CAPITULO I

PRESENTACION DEL PROYECTO

I. Capítulo I: Presentación del Proyecto

I.1. Presentación Del Proyecto

Título del Proyecto: Diseño De La Red De Datos Del Centro De Convenciones De La Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Nombre del Postulante: Jose Antonio Olivera Rodríguez

Celular: 76188389

Carrera/Unidad: Departamento de Informática y Sistemas

Facultad: Ciencias y Tecnología

Correo Electrónico: jorgemiguel1236748@gmail.com

Institución/Centro Cooperante: Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Duración del Proyecto: 8 meses

Área/línea de investigación priorizada: Redes

I.2. Perfil Del Proyecto

I.2.1. Introducción

En la actualidad, la infraestructura tecnológica constituye un pilar fundamental para el funcionamiento eficiente de cualquier institución, especialmente en el ámbito académico. Las redes de datos no solo permiten la comunicación entre dispositivos, sino que también posibilitan el acceso a servicios esenciales como Internet, plataformas educativas, videoconferencias, almacenamiento en la nube y sistemas de seguridad. En este contexto, la planificación, diseño y documentación adecuada de estas redes se vuelve una necesidad estratégica.

La Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS), como referente académico en el sur de Bolivia, ha apostado por la creación del Centro de Convenciones, un espacio moderno destinado a la realización de eventos académicos, científicos y culturales de gran envergadura. No obstante, a pesar de su importancia institucional y regional, esta infraestructura no cuenta actualmente con un diseño técnico ni con planos de red que permitan su conectividad funcional y operativa.

Esta ausencia representa un vacío crítico en términos de aprovechamiento tecnológico, ya que limita el uso pleno de las capacidades del edificio y restringe su operatividad frente a actividades que requieren una infraestructura de red robusta y segura. Por tanto, el presente proyecto de grado se constituye en la primera propuesta

formal para diseñar, planificar y documentar la red de datos del Centro de Convenciones, desde una perspectiva técnica, metodológica y sustentable.

El desarrollo de este proyecto parte del análisis de los requerimientos actuales y potenciales del edificio, la evaluación de buenas prácticas en diseño de redes, y la aplicación de criterios técnicos basados en estándares internacionales. De esta manera, se busca garantizar que el diseño propuesto no solo cumpla con las necesidades actuales, sino que también sea escalable y adaptable a futuras demandas tecnológicas.

En suma, este trabajo tiene como propósito principal sentar las bases de conectividad del Centro de Convenciones de la UAJMS, proponiendo un diseño de red sólido, documentado y ajustado a las condiciones estructurales y funcionales del edificio. Esta iniciativa contribuirá significativamente al fortalecimiento institucional de la universidad y a su posicionamiento como centro de referencia en la región.

I.2.1.1. Descripción del Centro de Convenciones

El Centro de Convivencias de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS) es una de las infraestructuras arquitectónicas más importantes y representativas de la institución. Creado como un espacio multifuncional destinado a albergar actividades académicas, científicas, culturales y administrativas de gran escala, el mismo se erige como un símbolo del desarrollo institucional y de la modernización de los espacios universitarios. Su diseño combina principios de eficiencia funcional, accesibilidad, versatilidad espacial y soporte tecnológico, garantizando la realización de eventos de alto impacto con altos estándares de calidad y seguridad.

Según el levantamiento topográfico oficial, el Centro de Convenciones se emplaza sobre un terreno de **11.627,20 m²**, dentro del campus universitario, integrándose de manera estratégica con la infraestructura circundante mediante accesos peatonales y vehiculares que permiten una adecuada circulación de usuarios y personal operativo. El diseño del edificio responde a un enfoque arquitectónico contemporáneo, caracterizado por amplias superficies vidriadas, estructuras metálicas expuestas, grandes foyers y cubiertas inclinadas de calamina galvanizada, lo que otorga una identidad visual distintiva y acorde a las funciones que desempeña.

FIGURA 1.

Centro de Convenciones de la UAJMS

Distribución arquitectónica general

El Centro de Convenciones está organizado en tres niveles principales, Planta Baja, Primer Piso y Segundo Piso, además de áreas técnicas y zonas exteriores destinadas a circulación y estacionamiento. Cada nivel cumple funciones específicas que, en conjunto, permiten el desarrollo eficaz y simultáneo de múltiples actividades.

Planta Baja – Áreas operativas, administración y teatro

La Planta Baja constituye la base operativa del edificio, integrando espacios administrativos, de servicio, apoyo logístico y un teatro completamente equipado para eventos escénicos e institucionales. En este nivel destacan los siguientes ambientes:

Teatro con capacidad para 415 butacas

Es un espacio diseñado para obras teatrales, conferencias, presentaciones académicas, actos protocolares y actividades culturales. Incluye un escenario amplio, cámaras de acceso lateral, graderías escalonadas, y está complementado por:

- **Camerinos para comparsas**, destinados a la preparación de presentadores, artistas o expositores.
- **Depósitos técnicos**, empleados para almacenamiento de equipos, escenografía y materiales audiovisuales.

Áreas administrativas y de control

El nivel integra espacios dedicados al funcionamiento institucional del edificio, tales como:

- Oficina de administración
- Área de registro y recepción de eventos
- Cabina de seguridad, desde donde se supervisa el flujo de usuarios y las condiciones generales del edificio
- Sala de espera, orientada a la atención de visitantes y participantes

Servicios esenciales

La Planta Baja también contempla:

- Baños para hombres y mujeres
- Cocineta de apoyo
- Depósitos secundarios
- Pasillos y distribuidores amplios que facilitan la evacuación y circulación del público

Estacionamiento vehicular - Espacio Académico Multifuncional

Cuenta con un estacionamiento con **capacidad para 72 vehículos**, destinado tanto a usuarios como a personal de organización durante actividades de amplia concurrencia.

Primer Piso – Sala de Convenciones y espacios de alto aforo

El Primer Piso constituye el núcleo funcional del edificio, albergando la Sala de Convenciones, el ambiente de mayor capacidad y versatilidad del complejo. Las características principales incluyen:

Sala de Convenciones para 1.980 personas

Es un espacio de diseño modular que permite:

- Conferencias masivas
- Congresos académicos
- Ferias de investigación
- Ceremonias institucionales

La configuración de asientos, la amplitud del recinto y la accesibilidad lo convierten en el espacio principal para eventos que requieren atender a grandes comunidades universitarias o externas.

En caso de que no se llegue a usar en su totalidad, este será dividido con mamparas, para delimitar el espacio usado de acuerdo a la cantidad y tamaño del evento.

Foyers amplios y pasillos perimetrales

Diseñados para gestionar grandes flujos de circulación, estos espacios permiten:

- Tránsito simultáneo de cientos de personas
- Instalación de stands informativos
- Actividades complementarias
- Zonas de interacción social

Salas de reuniones

Se distribuyen varias salas de reuniones de menor escala, destinadas a:

- Talleres
- Comités científicos
- Capacitaciones
- Actividades académicas simultáneas
- Reuniones de personal Administrativo

Zonas de servicio y apoyo técnico

Incluyen:

- Depósito de iluminación y sonido
- Sala telefónica e instalaciones de comunicación
- Baños debidamente distribuidos
- Cafetería y áreas de descanso para los asistentes

Segundo Piso – Cabina técnica, tramoya y salas adicionales

El Segundo Piso está orientado a operaciones técnicas y actividades complementarias. Sus principales ambientes son:

Cabina de iluminación y sonido

Ubicada estratégicamente con visión directa al teatro, permite:

- Control de iluminación profesional

- Gestión de audio
- Supervisión audiovisual
- Manejo de efectos escénicos

Puentes técnicos y parrilla de tramoya

Este nivel incorpora elementos esenciales de infraestructura escénica:

- Pasarelas superiores
- Estructuras metálicas de soporte
- Parrilla de tramoya destinada al montaje de luminotecnia, telones y equipos suspendidos

Salas de reuniones adicionales

Se incluye una sala con capacidad para 80 personas, ideal para talleres, mesas técnicas, sesiones simultáneas o capacitaciones de menor escala.

Circulación técnica y áreas restringidas

Este nivel contiene accesos a sala de máquinas, pasillos de mantenimiento y zonas exclusivas para personal autorizado.

Fachadas, estructura y detalles constructivos

Las fachadas norte, sur, este y oeste, presentan un diseño arquitectónico moderno, destacando:

- Ventanales de vidrio templado
- Estructuras metálicas expuestas
- Inclinaciones dinámicas en cubiertas
- Volumetrías que responden a un diseño aerodinámico y funcional

Los detalles constructivos, visibles en las láminas técnicas, incorporan:

- Muros de ladrillo con revestimiento en yeso
- Cielos falsos acústicos
- Alfombras especiales en zonas de uso escénico
- Escaleras y rampas exteriores con barandas metálicas
- Pisos de porcelanato y madera de alta resistencia

Estos materiales garantizan durabilidad, absorción acústica, confort y estética.

Accesibilidad, circulación y seguridad

El Centro de Convenciones fue diseñado para soportar altas cargas de ocupación simultánea, estimándose que durante eventos masivos puede albergar hasta 3.000 personas considerando sus ambientes principales y zonas comunes. Su estructura incorpora:

- Rampas accesibles
- Pasillos de evacuación amplios
- Señalética de seguridad
- Foyers perimetrales
- Múltiples puntos de acceso y salida

La disposición de estos elementos permite un tráfico fluido y seguro, incluso en eventos de gran magnitud.

Relevancia institucional

El Centro de Convenciones es un espacio estratégico para la UAJMS, ya que permite la realización de:

- Congresos internacionales
- Conferencias magistrales
- Seminarios y simposios
- Obras teatrales y culturales
- Graduaciones y actos institucionales
- Ferias científicas y tecnológicas
- Encuentros académicos de alto nivel

Su infraestructura moderna y flexible lo convierte en un punto de referencia para la región y en un soporte fundamental para las actividades académicas y sociales de la universidad.

I.2.1.2. Estimación de Usuarios Concurrentes

La estimación de usuarios concurrentes constituye un elemento fundamental para el diseño de la red de datos del Centro de Convenciones de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. La capacidad de usuarios que el edificio puede albergar de manera simultánea determina no solo la arquitectura lógica y física de la red, sino también la densidad de puntos de acceso inalámbrico, el dimensionamiento de

los switches, la planificación del cableado estructurado, el esquema de direccionamiento IP, la segmentación por VLAN y los requerimientos de seguridad, QoS y ancho de banda.

Dado que el Centro de Convenciones está diseñado para atender eventos masivos de carácter académico, científico y cultural, la red debe ser capaz de soportar picos de demanda elevados, tanto en la infraestructura cableada como en la inalámbrica. Por ello, esta sección desarrolla un análisis técnico basado en el aforo arquitectónico real de los ambientes, según los planos oficiales del edificio, y en principios de dimensionamiento de redes empresariales de alta densidad.

Capacidades arquitectónicas por ambiente

La capacidad total de usuarios se determina a partir de los principales recintos:

Sala de Convenciones (Primer Piso)

Según el plano acotado, la Sala de Convenciones cuenta con una capacidad instalada de **1.980 personas**, ubicándose como el recinto de mayor aforo del edificio. Este espacio es utilizado para:

- Congresos internacionales
- Ceremonias institucionales
- Conferencias magistrales
- Ferias y simposios académicos
- Presentaciones de alto nivel

Dado su uso intensivo, es el principal generador de tráfico en la red, especialmente en WiFi.

Teatro (Planta Baja)

El teatro posee **415 butacas**, distribuidas en graderías escalonadas.

Se emplea para:

- Actos culturales
- Eventos protocolares
- Ponencias paralelas
- Obras teatrales
- Participación estudiantil

Aunque su aforo es menor, su uso simultáneo con la sala principal es común, incrementando la carga total del edificio.

Salas de Reunión (Primer y Segundo Piso)

Los planos muestran múltiples salas de reunión, una de ellas con capacidad aproximada para **80 personas**, mientras que las demás permiten entre **20 y 50 asistentes** cada una.

Tomando en cuenta todas las salas, se estima una capacidad total de:

- **200 a 300 usuarios simultáneos**

Estos espacios suelen operar paralelamente a eventos mayores, incrementando la densidad de sesiones concurrentes.

Áreas comunes, foyers y pasillos perimetrales

Los amplios foyers, pasillos internos y distribuidores permiten una acumulación significativa de personas en tránsito. Se estima que, en hora pico del evento, estas áreas pueden albergar:

- **150 a 250 personas simultáneamente**

Esto incluye asistentes en circulación, prensa institucional, proveedores de servicios y personal de apoyo logístico.

Personal operativo y administrativo

Además del público asistente, es necesario considerar:

- Personal técnico
- Seguridad
- Soporte audiovisual
- Administrativos
- Coordinadores de eventos
- Personal de limpieza y mantenimiento

Se estima un promedio de:

- **40 a 60 usuarios adicionales**

Que requieren acceso continuo a la red cableada. Esto puede llegar a variar dependiendo del tipo de evento.

Estimación total de usuarios concurrentes

Integrando los valores anteriores:

Tabla 1.

Número de usuarios por ambiente

Área	Capacidad
Sala de Convenciones	1.980
Teatro	415
Salas de reunión	200–300
Foyers y áreas comunes	150–250
Personal operativo	40–60

Total estimado de usuarios simultáneos: 2.785 – 3.005 personas

Este cálculo representa el escenario realista de hora pico, donde todos los espacios principales del edificio se encuentran en uso simultáneo durante un congreso o evento institucional de gran magnitud.

Estimación de dispositivos conectados a la red

Los estudios actuales sobre comportamiento de usuarios en eventos académicos de gran escala muestran que un asistente suele portar entre 1 y 2 dispositivos, principalmente:

- Smartphone
- Laptop
- Tablet
- Dispositivos IoT personales (relojes inteligentes)

En entornos universitarios, la tasa de conexión simultánea varía entre 50% y 70% del total de asistentes.

Aplicando estos principios:

Conexión WiFi simultánea estimada:

- **1.400 – 2.100 dispositivos conectados al mismo tiempo**

Conexión cableada simultánea:

Equipos fijos, cámaras IP, dispositivos biométricos, teléfonos IP y puntos de acceso suman más de 148 conexiones cableadas, ya documentadas durante el diseño de cableado estructurado.

Implicaciones en el diseño de la red

La estimación de usuarios concurrentes tiene un impacto directo en los siguientes aspectos del diseño:

Dimensionamiento de la red inalámbrica

Se requiere:

- APs de alta densidad
- Planificación de canales
- Control de potencia
- Balanceo automático
- Ubicación estratégica según flujo de personas
- Soporte para más de 2000 dispositivos simultáneos

Segmentación lógica (VLANs)

La alta concentración de usuarios requiere separar el tráfico por perfiles:

- Administrativos
- Invitados
- Eventos
- Telefonía
- CCTV
- Dispositivos IoT
- Plataformas de streaming

Backbone y enlaces troncales

La red debe soportar tráfico agregado de alta demanda, por lo que:

- Se emplea fibra óptica monomodo
- Enlaces troncales redundantes
- Múltiples IDFs estratégicamente ubicados
- Switches con capacidades >10 Gbps

Dimensionamiento del direccionamiento IP

Se requieren subredes amplias y escalables, considerando:

- Crecimiento futuro

- Eventos internacionales
- Segmentación por perfil de usuario

Políticas de QoS

Implica priorizar:

- VoIP
- Video streaming
- Señal audiovisual del evento
- Sistemas de control y monitoreo

Conclusión de la estimación

La capacidad total del Centro de Convenciones, sumada al comportamiento tecnológico típico de los usuarios universitarios, evidencia la necesidad de una infraestructura de red empresarial diseñada para altas densidades de conexión, desempeño estable bajo carga y segmentación avanzada.

Esta estimación constituye la base para:

- El dimensionamiento de la infraestructura
- La selección de equipos
- La planificación del cableado
- La ubicación de puntos de acceso
- La configuración de la lógica de red
- El análisis de rendimiento
- El diseño de seguridad

Constituyéndose así en un pilar esencial para garantizar la operatividad tecnológica del edificio en su máximo potencial.

I.2.2. Descripción del Proyecto

I.2.2.1. Antecedentes

El avance de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha motivado a las instituciones de educación superior a modernizar sus infraestructuras, integrando redes de datos eficientes como elemento fundamental para el desarrollo de actividades académicas, administrativas y científicas. A nivel nacional, diversas

universidades han implementado proyectos de conectividad en edificios nuevos o existentes, priorizando la planificación de redes físicas y lógicas, la segmentación adecuada y la incorporación de criterios de seguridad, escalabilidad y sostenibilidad.

Sin embargo, en el caso específico de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS), particularmente en su nuevo Centro de Convenciones, aún no existe un diseño de red documentado ni estructurado que contemple la conectividad cableada e inalámbrica de este espacio. Esto implica que actualmente no se cuenta con un esquema definido de puntos de acceso, segmentación de usuarios, identificación de dispositivos de red, ni planificación de seguridad y administración de los recursos tecnológicos.

El Centro de Convenciones ha sido concebido como un espacio de gran capacidad, con una infraestructura moderna y una proyección de uso intensivo durante eventos masivos. Sin embargo, su operatividad tecnológica dependerá directamente de la planificación e implementación de una red de datos bien estructurada. En este sentido, el presente proyecto se convierte en el primer paso formal hacia la consolidación de la infraestructura tecnológica del edificio, estableciendo una propuesta de diseño de red desde cero, en base a criterios técnicos y de buenas prácticas reconocidas internacionalmente.

Cabe señalar que, si bien existen modelos de referencia y experiencias previas en la implementación de redes en otros edificios universitarios, no se ha encontrado un antecedente directo que aborde el diseño de red de un centro de convenciones dentro de una universidad pública en Bolivia con las características y requerimientos técnicos específicos que se presentan en este caso. Por ello, este proyecto no solo se posiciona como una contribución técnica relevante para la UAJMS, sino también como una referencia para futuros trabajos en infraestructura tecnológica aplicada a espacios multifuncionales dentro del ámbito académico.

I.2.3. Justificación del Proyecto

Tecnológico:

Actualmente, el Centro de Convenciones carece de un diseño de red de datos documentado y estructurado. Este proyecto propone una solución integral desde cero, que permitirá establecer la base tecnológica necesaria para su funcionamiento, incorporando criterios de diseño actuales y buenas prácticas en redes de datos.

Económico:

Diseñar la red desde el inicio con un enfoque técnico y estratégico permitirá a la universidad ahorrar costos a mediano y largo plazo, evitando improvisaciones o correcciones posteriores. La propuesta incluye un plan de documentación y mantenimiento que facilitará futuras implementaciones y actualizaciones.

Social:

El Centro de Convenciones está destinado a ser un espacio de gran impacto social y académico en la región. Contar con conectividad adecuada permitirá su uso eficiente en congresos, simposios, capacitaciones y eventos masivos, beneficiando a la comunidad universitaria y a la sociedad en general.

I.2.4. Planteamiento del problema

El Centro de Convenciones de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho fue concebido como un espacio para albergar eventos académicos, culturales y sociales de gran escala. No obstante, no cuenta con un diseño ni documentación técnica formalizada sobre la red de datos, lo que limita su operatividad, administración y potencial de uso.

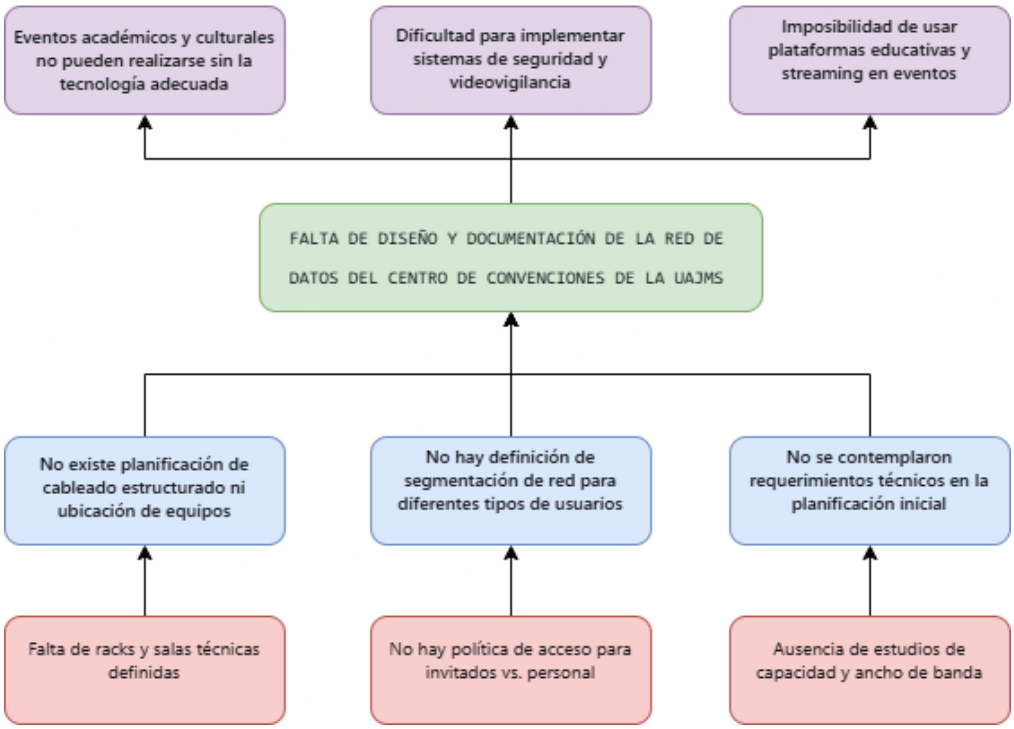
En consecuencia, se plantea la siguiente interrogante:

¿Cómo diseñar y documentar integralmente la red de datos del Centro de Convenciones de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, considerando su infraestructura, necesidades de conectividad y proyecciones de uso a gran escala?

