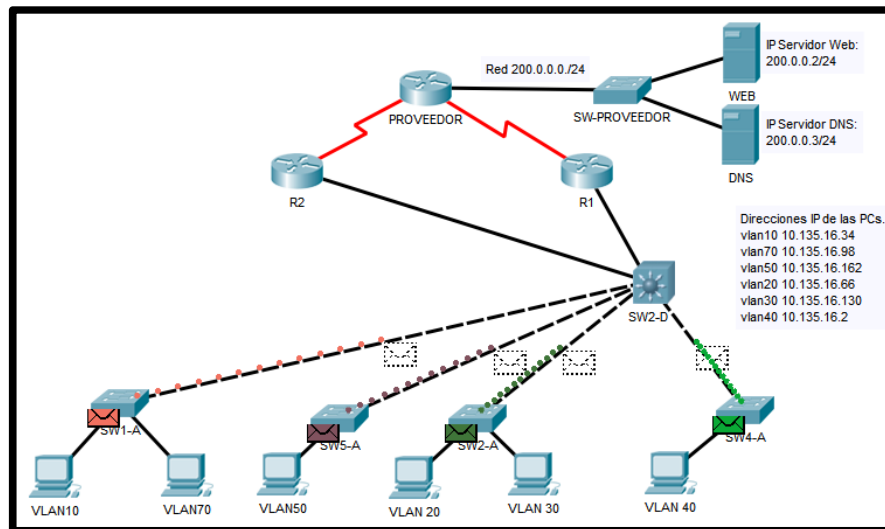


Figura 40. Comportamiento de la topología con el Switch SW1-D fuera de servicio.

Fuente: Elaboración propia.

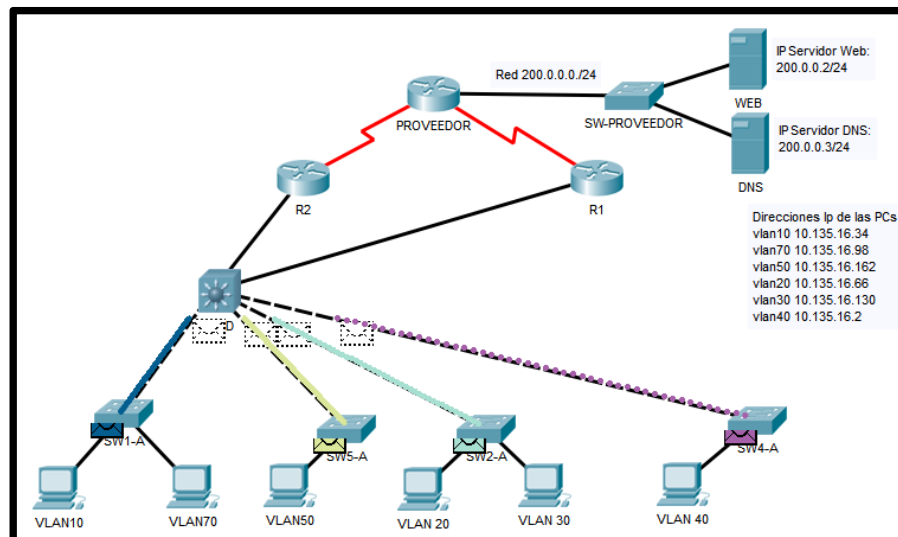


Figura 41. Comportamiento de la topología con el Switch SW2-D fuera de servicio.

Fuente: Elaboración propia.

- c. **Escenario 3.** Uno de los Router del nivel de núcleo queda fuera de servicio. En este escenario se pretende demostrar la alta disponibilidad del nivel de núcleo de la Red LAN.

c.1. Resultados.

En la Figura 42 se muestra la topología sin ninguna falla donde los datos se enrutan por los Router R1 y R2. Sin embargo, con el Router R2 fuera de servicio todos los datos se enrutan mediante el Router R1 que sigue funcionando, como se muestra en la Figura 43.