I.2.5. Árbol de Problemas

FIGURA 2.

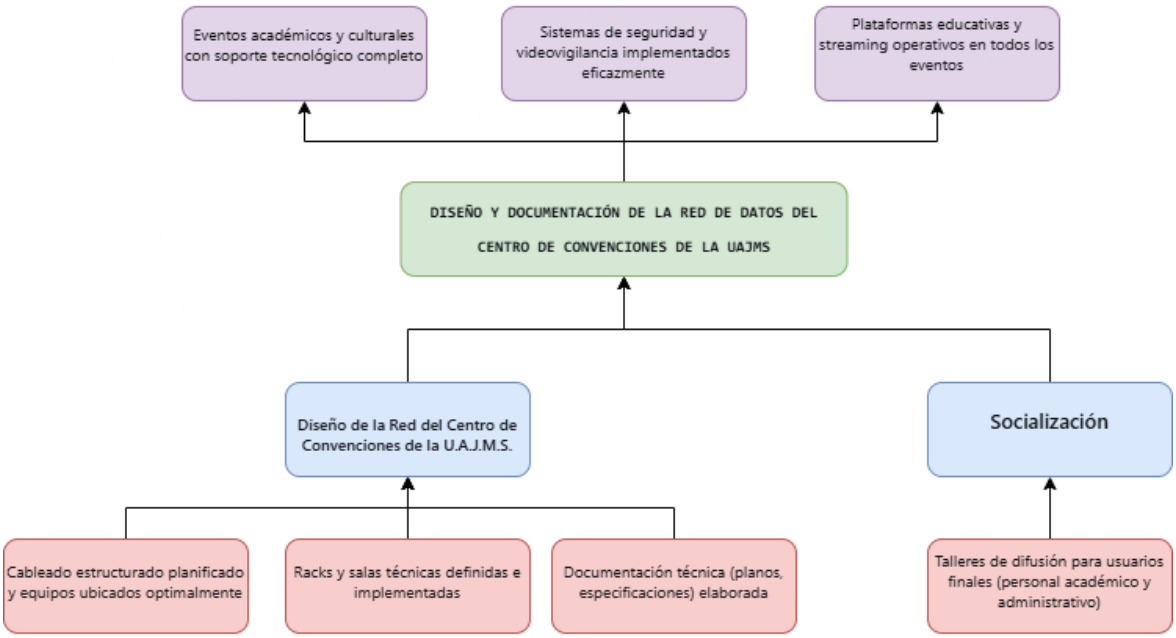
Árbol de Problemas



I.2.6. Árbol de Objetivos

FIGURA 3.

Árbol de Objetivos



I.2.7. Objetivos

I.2.7.1. Objetivo General

Diseñar y documentar la red de datos del Centro de Convenciones de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, garantizando su operatividad, escalabilidad, seguridad y adaptabilidad para eventos de alta concurrencia.

I.2.7.2. Objetivos Específicos

- Diseñar la arquitectura lógica y física de la red, considerando criterios de eficiencia, escalabilidad y seguridad.
- Elaborar una documentación técnica detallada que incluya planos, topologías, nomenclaturas, y manuales de referencia.
- Realizar la socialización del proyecto.

I.2.8. Alcance

El presente proyecto abarca el diseño integral de la red de datos del Centro de Convenciones de la UAJMS, incluyendo el análisis de requerimientos, el diseño lógico

y físico, la segmentación de red mediante VLANs, la especificación de equipos activos y pasivos, y la configuración de servicios como DHCP, VoIP, QoS y seguridad. Como parte fundamental del alcance, se desarrolla una simulación completa de la infraestructura propuesta utilizando Cisco Packet Tracer, lo que permite validar el funcionamiento de la red antes de una futura implementación física.

I.2.9. Metodología de Diseño Utilizada

El diseño de la red del Centro de Convenciones de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho se desarrolló bajo la Metodología Top-Down, reconocida internacionalmente como un enfoque estructurado y eficiente para la planificación de redes de datos complejas. Esta metodología, propuesta originalmente por Cisco Systems, permite partir desde las necesidades institucionales y funcionales hacia la definición detallada de la arquitectura lógica y física del sistema.

La Metodología Top-Down se fundamenta en un principio esencial: el diseño de una red debe iniciarse comprendiendo el entorno, los usuarios, los servicios y los requerimientos operativos, y no desde la selección de equipos o la infraestructura disponible.

Este enfoque garantiza que la red resultante responda adecuadamente a las necesidades reales de la organización, sea escalable, segura y esté preparada para soportar futuras expansiones tecnológicas.

I.2.10. Fases de la Metodología Top-Down

La metodología Top-Down aplicada en este proyecto se desarrolló en cuatro fases principales:

Fase 1: Análisis del Negocio y del Entorno

En esta etapa se identificaron:

- Características arquitectónicas del Centro de Convenciones
- Distribución de ambientes, aforo y limitaciones físicas
- Tipos de usuarios y perfiles de conexión
- Requerimientos funcionales y no funcionales
- Servicios presentes: voz, datos, CCTV, biométricos, audio/video
- Estimación de la cantidad de usuarios simultáneos en hora pico

Esta fase está documentada en el **Capítulo III — Análisis y Requerimientos**.

Fase 2: Análisis Técnico y Definición de Requerimientos de Red

Se determinaron:

- Requerimientos de capacidad (usuarios cableados e inalámbricos)
- Ancho de banda esperado
- Segmentación necesaria mediante VLANs
- Políticas de seguridad
- Necesidades de redundancia
- Requerimientos de cobertura WiFi

Esta fase establece las bases técnicas para construir la arquitectura lógica y física.

Fase 3: Diseño Lógico

En esta fase se definieron:

- Segmentación de la red mediante VLANs
- Direccionamiento IP
- Políticas de seguridad (ACLs, autenticación)
- Enrutamiento inter-VLAN
- Calidad de servicio (QoS)
- Integración con la red institucional (DTIC)

Toda esta información se desarrolla en el **Capítulo IV — Diseño del Sistema**

Fase 4: Diseño Físico y Selección de Equipos

Se definieron:

- Distribución de racks (IDFs y MDF)
- Topología física adoptada
- Interconexión mediante enlaces UTP dobles
- Canalizaciones y cableado estructurado
- Ubicación de Access Points WiFi 6
- Tipos de switches, patch panels y UPS
- Infraestructura eléctrica y condiciones ambientales

Fase 5: Validación mediante Simulación

Se utilizó una simulación en Cisco Packet Tracer para:

- Validar la comunicación entre VLANs
- Verificar la operación del enrutamiento
- Evaluar la segmentación y seguridad
- Comprobar la estructura del diseño lógico

I.2.11. Limitaciones

Cabe destacar que el proyecto se limita a la etapa de diseño y simulación, sin incluir la implementación física de la red en el Centro de Convenciones. La simulación en Cisco Packet Tracer, si bien robusta y representativa, no puede replicar todas las condiciones del mundo real, como interferencias electromagnéticas, fallos imprevistos de hardware o comportamientos de tráfico bajo carga extrema. Asimismo, el acceso a ciertos equipos avanzados o tecnologías propietarias estuvo restringido a los disponibles dentro del entorno de simulación.

I.2.12. Matriz del marco Lógico (MML)

Resumen Narrativo del Proyecto	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
Fin Contribuir al fortalecimiento tecnológico de la UAJMS mediante la disponibilidad de una infraestructura de red moderna, segura y escalable para actividades académicas, administrativas y eventos masivos.	La fecha de evaluación del indicador de fin deberá establecerse posterior a la finalización del proyecto, considerando un horizonte temporal de dos (2) años.	Registros de eventos realizados en el Centro de Convenciones.	La UAJMS mantiene inversión continua en infraestructura tecnológica.
Objetivo General (Propósito) Contar con un diseño integral de la red de datos del Centro de Convenciones, técnicamente documentado, validado y socializado para su futura implementación.	1. Documento final del diseño de red elaborado y aprobado por la DTIC. 2. Simulación del diseño de red validada sin errores críticos por personal técnico. 3. Socialización del proyecto realizada con responsables de la DTIC.	La conformidad de la propuesta de diseño debidamente firmada por el Encargado de Redes de la DTIC.	La DTIC dispone de tiempo y personal para revisar el diseño.

<table>
<tr><th>Resumen Narrativo del Proyecto</th><th>Indicadores</th><th>Medios de Verificación</th><th>Supuestos</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Lista de asistencia firmada por los participantes en la socialización del proyecto.</td><td></td></tr>
<tr><td>COMPONENTES

1.Diseño de la Red del Centro de Convenciones de la U.A.J.M.S.

2. Socialización</td><td>1. Al Finalizar el proyecto se cumplen con las normas de cableado estructurado TIA/EIA-568 y TIA/EIA-569

2. Al finalizar el proyecto, se realizará una socialización de la documentación elaborada con los encargados administrativos del área de informática de DTIC.</td><td>1. Carta de Aprobación del proyecto por parte del docente de Taller 3.

2. Carta de administración de la DTIC de la U.A.J.M.S de Tarija con aprobación de asistencia de socialización de configuración de la red.

3. Fotografía, imagen de socialización.</td><td>Acceso permitido a las instalaciones y disponibilidad de información técnica de la obra.

Acceso a software y herramientas para el modelado de redes.

Apoyo técnico-académico para revisión del documento.</td></tr>
<tr><td>Actividades
1. Diseño lógico y físico
• Recolección de requerimientos.
• Análisis de la infraestructura del edificio.
• Elaboración de la topología física.
• Diseño lógico (VLANs, subredes, servicios).
• Diseño WiFi y justificación de APs.
2. Documentación técnica
• Diseño de planos.</td><td>Resumen presupuesto
<table>
<tr><th>Descripción del material/equipo</th><th>Precio unitario (Bs)</th><th>Cantidad</th><th>Subtotal (Bs)</th></tr>
<tr><td>Rosetas Simples</td><td>27</td><td>120</td><td>3240</td></tr>
<tr><td>Rosetas Dobles</td><td>140</td><td>14</td><td>1960</td></tr>
<tr><td>Ventilador 2U</td><td>960</td><td>4</td><td>3840</td></tr>
<tr><td>Regla de Fuerza 1U</td><td>340</td><td>4</td><td>1360</td></tr>
<tr><td>Rack 15U</td><td>1690</td><td>1</td><td>1690</td></tr>
<tr><td>Rack 32U</td><td>4000</td><td>3</td><td>12000</td></tr>
<tr><td>Conector RJ45 Cat6a</td><td>1.25</td><td>600</td><td>750</td></tr>
<tr><td>Cable UTP cat6a</td><td>8</td><td>6832</td><td>54656</td></tr>
<tr><td>C1000-24P-4G-L</td><td>2200</td><td>4</td><td>8800</td></tr>
<tr><td>C1000-48P-4G-L</td><td>3500</td><td>3</td><td>10500</td></tr>
<tr><td>Switch 48 - Cisco C9300</td><td>3570</td><td>2</td><td>7140</td></tr>
<tr><td>Rejillas</td><td>290</td><td>137</td><td>39730</td></tr>
<tr><td>Cambium XV2-2X</td><td>550</td><td>27</td><td>14850</td></tr>
<tr><td>Patch Panel 24 - Cat6a</td><td>420</td><td>12</td><td>5040</td></tr>
<tr><td colspan="3">TOTAL</td><td>165556</td></tr>
</table></td><td>Comprobantes de ingreso y egreso</td><td>La Universidad Autónoma Juan Misael Saracho abona el dinero para la realización del proyecto de manera oportuna con los plazos previstos</td></tr>
</table>

Resumen Narrativo del Proyecto	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
• Elaboración del manual técnico. • Generación de anexos, nomenclaturas y diagramas. **3. Simulación** • Configuración en Packet Tracer. • Validación de pruebas (VLAN, VoIP, DHCP, routing). • Correcciones según resultados. **4. Socialización** • Preparación de presentación institucional. • Exposición a la DTIC. • Incorporación de observaciones.			

I.2.13. Beneficiarios

I.2.13.1. Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos del presente proyecto son:

- El personal administrativo, técnico y académico de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho que hará uso del Centro de Convenciones, ya que contarán con una infraestructura de red moderna, eficiente y segura para el desarrollo de actividades institucionales, académicas y de gestión.
- Los estudiantes que participen en eventos, seminarios, congresos u otras actividades académicas organizadas en el Centro, accediendo a conectividad estable y de calidad.

- El área de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) de la universidad, al disponer de una propuesta técnica de diseño de red que facilita la planificación de una futura implementación.

I.2.13.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos comprenden:

- La comunidad universitaria en general, que se verá favorecida por la posibilidad de ampliar sus espacios de interacción y formación académica en un entorno tecnológicamente preparado.
- Instituciones públicas y privadas que eventualmente utilicen el Centro de Convenciones para la realización de actividades conjuntas con la universidad.
- La sociedad tarijeña, al contar con un espacio de eventos con mejores condiciones tecnológicas, que contribuye al fortalecimiento de la educación superior y la proyección institucional de la universidad.

I.2.14. Cronograma de Actividades

Tabla 2.

Cronograma de Actividades

Nº	Actividad	Nº días aprox.	Fecha inicio	Fecha final	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
1	Revisión bibliográfica y antecedentes	20	01/02	20/02	X									
2	Diagnóstico del entorno y requerimientos	20	21/02	12/03	X	X								
3	Diseño lógico y físico de la red estructurada	25	13/03	06/04		X	X							
4	Elaboración del documento técnico del proyecto	30	07/04	06/05			X	X						
5	Validación y revisión del diseño propuesto	15	07/05	21/05				X						
6	Correcciones del documento técnico	15	22/05	06/06				X	X					
7	Redacción final y formato según normas	20	07/06	27/06					X					
8	Presentación preliminar para revisión institucional	15	01/07	15/07						X				
9	Ajustes finales y simulacros de defensa	20	16/07	05/09							X			
10	Defensa final del proyecto	5	20/010	25/10							X			
11	Socialización de resultados y cierre	7	25/10	31/10									X	

I.2.15. Presupuesto General

Tabla 3.

Presupuesto Mano de Obra

	PARTIDA	FINALIDAD		
#	**Recurso**	**Aporte Institucional (Bs)**	**Cantidad**	**Total (Bs)**
1	Mano de Obra	120	148	17760
	Subtotal			**17760**

Tabla 4.

Presupuesto General

PARTIDA	**FINALIDAD**			
39700	**Utilidades y Materiales Eléctricos**			
#	**Recurso**	**Aporte Institucional**	**Cantidad**	**TOTAL(BS)**
1	Rosetas Simples	27	120	3240
2	Rosetas Dobles	140	14	1960
3	Ventilador 2U	960	4	3840
4	Regla de Fuerza 1U	340	4	1360
5	Rack 15U	1690	1	1690
6	Rack 32U	4000	3	12000
7	Conector RJ45 Cat6a	1.25	600	750
8	Cable UTP cat6a	8	6832	54656
9	C1000-24P-4G-L	2200	5	11000
10	C1000-48P-4G-L	3500	4	14000
11	Switch 48 - Cisco C9300	3570	2	7140
12	Bandeja de Rejillas	290	137	39730
13	Cambium XV2-2X	550	33	18150
14	Patch Panel 24 - Cat6a	420	12	5040
		RESUPUESTO TOTAL en Bs.		**192136**

Condiciones

- El presupuesto tiene una duración de un año
- Sujeto a variación de precios por aumento en costos nivel nacional e internacional
- Equipos sujetos a Cambio en caso de fallo ya que son pedidos que llegan de otro departamento sede.
- Entrega de equipos en 120 días.

CAPITULO II

COMPONENTES

II. Capitulo II: Marco Teórico

II.1. Introducción

Las instituciones académicas y espacios de alto tráfico como los centros de convenciones requieren infraestructuras de red robustas, escalables y seguras para garantizar conectividad, operatividad y soporte a servicios críticos. En el caso del Centro de Convenciones de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS), la implementación de un diseño de red estructurado se convierte en una necesidad prioritaria para cubrir las demandas tecnológicas actuales y futuras, especialmente ante eventos masivos que pueden albergar grandes cantidades de usuarios simultáneamente.

Una red de datos bien planificada impactará positivamente en tres aspectos clave:

1. Eficiencia operativa: La segmentación lógica (VLANs), el cableado estructurado (Cat6/fibra óptica) y la distribución estratégica de 4 IDFs optimizarán la comunicación entre áreas como salones de eventos, administración y sistemas de seguridad (cámaras IP, biométricos).

2. Seguridad: La implementación de protocolos como WPA3-Enterprise, autenticación RADIUS y ACLs (Listas de Control de Acceso) protegerá los datos sensibles de la universidad y sus usuarios frente a amenazas cibernéticas.

3. Escalabilidad: El diseño jerárquico y el uso de tecnologías como EIGRP para enrutamiento interno permitirán adaptarse a futuras expansiones, como la integración de videovigilancia IP o la migración a IPv6.

Este proyecto, al estar documentado bajo estándares internacionales como IEEE 802.3 (Ethernet), IEEE 802.11 (Wi-Fi) y TIA/EIA-568-D (cableado estructurado), no solo garantizará la compatibilidad con la red troncal de la UAJMS, sino que también facilitará su mantenimiento, expansión y auditoría. La modernización de esta infraestructura tecnológica impactará directamente en la experiencia de usuarios

internos y visitantes, consolidando al Centro de Convenciones como un referente en conectividad institucional dentro del contexto académico regional.

II.2. FUNDAMENTOS DE REDES

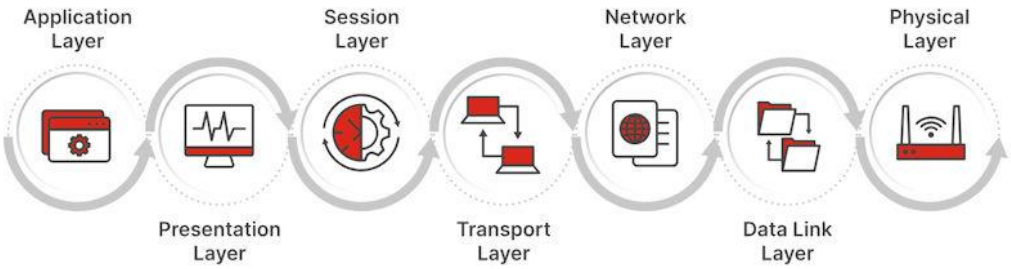
II.2.1. Modelo OSI (Open Systems Interconnection)

El Modelo OSI es un marco de referencia teórico desarrollado por la Organización Internacional de Normalización (ISO) con el propósito de estandarizar la forma en que los sistemas de telecomunicaciones estructuran y procesan la información. Este modelo divide las funciones de la comunicación en siete capas jerárquicas, cada una con responsabilidades específicas: física, enlace de datos, red, transporte, sesión, presentación y aplicación.

Esta organización en capas permite describir con precisión dónde ocurren ciertos procesos dentro de una red, como el formateo y transmisión de señales eléctricas u ópticas en la capa física, el control de errores y acceso al medio en la capa de enlace, o el enrutamiento lógico y selección de rutas en la capa de red. Asimismo, las capas superiores se encargan de aspectos como el manejo de sesiones de comunicación, la traducción y cifrado de datos, y la interacción directa con las aplicaciones del usuario.
Uno de los principales aportes del modelo OSI es que facilita la interoperabilidad entre dispositivos de distintos fabricantes, al establecer un lenguaje común para comprender y diseñar redes de comunicaciones. Aunque en la práctica muchos protocolos actuales no se ajustan estrictamente a esta estructura y su uso es predominante en contextos educativos, el modelo OSI continúa siendo una herramienta fundamental para analizar, documentar y diagnosticar sistemas de red, especialmente en entornos académicos y de ingeniería.

FIGURA 4.

Centro de Convenciones - UAJMS



II.2.2. Modelo TCP/IP

El Modelo TCP/IP constituye la arquitectura funcional sobre la cual opera Internet y la mayoría de las redes informáticas actuales. A diferencia del modelo OSI, que fue concebido como una referencia teórica, TCP/IP surgió a partir de necesidades operativas reales dentro del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, integrándose progresivamente como el estándar dominante en comunicaciones digitales. Esta arquitectura organiza sus funciones en cuatro capas, cada una asociada a protocolos específicos y a tareas indispensables para el transporte de información.

La capa de acceso a red reúne las funciones equivalentes a las capas física y de enlace del modelo OSI. Aquí se definen los métodos para la transmisión de tramas sobre distintos medios físicos, la codificación de señales, la estructura de los enlaces y los mecanismos para acceder al medio. Incluye tecnologías como Ethernet, Wi-Fi y cualquier protocolo que permita la interconexión entre dispositivos al nivel más básico.

La capa de Internet, cuyo protocolo fundamental es el IP (Internet Protocol), se encarga del direccionamiento lógico, el encaminamiento de paquetes entre redes y la fragmentación cuando es necesario. Esta capa permite que los datos puedan viajar por múltiples rutas a través de redes heterogéneas, ofreciendo un servicio no orientado a conexión. Protocolos como ICMP y ARP también forman parte de esta capa, proporcionando funciones de diagnóstico y resolución de direcciones.

En la capa de transporte se sitúan los protocolos responsables de gestionar la comunicación extremo a extremo. Los más relevantes son TCP (Transmission Control Protocol), que ofrece transmisión confiable mediante control de congestión, verificación de errores y retransmisión, y UDP (User Datagram Protocol), un mecanismo más ligero

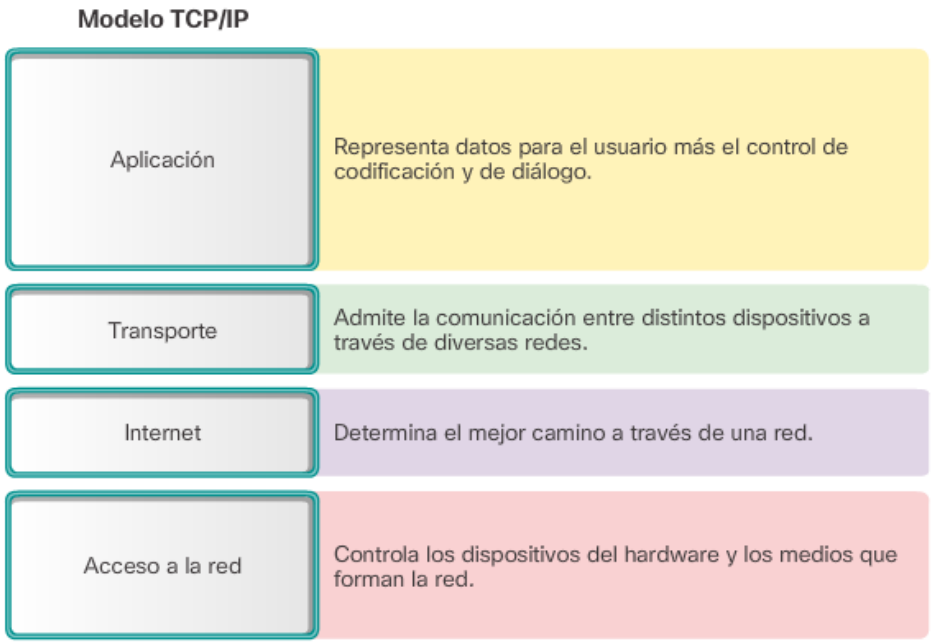
que prescinde de confirmaciones para aplicaciones que requieren rapidez, como multimedia o servicios en tiempo real.

Finalmente, la capa de aplicación reúne los protocolos utilizados directamente por los servicios y aplicaciones de red, tales como HTTP, HTTPS, DNS, SMTP, FTP, entre otros. Esta capa define cómo se presentan, solicitan e intercambian los datos, actuando como puente entre los usuarios y la infraestructura técnica subyacente.

En el contexto del Centro de Convenciones, el modelo TCP/IP sostiene todo el funcionamiento de los servicios digitales, ya que determina los esquemas de direccionamiento IP, los procesos de enrutamiento interno, la gestión de sesiones de usuario y el transporte eficiente de datos a través de la red institucional.

FIGURA 5.

Modelo TCP/IP



II.2.3. Comparación OSI vs TCP/IP

La comparación entre los modelos OSI y TCP/IP constituye un punto de referencia habitual para comprender cómo se estructuran y operan las redes de comunicación. Aunque ambos modelos buscan describir funciones similares, difieren en origen, enfoque y grado de aplicación práctica.

El modelo OSI, con sus siete capas claramente definidas, ofrece una visión sistemática y detallada de las responsabilidades involucradas en la comunicación digital. Ayuda a

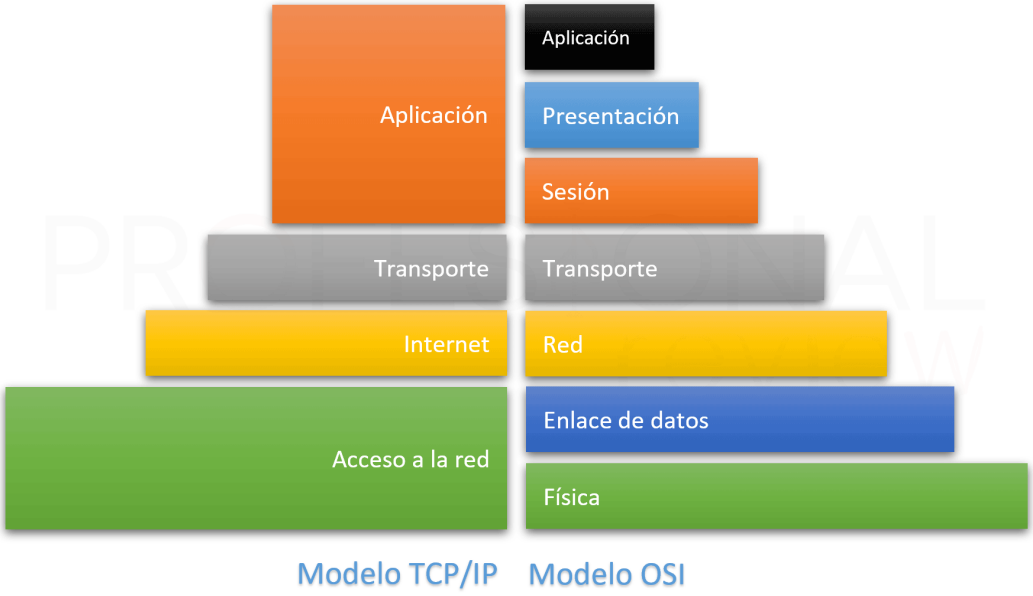
identificar la ubicación conceptual de los procesos, permitiendo diagnosticar fallos y comprender con precisión el flujo de datos desde el nivel físico hasta la interacción con las aplicaciones de usuario. Su principal utilidad radica en su valor pedagógico y analítico, ya que sirve de guía para estudiar redes y organizar documentación técnica.

Por su parte, el modelo TCP/IP es más compacto y refleja cómo se implementan realmente los protocolos en los sistemas modernos. Al agrupar funciones en cuatro capas, se adapta mejor a las tecnologías y estándares utilizados en Internet. TCP/IP no solo describe conceptos, sino que especifica protocolos operativos, tablas de encaminamiento, estructuras de cabeceras y mecanismos concretos de transporte, lo que lo convierte en la referencia práctica para el diseño, configuración y administración de redes.

Aunque distintos, los modelos son complementarios. El modelo OSI proporciona un marco conceptual útil para interpretar los fenómenos de red, mientras que TCP/IP establece los mecanismos reales con los que los dispositivos se comunican. En la documentación técnica de infraestructura, incluyendo redes de edificios institucionales como el Centro de Convenciones, es común utilizar ambos modelos para explicar desde la instalación de medios físicos hasta la operación de servicios de aplicación, ya que su combinación facilita una comprensión integral del sistema.

FIGURA 6.

Modelo OSI / Modelo TCP/IP



II.2.4. Red LAN (Red de Área Local)

Una Red de Área Local (LAN, por sus siglas en inglés) es un sistema de interconexión que permite comunicar dispositivos dentro de un espacio físico limitado, como un edificio, oficina, laboratorio o centro de convenciones. Su objetivo principal es compartir recursos —como archivos, impresoras, servicios institucionales, telefonía IP o acceso a Internet— mediante un medio de transmisión cableado o inalámbrico.

Las redes LAN son fundamentales en entornos corporativos y académicos debido a su capacidad para proporcionar conectividad de alta velocidad, baja latencia y un nivel elevado de control y seguridad. En un edificio de alta concurrencia, como el Centro de Convenciones de la UAJMS, la LAN se convierte en la base que soporta el funcionamiento de múltiples servicios críticos: administración, control de acceso, videovigilancia, conectividad inalámbrica y servicios audiovisuales.

Características principales de las redes LAN

- **Cobertura limitada:** Operan dentro de un área geográfica confinada, lo que permite una gestión más eficiente del tráfico y los recursos.
- **Alta velocidad de transmisión:** Gracias a tecnologías como Ethernet Gigabit y 10 Gigabit, permiten un intercambio rápido de datos entre dispositivos.

- **Control privado:** La instalación, operación y mantenimiento es responsabilidad directa de la institución propietaria.
- **Flexibilidad tecnológica:** Permiten la integración de cableado estructurado (Cat6A, fibra óptica) y conectividad inalámbrica (Wi-Fi 5/6).
- **Baja latencia:** Ideal para servicios sensibles como VoIP, videoconferencias, streaming o sistemas de seguridad.
- **Escalabilidad:** Se pueden expandir fácilmente mediante la incorporación de switches, puntos de acceso inalámbrico y segmentación lógica vía VLAN.

Importancia de la LAN en este proyecto

Para el Centro de Convenciones, la red LAN:

- Conecta más de 140 puntos de red distribuidos entre oficinas, salas técnicas, cámaras, biométricos y APs.
- Soporta miles de conexiones simultáneas en eventos masivos.
- Proporciona el backbone que interconecta los cuartos de telecomunicaciones (IDFs).
- Permite segmentar servicios críticos como CCTV, Wi-Fi, voz, datos y sistemas de sonido.

Por tanto, una LAN bien diseñada es indispensable para garantizar estabilidad, seguridad y desempeño adecuado en un entorno de alta exigencia operativa.

II.2.5. Topologías de red

La topología de una red describe la forma en que los dispositivos, enlaces y nodos se organizan y relacionan entre sí, tanto en su estructura física (cómo se conectan realmente los cables y equipos) como en su estructura lógica (cómo circulan los datos). La selección de una topología adecuada es fundamental en el diseño de redes institucionales, ya que influye en la eficiencia operativa, escalabilidad, facilidad de mantenimiento y resiliencia frente a fallos.

En infraestructuras de gran magnitud, como centros de convenciones, auditorios, hospitales o campus universitarios, la topología no solo determina la forma de conexión entre equipos, sino también la capacidad de la red para soportar altas densidades de usuarios, integrarse con diversos servicios tecnológicos y facilitar futuras ampliaciones.

A continuación, se describen las topologías más relevantes en el diseño moderno de redes:

1. Topología en Bus

En esta estructura, todos los dispositivos comparten un único medio de comunicación lineal. Fue muy utilizada en redes tempranas como Ethernet 10BASE-2 y 10BASE-5, pero su adopción ha disminuido casi por completo.

Limitaciones que provocaron su obsolescencia:

- Un único punto de fallo compromete toda la red.
- El rendimiento disminuye drásticamente con más usuarios.
- Elevada probabilidad de colisiones debido al acceso compartido al medio.
- Dificultad de diagnóstico y mantenimiento.

Actualmente se estudia principalmente con fines históricos o didácticos.

2. Topología en Estrella

Cada nodo se conecta a un punto central, generalmente un switch, que gestiona el tráfico entre dispositivos.

Ventajas:

- Administración sencilla y segmentación clara.
- Aislamiento de fallas: la caída de un nodo no afecta al resto.
- Compatible con los estándares modernos de Ethernet.
- Permite ampliar la red agregando nuevos equipos sin alterar los existentes.

Desventaja:

- Dependencia del equipo central; si el switch falla, se interrumpe toda la red en esa área.

La estrella constituye la base operativa de la mayoría de las redes LAN actuales.

3. Topología en Anillo

Los nodos se interconectan formando un circuito cerrado. Los datos circulan de manera secuencial y unidireccional (o bidireccional en variantes más robustas).

Características principales:

- El tráfico sigue un orden estricto, lo que reduce colisiones.
- Un fallo en un nodo o enlace puede interrumpir la comunicación completa.

- Fue utilizada por tecnologías como Token Ring y FDDI, hoy prácticamente en desuso salvo en entornos muy específicos.

4. Topología en Malla

Cada nodo puede tener múltiples conexiones con otros nodos, lo que permite varias rutas alternativas.

Ventajas clave:

- Elevada tolerancia a fallas gracias a su redundancia.
- Ideal para enlaces troncales, infraestructura crítica o redes donde la disponibilidad es prioritaria.
- Permite balanceo dinámico de carga y resiliencia ante cortes de fibra o caídas de equipos.

Desventaja:

- Costos altos de implementación y mantenimiento.
- Complejidad en la gestión y planificación del cableado.

Es ampliamente usada en **backbones**, redes de distribución avanzadas y sistemas metropolitanos.

5. Topología en Árbol o Jerárquica

Combina múltiples topologías en estrella organizadas en niveles. Es la topología estándar en redes empresariales e institucionales, debido a su orden lógico, modularidad y capacidad de crecimiento.

La arquitectura jerárquica moderna divide la red en tres capas funcionales:

a) Capa Core (Núcleo)

- Alta capacidad de conmutación y enrutamiento.
- Maneja el tráfico entre los diferentes bloques del edificio o campus.
- Debe ser altamente confiable y redundante.

b) Capa de Distribución

- Implementa políticas de seguridad, segmentación por VLAN, control de tráfico y agregación de enlaces.
- Conecta directamente los distintos IDFs o gabinetes secundarios.

c) Capa de Acceso

- Ofrece conectividad directa a usuarios y dispositivos, incluyendo PCs, APs, cámaras IP, VoIP y IoT.
- Es la capa más numerosa y cercana al usuario final.

6. Topología Híbrida

Resultado de combinar dos o más topologías para adaptar la red a necesidades específicas.

Ejemplo común en instituciones:

- Backbone en malla parcial para asegurar redundancia.
- Distribución en árbol para organizar los IDFs.
- Acceso en estrella para la conexión de usuarios y dispositivos finales.

Esta topología ofrece flexibilidad, optimiza costos y mejora el rendimiento global, siendo frecuente en redes universitarias y corporativas.

II.3. Cableado Estructurado

El cableado estructurado constituye la base física de una red de comunicaciones moderna y estandarizada. Se trata de un sistema integral diseñado para soportar múltiples servicios, datos, voz, video, control, seguridad y administración, dentro de un edificio o conjunto de edificios, garantizando desempeño, orden, escalabilidad y facilidad de mantenimiento. Su correcta implementación es esencial en infraestructuras de gran envergadura como el Centro de Convenciones de la UAJMS, donde convergen servicios de alta demanda y ambientes con elevada afluencia de usuarios.

A diferencia de instalaciones no estructuradas, un sistema de cableado estructurado se rige por normas internacionales que definen claramente cómo deben organizarse, instalarse y administrarse los componentes de telecomunicaciones, evitando improvisaciones y asegurando la coexistencia de múltiples tecnologías presentes y futuras.

II.3.1. Introducción

El cableado estructurado es un sistema integral y estandarizado diseñado para transportar señales de telecomunicaciones dentro de un edificio. Este sistema permite la coexistencia de múltiples servicios, datos, voz, videovigilancia, control, Wi-Fi, sensores y audio profesional, sin necesidad de instalaciones independientes.

Sus características principales incluyen:

- Organización modular, que facilita ampliaciones y cambios sin modificaciones mayores.
- Compatibilidad tecnológica, permitiendo integrar dispositivos de distintos fabricantes.
- Escalabilidad, soportando crecimiento futuro sin reemplazar la infraestructura física.
- Normatividad estricta, que garantiza desempeño y seguridad eléctrica.
- Estandarización, para asegurar calidad y evitar instalaciones improvisadas.

El cableado estructurado es la infraestructura invisible sobre la cual se apoya todo el funcionamiento tecnológico del Centro de Convenciones.

II.3.2. Normativas (TIA/EIA)

El diseño e instalación del cableado estructurado debe cumplir con estándares internacionales ampliamente adoptados:

II.3.2.1. ANSI/TIA/EIA-568 (Requisitos de cableado)

Define:

- Categorías de cable (Cat5e, Cat6, Cat6A, etc.)
- Esquemas de terminación T568A y T568B
- Desempeño eléctrico mínimo
- Longitudes máximas por canal
- Requisitos para pruebas de certificación

Esta norma es fundamental para garantizar que los enlaces soporten velocidades de hasta 10 Gbps en cobre y superiores en fibra óptica.

II.3.2.2. ANSI/TIA/EIA-569 (Espacios y canalizaciones)

Establece lineamientos para:

- Ductos
- Bandejas
- Pasos de piso
- Pisos técnicos
- Distribución de canalizaciones

- Cuartos de telecomunicaciones

Su cumplimiento evita interferencias, daños físicos y saturación de conductos.

II.3.2.3. ANSI/TIA/EIA-606 (Administración y etiquetado)

Regula:

- Identificación única de cables
- Codificación de paneles y puertos
- Documentación de ruta de cableado
- Registros de mantenimiento

Es indispensable para auditorías, soporte técnico y trazabilidad.

II.3.2.4. ANSI/TIA/EIA-607 (Puesta a tierra y protección)

Define cómo deben aterrizarse:

- Racks
- Equipos
- Cables
- Patch panels

Garantiza seguridad frente a descargas, ruido e interferencias electromagnéticas.

II.3.3. Cableado Horizontal

El cableado horizontal conecta los puntos de red desde el cuarto de telecomunicaciones (IDF) hacia las áreas de trabajo o dispositivos finales.

Según TIA-568, sus características son:

Longitud máxima: 90 metros (cable sólido)

- Más 10 metros de patch cords, completando 100 metros por canal.

Medio recomendado: UTP Cat6A

Permite:

- 10 Gigabit Ethernet
- Menor diafonía
- Mejor desempeño en entornos ruidosos
- Larga vida útil

Usos dentro del Centro de Convenciones

El cableado horizontal da servicio a:

- PCs administrativas
- Cámaras IP
- Teléfonos VoIP
- Equipos de sonido y video
- Puntos de acceso Wi-Fi
- Equipos biométricos
- Consolas en cabinas técnicas
- Paneles de control audiovisual

Cada punto termina en un patch panel en el IDF correspondiente, y en una roseta (o directamente en el dispositivo) en el extremo del usuario.

II.3.4. Cableado Backbone (Vertical o Troncal)

El cableado backbone conecta:

- IDFs entre sí
- IDFs con el MDF
- El edificio con la red institucional

Es el sistema encargado del transporte de alto volumen de tráfico, por lo que suele usar medios de mayor capacidad.

Medio utilizado: Fibra óptica monomodo

Seleccionada por:

- Alta velocidad (10–100 Gbps)
- Baja atenuación
- Inmunidad a interferencias
- Soporte para largas distancias
- Escalabilidad futura

Funciones principales del backbone:

- Transportar VLANs y tráfico agregado
- Enlazar áreas distantes respetando distancias TIA
- Proporcionar redundancia entre cuartos técnicos
- Sostener el tráfico de miles de usuarios simultáneos

- Servir como columna vertebral de la red del edificio

En instalaciones de gran extensión como este Centro de Convenciones, el backbone es un elemento crítico para garantizar continuidad y rendimiento.

II.3.5. Cuartos de Telecomunicaciones (IDFs)

Los cuartos de telecomunicaciones son espacios dedicados donde se alojan los sistemas de conexión y distribución del cableado estructurado.

Las normas TIA-569 y TIA-568 establecen que un edificio debe poseer los cuartos necesarios para que ningún enlace horizontal supere los 90 metros.

Funciones de un IDF:

- Terminar el cableado horizontal
- Alojar racks, switches y patch panels
- Servir como nodo intermedio hacia el backbone
- Organizar la distribución por zonas o pisos
- Facilitar mantenimiento y expansión

Requisitos técnicos del cuarto:

- Control de temperatura y ventilación
- Acceso restringido
- Buena organización del cableado
- Tomacorrientes suficientes y UPS
- Iluminación técnica
- Canalizaciones accesibles
- Puesta a tierra certificada (TIA-607)

En el Centro de Convenciones existen cuatro IDFs, ubicados estratégicamente para optimizar distancia, eficiencia y distribución de carga.

II.3.6. Racks y Canalizaciones

Racks de Telecomunicaciones

Estructuras metálicas diseñadas para alojar:

- Switches
- Patch panels
- Organizadores de cable

- UPS
- Equipos auxiliares

Tipos de racks:

- De piso (floor-standing): mayor capacidad, recomendado para IDFs principales.
- De pared (wall-mount): para áreas con menos dispositivos, como cuartos secundarios.

Características necesarias:

- Ventilación adecuada
- Espacios libres para crecimiento
- Sistema de seguros y acceso controlado
- Organización vertical y horizontal del cable

Canalizaciones

La canalización protege y guía el cableado. Incluye:

- Tubos conduit
- Bandejas porta-cables
- Canaletas plásticas o metálicas
- Ductos verticales
- Pisos técnicos

Beneficios:

- Evita daños físicos
- Previene interferencia eléctrica
- Permite mantenimiento ordenado
- Garantiza estética y seguridad
- Facilita ampliaciones futuras

Las canalizaciones deben mantener separación mínima entre cables eléctricos y de datos, cumpliendo lineamientos de TIA-569.