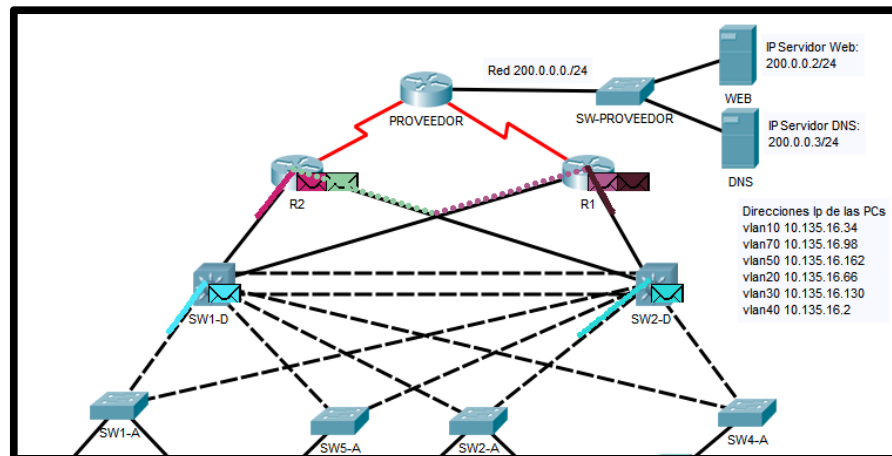


Figura 42. Comportamiento de la topología con el Router R1 y R2 en funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia.

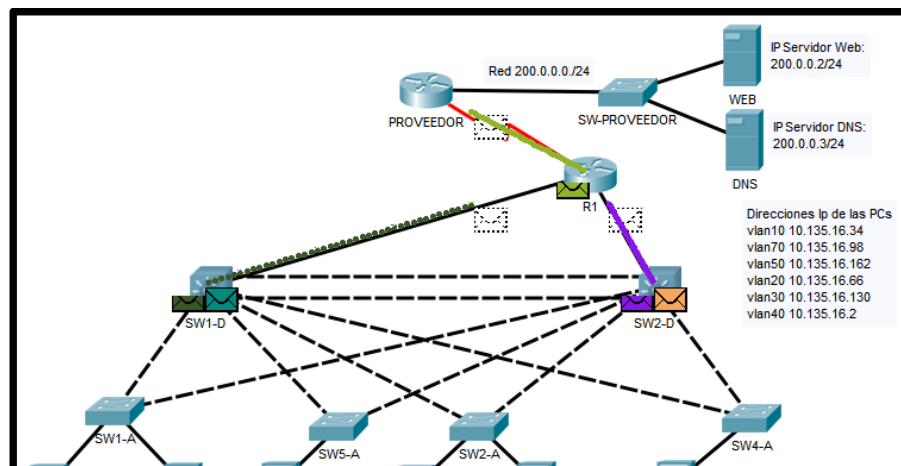


Figura 43. Comportamiento de la topología con el Router R2 fuera de servicio.

Fuente: Elaboración propia.

d. **Escenario 4.** Los enlaces principales del nivel de acceso de cada subred quedan fuera de servicio. En este escenario se pretende demostrar la funcionalidad de las rutas redundantes.

d.1. Resultados.

Los paquetes provenientes de cada subred son redireccionados mediante las rutas alternas. En la Figura 44 se muestra las rutas primarias que cada subred sigue y en la Figura 45 se muestra las rutas alternas que toman las subredes cuando las rutas principales quedan fuera de servicio.

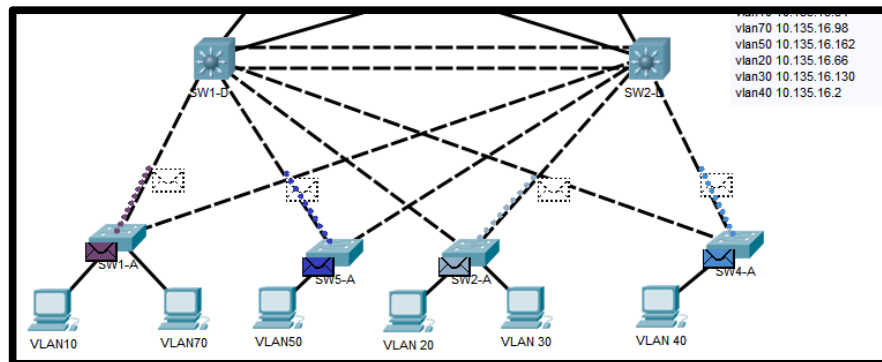


Figura 44. Rutas principales de cada VLAN.
Fuente: Elaboración propia.

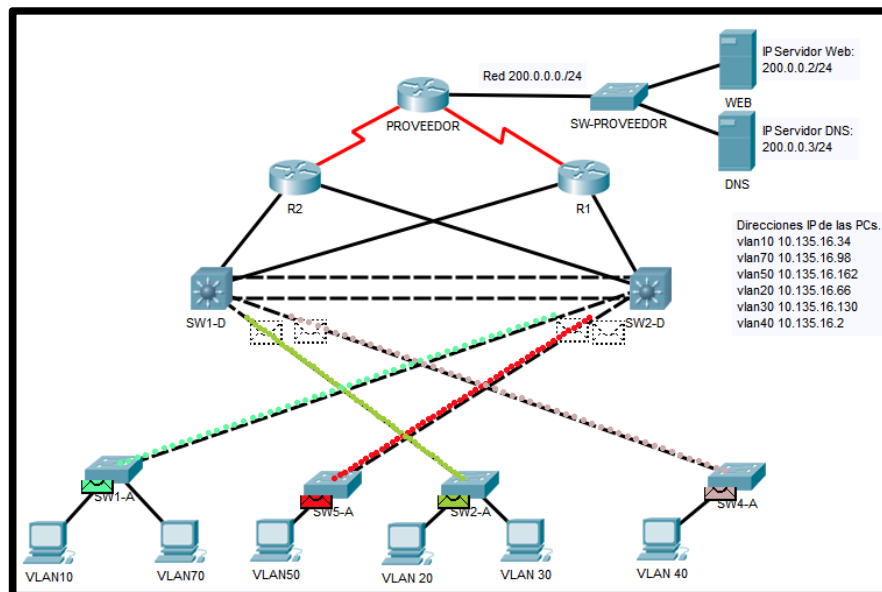


Figura 45. Rutas alternativas de cada subred.
Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- A través de las simulaciones realizadas se concluye que el diseño de la topología de Red LAN de alta disponibilidad y redundante es eficiente para los requerimientos de la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C. para mejorar su estándar de servicio de soporte técnico 24x7 y soluciones Cloud.
- A través de las simulaciones se logró garantizar la alta disponibilidad de Red LAN en la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C. con el diseño de la topología de Red LAN de tipo árbol/jerárquica escalable, realizando una correcta asignación de dispositivos, creando subredes (VLAN) y empleando protocolos LACP y STP versión Rapid-PVST.
- A través de las simulaciones se logró garantizar la conexión redundante en la Red LAN de la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C. empleando protocolos HSRP y OSPF, realizando duplicidad de dispositivos (Router y Switch) e incluyendo rutas redundantes entre dispositivos de cada nivel jerárquico de la Red LAN.
- Con los resultados obtenidos en las simulaciones se concluye que el diseño de Red LAN de alta disponibilidad y redundante impactará de manera positiva en la productividad de las diferentes áreas de la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C.

RECOMENDACIONES

- Para la administración de la Red LAN se debe de contar con un personal capacitada porque los requerimientos como: agregación de equipos de colaboradores, agregación de dispositivos y la administración en general requiere conocimientos sólidos en el ámbito de las redes y comunicaciones.
- Para la implementación de la topología diseñada se recomienda respetar los requerimientos, comandos de configuraciones y protocolos de red descritos en el presente trabajo, para conseguir los resultados esperados y que cubrir las expectativas.
- Se recomienda a los colaboradores de la empresa ITG SOLUTIONS S.A.C utilizar los recursos de red de la empresa e evitar usar redes externas.

BIBLIOGRAFÍA

- Briceño, J. (2005). *Transmisión de datos*. Recuperado de <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/trasmisiondedatos/pdf/librocompleto.pdf>
- Briceño, J. (2005). *Transmisión de datos*. [Gráfico]: Recuperado de <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/trasmisiondedatos/pdf/librocompleto.pdf>
- Calvillo, C. (2017). *Cisco CCNA - Hot Standby Router Protocol (HSRP)*. Recuperado de <https://www.net4us.com.mx/single-post/CCNA-HSRP>
- Calvillo, C. (2017). *Cisco CCNA - Hot Standby Router Protocol (HSRP)*. [Gráfico]: Recuperado de <https://www.net4us.com.mx/single-post/CCNA-HSRP>
- Cisco. (2005). *Guía de diseño de OSPF*. Recuperado de https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/ip/open-shortest-path-first-ospf/7039-1.html
- Cisco Systems. (2012). *El IEEE 802.3 (Estándar de Ethernet)*. [Tabla]: Recuperado de <https://sites.google.com/site/redesbasico150/introduccion-a-los-estandares-de-cableado/el-ieee-802-3-estandar-de-ethernet>
- Coras, J. J. (2013). *Rediseño de la red de comunicaciones basado en tecnologías de alta disponibilidad de gestión de tráfico para mejorar la comunicación de la municipalidad provincial de Churcampa – Huancavelica*. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Centro del Perú, Huancayo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1472>
- Cortés, Y. L. (2018). *Ejemplos de Topologías de Red y sus usos*. [Gráfico]: Recuperado de <https://platzi.com/clases/1277-redes/11151-ejemplos-de-topologias-de-red-y-sus-usos/>