II.4. Equipos de Red

El equipamiento de red constituye el conjunto de dispositivos encargados de gestionar, distribuir y asegurar la comunicación entre los distintos elementos de una infraestructura de telecomunicaciones. Estos dispositivos operan en diferentes capas del modelo OSI y cumplen funciones específicas relacionadas con la conmutación, el enrutamiento, el acceso inalámbrico y la gestión del tráfico.

En una infraestructura de gran escala, como la diseñada para el Centro de Convenciones de la UAJMS, es fundamental comprender las características, roles y diferencias entre los equipos que conforman la red para justificar adecuadamente las decisiones de diseño implementadas en capítulos posteriores.

II.4.1. Switch Layer 2

Los switches de Capa 2 (Switch Layer 2) operan en la capa de enlace de datos del modelo OSI y se encargan principalmente de la conmutación dentro de una red local (LAN). Utilizan las direcciones MAC para reenviar tramas a los puertos correspondientes, lo que permite segmentar el tráfico y optimizar el rendimiento.

Funciones principales de un Switch L2

- **Conmutación MAC:** Aprende y almacena direcciones MAC en su tabla CAM para enviar tramas de forma eficiente.
- **Segmentación de dominio de colisión:** A diferencia de un hub, cada puerto funciona como un dominio separado.
- **Soporte para VLANs (802.1Q):** Permite dividir la red física en múltiples redes lógicas independientes.
- **Prevención de bucles (STP):** Implementa Spanning Tree Protocol para evitar redes redundantes sin control.
- **QoS básico:** Priorización de tráfico en función del tipo de servicio.

Uso típico en redes empresariales

Los switches L2 se utilizan mayormente en la **capa de acceso** para conectar:

- PCs
- Teléfonos IP
- Cámaras IP
- Impresoras
- Puntos de acceso inalámbrico

Su rol es manejar el tráfico local sin necesidad de procesar direcciones IP, lo que los hace más eficientes para operaciones de conmutación dentro de la misma VLAN.

II.4.2. Switch Layer 3

Un Switch de Capa 3 combina las funciones de un switch L2 con capacidades de enrutamiento propias de un router. Opera en la capa de red del modelo OSI y permite enrutar tráfico entre VLANs de forma eficiente mediante interfaces virtuales (SVI).

Características clave

- **Enrutamiento inter-VLAN:** Permite comunicación entre redes lógicas diferentes sin necesidad de un router externo.
- **Protocolos de enrutamiento:** Puede soportar OSPF, EIGRP, RIP o enrutamiento estático.
- **ACLs (Access Control Lists):** Filtrado de tráfico entre VLANs para implementar políticas de seguridad.
- **QoS avanzado:** Priorización de tráfico sensible como voz y video.
- **Alta capacidad de switching:** Procesamiento de paquetes a velocidad de línea (wire-speed).

Ventajas sobre un router tradicional

- Menor latencia para tráfico interno.
- Mayor rendimiento al procesar tráfico inter-VLAN.
- Consumo reducido de recursos.
- Escalabilidad superior en redes grandes.

Uso típico

Los switches L3 son adecuados para:

- Capa de distribución
- Capa core en redes medianas
- Aggregación de múltiples IDFs

Gracias a sus capacidades, proporcionan un punto central para aplicar políticas de seguridad, controlar el tráfico y enrutar entre múltiples subredes.

II.4.3. Access Points

Los Access Points (APs) son dispositivos que permiten la conexión inalámbrica de dispositivos finales a la red cableada. Operan en la capa física y de enlace del modelo

OSI, extendiendo la cobertura de red mediante tecnologías inalámbricas como IEEE 802.11ac, 802.11ax (Wi-Fi 6) o superiores.

Funciones principales

- **Proveer cobertura WiFi:** Permiten que usuarios móviles se conecten sin necesidad de cables.
- **Convertir tráfico inalámbrico a cableado:** Funcionan como puente (bridge) entre medios físicos diferentes.
- **Autenticación de usuarios:** Soportan WPA2/WPA3, 802.1X, portal cautivo, etc.
- **Gestión del espectro radioeléctrico:** Selección de canales, potencia y mitigación de interferencias.
- **Roaming:** Permiten la movilidad sin perder conectividad entre celdas inalámbricas.

Tecnologías relevantes en entornos de alta densidad

Wi-Fi 6 (802.11ax) introduce:

- **OFDMA:** Divide el canal en subcanales para atender más usuarios simultáneamente.
- **MU-MIMO:** Transmisión a múltiples dispositivos al mismo tiempo.
- **BSS Coloring:** Reduce interferencia entre APs cercanos.
- **TWT:** Mejora eficiencia para dispositivos IoT.

Estas tecnologías son cruciales en espacios como auditorios o centros de convenciones, donde cientos o miles de usuarios pueden conectarse simultáneamente.

Controladores y gestión centralizada

Los APs pueden gestionarse mediante:

- Controladores locales (WLC)
- Plataformas en la nube
- Control distribuido por cada AP

La gestión centralizada permite:

- Aplicar políticas unificadas
- Realizar monitoreo en tiempo real
- Optimizar canales y potencia

- Actualizar firmware de manera remota

II.4.4. Routers

Los routers operan en la capa de red del modelo OSI y son responsables del encaminamiento de paquetes entre diferentes redes IP. A diferencia de un switch, que opera dentro de una red local, el router interconecta redes distintas, aplicando decisiones de enrutamiento basadas en tablas dinámicas o estáticas.

Funciones principales del router

- **Enrutamiento entre redes:** Selección de la mejor ruta hacia destinos externos o internos.
- **NAT (Network Address Translation):** Traduce direcciones privadas a públicas para acceso a Internet.
- **Firewall básico:** Filtrado de paquetes mediante ACLs.
- **Control de tráfico:** Limitación de ancho de banda, shaping o colas inteligentes.
- **Interconexión con proveedores de Internet:** Manejo de enlaces WAN (fibra, Ethernet, PPPoE).

Protocolos de enrutamiento

Los routers pueden ejecutar:

- **OSPF:** Ideal para redes empresariales.
- **EIGRP:** Muy eficiente en entornos Cisco.
- **BGP:** Usado para interconexión con múltiples proveedores.
- **RIP:** En redes de menor escala.

Diferencias clave entre Router y Switch L3

Tabla 5.

Diferencias entre Router y Switch

Función	Router	Switch L3
Propósito	Interconectar redes grandes	Enrutamiento interno entre VLANs
Velocidad	Menor que switch	Alta (wire-speed)
Ubicación típica	Borde de red (WAN)	Distribución/Core
Protocolos WAN	Sí	No
ACLs avanzadas	Sí	Sí

Uso típico en el contexto del proyecto

Los routers gestionan:

- La salida a Internet
- El enlace con la red troncal de la universidad (DTIC)
- El control de tráfico entre dominios administrativos

Mientras que los switches L3 gestionan el tráfico interno del edificio.

II.5. Segmentación y Servicios de Red

La segmentación de red y los servicios asociados son elementos fundamentales para el funcionamiento eficiente, seguro y escalable de una infraestructura de telecomunicaciones. En redes de gran magnitud —como las utilizadas en centros de convenciones, auditorios o campus universitarios— la segmentación permite organizar el tráfico, aislar servicios, mejorar el rendimiento y aplicar políticas de seguridad adecuadas.

Los servicios de red, por su parte, proporcionan mecanismos esenciales para administrar direcciones, priorizar tráfico, automatizar configuraciones y garantizar una operación estable y controlada. A continuación se describen los conceptos clave relacionados con VLANs, direccionamiento IP, DHCP y calidad de servicio (QoS).

II.5.1. VLANs

Una VLAN (Virtual Local Area Network) es una red lógica que permite dividir una misma infraestructura física en múltiples segmentos aislados entre sí. A pesar de compartir los mismos switches y cableado, cada VLAN se comporta como si fuera una red independiente, con su propia política de seguridad, broadcast domain y administración.

Características principales de una VLAN

- **Segmentación lógica:** Permite separar tráfico por función (datos, voz, cámaras, Wi-Fi, IoT).
- **Aislamiento:** El tráfico de una VLAN no es visible para otras VLANs sin intervención de un router o switch de capa 3.
- **Reducción de broadcast:** Disminuye la carga innecesaria en la red.
- **Flexibilidad:** Los usuarios pueden pertenecer a la misma VLAN sin importar su ubicación física.

- **Seguridad:** Restringe el acceso entre segmentos mediante ACLs y políticas de firewall.

Tipos de VLAN

- **VLAN por puerto:** Cada puerto del switch se asigna a una VLAN específica.
- **VLAN dinámica:** El switch asigna automáticamente la VLAN según MAC u otros criterios.
- **VLAN de voz:** Diseñada para tráfico VoIP, priorizada mediante QoS.
- **VLAN nativa:** VLAN utilizada para tráfico no etiquetado en puertos troncales.

Norma asociada

La estandarización del etiquetado de tramas se basa en **IEEE 802.1Q**, que añade un identificador VLAN a cada trama Ethernet.

Importancia en redes complejas

Las VLANs son indispensables en entornos de alta densidad y múltiples servicios, como:

- Auditorios
- Instituciones académicas
- Centros de datos
- Edificios inteligentes

Permiten estructurar la red de forma organizada, escalable y segura.

II.5.2. Direccionamiento IP

El direccionamiento IP define la forma en que los dispositivos identifican y localizan otros hosts dentro de una red. Cada dispositivo requiere una dirección única para comunicarse mediante el Protocolo de Internet (IP).

Tipos de direcciones

- **IPv4:** Compuesto por 32 bits; aún ampliamente utilizado.
- **IPv6:** Compuesto por 128 bits; diseñado para solventar la escasez de direcciones IPv4.

Clases de direcciones IPv4 (clásico)

Tabla 6.

Clases de direcciones IPv4

Clase	Rango	Uso típico
A	1.0.0.0 – 126.0.0.0	Redes muy grandes
B	128.0.0.0 – 191.255.0.0	Redes medianas (universidades)
C	192.0.0.0 – 223.255.255.0	Redes pequeñas

Aunque las clases existen, hoy se utiliza principalmente CIDR (Classless Inter-Domain Routing) para administrar subredes.

Subneteo

Consiste en dividir una red grande en subredes más pequeñas, lo cual es útil para:

- Organizar VLANs
- Optimizar rutas
- Limitar tráfico broadcast
- Implementar políticas de seguridad

Una red /24 puede dividirse en múltiples redes más pequeñas (por ejemplo, /26 o /27) según la cantidad de dispositivos por VLAN.

Direcciones privadas (RFC 1918)

- 10.0.0.0/8
- 172.16.0.0/12
- 192.168.0.0/16

Estas direcciones se utilizan para redes internas y no se enrutan en Internet.

Importancia en el proyecto

El direccionamiento IP define la estructura lógica del edificio, permite el enrutamiento entre VLANs y es clave para manejar miles de dispositivos en eventos masivos.

II.5.3. DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

DHCP es un protocolo que asigna automáticamente parámetros de red a los dispositivos, evitando configuraciones manuales.

¿Qué asigna un servidor DHCP?

- Dirección IP
- Máscara de subred
- Puerta de enlace predeterminada
- Servidores DNS
- Tiempo de arrendamiento (lease time)

Funcionamiento del proceso DHCP

1. **Discover:** El cliente busca un servidor DHCP.
2. **Offer:** El servidor responde con una IP disponible.
3. **Request:** El cliente solicita la IP ofrecida.
4. **ACK:** El servidor confirma la asignación.

Ventajas

- Minimiza errores humanos.
- Simplifica administración en redes de gran escala.
- Permite reservas para dispositivos críticos (cámaras, APs, biométricos).
- Favorece movilidad de usuarios (especialmente en Wi-Fi).

Uso adecuado

DHCP es fundamental en:

- Redes con alta rotación de usuarios (eventos y conferencias).
- Redes inalámbricas de acceso general.
- Gestión automatizada de cientos o miles de dispositivos.

II.5.4. QoS (Concepto General – Calidad de Servicio)

QoS (Quality of Service) es un conjunto de técnicas utilizadas para priorizar ciertos tipos de tráfico dentro de la red, garantizando que servicios críticos mantengan un desempeño adecuado incluso en condiciones de congestión.

¿Por qué es necesaria QoS?

En redes modernas conviven múltiples flujos:

- Videoconferencias
- Transmisiones en vivo (streaming)
- Voz sobre IP

- Cámaras IP
- Navegación web
- Descargas masivas

Sin QoS, todo este tráfico compite por el mismo ancho de banda y la calidad puede degradarse.

Parámetros que QoS optimiza

- **Latencia:** tiempo de ida y vuelta de un paquete
- **Jitter:** variación en el tiempo de entrega (crítico en voz)
- **Pérdida de paquetes:** afecta audio, video y control
- **Ancho de banda:** asignación prioritaria según tipo de tráfico

Mecanismos comunes de QoS

- **Clasificación:** Identificar tráfico (voz, video, datos).
- **Marcado:** Etiquetado con DSCP o CoS.
- **Colas prioritarias:** Voz → prioridad estricta.
- **Shaping y policing:** Control de ancho de banda.

Importancia en infraestructuras de alto tráfico

En un centro de convenciones, QoS asegura:

- Audio profesional sin cortes.
- Streaming y conferencias estables.
- Operatividad de cámaras de seguridad.
- Funcionamiento adecuado de VoIP.

Sin QoS, la red se vuelve inestable ante cargas elevadas.

II.6. Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas permiten la conexión de dispositivos sin la necesidad de cables físicos, usando tecnologías de transmisión basadas en radiofrecuencia. Este tipo de redes resulta indispensable en infraestructuras modernas donde la movilidad, la densidad de usuarios y la flexibilidad de acceso son aspectos críticos, como en el Centro de Convenciones de la UAJMS.

Las redes WiFi (IEEE 802.11) han evolucionado significativamente, permitiendo soportar cientos o miles de conexiones simultáneas mediante mecanismos avanzados de modulación, gestión del espectro y control de interferencias.

II.6.1. Fundamentos WiFi

WiFi es un conjunto de estándares definidos por el IEEE (802.11) que permiten la comunicación de datos mediante ondas electromagnéticas. Opera principalmente en las bandas:

- **2.4 GHz** (mayor alcance, más interferencia)
- **5 GHz** (menor alcance, mayor capacidad y menos interferencia)
- **6 GHz** (Wi-Fi 6E; baja congestión, alto throughput)

Conceptos básicos:

- **SSID:** Nombre de la red inalámbrica.
- **BSSID:** Identificador específico del acceso radioeléctrico.
- **Canales:** Fragmentos del espectro usados para transmisión.
- **Power Control:** Ajuste automático de potencia para evitar interferencias.
- **Modulación:** OFDM en Wi-Fi 5 y OFDMA en Wi-Fi 6.
- **Half-duplex:** La comunicación WiFi no permite transmitir y recibir simultáneamente.

Factores que afectan el desempeño:

- Distancia al AP
- Interferencias (otras redes, microondas, muros, metal)
- Cantidad de usuarios conectados
- Densidad del despliegue de APs
- Capacidad del espectro

En espacios cerrados con materiales densos, como auditorios y teatros, la planificación WiFi debe ser cuidadosamente diseñada.

II.6.2. WiFi 6 (OFDMA, MU-MIMO, BSS Coloring)

WiFi 6 (IEEE 802.11ax) fue diseñado específicamente para mejorar el rendimiento en entornos de alta densidad, donde múltiples dispositivos compiten por el canal inalámbrico. Sus principales innovaciones son:

OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)

Permite dividir un canal WiFi en subcanales independientes llamados RU (Resource Units), haciendo posible que múltiples usuarios transmitan simultáneamente dentro del mismo canal.

Beneficios:

- Menor latencia
- Mayor eficiencia
- Mejor experiencia en congestión

Ideal para lugares con cientos de conexiones simultáneas como auditorios.

MU-MIMO (Multi-User Multiple Input, Multiple Output)

Permite que un AP envíe o reciba datos de **múltiples clientes al mismo tiempo**, en lugar de atender uno por uno.

Ventajas:

- Incremento del rendimiento por usuario
- Mejor capacidad cuando hay muchos dispositivos
- Reducción del tiempo de espera

BSS Coloring

Mecanismo que asigna "colores" (identificadores) a cada celda WiFi para distinguir señales propias de interferencias externas.

Beneficios:

- Reducción de interferencia co-canal
- Mayor capacidad útil del espectro
- Permite más APs en menos espacio

II.6.3. Tecnologías empresariales en Access Points (APs)

Los Access Points empresariales integran un conjunto de tecnologías avanzadas diseñadas para proporcionar conectividad inalámbrica de alto rendimiento, estabilidad y seguridad en entornos de gran densidad de usuarios. A diferencia de los dispositivos de uso doméstico, los APs empresariales están orientados a soportar cientos de conexiones simultáneas, gestionar interferencias, optimizar el uso del espectro y garantizar continuidad de servicio en espacios de gran afluencia. A continuación, se describen las principales tecnologías implementadas en soluciones de última generación.

MU-MIMO (Multi-User Multiple Input – Multiple Output)

Permite que el punto de acceso transmita y reciba datos de varios dispositivos al mismo tiempo, incrementando significativamente la eficiencia espectral. Esta tecnología reduce los tiempos de espera, mejora la velocidad experimentada por el usuario y es esencial para entornos en los que decenas o cientos de dispositivos están conectados simultáneamente.

OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)

Divide el canal inalámbrico en subcanales más pequeños, permitiendo que múltiples usuarios puedan transmitir en paralelo. OFDMA es una de las tecnologías clave de Wi-Fi 6, ya que mejora el rendimiento en escenarios de alta densidad como auditorios, ferias, congresos y centros de convenciones.

BSS Coloring

Reduce la interferencia entre puntos de acceso cercanos mediante la asignación de un "color" o identificador único a cada celda inalámbrica. Esto permite reutilizar el espectro de manera más eficiente, especialmente en edificios con muchos APs distribuidos en áreas abiertas o pisos completos.

Beamforming

Tecnología que direcciona la señal de forma inteligente hacia los dispositivos clientes, aumentando la intensidad, estabilidad y eficiencia del enlace. Es especialmente útil en salones amplios donde los usuarios se distribuyen de forma irregular.

Band Steering

Función que redirige automáticamente a los usuarios compatibles hacia la banda de 5 GHz (o 6 GHz en modelos avanzados), descongestionando la banda de 2.4 GHz. Esto mejora el rendimiento general de la red y evita saturaciones características de eventos masivos.

Seguridad WPA3-Enterprise y 802.1X

Los APs empresariales incorporan autenticación avanzada basada en 802.1X mediante servidores RADIUS, así como cifrado WPA3-Enterprise. Este nivel de seguridad garantiza protección ante accesos no autorizados, ataques de intermediario y suplantación de identidad, alineándose con políticas institucionales.

Roaming Empresarial (802.11r / 802.11k / 802.11v)

Permiten que los usuarios se desplacen dentro del edificio sin perder conexión o experimentar cortes en videollamadas, aplicaciones de streaming o sistemas institucionales. Esto es esencial en espacios donde estudiantes, docentes y personal se mueven constantemente entre ambientes.

Gestión Centralizada en Controlador o Nube

Los APs empresariales permiten administración unificada a través de controladores físicos o plataformas en la nube. Entre sus ventajas están:

- Monitoreo en tiempo real
- Configuraciones masivas
- Optimización automática de canales y potencia
- Alertas de interferencia o fallos
- Actualización centralizada del firmware

Esto reduce la carga operativa del área de TI y mejora la disponibilidad del servicio.

Justificación del modelo seleccionado (Cambium XV2-2X)

El Access Point Cambium XV2-2X elegido para el diseño del Centro de Convenciones cumple plenamente con las tecnologías empresariales analizadas. Es un dispositivo Wi-Fi 6 que incorpora MU-MIMO, OFDMA, BSS Coloring, Beamforming, Band Steering, WPA3-Enterprise, roaming rápido y gestión centralizada mediante cnMaestro. Estas características lo convierten en una solución óptima para entornos de alta densidad como el Centro de Convenciones, garantizando rendimiento, estabilidad y seguridad institucional.

Manejo de Roaming y Movilidad en el Cambium XV2-2X

El Cambium XV2-2X incorpora un conjunto de tecnologías empresariales diseñadas para gestionar la movilidad de los usuarios de manera eficiente en entornos de alta densidad. Gracias al soporte de los estándares de roaming rápido, como 802.11r, este AP facilita la transición de los dispositivos entre diferentes puntos de acceso sin interrupciones perceptibles para el usuario.

El AP también utiliza mecanismos de band steering y balanceo de carga para optimizar la distribución de los usuarios, asegurando que cada dispositivo se conecte al punto de acceso más adecuado en función de la intensidad de la señal y la carga de la red. De este modo, se garantiza una conectividad estable y continua, incluso en escenarios de gran concurrencia.