- Da Silva, J. C. y Fernández, C. (2003). *Diseño integral del sistema de cableado estructurado de dianca (Diques y Astilleros Nacionales c.a.)* (Trabajo de grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela . Recuperado de <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/507/3/APENDICE-dianca%20tesis.pdf>
- Dominic, F. (s.f.). *Tipos de cables UTP*. Recuperado de https://techlandia.com/tipos-cables-utp-lista_85429/
- Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. (s.f.). *Interconexión de Redes con Medios Físicos e Inalámbricos*. Recuperado de https://virtual.itca.edu.sv/Mediadores/irmfi1/IRMFI_35.htm
- Estela, M. (2018). *Red LAN*. Recuperado de <https://concepto.de/red-lan/>
- Felipe, S.G. y Saavedra, M. (2015). *Diseño de una red de alta disponibilidad y redundancia a fin de asegurar la continuidad de los procesos informáticos de la municipalidad provincial de Chiclayo - 2015*. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/471>
- FS.Com. (2018). *LACP vs PAGP*. Recuperado de <https://community.fs.com/blog/lacp-vs-pagp-comparison.html>
- Germán, M. (2015). *Conexionado de componentes en equipos eléctricos y electrónicos*. España: Elearning.
- González, M. (2011). *Topología de red*. (C. Alarcón, Editor). Recuperado de https://www.ecured.cu/Topolog%C3%ADa_de_red
- Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. (2012). *Medios de transmisión*. Recuperado de <http://serbal.pntic.mec.es/srug0007/archivos/radiocomunicaciones/5%20MEDIOS%20DE%20TRANSMISION/APUNTES%20MEDIOS%20DE%20TRANSMISI%D3N.pdf>
- Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo. (s.f.). *Cisco Networking Academy*. Recuperado de <https://www.itesa.edu.mx/netacad/>

- Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo. (s.f.). *Cisco Networking Academy*. [Gráfico]: Recuperado de <https://www.itesa.edu.mx/netacad/>
- ITG Solutions. (2016). *Nosotros*. recuperado de <https://www.itgsolutions.com.pe/nosotros>
- Martínez, I. (2015). *Modelos de red jerárquicos*. [Gráfico]: Recuperado de https://www.imd.guru/redes/cisco/certificaciones/ccda/ccda-02-modelos_de_estructura_de_red.html
- Morales, W.E. (2016). *Diseño e implementación a nivel de laboratorio de una red multi-protocolo redundante con alta disponibilidad de enlaces a nivel de Lan, Wan, Firewall. caso de estudio: empresa Mikrodom S.A.* Trabajo previo a la obtención del título de Maestría. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13166>
- Moreno, M.A. y Tipán, L.A. (2015). *Diseño de una red de alta disponibilidad para la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito campus sur*. Tesis previa a la obtención del título de Pregrado. Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10177/1/UPS%20-%20ST001821.pdf>
- Paredes, F. (2018). *Modelo OSI*. [Gráfico]: Recuperado de <http://websarrolladores.com/2018/09/06/modelo-osi/>
- Santibañez, A. (2011). *Protocolos de red*. Recuperado de https://www.ecured.cu/Protocolos_de_red#Pila_de_protocolos_y_el_modelo_OSI
- TELECOCABLE. (2017). *Diferencias entre los cables de par trenzado UTP, STP y FTP*. [Gráfico]: Recuperado de <https://www.telecable.com/blog/diferencias-entre-cable-utp-stp-y-ftp/1374>
- Universidad Autónoma del Carmen. (2006). *Cableado Estructurado*. [Tabla]: Recuperado de <http://www.cgctic.unacar.mx/normatividad/norma568.pdf>