Estas funcionalidades permiten que la infraestructura Wi-Fi del Centro de Convenciones maneje de manera eficaz el tráfico de usuarios móviles, manteniendo un rendimiento óptimo sin importar la cantidad de dispositivos conectados.

II.6.4. Seguridad inalámbrica (WPA2, WPA3, 802.1X)

La seguridad en redes inalámbricas es fundamental, ya que los datos viajan por el aire y pueden ser interceptados si no existen medidas adecuadas.

WPA2

- Usado ampliamente.
- Incluye cifrado AES-CCMP.
- Vulnerable a ataques como KRACK si no se actualiza firmware.

WPA3

- Nuevo estándar de seguridad.
- Mejora autenticación mediante SAE (Simultaneous Authentication of Equals).
- Protege contra ataques de fuerza bruta.
- Recomendado para redes corporativas y entornos críticos.

802.1X + RADIUS

Método de autenticación empresarial:

- El cliente se autentica mediante credenciales (EAP).
- El AP actúa como autenticador.
- El servidor RADIUS valida la identidad.

Beneficios:

- Control de acceso por usuario
- Trazabilidad completa
- Integración con Active Directory
- Seguridad mucho mayor que WPA-Personal

Resumen:

Tabla 7.

Seguridad Inalámbrica

Método	Seguridad	Uso
WPA2-Personal	Media	Redes básicas
WPA3-Personal	Alta	Invitados, entornos domésticos
WPA2/WPA3-Enterprise	Muy alta	Instituciones, auditorios, empresas
802.1X + RADIUS	Corporativo	Redes con control de identidad

II.6.5. Portal Cautivo (Captive Portal)

El portal cautivo es un mecanismo de acceso que obliga al usuario a autenticarse mediante una página web antes de otorgarle acceso a Internet.

Características:

- Redirige tráfico a una página de inicio.
- Solicita aceptar términos o ingresar credenciales.
- Es ideal para visitantes temporales.
- Permite control de tiempo, ancho de banda y dispositivos.

Beneficios:

- Facilidad de uso.
- Registro básico de actividad.
- Aislamiento de invitados del resto de la red.

Uso típico:

- Centros de convenciones
- Aeropuertos
- Hoteles
- Eventos masivos

II.6.6. Autenticación y Servidor RADIUS

El uso de un servidor RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service) es fundamental en entornos empresariales para gestionar la autenticación, autorización y contabilización de usuarios que acceden a la red inalámbrica. RADIUS actúa como un

intermediario entre los dispositivos de red (como los Access Points) y una base de datos centralizada que almacena las credenciales de los usuarios.

En el contexto de una red Wi-Fi empresarial, el servidor RADIUS permite implementar autenticación 802.1X, lo que garantiza que solo los usuarios y dispositivos autorizados puedan acceder a la red. Esto se traduce en un nivel de seguridad mucho mayor, ya que se puede utilizar autenticación basada en credenciales únicas, certificados digitales o incluso integrarse con directorios como LDAP o Active Directory.

Además, el uso de RADIUS facilita la implementación de un portal cautivo, donde los usuarios deben autenticarse antes de obtener acceso completo a la red. De esta forma, se puede llevar un control detallado de quién accede, en qué momento y con qué permisos, mejorando tanto la seguridad como la administración de la red inalámbrica.

II.6.7. Roaming y Densidad

Roaming

Proceso mediante el cual un dispositivo cambia de un AP a otro sin perder conectividad.

Estándares relevantes:

- **802.11r:** Fast Roaming
- **802.11k:** Optimización de selección de AP
- **802.11v:** Transición guiada por la red

Beneficios:

- Menos corte de voz
- Menos pérdida de paquetes
- Movilidad fluida para conferencistas, staff y expositores

Densidad

Entornos de alta densidad requieren:

- Más APs con menor potencia
- Canales bien planificados
- Balanceo de carga
- Band steering hacia 5 GHz
- Control de interferencia co-canal

Los centros de convenciones suelen manejar más de 2.000 conexiones simultáneas, lo que exige planificación RF especializada.

II.7. Seguridad en Redes

La seguridad en redes comprende técnicas, políticas y dispositivos orientados a proteger la integridad, confidencialidad y disponibilidad de los datos. En infraestructuras institucionales, la seguridad debe contemplar tanto el perímetro como los accesos internos, dispositivos inalámbricos, VLANs y servicios críticos.

II.7.1. Firewall

Un firewall es un dispositivo o software que controla el tráfico entre redes, filtrando paquetes según reglas definidas.

Funciones generales:

- Inspección de tráfico (stateful)
- Control de acceso entre zonas de red
- Mitigación básica de ataques
- NAT y PAT
- Registro de eventos (logging)

Tipos:

- **Firewall de red:** Protege el perímetro.
- **Firewall de aplicación:** Filtra contenido a nivel HTTP/HTTPS.
- **NGFW:** Incorpora IPS, inspección profunda y machine learning.

En instituciones, el firewall es esencial para segmentar la red del centro de convenciones del resto de la universidad.

II.7.2. ACLs (Access Control Lists)

Las ACLs son reglas configuradas en switches o routers que permiten o deniegan tráfico según:

- Dirección IP origen o destino
- Puerto
- Protocolo
- VLAN
- Tipo de tráfico

Uso común:

- Restringir acceso entre VLANs
- Proteger servicios críticos (CCTV, biométricos, administración)
- Aplicar políticas de seguridad por segmento

Son la forma más básica y eficiente de aplicar seguridad interna.

II.7.3. Autenticación AAA

AAA significa:

- **Autenticación** → validar identidad.
- **Autorización** → asignar permisos.
- **Accounting (contabilidad)** → registrar actividad.

Tecnologías asociadas:

- **RADIUS:** Autenticación centralizada en red.
- **TACACS+:** Control granular para administración de dispositivos.
- **Active Directory:** Gestión de usuarios corporativos.

Importancia:

- Centraliza el control de acceso.
- Evita contraseñas locales inseguras.
- Permite auditoría detallada.
- Asegura acceso solo a personal autorizado.

II.7.4. Administración Centralizada

La administración centralizada permite controlar:

- Switches
- APs
- Firewalls
- Logs y alertas
- Políticas de seguridad
- Firmware
- Configuraciones remotas

Beneficios:

- Homogeneidad en políticas
- Visibilidad total de la red
- Respuesta rápida a incidentes
- Automatización de tareas
- Reducción de errores humanos

En redes institucionales, esta capa suele ser gestionada por la unidad central de TI (como la DTIC de la UAJMS).

II.8. Herramientas de Simulación

Las herramientas de simulación de redes permiten modelar, analizar y validar arquitecturas de comunicación antes de su implementación física. Estos entornos virtuales facilitan la comprensión del funcionamiento de dispositivos de red, protocolos y topologías, reduciendo costos y riesgos durante la fase de diseño.

En proyectos académicos y profesionales, la simulación constituye una etapa esencial para probar configuraciones, evaluar el comportamiento de la red bajo diferentes escenarios y garantizar que el diseño cumpla con los requisitos funcionales y no funcionales establecidos. A continuación se describen las herramientas más relevantes para el análisis del presente proyecto.

II.8.1. Cisco Packet Tracer

Cisco Packet Tracer es una herramienta de simulación ampliamente utilizada en entornos educativos y de formación técnica. Desarrollada por Cisco Networking Academy, permite crear topologías de red virtuales y configurar dispositivos de forma similar a los equipos reales mediante una interfaz gráfica intuitiva y acceso a línea de comandos (CLI).

Características principales

- **Simulación de dispositivos Cisco:** switches, routers, puntos de acceso, servidores, PCs, VoIP, entre otros.
- **Soporte para configuraciones CLI:** que replica comandos y comportamientos del sistema operativo IOS.
- **Representación visual de topologías:** permite diseñar redes mediante arrastrar y soltar.

- **Pruebas de conectividad:** ping, traceroute, inspección de tablas ARP, MAC, routing.
- **Simulación de protocolos:** VLANs, STP, RSTP, OSPF, EIGRP, DHCP, NAT, ACLs, etc.
- **Modo "realtime" y "simulation":** permite visualizar paso a paso cómo circulan los paquetes en la red.
- **Bajo requerimiento de hardware:** accesible para estudiantes e instituciones educativas.

Ventajas en el contexto del proyecto

Packet Tracer resulta especialmente útil para:

- Modelar la topología lógica del Centro de Convenciones.
- Validar configuraciones de VLANs, enlaces troncales, DHCP y enrutamiento.
- Probar la comunicación entre diferentes segmentos de red antes de la implementación física.
- Identificar errores de configuración sin afectar equipos reales.
- Documentar el diseño mediante capturas y diagramas generados desde la herramienta.

Si bien Packet Tracer no emula con fidelidad absoluta todos los protocolos avanzados ni comportamientos de equipos de categoría empresarial, es ideal para validar principios fundamentales del diseño.

II.8.2. Alternativas profesionales (opcional)

Además de Packet Tracer, existen soluciones profesionales orientadas a la simulación avanzada, emulación realista y análisis profundo del rendimiento. Estas herramientas son usadas en empresas, laboratorios de certificación y entornos de ingeniería.

GNS3 (Graphical Network Simulator 3)

- Permite ejecutar imágenes reales de IOS, JunOS u otros sistemas de red.
- Ofrece mayor precisión que Packet Tracer en protocolos avanzados.
- Ideal para pruebas complejas de enrutamiento y firewalling.
- Requiere más recursos de hardware.

EVE-NG (Emulated Virtual Environment Next Generation)

- Plataforma profesional que permite emular redes completas con equipos virtualizados.
- Compatible con Cisco, Mikrotik, Palo Alto, Fortinet, Huawei, etc.
- Utilizada en preparación para certificaciones como CCNP/CCIE.
- Facilita laboratorios colaborativos y simulaciones de alta complejidad.

Cisco Modeling Labs (CML)

- Entorno oficial de Cisco para emulación avanzada.
- Reemplaza hardware físico en pruebas de laboratorio.
- Muy preciso en protocolos empresariales y comportamientos reales.

Ekahau / NetSpot (para análisis WiFi)

- Herramientas profesionales de *site survey*.
- Permiten generar mapas de calor, analizar cobertura, interferencias y densidad.
- Útiles para validar despliegues Wi-Fi de alta densidad.

III. Capitulo III: Análisis y Requerimientos

III.1. Análisis del Entorno

El análisis del entorno constituye un componente esencial para la correcta planificación de la infraestructura de red del Centro de Convenciones de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Este estudio permite comprender las condiciones arquitectónicas, espaciales, operativas y técnicas del edificio, asegurando que el diseño de red responda adecuadamente a sus características físicas y a los requerimientos de uso durante eventos de alta concurrencia. A continuación se presenta un análisis integral del entorno, basado en los planos arquitectónicos oficiales del Centro de Convenciones y en la descripción detallada incluida previamente en la sección **I.2.1.1 Descripción del Centro de Convenciones**.

III.1.1. Información general del edificio

El Centro de Convenciones es una infraestructura de gran escala concebida para albergar actividades académicas, científicas, culturales y administrativas. Como se expone en la sección I.2.1.1, el edificio ocupa un terreno de **11.627,20 m²**, distribuidos

en tres niveles principales: Planta Baja, Primer Piso y Segundo Piso, además de áreas exteriores y espacios técnicos.

Las características más relevantes que influyen en la planificación de la red son:

Diversidad funcional de ambientes

El edificio integra ambientes con diferentes requerimientos tecnológicos, tales como:

- Sala de Convenciones (capacidad 1.980 personas)
- Teatro (415 butacas)
- Salas de reuniones
- Áreas administrativas
- Camerinos y depósitos
- Cabina de sonido e iluminación
- Tramoya y puentes técnicos
- Cafetería y foyers de alta concurrencia

Esta diversidad exige una red segmentada, escalable y de alta disponibilidad.

Circulación de alto volumen

Durante eventos masivos, el edificio puede albergar entre **2.785 y 3.005 personas** en hora pico, lo cual implica:

- Alta demanda de conectividad inalámbrica
- Tráfico elevado en redes de datos
- Requerimientos de QoS para servicios críticos como voz, video y streaming

Presencia de espacios técnicos para infraestructura

El edificio incluye salas de instalaciones, ductos, cielos falsos y rutas accesibles para cableado estructurado, lo que facilita la implementación de redes de alta capacidad.

III.1.2.Limitaciones físicas del edificio

A pesar de su diseño moderno, el Centro de Convenciones presenta una serie de limitaciones físicas que deben ser consideradas al planificar la infraestructura de red:

1. Distancias horizontales amplias

La distribución longitudinal y transversal del edificio provoca que algunos puntos de red excedan los **100 metros** permitidos por la norma TIA/EIA-568 para cableado de cobre.

Esto obliga a:

- Instalar múltiples IDFs distribuidos por nivel
- Emplear fibra óptica en troncales
- Optimizar rutas de cableado

2. Barreras arquitectónicas

La presencia de:

- Graderías
- Muros de ladrillo estructural
- Cubiertas metálicas
- Áreas con aislación acústica

Puede afectar la propagación de señales inalámbricas, haciendo necesario:

- Mayor densidad de puntos de acceso (APs)
- Planeamiento de canales RF
- Ajustes de potencia y diseño de celdas WiFi

3. Altura variable de ambientes

Ambientes como:

- Sala de Convenciones
- Teatro
- Foyers principales
- Zonas de tramoya
- Puentes escénicos

Poseen alturas superiores al estándar de oficinas (hasta +8.60 m según planos), lo que influye en:

- Toma de decisiones sobre instalación de APs
- Diseño de cableado vertical
- Ubicación estratégica de equipos

4. Aforos extraordinariamente altos

Dada la capacidad de casi 3.000 personas simultáneas, la red debe resistir:

- Congestión de tráfico inalámbrico
- Alta demanda de DHCP
- Uso intensivo de servicios de voz, video y datos
- Interferencia por densidad de dispositivos

5. Espacios técnicos restringidos

Algunos cuartos técnicos presentan limitaciones de espacio, ventilación y acceso, lo cual condiciona:

- El tamaño del rack a instalar
- La disposición de patch panels
- La organización del cableado
- Las rutas de enfriamiento y flujo de aire

III.1.3.Puntos de red existentes

El levantamiento del cableado estructurado muestra un total de **148 puntos de red**, distribuidos en:

Tabla 8.

Número de puntos de red existentes

Nivel	Datos	Telefonía	Cámaras	WiFi	Biométricos	Total
Planta Baja	23	6	14	7	1	**51**
Primer Piso	34	8	24	18	0	**84**
Segundo Piso	7	3	1	2	0	**13**
Total	**64**	**17**	**39**	**27**	**1**	**148**

Estos puntos incluyen:

- Rosetas para estaciones de trabajo
- Puertos para cámaras IP
- Conectividad para teléfonos IP
- Backhauls UTP para puntos de acceso WiFi
- Equipos biométricos (control de accesos)
- Puertos de servicio y monitoreo

La presencia de múltiples categorías de dispositivos exige una segmentación lógica por VLAN, así como un backbone robusto en fibra óptica para manejar tráfico agregado.

III.1.4.Distribución de IDFs

Para cumplir con las distancias máximas recomendadas y garantizar eficiencia operativa, se instalaron **cuatro IDFs** estratégicamente posicionados:

Tabla 9.

Distribución de IDFs

IDF	Ubicación	Tipo de Rack	Puntos atendidos	Enlaces troncales
IDF A	Primer Piso	Rack de piso 32U	42 puntos	Principal (Core)
IDF B	Planta Baja	Rack de piso 32U	40 puntos	2 enlaces a IDF A
IDF C	Segundo Piso	Rack de piso 32U	34 puntos	2 enlaces a IDF A
IDF D	Planta Baja	Rack de pared 15U	32 puntos	2 enlaces a IDF A

Características técnicas relevantes de los IDFs

- Organizados con patch panels Cat6A
- Cuentan con espacio para switches de 24 y 48 puertos
- Conectados mediante fibra óptica monomodo hacia el IDF principal
- Permiten crecimiento en capacidad sin necesidad de recableado
- Distribuyen carga de tráfico para evitar saturación de un solo rack

El IDF A opera como nodo principal (MDF lógico), centralizando la topología en estrella jerárquica.

III.1.5.Conclusión del Análisis del Entorno

El Centro de Convenciones presenta un entorno complejo que combina:

- Grandes distancias estructurales
- Altos aforos
- Diversidad de ambientes
- Limitaciones físicas
- Necesidades de conectividad crítica
- Elevadísima densidad de dispositivos inalámbricos

Por ello, es fundamental que la infraestructura de red responda a estas condiciones mediante una arquitectura jerárquica, segmentación adecuada, cableado estructurado conforme a norma y enlaces troncales de alta capacidad.

Este análisis fundamenta todas las decisiones técnicas desarrolladas en los capítulos posteriores de diseño físico y lógico.

III.2. Requerimientos del Sistema

El diseño de la red del Centro de Convenciones requiere identificar, analizar y estructurar los requerimientos que garantizarán su correcto funcionamiento en condiciones de alta demanda. Debido a la magnitud del edificio, su aforo total y la diversidad de actividades que se desarrollan en él, es indispensable definir tanto los requerimientos funcionales como los no funcionales, así como los requerimientos específicos de los usuarios y de la infraestructura física.

Estos requerimientos constituyen la base del diseño lógico y físico, estableciendo los criterios de segmentación, seguridad, capacidad, desempeño y compatibilidad tecnológica que guiarán las decisiones de implementación.

III.2.1.Requerimientos Funcionales

Los requerimientos funcionales describen qué debe hacer la red para satisfacer las necesidades operativas del edificio y garantizar la continuidad de los servicios tecnológicos durante eventos de alta concurrencia.

1. Proporcionar conectividad de alta disponibilidad

La red debe garantizar conectividad estable y continua para:

- Usuarios administrativos y organizadores
- Expositores y conferencistas
- Participantes de eventos
- Equipos audiovisuales
- Dispositivos IoT (cámaras, biométricos, sensores)

2. Segmentar el tráfico según tipo de usuario o dispositivo

Se requiere dividir la red en VLANs para:

- PCs administrativas
- Teléfonos IP

- Video vigilancia (CCTV IP)
- Wifi
- Equipos audiovisuales (audio y video)
- Sistemas biométricos

La segmentación busca aislar tráfico, optimizar rendimiento y fortalecer la seguridad.

3. Gestionar más de 2.000 dispositivos inalámbricos simultáneos

La red debe soportar:

- 1.400–2.100 dispositivos WiFi conectados en hora pico
- Movilidad de asistentes entre ambientes
- Alta densidad de dispositivos en la Sala de Convenciones y foyers

4. Garantizar servicios esenciales

La red debe permitir:

- Telefonía IP
- Video vigilancia (CCTV IP)
- Streaming en eventos
- Sistemas de control de acceso
- Servicios de DHCP, DNS, AAA (RADIUS/AD)
- Administración centralizada (SNMP, Syslog)

5. Permitir escalabilidad futura

El diseño debe admitir:

- Incremento de APs
- Expansión de IDFs
- Nuevas subredes
- Migración a IPv6
- Integración con futuros sistemas audiovisuales

6. Facilitar simulación, monitoreo y diagnóstico

La red debe permitir:

- Supervisión en tiempo real
- Identificación de fallas

- Políticas de QoS para voz y video
- Pruebas periódicas de rendimiento

III.2.2.Requerimientos No Funcionales

Los requerimientos no funcionales definen las condiciones de calidad que debe cumplir la red para operar correctamente.

1. Rendimiento

La red debe garantizar:

- Velocidades de hasta 10 Gbps en backbone
- Mínima latencia en tráfico de voz (<150 ms) y video
- Tiempos de respuesta óptimos para aplicaciones críticas
- Bajos niveles de jitter y pérdida de paquetes

2. Disponibilidad

- Enlaces troncales redundantes
- Múltiples IDFs para reducir distancias
- Tolerancia a fallas y continuidad operativa
- APs distribuidos para alta cobertura

3. Seguridad

La red debe implementar:

- Autenticación 802.1X
- WPA3-Enterprise para WiFi corporativo
- Portal cautivo para invitados
- Segmentación en VLAN
- ACLs para limitar accesos entre subredes
- Protección contra loops (STP, BPDU-guard)
- Control de acceso por puerto (port-security)

4. Escalabilidad

El sistema debe permitir:

- Crecimiento de usuarios
- Nuevos equipos de red
- Integración con domótica, IoT y sistemas inteligentes

5. Fiabilidad y robustez

- Cableado estructurado Cat6A
- Fibra óptica monomodo para backbone
- Equipos certificados de calidad empresarial
- Racks adecuados para ventilación y expansión

6. Mantenibilidad

- Documentación completa del diseño
- Esquemas de nomenclatura estandarizados
- Fácil acceso a cuartos técnicos
- Plan de mantenimiento preventivo

7. Usabilidad

La red debe ser:

- Fácil de administrar
- Compatible con sistemas de la UAJMS
- Intuitiva para usuarios invitados

III.2.3.Requerimientos de Usuario

Los usuarios del Centro de Convenciones se agrupan en distintos perfiles con necesidades específicas. A continuación se presentan los requerimientos por perfil.

1. Usuarios Administrativos

- Conectividad inalámbrica y cableada estable
- Acceso seguro a recursos internos
- Prioridad en QoS durante eventos
- Autenticación por 802.1X
- Telefonía IP funcional

2. Expositores y Conferencistas

- WiFi de alta disponibilidad
- Ancho de banda garantizado
- Soporte para streaming y presentaciones multimedia
- Red confiable para transferencia de material académico

3. Invitados / Participantes

- Acceso WiFi Guest
- Aislamiento del resto de la red
- Conexión sencilla mediante portal cautivo
- Navegación básica por Internet

4. Equipos IoT y sistemas críticos

- Cámaras IP
- Equipos biométricos
- Sonido y video profesional
- Control de iluminación y tramoya

Requieren:

- Conectividad estable
- Segmentación estricta
- IP estática o reservas DHCP
- Latencia mínima para control en tiempo real

5. Personal técnico y de operaciones

- Acceso a VLAN de gestión
- Herramientas de monitoreo
- SNMP/Syslog
- Control de switches y APs
- Acceso a IDFs y ductos técnicos

III.2.4.Requerimientos de Infraestructura

La infraestructura del Centro de Convenciones define las condiciones necesarias para la instalación física de la red.

1. Cableado estructurado

- Categoría 6A
- Longitud máxima 100 metros por norma
- Canalización adecuada en bandejas, ductos y cielos falsos
- Tomas debidamente identificadas

2. Backbone

- Fibra óptica monomodo

- Enlaces redundantes entre IDFs
- Capacidad mínima de 10 Gbps

3. Cuartos técnicos (IDFs)

- 4 IDFs estratégicamente ubicados
- Racks de 15U y 32U según piso
- Patch panels Cat6A
- Sistema de ventilación y energía estabilizada
- Facilidad de mantenimiento

4. Equipamiento de red

- Switches de acceso PoE+
- Switches de distribución con L3
- Puntos de acceso WiFi 6 o superior
- Controlador de red inalámbrica (opcional/externalizado)

5. Consideraciones de instalación

- Alturas variables de ambientes (hasta +8.60 m) exigen planeamiento específico
- Barreras arquitectónicas requieren mayor densidad de APs y planificación RF
- Rutas técnicas deben evitar interferencias eléctricas
- Puntos de red deben seguir un código de etiquetado único

Conclusión de los Requerimientos del Sistema

Los requerimientos identificados en esta sección permiten establecer una base sólida para el diseño de la red del Centro de Convenciones, asegurando compatibilidad con las condiciones físicas del edificio y respondiendo adecuadamente al elevado nivel de demanda esperado durante eventos masivos. Estos requerimientos guían la construcción de la arquitectura lógica, la segmentación por VLAN, el diseño del cableado, la distribución de los IDFs y la selección del equipamiento de red descritos en los siguientes capítulos.

III.3. Identificación de Tipos de Usuario

La infraestructura tecnológica del Centro de Convenciones debe atender a una amplia variedad de usuarios, cada uno con perfiles, necesidades, restricciones y prioridades distintas. Esta diversidad funcional exige una segmentación adecuada del

tráfico de red, el establecimiento de políticas de seguridad diferenciadas y la provisión de mecanismos de calidad de servicio (QoS) para garantizar un desempeño óptimo durante eventos de alta concurrencia.

Para efectos del diseño lógico, se han identificado los siguientes tipos de usuarios y dispositivos, tomando en cuenta las actividades que se desarrollan en el edificio, el aforo de los ambientes y los requerimientos tecnológicos particulares.

III.3.1. Características de los usuarios

El sistema de red del Centro de Convenciones está orientado a atender una amplia variedad de usuarios y dispositivos, cada uno con necesidades tecnológicas particulares. Debido a la magnitud del edificio, el elevado aforo simultáneo y la diversidad de actividades que se desarrollan en sus ambientes (ver sección I.2.1.1), es indispensable definir claramente las características funcionales de cada tipo de usuario. Esta clasificación permite establecer políticas de acceso diferenciadas, segmentar la red mediante VLANs, aplicar mecanismos de autenticación adecuados y garantizar niveles óptimos de seguridad, desempeño y disponibilidad.

La siguiente tabla resume los principales tipos de usuarios identificados, su descripción operativa y los requisitos tecnológicos esenciales para su funcionamiento dentro de la infraestructura de red.

Tabla 10.

Características de Usuarios

Tipo de usuario	Descripción	Requisitos principales
Administrativos	Personal interno de la UAJMS responsable de la gestión de eventos, atención al público, administración del edificio y apoyo logístico.	- Acceso completo a recursos internos institucionales - Autenticación mediante 802.1X - VLAN administrativa dedicada - Telefonía IP - Navegación priorizada mediante QoS
Invitados / Participantes	Usuarios temporales que asisten a congresos, seminarios, ferias	- Acceso WiFi controlado mediante

	académicas, simposios o actividades culturales. Presentan alta rotación y alta densidad de conexión.	portal cautivo - Credenciales temporales - Aislamiento completo respecto a redes internas - Políticas de ancho de banda y sesiones limitadas
Técnicos y personal DTIC	Personal encargado de la administración, configuración y mantenimiento de la infraestructura de red, equipos audiovisuales y sistemas críticos.	- Acceso seguro a la VLAN de gestión - Conectividad remota mediante SSH/HTTPS - Permisos elevados - Autenticación RADIUS/Active Directory - Acceso SNMP y monitoreo
Dispositivos de seguridad	Equipos de vigilancia, control de acceso y monitoreo, tales como cámaras IP, sistemas biométricos y sensores.	- VLAN aislada para seguridad - Tráfico priorizado y estable - Ancho de banda garantizado - IP estática o reservas DHCP - Comunicación cifrada conforme a buenas prácticas
Equipos Audiovisuales Profesionales	Equipos de sonido, video, iluminación, Streaming y control escénico instalados en el Teatro, Sala de Convenciones y cabinas técnicas.	- VLAN específica (sonido / video) - Latencia mínima - Alta confiabilidad - QoS estricta para tráfico multimedia - Interfaces cableadas preferentes

Todos los perfiles de usuario contarán con políticas de acceso diferenciadas y trazabilidad de conexión mediante logs centralizados.

III.4. Análisis de Usuarios y Cargas

El diseño de la red del Centro de Convenciones debe considerar de manera rigurosa el volumen de usuarios que se conectarán simultáneamente, tanto a través de enlaces cableados como inalámbricos. El edificio está diseñado para albergar eventos masivos, lo que genera cargas de tráfico significativamente superiores a las de una

infraestructura universitaria convencional. Por este motivo, la red debe dimensionarse con criterios de alta disponibilidad, gran densidad de dispositivos, y mecanismos de segmentación y control acorde al uso intensivo del recurso.

El presente análisis integra la capacidad arquitectónica del edificio (ver sección I.2.1.1), el comportamiento esperado de los usuarios (ver sección II.3) y los estándares de diseño de redes de alta densidad recomendados por fabricantes como Cisco, Cambium Networks y Aruba.

III.4.1. Cálculo de aforo por ambiente

Basado en los planos arquitectónicos, los principales ambientes del Centro de Convenciones cuentan con las siguientes capacidades:

Tabla 11.

Capacidad de cada ambiente

Ambiente	Capacidad (personas)
Sala de Convenciones	**1.980**
Teatro	**415**
Salas de reunión (varias)	**200–300**
Foyers, pasillos y áreas comunes	**150–250**
Personal administrativo / técnico	**40–60**

Total estimado de usuarios: 2.785 – 3.005 personas

Este número representa el máximo aforo concebido para eventos de gran magnitud, como congresos internacionales, simposios académicos o ceremonias institucionales.

III.4.2. Estimación de usuarios simultáneos en hora pico

En entornos universitarios y eventos masivos, el nivel de conexión simultánea suele encontrarse entre **50% y 70%** del total de asistentes, debido a:

- Uso de múltiples dispositivos personales (smartphones, laptops, tabletas).
- Conexión automática a redes WiFi previamente registradas.
- Actividades que requieren interacción digital (inscripciones, apps, plataformas).
- Consumo de contenido multimedia (transmisión en vivo, redes sociales, archivos).

- Necesidad de conectividad para actividades académicas.

Aplicando este principio al aforo total:

Usuarios conectados simultáneamente (WiFi):

- Mínimo (50%) → 1.400 dispositivos conectados
- Máximo (70%) → 2.100 dispositivos conectados

Usuarios cableados simultáneos:

Hasta 148 dispositivos, correspondientes a:

- PCs administrativas
- Cámaras IP
- Biométricos
- Equipos de sonido y video
- Backhaul (enlace de conexión) de APs
- Conectividad de cabinas técnicas

III.4.3.Demanda cableada vs inalámbrica

La conectividad del edificio se divide en dos grandes categorías:

A. Conectividad Cableada

Los 148 puntos de red se distribuyen de manera estratégica (ver sección II.1.3) y cubren:

- **Oficinas administrativas:** PCs, impresoras, VoIP
- **Seguridad:** cámaras IP
- **Control:** biométricos
- **Escenarios:** mesas de sonido, consolas, iluminación
- **APs:** backhaul mediante PoE+

El tráfico cableado es mayormente:

- Constante
- Predecible
- Segregado por VLAN
- De baja latencia
- Crítico en áreas como sonido y video

B. Conectividad Inalámbrica

La mayor carga recae en WiFi, especialmente durante:

- Congresos
- Ferias académicas
- Seminarios internacionales
- Graduaciones
- Eventos con streaming

La red debe soportar más de 2.000 dispositivos simultáneos, con un patrón de tráfico:

- Altamente variable
- Dependiente de la densidad de público
- Con picos repentinos en áreas como foyer, sala principal y teatro
- Con riesgo de interferencias por alta concentración de APs y dispositivos

III.4.4. Justificación del número de puntos de acceso (APs)

Según el presupuesto institucional (ver Tabla de Inversión), se consideran 27 puntos de acceso Cambium XV2-2X.
Este número se justifica de la siguiente manera:

A. Capacidad por AP

El Cambium XV2-2X es un AP WiFi 6 (802.11ax) capaz de manejar:

- Entre 250 y 512 usuarios por AP (dependiendo de configuración y ancho de banda)
- WiFi 6 OFDMA que optimiza conexiones en ambientes densos
- Bandas de 2.4 y 5 GHz con antenas de alta ganancia

B. Distribución espacial

Los APs deben cubrir:

- Sala de Convenciones (espacio de mayor densidad)
- Teatro
- Foyers principales
- Salas de reunión
- Áreas administrativas
- Pasillos perimetrales

C. Cálculo de demanda

Si consideramos el escenario más crítico (2.100 usuarios):

- Requerimiento mínimo: ~1 AP cada 80 usuarios para buena calidad (OFDMA + MU-MIMO)
- 2.100 / 80 ≈ 27 APs
- Coincide con el número estipulado en el presupuesto y con el estándar de alta densidad para auditorios

Por lo tanto, 27 APs es un valor óptimo y técnico para un escenario de densidad extrema.

III.4.5. Justificación de capacidad de switches

El diseño incluye:

- Switches C1000-48P-4G-L (PoE+ para APs y dispositivos cableados)
- Switches C1000-24P-4G-L (para áreas de menor densidad)
- Switches Cisco C9300 (core / distribución)

La capacidad se justifica así:

A. Potencia PoE+

Cada AP Cambium requiere alimentación PoE+

Switches de 48 puertos aseguran:

- Conexión de APs
- Conexión de cámaras
- Conexión de teléfonos IP
- Alimentación redundante por switch

B. Capacidad de conmutación

Los switches seleccionados superan:

104 Gbps de capacidad de switching (en modelos 48P)

Enlaces uplink de **1G/10G**

Capacidad suficiente para el tráfico agregado de:

- Eventos masivos

- Video HD y 4K en teatro y sala principal
- Transmisión en vivo
- CCTV de alta resolución

C. Soporte para VLANs y routing

Los equipos soportan:

- Segmentación 802.1Q
- Voice VLAN
- Múltiples VLANs simultáneas
- Spanning Tree
- EtherChannel
- Calidad de servicio (QoS)

D. Redundancia

La arquitectura permite:

- Enlaces troncales dobles desde IDFs
- Path alterno para fallas
- Minimización de latencia

Todo esto es requerido por un centro de convenciones debido a la criticidad de los eventos.

III.4.6. Conclusión del Análisis de Usuarios y Cargas

El análisis demuestra que el Centro de Convenciones exige una red de alto rendimiento, preparada para manejar:

- Hasta 3.000 personas en el edificio
- Hasta 2.100 dispositivos inalámbricos simultáneos
- 148 dispositivos cableados distribuidos por funciones críticas
- Video, audio, CCTV, biométricos y streaming
- Eventos simultáneos en salas principales y secundarias

La infraestructura propuesta de 27 APs WiFi 6, switches PoE+, distribución en 4 IDFs y backbone de fibra, responde adecuadamente a las exigencias del edificio y justifica plenamente la elección de tecnologías, la segmentación VLAN y el diseño jerárquico utilizado.

COMPONENTE I

DISEÑO DEL SISTEMA DE RED

CENTRO DE CONVENCIONES – UAJMS

IV. Componente 1: Diseño del Sistema de Red

El diseño del sistema de red del Centro de Convenciones de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho se desarrolla con base en los requerimientos funcionales, no funcionales y operativos definidos en el Capítulo III. Este diseño considera las condiciones arquitectónicas del edificio, la cantidad de usuarios concurrentes estimados, la distribución de espacios físicos, las limitaciones técnicas, la necesidad de garantizar cobertura inalámbrica de alta densidad, así como la obligatoriedad de asegurar una infraestructura escalable y alineada a estándares internacionales.

El presente capítulo se estructura en cinco secciones fundamentales:

- **IV.1 Diseño Físico**
- **IV.2 Diseño Lógico**
- **IV.3 Diseño WiFi**
- **IV.4 Selección de Equipos**
- **IV.5 Simulación de la Red**

Cada sección detalla los componentes necesarios para implementar una solución de red integral que cumpla con las necesidades actuales y futuras del Centro de Convecciones.

IV.1. Diseño Físico Del Sistema

El diseño físico corresponde a la infraestructura tangible que soporta la red: cuartos de telecomunicaciones, racks, cableado estructurado, rutas de canalización, alimentación eléctrica, distribución de equipos de red, interconexión entre los IDFs y ubicación estratégica de Access Points. Este diseño responde a las características arquitectónicas del Centro de Convenciones y al modo en que fueron construidas sus canalizaciones internas.

Uno de los aspectos más relevantes es que el edificio NO cuenta con un backbone interno de fibra óptica entre sus cuartos de telecomunicaciones. La topología real está basada exclusivamente en uplinks de cobre (UTP Cat6A) entre los IDFs y el rack principal.

IV.1.1. Topología Física General

La red del Centro de Convenciones adopta una **topología estrella extendida**, donde:

El RACK A funciona como MDF (Main Distribution Frame).

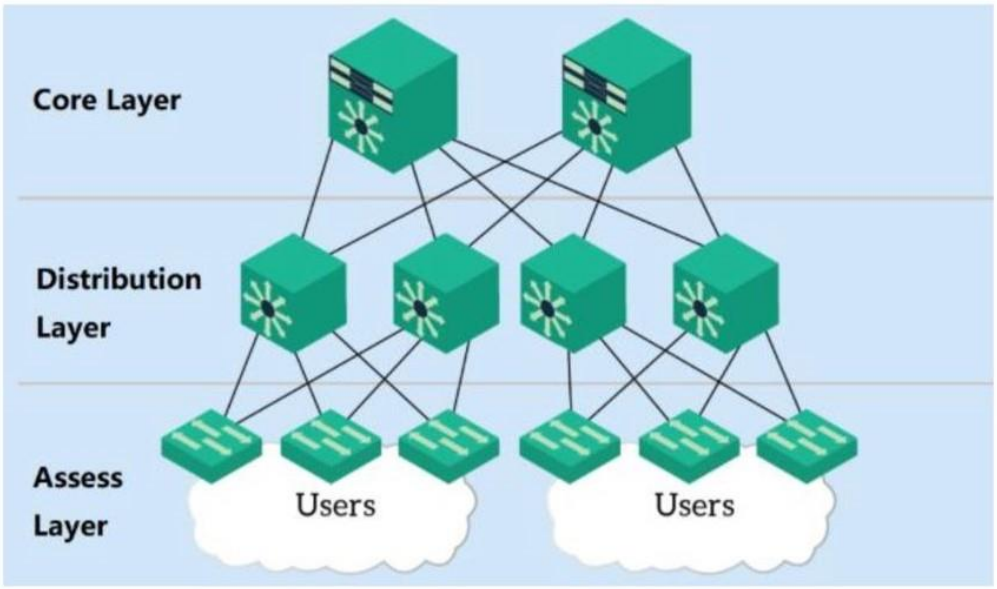
Es el nodo central desde donde se distribuye toda la red. Los racks secundarios: RACK B, RACK C y RACK D, son IDFs (Intermediate Distribution Frames). No tienen conexión entre sí.

Cada IDF se conecta directamente al RACK A mediante dos enlaces UTP Cat6A. Estos uplinks brindan redundancia física y mayor capacidad agregada. La única fibra óptica presente es la que proviene de la DTIC hacia el RACK A. No existe red óptica interna propia del edificio.

Esta arquitectura se resume así:

FIGURA 7.

Diagrama de Red



IV.1.2. Conexión Principal con la Red de la UAJMS (DTIC)

El Centro de Convenciones se integra a la red institucional mediante:

- Una fibra óptica monomodo OS2
- Conectada directamente al RACK A
- Gestionada por la Dirección de Tecnologías de Información y Comunicación (DTIC)

Este enlace proporciona:

- Acceso a internet institucional
- Acceso a servicios administrativos
- Integración con autenticación y seguridad centralizada
- Visibilidad remota de los equipos del Centro de Convenciones

El RACK A es, por tanto, el único punto de tránsito entre la red interna del Centro y la red universitaria.

IV.1.3. Distribución de Racks e Interconexión entre IDFs

RACK A – Cuarto Principal (MDF)

Ubicado en una posición estratégica en el primer piso.

Aloja:

- Switch Layer 3
- Patch panels principales
- Módulo de fibra óptica para enlace con DTIC
- UPS principal
- Enlaces UTP dobles hacia B, C y D

Es el corazón operativo de toda la infraestructura.

RACK B – Planta Baja

Conectado al RACK A mediante **dos enlaces UTP Cat6A**.

Atiende:

- Teatro
- Cabina de audio e iluminación
- Oficinas administrativas
- Cámaras IP perimetrales
- Accesos del nivel inferior

RACK C – Segundo Piso

Conectado al RACK A mediante **dos enlaces UTP Cat6A**.

Atiende:

- Salas técnicas superiores
- Equipos audiovisuales

- Cámaras en altura

RACK D – Sector Extendido

Conectado al RACK A mediante **dos enlaces UTP Cat6A**.

Atiende:

- Zonas alejadas del edificio
- Equipos biométricos
- Áreas auxiliares y perimetrales
- Expansión futura

IV.1.4. Cableado Estructurado

El cableado estructurado se instaló siguiendo la norma **TIA/EIA-568-D**.

Cableado Horizontal:

- Cable: **UTP Cat6A**
- Longitud máxima del cable horizontal: 90 m
- Longitud total del canal: 100 m
- Terminación: patch panel Cat6A — roseta certificada
- Separación mínima respecto a cables eléctricos: 20 cm

Destinado a:

- 148 puntos de red
- Cámaras IP
- Teléfonos VoIP
- Equipos biométricos
- Access Points WiFi 6
- Equipos de audio/video

Cableado Entre Racks (Backbone interno real)

El backbone interno está compuesto por:

- 2 cables UTP Cat6A dedicados por IDF
- Configurados como uplinks principales
- Capacidad por enlace: 1 Gbps
- Capacidad agregada posible: 2 Gbps con LACP

Ventajas:

- Aprovecha infraestructura existente
- Reduce costos
- Fácil mantenimiento

Limitación:

- No permite velocidades superiores a 2 Gbps entre IDFs
- El MDF (RACK A) sostiene toda la carga agregada

IV.1.5. Canalizaciones y Rutas de Cable

Se implementaron:

- Bandejas portacables metálicas
- Canaletas empotradas
- Ductos verticales tipo conduit
- Rutas exclusivas para datos
- Rutas separadas para potencia

Las canalizaciones fueron diseñadas para:

- Minimizar interferencias
- Facilitar mantenimientos
- Evitar saturación física
- Respetar radios de curvatura
- Asegurar protección mecánica del cableado

IV.1.6. Cuartos de Telecomunicaciones: Condiciones Técnicas

Cada IDF cumple con:

Requisitos ambientales

- Temperatura entre 20°C y 25°C
- Ventilación adecuada
- Ausencia de humedad

Seguridad física

- Acceso restringido
- Racks con llave
- Canalización ordenada

Normativas

- Espacio suficiente para mantenimiento
- Iluminación técnica
- Piso limpio y despejado

IV.1.7. Sistema Eléctrico y UPS

Cada IDF está equipado con:

- UPS Line-Interactive
- Tomas reguladas exclusivas
- Protección contra picos
- Tiempo de respaldo suficiente para desconexiones cortas

Limitación actual:

- No existe generador institucional
- Recomendación: incluirlo en una futura fase

IV.1.8. Diseño Físico del Sistema Inalámbrico

Se determinaron 27 Access Points WiFi 6 distribuidos según:

- Capacidad del ambiente
- Cantidad de usuarios
- Interferencias estructurales
- Cobertura mínima requerida

Distribución:

- Sala de Convenciones: 16
- Teatro: 6
- Áreas comunes: 4
- Oficinas: 1

Consideraciones:

- Altura mínima: 3 m
- Evitar estructuras metálicas
- Canales 5 GHz preferidos
- PoE+ desde switches
- Ubicación uniforme para evitar solapamiento excesivo

IV.1.9. Diagrama Físico General (Descriptivo)

Describe:

- El MDF como punto central
- Enlaces UTP dobles hacia cada IDF
- Ingreso de la fibra desde DTIC
- Cableado horizontal hacia las áreas del edificio
- APs distribuidos en dos niveles

IV.1.10. Plano con ubicación de racks y equipos

La infraestructura del Centro de Convenciones se distribuye en diferentes áreas del edificio, de acuerdo con su función operativa y las necesidades de cobertura del sistema de telecomunicaciones. A continuación, se detalla la ubicación estratégica del RACK A (MDF), punto central desde el cual se distribuye toda la red.