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. (2008).
Comunicación de datos I. Recuperado de
<http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/comdat1/material/ElmodeloOSI.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. Configuración completa de inicio del Router R1

```
version 15.4
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname R1
!
enable secret 5
$1$mERr$gTQtJB3dEh46HYaHrTBXd/
!
no ip cef
no ipv6 cef
!
username itgadmin password 7
08064D5C0D480816014F5D547A
!
ip ssh version 2
ip ssh time-out 30
ip domain-name itgsolutions.com.pe
!
spanning-tree mode pvst
!
interface GigabitEthernet0/0/0
ip address 10.135.16.190 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
!
interface GigabitEthernet0/0/1
ip address 10.135.16.182 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.1.1.1 255.255.255.0
clock rate 2000000
!
interface Serial0/1/1
no ip address
clock rate 2000000
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router ospf 1
router-id 3.3.3.3
log-adjacency-changes
network 10.135.16.188 0.0.0.3 area 0
network 200.1.1.0 0.0.0.255 area 0
network 10.135.16.180 0.0.0.3 area 0
!
ip classless
!
ip flow-export version 9
!
no cdp run
!
line con 0
!
line aux 0
!
line vty 0 4
login local
transport input ssh
line vty 5 15
login local
transport input ssh
!
End
```

ANEXO B. Configuración completa de inicio del Router R2

```
version 15.4
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname R2
!
enable secret 5
$1$mERr$gTQtJB3dEh46HYaHrTBXd/
!
no ip cef
no ipv6 cef
!
username itgadmin password 7
08064D5C0D480816014F5D547A
!
ip ssh version 2
ip ssh time-out 30
ip domain-name itgsolutions.com.pe
!
spanning-tree mode pvst
!
interface GigabitEthernet0/0/0
ip address 10.135.16.186 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
!
interface GigabitEthernet0/0/1
ip address 10.135.16.178 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
!
interface Serial0/1/0
ip address 200.2.2.1 255.255.255.0
clock rate 2000000
!
interface Serial0/1/1
no ip address
clock rate 2000000
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router ospf 1
router-id 4.4.4.4
log-adjacency-changes
network 200.2.2.0 0.0.0.255 area 0
network 10.135.16.184 0.0.0.3 area 0
network 10.135.16.176 0.0.0.3 area 0
!
ip classless
!
ip flow-export version 9
!
no cdp run
!
line con 0
!
line aux 0
!
line vty 0 4
login local
transport input ssh
line vty 5 15
login local
transport input ssh
!
end
```

ANEXO C. Configuración completa de inicio del Switch SW1-D

```
version 16.3.2
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname SW1-D
!
enable secret 5
$1$mERr$gTQtJB3dEh46HYaHrTBXd/
!
no ip cef
ip routing
!
no ipv6 cef
!
username itgadmin password 7
08064D5C0D480816014F5D547A
!
ip ssh version 2
ip ssh time-out 30
ip domain-name itgsolutions.com.pe
!
spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree vlan 10,50,60,70 priority 24576
spanning-tree vlan 20,30,40 priority 28672
!
interface Port-channel1
switchport trunk allowed vlan
10,20,30,40,50,60,70
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet1/0/1
no switchport
ip address 10.135.16.189 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
!
interface GigabitEthernet1/0/2
no switchport
ip address 10.135.16.177 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
!
interface GigabitEthernet1/0/3
switchport trunk allowed vlan 10,60,70
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet1/0/4
switchport trunk allowed vlan 20,30,60
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet1/0/5
switchport trunk allowed vlan 40,60
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet1/0/6
switchport trunk allowed vlan
10,20,30,40,50,60,70
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
channel-group 1 mode active
!
interface GigabitEthernet1/0/7
switchport trunk allowed vlan
10,20,30,40,50,60,70
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
channel-group 1 mode active
!
interface GigabitEthernet1/0/8
switchport trunk allowed vlan 50,60
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet1/0/20
switchport access vlan 60
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode access
switchport nonegotiate
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan10
mac-address 0002.1728.d601
ip address 10.135.16.61 255.255.255.224
standby 10 ip 10.135.16.33
standby 10 priority 200
standby 10 preempt
standby 10 track GigabitEthernet1/0/3
standby 10 track GigabitEthernet1/0/6
standby 10 track GigabitEthernet1/0/7
!
interface Vlan20
mac-address 0002.1728.d602
ip address 10.135.16.94 255.255.255.224
standby 20 ip 10.135.16.65
standby 20 priority 150
standby 20 preempt
standby 20 track GigabitEthernet1/0/4
standby 20 track GigabitEthernet1/0/6
standby 20 track GigabitEthernet1/0/7
!
interface Vlan30
mac-address 0002.1728.d603
ip address 10.135.16.142 255.255.255.240
standby 30 ip 10.135.16.129
standby 30 priority 150
standby 30 preempt
standby 30 track GigabitEthernet1/0/4
standby 30 track GigabitEthernet1/0/6
standby 30 track GigabitEthernet1/0/7
!
interface Vlan40
mac-address 0002.1728.d604
ip address 10.135.16.30 255.255.255.224
standby 40 ip 10.135.16.1
standby 40 priority 150
standby 40 preempt
standby 40 track GigabitEthernet1/0/5
standby 40 track GigabitEthernet1/0/6
standby 40 track GigabitEthernet1/0/7
!
interface Vlan50
mac-address 0002.1728.d605
ip address 10.135.16.173 255.255.255.240
standby 50 ip 10.135.16.161
standby 50 priority 200
standby 50 preempt
standby 50 track GigabitEthernet1/0/8
standby 50 track GigabitEthernet1/0/6
standby 50 track GigabitEthernet1/0/7
!
interface Vlan60
mac-address 0002.1728.d606
ip address 10.135.16.157 255.255.255.240
standby 60 ip 10.135.16.145
standby 60 priority 200
standby 60 preempt
!
interface Vlan70
mac-address 0002.1728.d607
ip address 10.135.16.125 255.255.255.224
standby 70 ip 10.135.16.97
standby 70 priority 200
standby 70 preempt
standby 70 track GigabitEthernet1/0/3
standby 70 track GigabitEthernet1/0/6
standby 70 track GigabitEthernet1/0/7
!
router ospf 1
router-id 1.1.1.1
log-adjacency-changes
passive-interface GigabitEthernet1/0/3
passive-interface GigabitEthernet1/0/4
passive-interface GigabitEthernet1/0/5
passive-interface GigabitEthernet1/0/6
passive-interface GigabitEthernet1/0/7
passive-interface GigabitEthernet1/0/8
network 10.135.16.0 0.0.0.31 area 0
network 10.135.16.32 0.0.0.31 area 0
network 10.135.16.64 0.0.0.31 area 0
network 10.135.16.96 0.0.0.31 area 0
network 10.135.16.128 0.0.0.15 area 0
network 10.135.16.144 0.0.0.15 area 0
network 10.135.16.160 0.0.0.15 area 0
network 10.135.16.176 0.0.0.3 area 0
network 10.135.16.188 0.0.0.3 area 0
!
ip classless
!
ip flow-export version 9
!
line con 0
!
line aux 0
!
line vty 0 4
login local
transport input ssh
line vty 5 15
login local
transport input ssh
!
end
```