IV.1.10.1. Ubicación del RACK A – MDF (Main Distribution Frame)

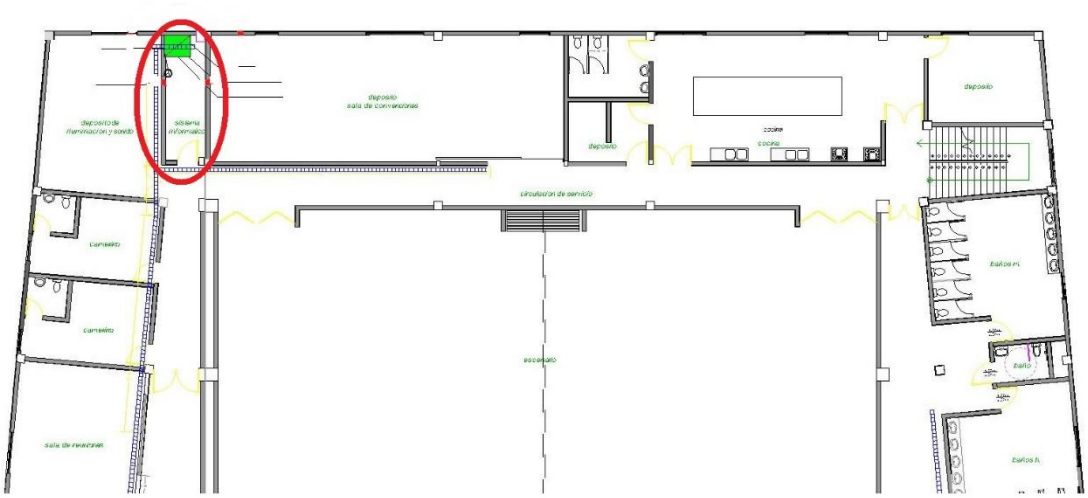
El RACK A, que funciona como el MDF o núcleo principal de la red, se encuentra ubicado en la primera planta del edificio, específicamente en el cuarto de sistemas informáticos, el cual se encuentra ubicado en medio de los dos depósitos, en la parte posterior de la sala de convenciones, tal como se muestra en la Figura correspondiente.

Este cuarto ha sido utilizado como sala de telecomunicaciones primaria debido a:

- Su cercanía al punto de ingreso de la fibra óptica proveniente de DTIC.
- Su posición estratégica que facilita distribuir conexiones hacia todos los IDF del edificio.
- La existencia de canalizaciones verticales y horizontales que permiten el tránsito ordenado del cableado estructurado.
- Su capacidad para alojar un gabinete de piso 32U con ventilación, UPS y equipamiento crítico.

FIGURA 8.

Ubicación Rack A

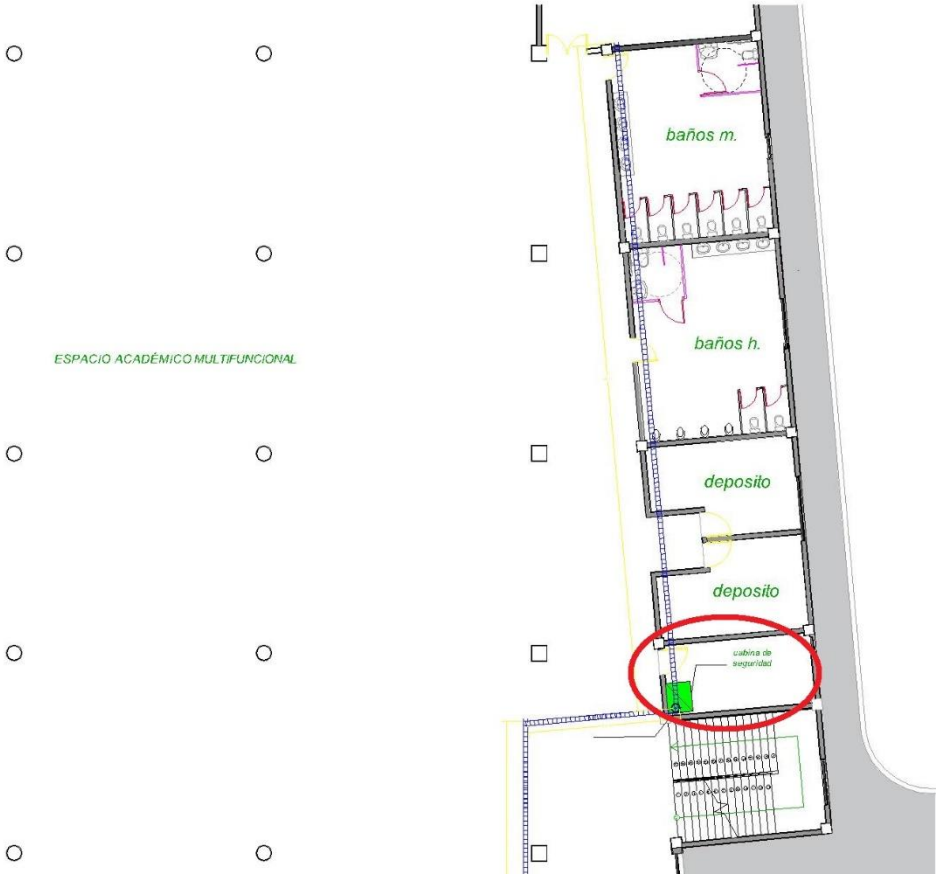


IV.1.10.2. Ubicación del RACK B – Planta Baja (IDF Piso 1)

El Rack B está ubicado estratégicamente en la planta baja del Centro de Convenciones, en un entorno cerrado y seguro que garantiza condiciones óptimas para el funcionamiento de los equipos de telecomunicaciones. Este rack actúa como un punto de distribución secundaria para los servicios de red del sector, recibiendo conectividad estructurada desde el MDF del edificio y permitiendo la administración adecuada de los dispositivos instalados en esta zona. Desde este rack se gestionan múltiples servicios, incluyendo puntos de red cableados para usuarios, teléfonos IP, cámaras de videovigilancia y puntos de acceso inalámbrico, asegurando así cobertura y funcionalidad para los espacios operativos de la planta baja

FIGURA 9.

Ubicación Rack B



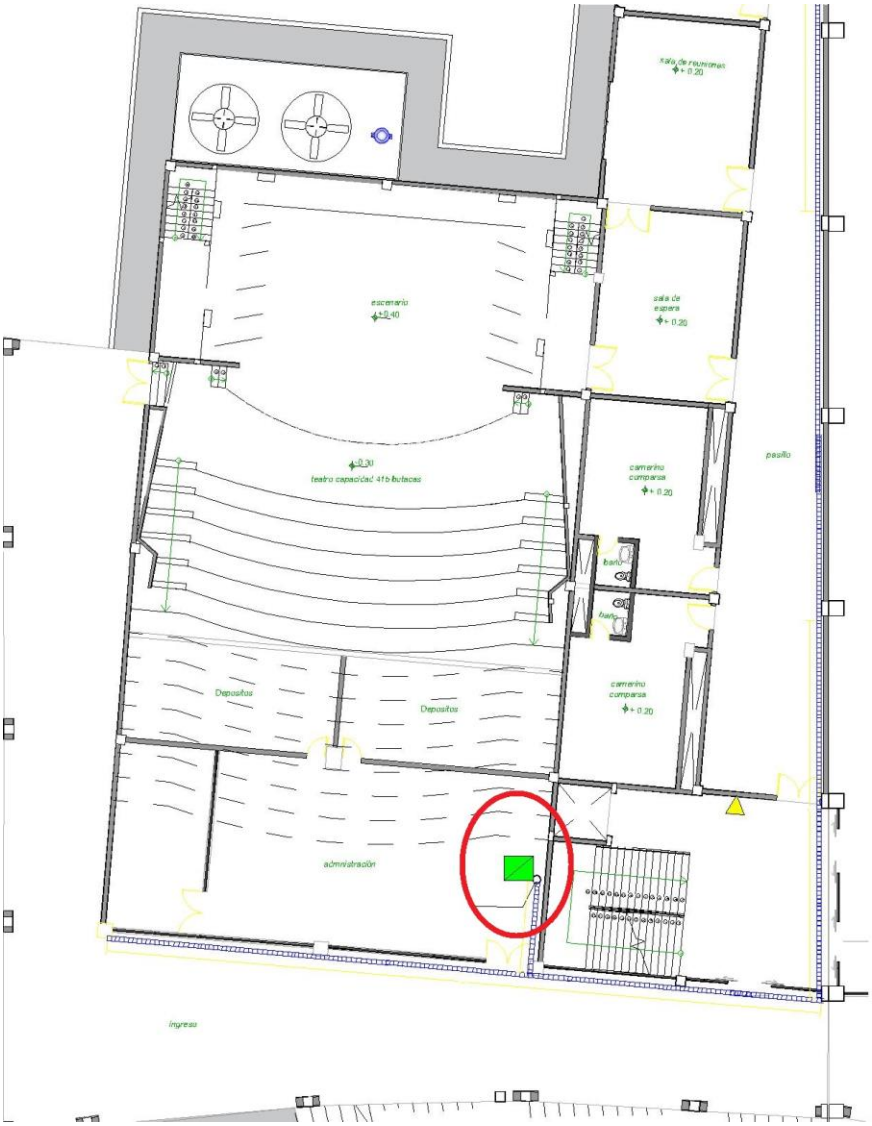
IV.1.10.3. Ubicación del RACK D – Planta Baja (IDF Zona Teatro / Extensión)

El RACK D corresponde al cuarto de telecomunicaciones secundario ubicado en la planta baja, específicamente en el sector contiguo al teatro principal del Centro de Convenciones. Su ubicación exacta se muestra en la figura proporcionada, donde se observa que el gabinete se encuentra situado en un espacio técnico adyacente a la zona de butacas inferiores y cercano a las vías de evacuación del nivel.

Este rack cumple funciones clave dentro de la infraestructura, ya que atiende áreas de alta demanda operativa y varios dispositivos críticos instalados en el entorno del teatro.

FIGURA 10.

Ubicación Rack D



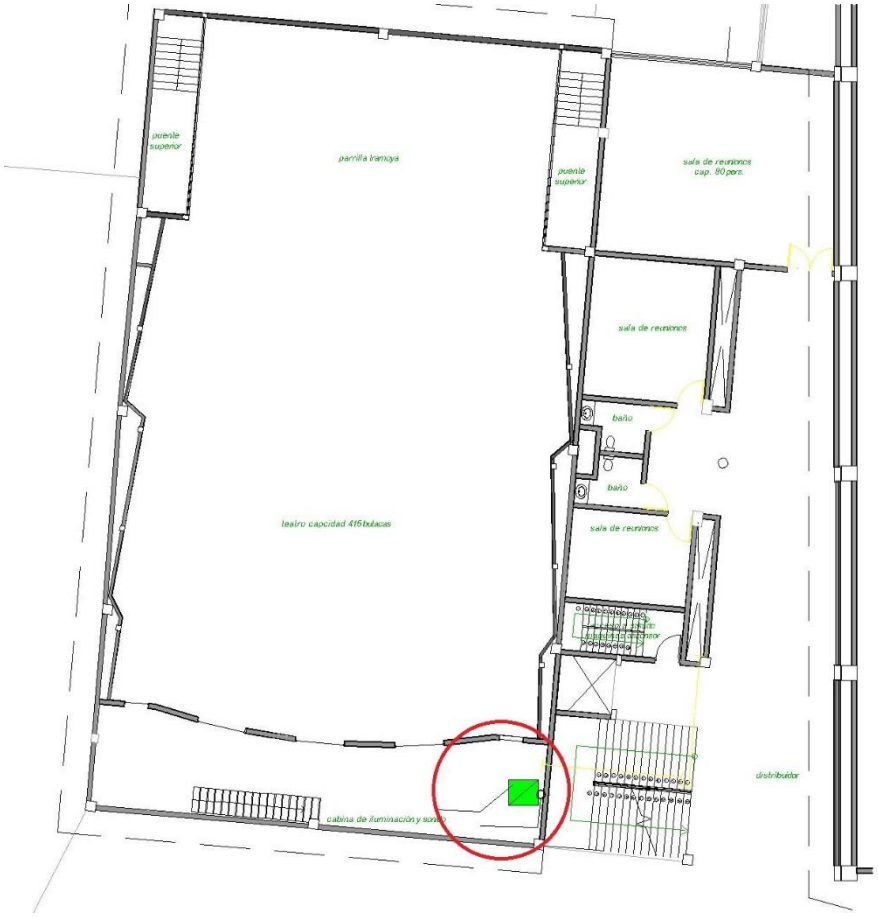
IV.1.10.4. Ubicación del RACK C – Segundo Piso (IDF Planta Alta)

El Rack C está ubicado en la segunda planta del Centro de Convenciones, dentro de un ambiente cerrado destinado exclusivamente a la infraestructura de comunicaciones, lo que garantiza seguridad física, orden y condiciones adecuadas de operación para los equipos instalados. Desde este rack se distribuyen los servicios de red correspondientes a toda la segunda planta, recibiendo conexión estructurada desde el

MDF principal y actuando como punto intermedio para la entrega de conectividad hacia usuarios, dispositivos de seguridad y equipos audiovisuales.

FIGURA 11.

Ubicación Rack C



IV.1.10.5. Ubicación de AP, cámaras, biométricos, teléfonos

Plano de Puntos de Red y Ubicación de Dispositivos – Planta Baja

Esta planta alberga un total de 51 puntos de red, distribuidos en las áreas de mayor tráfico y acceso público, como el ingreso principal, espacios académicos multifuncionales, administración, escenario y servicios. Los puntos se concentran en los racks B y D, ubicados estratégicamente para optimizar la conectividad y reducir latencias. Se observa una presencia significativa de cámaras de seguridad (14) en zonas críticas como ingreso, pasillos y depósitos, así como un punto biométrico en las gradas para control de acceso. La red inalámbrica (7 puntos) garantiza cobertura en áreas

abiertas y de reunión. Los enlaces hacia los racks de otros pisos reflejan la integración vertical del cableado estructurado.

FIGURA 12.

Puntos de red Planta Baja

Plano de Puntos de Red y Ubicación de Dispositivos – Primera Planta

El plano del primer piso (segunda planta del edificio) presenta la distribución completa de los puntos de red, equipos inalámbricos, cámaras IP, dispositivos biométricos, telefonía VoIP y demás elementos que forman parte de la infraestructura del sistema de telecomunicaciones.

Esta planta incluye áreas de alto tránsito como salas de reuniones, pasillos técnicos, balcones del teatro y la zona superior del salón de convenciones.

FIGURA 13.

Puntos de Red Primer Piso

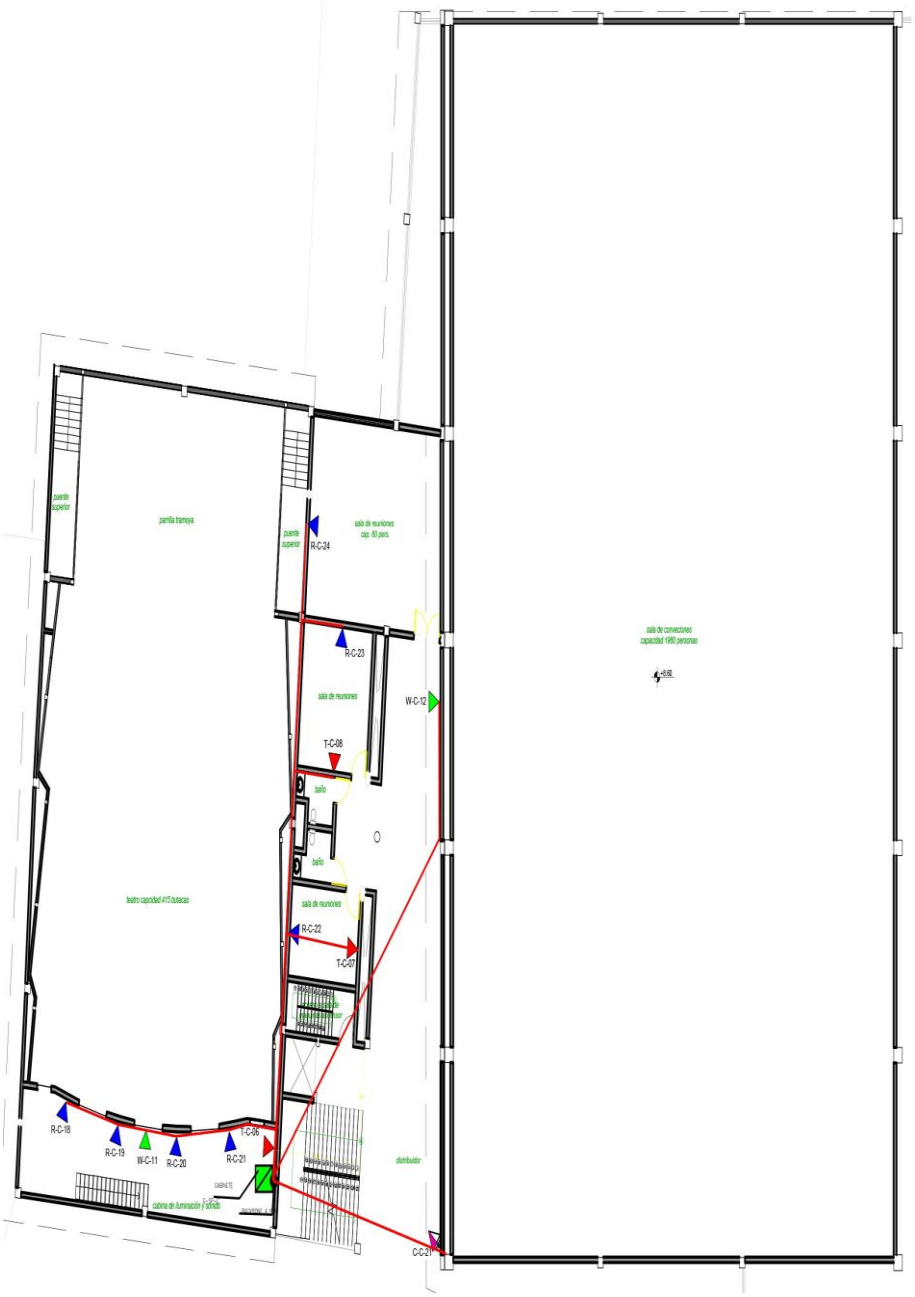
Plano de Puntos de Red y Ubicación de Dispositivos – Segunda Planta

Esta cuenta con 13 puntos de red, focalizados en la cabina de Iluminación y Sonido del teatro y salas de reuniones especializadas. Todos los dispositivos se conectan al rack C, ubicado en este mismo nivel para garantizar baja latencia y control localizado. Aunque es la planta con menor cantidad de puntos, su función es crítica para

operaciones técnicas y eventos. No hay enlaces que bajen a otros pisos, pero sí recibe puntos que suben desde el Primer Piso para integración con sistemas centralizados.

FIGURA 14.

Puntos de Red Segundo Piso



IV.1.10.6. Cálculo de cable UTP por punto

Planta baja: En este caso esta planta contará con un total de 51 equipos, en la siguiente tabla se podrá observar la cantidad de cable necesario para cada punto.

Tabla 12.