ANEXO D. Configuración completa de inicio del Switch SW2-D

```
version 16.3.2
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname SW2-D
!
enable secret 5
$1$mERr$gTQUB3dEh46HYaHrTBXd/
!
no ip cef
ip routing
!
no ipv6 cef
!
username itgadmin password 7
08064D5C0D480816014F5D547A
!
ip ssh version 2
ip ssh time-out 30
ip domain-name itgsolutions.com.pe
!
spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree vlan 20,30,40 priority 24576
spanning-tree vlan 10,50,60,70 priority 28672
!
interface Port-channel1
switchport trunk allowed vlan
10,20,30,40,50,60,70
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet1/0/1
no switchport
ip address 10.135.16.185 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
!
interface GigabitEthernet1/0/2
no switchport
ip address 10.135.16.181 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
!
interface GigabitEthernet1/0/3
switchport trunk allowed vlan 10,60,70
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet1/0/4
switchport trunk allowed vlan 20,30,60
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet1/0/5
switchport trunk allowed vlan 40,60
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet1/0/6
switchport trunk allowed vlan
10,20,30,40,50,60,70
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
channel-group 1 mode passive
!
interface GigabitEthernet1/0/7
switchport trunk allowed vlan
10,20,30,40,50,60,70
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
channel-group 1 mode passive
!
interface GigabitEthernet1/0/8
switchport trunk allowed vlan 50,60
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan10
mac-address 00d0.ba26.4401
ip address 10.135.16.62 255.255.255.224
standby 10 ip 10.135.16.33
standby 10 priority 150
standby 10 preempt
standby 10 track GigabitEthernet1/0/3
standby 10 track GigabitEthernet1/0/6
standby 10 track GigabitEthernet1/0/7
!
interface Vlan20
mac-address 00d0.ba26.4402
ip address 10.135.16.93 255.255.255.224
standby 20 ip 10.135.16.65
standby 20 priority 200
standby 20 preempt
standby 20 track GigabitEthernet1/0/4
standby 20 track GigabitEthernet1/0/6
standby 20 track GigabitEthernet1/0/7
!
interface Vlan30
mac-address 00d0.ba26.4403
ip address 10.135.16.141 255.255.255.240
standby 30 ip 10.135.16.129
standby 30 priority 200
standby 30 preempt
standby 30 track GigabitEthernet1/0/4
standby 30 track GigabitEthernet1/0/6
standby 30 track GigabitEthernet1/0/7
!
interface Vlan40
mac-address 00d0.ba26.4404
ip address 10.135.16.29 255.255.255.224
standby 40 ip 10.135.16.1
standby 40 priority 200
standby 40 preempt
standby 40 track GigabitEthernet1/0/5
standby 40 track GigabitEthernet1/0/6
standby 40 track GigabitEthernet1/0/7
!
interface Vlan50
mac-address 00d0.ba26.4405
ip address 10.135.16.174 255.255.255.240
standby 50 ip 10.135.16.161
standby 50 priority 150
standby 50 preempt
standby 50 track GigabitEthernet1/0/8
standby 50 track GigabitEthernet1/0/7
standby 50 track GigabitEthernet1/0/6
!
interface Vlan60
mac-address 00d0.ba26.4406
ip address 10.135.16.158 255.255.255.240
standby 60 ip 10.135.16.145
standby 60 priority 150
standby 60 preempt
!
interface Vlan70
mac-address 00d0.ba26.4407
ip address 10.135.16.126 255.255.255.224
standby 70 ip 10.135.16.97
standby 70 priority 150
standby 70 preempt
standby 70 track GigabitEthernet1/0/3
standby 70 track GigabitEthernet1/0/6
standby 70 track GigabitEthernet1/0/7
!
router ospf 1
router-id 2.2.2.2
log-adjacency-changes
passive-interface GigabitEthernet1/0/3
passive-interface GigabitEthernet1/0/4
passive-interface GigabitEthernet1/0/5
passive-interface GigabitEthernet1/0/6
passive-interface GigabitEthernet1/0/7
passive-interface GigabitEthernet1/0/8
network 10.135.16.0 0.0.0.31 area 0
network 10.135.16.32 0.0.0.31 area 0
network 10.135.16.64 0.0.0.31 area 0
network 10.135.16.96 0.0.0.31 area 0
network 10.135.16.128 0.0.0.15 area 0
network 10.135.16.144 0.0.0.15 area 0
network 10.135.16.160 0.0.0.15 area 0
network 10.135.16.184 0.0.0.3 area 0
network 10.135.16.180 0.0.0.3 area 0
!
ip classless
!
ip flow-export version 9
!
line con 0
!
line aux 0
!
line vty 0 4
login local
transport input ssh
line vty 5 15
login local
transport input ssh
!
end
```

ANEXO E. Configuración completa de inicio del Switch SW1-A

```
version 12.2
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname SW1-A
!
enable secret 5
$1$mERr$gTQtJB3dEh46HYaHrTBXd/
!
ip ssh version 2
ip ssh time-out 30
ip domain-name itgsolutions.com.pe
!
username itgadmin privilege 1 password 7
08064D5C0D480816014F5D547A
!
spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree extend system-id
!
interface FastEthernet0/1
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/2
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/3
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/4
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/5
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/6
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/7
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/8
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/9
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/10
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/11
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/12
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/13
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/14
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/15
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/16
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/17
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/18
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/19
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/20
switchport access vlan 70
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/21
switchport access vlan 70
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/22
switchport access vlan 70
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/23
switchport access vlan 70
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/24
switchport access vlan 70
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface GigabitEthernet0/1
switchport trunk allowed vlan 2-19,21-29,31-39,41-49,51-1001
!
interface GigabitEthernet0/2
switchport trunk allowed vlan 2-19,21-29,31-39,41-49,51-69,71-1001
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan60
mac-address 0005.5e34.9101
ip address 10.135.16.148 255.255.255.240
!
ip default-gateway 10.135.16.145
!
line con 0
!
line vty 0 4
login local
transport input ssh
line vty 5 15
login local
transport input ssh
!
end
```

ANEXO F. Configuración completa de inicio del Switch SW2-A

```
version 12.2
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname SW2-A
!
enable secret 5
$1$mERr$gTQtJB3dEh46HYaHrTBXd/
!
ip ssh version 2
ip ssh time-out 30
ip domain-name itgsolutions.com.pe
!
username itgadmin privilege 1 password 7
08064D5C0D480816014F5D547A
!
spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree extend system-id
!
interface FastEthernet0/1
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/2
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/3
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/4
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/5
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/6
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/7
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/8
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/9
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/10
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/11
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/12
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/13
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/14
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/15
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/16
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/17
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/18
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/19
switchport access vlan 30
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/20
switchport access vlan 30
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/21
switchport access vlan 30
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/22
switchport access vlan 30
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/23
switchport access vlan 30
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/24
switchport access vlan 30
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface GigabitEthernet0/1
switchport trunk allowed vlan 2-9,11-39,41-
49,51-69,71-1001
!
interface GigabitEthernet0/2
switchport trunk allowed vlan 2-9,11-39,41-
49,51-59,61-69,71-1001
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan60
mac-address 00d0.d3a3.a501
ip address 10.135.16.149 255.255.255.240
!
ip default-gateway 10.135.16.145
!
line con 0
!
line vty 0 4
login local
transport input ssh
line vty 5 15
login local
transport input ssh
!
end
```

ANEXO G. Configuración completa de inicio del Switch SW4-A

```
version 12.2
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname SW4-A
!
enable secret 5
$1$mERr$gTQtJB3dEh46HYaHrTBXd/
!
ip ssh version 2
ip ssh time-out 30
ip domain-name itgsolutions.com.pe
!
username itgadmin privilege 1 password 7
08064D5COD480816014F5D547A
!
spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree extend system-id
!
interface FastEthernet0/1
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/2
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/3
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/4
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/5
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/6
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/7
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/8
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/9
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/10
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/11
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/12
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/13
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/14
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/15
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/16
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/17
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/18
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/19
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/20
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/21
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/22
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/23
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/24
switchport access vlan 40
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface GigabitEthernet0/1
switchport trunk allowed vlan 2-9,11-19,21-
29,31-49,51-69,71-1001
!
interface GigabitEthernet0/2
switchport trunk allowed vlan 2-9,11-19,21-
29,31-49,51-59,61-69,71-1001
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan60
mac-address 0090.0c50.1701
ip address 10.135.16.150 255.255.255.240
!
ip default-gateway 10.135.16.145
!
line con 0
!
line vty 0 4
login local
transport input ssh
line vty 5 15
login local
transport input ssh
!
end
```

ANEXO H. Configuración completa de inicio del Switch SW5-A

```
version 12.2
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname SW5-A
!
enable secret 5
$1$mErr$gTQUB3dEh46HYaHrTBXd/
!
ip ssh version 2
ip ssh time-out 30
ip domain-name itgsolutions.com.pe
!
username itgadmin privilege 1 password 7
08064D5COD480816014F5D547A
!
spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree extend system-id
!
interface FastEthernet0/1
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/2
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/3
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/4
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/5
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/6
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/7
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/8
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/9
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/10
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/11
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/12
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/13
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/14
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/15
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/16
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/17
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/18
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/19
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/20
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/21
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/22
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/23
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/24
switchport access vlan 50
switchport mode access
spanning-tree portfast
!
interface GigabitEthernet0/1
switchport trunk allowed vlan 2-9,11-19,21-
29,31-39,41-69,71-1001
!
interface GigabitEthernet0/2
switchport trunk allowed vlan 2-9,11-19,21-
29,31-39,41-69,71-1001
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan60
mac-address 00e0.f71e.d601
ip address 10.135.16.151 255.255.255.240
!
ip default-gateway 10.135.16.145
!
line con 0
!
line vty 0 4
login local
transport input ssh
line vty 5 15
login local
transport input ssh
!
end
```