Cable UTP - Planta Baja

NRO	ETIQUETA	CABLE (M)
1	C-B-01	57.1
2	C-B-02	9.3
3	T-B-01	3.8
4	R-B-01	30.9
5	W-B-01	34.3
6	R-B-02	44.4
7	R-B-03	57.6
8	R-B-04	66.9
9	R-B-05	68.3
10	C-B-03	72.5
11	W-A-03	24.9
12	C-A-03	26.1
13	C-A-02	24.8
14	R-A-06	34.6
15	W-A-02	52.0
16	R-A-05	46.0
17	R-A-04	59.7
18	R-D-09	60.0
19	R-D-02	47.3
20	R-D-08	46.7
21	C-D-08	48.1
22	C-D-06	34.3
23	C-D-05	31.3
24	C-D-04	37.5
25	B-D-01	49.3

26	C-D-07	56.5
27	R-D-07	61.5
28	R-D-10	47.5
29	R-A-01	56.7
30	W-A-01	51.8
31	C-A-01	50.5
32	T-A-01	54.9
33	R-A-02	58.8
34	R-A-03	45.1
35	W-D-03	60.2
36	R-D-12	61.6
37	R-D-11	55.2
38	C-D-03	82.3
39	R-D-01	48.9
40	R-D-02	56.5
41	R-D-03	33.7
42	R-D-04	39.0
43	R-D-05	27.7
44	R-D-06	19.7
45	T-D-01	53.6
46	T-D-02	30.2
47	T-D-03	23.8
48	T-D-04	16.4
49	W-D-01	21.1
50	C-D-01	59.4
51	C-D-02	57.7
	TOTAL	**2297.8**

El total de cable necesario para la Planta Baja es de **2297.8 metros,** considerando una tolerancia de 10% y las ubicaciones de los IDFs de diferentes pisos.

Planta 1: En este caso esta planta contará con un total de 84 equipos, en la siguiente tabla se podrá observar la cantidad de cable necesario para cada punto.

Tabla 13.

Cable UTP - Primera Planta

NRO	ETIQUETA	CABLE(M)
1	C-B-04	64.7
2	C-B-05	49.1
3	C-B-06	46.4
4	C-B-07	33.2
5	W-B-05	24.8
6	W-B-04	40.5
7	R-B-08	51.8
8	R-B-09	37.7
9	R-B-10	38.8
10	R-B-11	44.0
11	W-A-07	56.3
12	C-B-10	62.5
13	W-B-08	64.5
14	R-B-12	63.1
15	R-B-13	15.4
16	R-B-14	16.4
17	R-B-15	30.6
18	R-B-16	37.7
19	T-B-02	11.0
20	T-B-03	24.8
21	T-B-04	37.6
22	R-B-08	37.1
23	R-B-09	41.2
24	W-B-06	33.7
25	R-B-17	50.5
26	R-B-18	51.3
27	C-A-08	83.6
28	R-A-22	73.0
29	R-A-21	72.9

30	T-A-05	59.5
31	C-A-06	36.4
32	C-A-07	47.2
33	R-A-20	44.1
34	W-A-07	52.1
35	W-A-06	36.0
36	R-A-19	51.9
37	R-A-18	31.8
38	W-A-05	27.9
39	C-A-04	36.6
40	W-A-04	42.5
41	R-A-17	25.4
42	R-A-16	49.2
43	R-C-17	70.5
44	R-C-16	66.6
45	R-C-15	59.5
46	W-C-09	58.9
47	W-C-08	41.9
48	C-C-18	43.2
49	C-C-17	39.0
50	C-C-16	40.1
51	C-C-15	38.0
52	W-B-02	78.9
53	R-B-06	77.5
54	W-B-03	67.4
55	R-B-07	67.9
56	C-C-19	45.4
57	C-C-20	80.4
58	W-C-10	79.5
59	T-A-02	42.9
60	R-A-07	55.6
61	R-A-08	46.1
62	R-A-09	43.2

63	T-A-03	30.3
64	R-A-10	33.5
65	R-A-11	25.2
66	R-A-12	17.1
67	R-A-13	20.9
68	R-A-14	7.6
69	T-A-04	6.9
70	R-A-15	6.6
71	C-A-05	20.5
72	W-D-07	40.2
73	C-D-14	40.2
74	W-C-06	66.5
75	C-C-13	14.0
76	W-C-05	65.0
77	W-D-04	80.5
78	C-D-12	85.1
79	C-C-11	78.3
80	R-C-13	75.8
81	C-C-10	63.6
82	C-C-09	62.5
83	T-C-05	62.0
84	R-C-14	41.7
TOTAL		**3920.4**

El total de cable necesario para la Planta Baja es de **3920.4 metros,** considerando una tolerancia de 10% y las ubicaciones de los IDFs de diferentes pisos.

Planta 2: En este caso esta planta contará con un total de 13 equipos, en la siguiente tabla se podrá observar la cantidad de cable necesario para cada punto.

Tabla 14.

Cable UTP - 2da Planta

NRO	Etiqueta	CABLE(M)
1	C-C-21	27.5
2	R-C-18	30.6
3	R-C-19	27.0
4	W-C-11	23.9
5	R-C-20	19.4
6	R-C-21	13.2
7	T-C-06	3.2
8	T-C-07	25.9
9	R-C-22	23.8
10	R-C-23	47.7
11	T-C-08	34.6
12	R-C-24	53.1
13	W-C-12	43.6
	TOTAL	**373.6**

El total de cable necesario para la Planta Baja es de **373.6 metros,** considerando una tolerancia del 10%.

En total lo que se llegaría a usar en todo el Centro de Convenciones es de 6,592 metros de cable Cat6.

IV.2. Diseño Lógico Del Sistema De Red

El diseño lógico define la organización interna del tráfico de red del Centro de Convenciones, estableciendo la segmentación, direccionamiento IP, políticas de seguridad, enrutamiento inter-VLAN y calidad de servicio necesarios para garantizar una operación confiable, segura y escalable.
Este diseño responde a los requerimientos identificados en el Capítulo III y se implementa sobre la infraestructura física descrita en el apartado IV.1.

La segmentación lógica propuesta se basa en el uso de VLANs independientes, asignadas según el tipo de dispositivo y la función operativa que cumplen dentro del edificio. Esta aproximación permite:

- Reducir dominios de broadcast
- Incrementar la seguridad entre áreas funcionales
- Optimizar el tráfico de red
- Facilitar la administración
- Garantizar la escalabilidad del sistema

IV.2.1. Segmentación mediante VLANs

Para el Centro de Convenciones se definieron siete VLANs funcionales, alineadas a los tipos de dispositivos y servicios existentes:

Tabla 15.

Segmentación Vlans

VLAN	Nombre	Función Principal	Dispositivos Asociados
10	VLAN-PCs	Segmento de equipos administrativos y computadoras	PCs, laptops, impresoras
20	VLAN-Teléfonos	Tráfico de telefonía IP	Teléfonos VoIP
30	VLAN-Cámaras	Videovigilancia IP	Cámaras IP
40	VLAN-WiFi	Tráfico generado por Access Points WiFi 6	APs y clientes inalámbricos
50	VLAN-Biométricos	Sistema de control de acceso	Equipos biométricos
60	VLAN-Sonido	Equipos de audio profesional	Consolas, mixers, procesadores
70	VLAN-Video	Equipos audiovisuales y multimedia	Proyectores, pantallas, decodificadores
80	VLAN-Usuarios	Segmento de usuarios finales invitados o visitantes de eventos	Smartphones, tablets, laptops

Justificación técnica de cada VLAN

VLAN 10 – Datos

Aísla el tráfico administrativo y operativo de los equipos del personal del Centro.

Reduce interferencias con servicios de voz y video.

VLAN 20 – Telefonía IP

Permite aplicar **QoS** para priorizar voz y asegurar latencia mínima, evitando cortes o eco.

VLAN 30 – Cámaras IP

Se mantiene aislada por seguridad:

- Evita que usuarios puedan acceder a cámaras
- Permite monitoreo centralizado
- Reduce riesgo ante intrusion attempts

VLAN 40 – WiFi

Agrupa todos los Access Points y usuarios inalámbricos. Permite aplicar políticas de control de ancho de banda y filtrado.

VLAN 50 – Biométricos

Una VLAN aislada es indispensable para sistemas de control de acceso. No deben tener acceso a internet ni a PCs.

VLAN 60 – Sonido

Aísla equipos de audio que dependen de baja latencia para trabajo sincronizado.

VLAN 70 – Video

Separa dispositivos de transmisión multimedia. Evita que flujos de video saturen las VLANs principales.

VLAN 80 – Usuarios

VLAN destinada a usuarios finales, visitantes e invitados que se conectan mediante WiFi.

IV.2.2. Plan de Subredes

Cada VLAN se asigna a una subred independiente:

Tabla 16.

Subredes

IP de Red	Segmento	Máscara de Subred
192.168.10.0/27	VLAN 10 (PC)	255.255.255.224
192.168.20.0/27	VLAN 20 (Teléfonos)	255.255.255.224
192.168.30.0/27	VLAN 30 (Cámaras)	255.255.255.224
192.168.40.0/27	VLAN 40 (Wi-Fi)	255.255.255.224
192.168.50.0/27	VLAN 50 (Biométrico)	255.255.255.224
192.168.60.0/27	VLAN 60 (Equipo Sonido)	255.255.255.224
192.168.70.0/27	VLAN 70 (Equipo Video)	255.255.255.224
192.168.80.0/21	VLAN 80 (Usuarios)	255.255.248.0

IV.2.3. Direccionamiento IP

Direcciones estáticas

- Cámaras → estáticas
- Biométricos → estáticas
- Equipos de sonido/video → estáticas
- Access Points → estáticas o DHCP-reservado

Direcciones dinámicas (DHCP)

Asignadas a:

- PCs
- Laptops
- Dispositivos WiFi
- Teléfonos (opcional según PBX)

DHCP por VLAN

El switch Layer 3 del RACK A provee servicio DHCP para cada subnet.

Ejemplo de configuración conceptual:

ip dhcp pool VLAN10

network 192.168.10.0 255.255.255.224

default-router 192.168.10.1

IV.2.4. Routing Inter-VLAN

El enrutamiento entre VLANs se realiza exclusivamente en:

Switch Layer 3 ubicado en el RACK A

Todos los switches secundarios (B, C, D):

- Operan en modo capa 2
- Solo transportan VLANs hacia el MDF mediante enlaces troncales UTP
- No enrutan

Todos los gateways lógicos residen en el RACK A

Garantizando:

- Control centralizado
- Seguridad
- Menos puntos de fallo
- Administración simplificada

El tráfico hacia DTIC también pasa por este equipo.

IV.2.5. Políticas de Seguridad (ACLs)

Para garantizar aislamiento operativo, se definen ACLs en el switch L3:

Bloqueo de VLAN 30 (cámaras)

- No debe comunicarse con ninguna VLAN excepto la de administración.

VLAN 50 (biométricos)

- No debe tener acceso a Internet.
- Solo comunica con servidor de control.

VLAN 60 y 70 (sonido y video)

- Solo tráfico interno: sin acceso a PCs ni WiFi.

VLAN 40 (WiFi)

- Usuarios WiFi no pueden acceder a equipos internos.
- Solo acceso a internet.

VLAN 10 (PCs)

- Pleno acceso a servicios internos.

VLAN 80 (Usuarios)

- Acceso a servicios limitados.

IV.2.6. QoS (Calidad de Servicio)

La red requiere priorizar:

1. Voz (VLAN 20)
   - Prioridad alta
   - DSCP EF (Expedited Forwarding)

2. Cámaras (VLAN 30)
   - Prioridad media
   - Evita cortes en video-stream

3. WiFi invitados
   - Baja prioridad

4. Video y Sonido
   - Prioridad específica según flujo

El switch L3 aplicará:

- Clasificación
- Marcado DSCP
- Colas de prioridad

IV.2.7. Convenciones de Nomenclatura (Hostnames y Etiquetado)

La correcta identificación de los equipos y puntos de red es fundamental para garantizar una administración eficiente, una rápida resolución de incidencias y una documentación coherente a lo largo de la vida útil del sistema. Para ello, se definió una convención de nomenclatura estandarizada que se aplicará tanto a los equipos activos (switches, APs, cámaras, biométricos) como a los puntos de conexión del cableado estructurado.

Hostname de Equipos de Red

Los hostnames permiten identificar de manera clara, precisa y consistente cada dispositivo de la infraestructura. El esquema de nomenclatura sigue el formato:

[Tipo]-[Ubicación]-[Función]

Ejemplos:

- **SW-MDF-CORE-A** → Switch principal de capa 3 ubicado en el MDF (Rack A)
- **SW-IDF-B-ACCESS** → Switch de acceso del IDF ubicado en Rack B
- **AP-SALA1-01** → Access Point número 1 de la Sala de Convenciones
- **CAM-EXT-03** → Cámara perimetral número 3

Este formato estandarizado facilita la administración, la revisión de logs, la integración con plataformas en la nube como cnMaestro y el soporte técnico por parte de la DTIC.

Etiquetado de Puntos de Red

Los puntos de conexión del edificio se clasifican según su función, utilizando una nomenclatura simple y fácilmente identificable:

Tabla 17.

Etiquetado

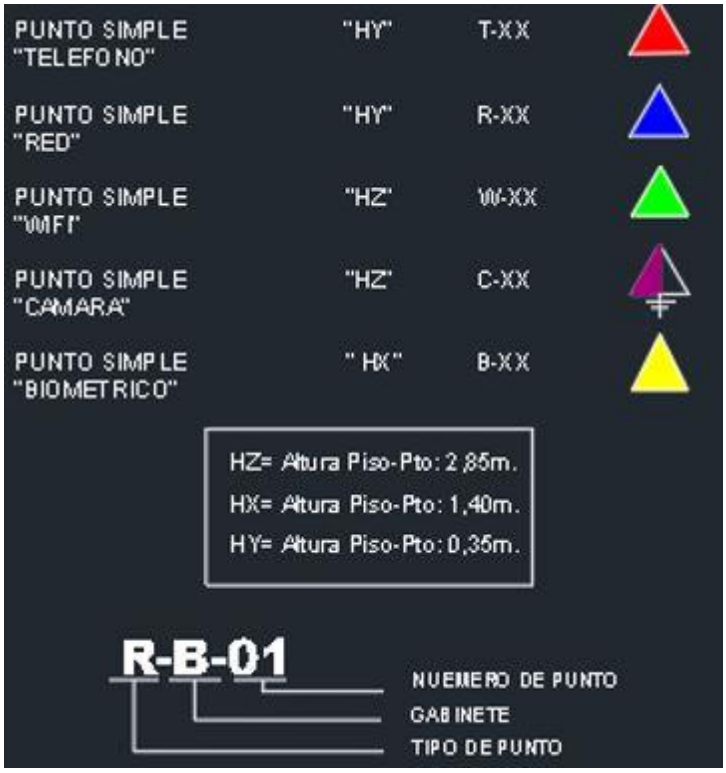
Código	Función
T	Telefonía VoIP
R	Red (Ethernet)
W	Punto de acceso WiFi
C	Cámara de videovigilancia
B	Dispositivo biométrico

Ejemplos de etiquetado:

- **R-1-12** → Punto de red número 12 en el piso 1
- **C-0-05** → Cámara número 5 instalada en planta baja
- **W-2-03** → Access Point número 3 del segundo nivel
- **T-1-07** → Teléfono VoIP número 7 en el nivel 1

FIGURA 15.

Hostname



La aplicación de esta estructura permite:

- Organización uniforme en patch panels, racks y documentación
- Reduce errores en instalación, mantenimiento y ampliaciones
- Facilita la trazabilidad en auditorías
- Integra la red del Centro de Convenciones a los estándares de la UAJMS

IV.2.8. Autenticación y Seguridad Avanzada

802.1X para PCs y dispositivos críticos

Controlado mediante:

- RADIUS institucional (DTIC)
- Active Directory

WPA3-Enterprise para WiFi corporativo

Para garantizar confidencialidad.

Portal Cautivo para WiFi invitados

- Registro temporal
- Control de ancho de banda

- Aislamiento total de recursos internos

IV.2.9. Autenticación de Usuarios y Gestión de Acceso

La seguridad de acceso es un componente crítico dentro del diseño lógico de la red del Centro de Convenciones. Para garantizar un control adecuado sobre los usuarios que se conectan ya sean invitados o personal autorizado se implementa un esquema de autenticación basado en portal cautivo y servidor RADIUS, el cual permite asignar dinámicamente el nivel de acceso correspondiente mediante VLANs predefinidas.

IV.2.9.1. Autenticación mediante Portal Cautivo

Los usuarios que se conectan a la red inalámbrica del Centro de Convenciones son redirigidos automáticamente a un portal cautivo, el cual intercepta su tráfico inicial y presenta una página de autenticación.

Una vez que el dispositivo obtiene una dirección IP dentro de la VLAN de acceso inicial (por ejemplo, la VLAN 100), el portal solicita credenciales para validar la identidad del usuario antes de permitir el acceso a la red interna o a Internet.

IV.2.9.2. Validación de Credenciales mediante Servidor RADIUS

El portal cautivo delega la autenticación al servidor RADIUS institucional, encargado de verificar las credenciales presentadas y determinar el perfil del usuario.

- Para **usuarios invitados**, se utiliza un conjunto de credenciales genéricas, lo cual permite un acceso simple y controlado.
- Para **personal autorizado**, el RADIUS utiliza cuentas individuales, asignando un nivel de acceso mayor y permitiendo el uso de servicios internos adicionales.

El uso de RADIUS proporciona centralización, trazabilidad y control sobre todos los accesos.

IV.2.9.3. Asignación Dinámica de VLAN (Dynamic VLAN Assignment)

Una vez autenticado, el servidor RADIUS determina la VLAN correspondiente que debe asignarse al usuario:

- Invitados → **VLAN 100** (permisos limitados, solo Internet)
- Personal autorizado → **VLAN 101** (permisos extendidos, acceso a servicios internos)

Esta asignación dinámica permite mantener la red segmentada y segura, evitando que usuarios sin autorización accedan a segmentos críticos del sistema. Además, el uso de VLANs dinámicas facilita la gestión de grandes cantidades de usuarios en eventos masivos y garantiza la coherencia con la política de seguridad institucional.

IV.2.10. Integración con la Red de la UAJMS

El tráfico de salida e ingreso se canaliza mediante:

- Un enlace de fibra óptica hacia DTIC
- Firewall institucional
- Políticas centralizadas
- Servidores unificados (DNS, AD, RADIUS)

Toda la seguridad perimetral depende de la institución.

IV.2.11. Distribución de Puertos por VLAN y por Switch

La correcta asignación de puertos en cada switch del sistema es un componente esencial dentro del diseño lógico de la red. Una vez definidas las VLANs, sus rangos de direccionamiento y las políticas de segmentación, resulta necesario establecer con precisión cómo se distribuyen los puertos físicos de cada equipo de acceso y distribución. Esta distribución permite garantizar que cada servicio, datos, telefonía IP, cámaras de seguridad, WiFi, biométricos, audio y video opere dentro de su dominio de broadcast correspondiente y bajo las políticas de seguridad establecidas.

Las tablas que se presentan a continuación detallan la asignación de puertos para cada uno de los switches del Centro de Convenciones, indicando para cada interfaz física la VLAN asociada y el tipo de dispositivo conectado. Esta organización proporciona una guía clara para la configuración, facilita la administración futura de la red y permite mantener un control estricto sobre el tráfico que circula entre las distintas áreas funcionales del edificio. Asimismo, constituye una base fundamental para la fase de implementación, donde se realizarán los parcheos físicos y la verificación operacional de cada enlace.

Tabla 18.

Distribución de Puertos Switch1-A y Switch2-A

Puertos	Switch1-A 48	Puertos	Switch2-A 24
Gi1/0/1	TRUNK	FA0/1	TRUNK
Gi1/0/2		FA0/2	
Gi1/0/3		FA0/3	VLAN 10
Gi1/0/4		FA0/4	
Gi1/0/5	LIBRE	FA0/5	
Gi1/0/6		FA0/6	
Gi1/0/7		FA0/7	
Gi1/0/8		FA0/8	
Gi1/0/9	VLAN 20	FA0/9	
Gi1/0/10		FA0/10	
Gi1/0/11		FA0/11	
Gi1/0/12	VLAN 60	FA0/12	
Gi1/0/13		FA0/13	
Gi1/0/14	VLAN 70	FA0/14	
Gi1/0/15		FA0/15	
Gi1/0/16	VLAN 50	FA0/16	
Gi1/0/17	VLAN 30	FA0/17	
Gi1/0/18		FA0/18	
Gi1/0/19		FA0/19	
Gi1/0/20		FA0/20	
Gi1/0/21	VLAN 40	FA0/21	
Gi1/0/22		FA0/22	
Gi1/0/23		FA0/23	
Gi1/0/24		FA0/24	

Tabla 19.

Distribución de Puertos Switch1-B y Switch2-B

Puertos	Switch-1B 48	Puertos	Switch-2B 24
FA0/1	TRUNK	FA0/1	TRUNK
FA0/2		FA0/2	
FA0/3		FA0/3	VLAN 10
FA0/4	VLAN 60	FA0/4	
FA0/5		FA0/5	
FA0/6	VLAN 70	FA0/6	
FA0/7		FA0/7	
FA0/8	VLAN 50	FA0/8	
FA0/9	VLAN 20	FA0/9	
FA0/10		FA0/10	

FA0/11		FA0/11	
FA0/12		FA0/12	
FA0/13	VLAN 40	FA0/13	
FA0/14		FA0/14	
FA0/15		FA0/15	
FA0/16		FA0/16	
FA0/17		FA0/17	
FA0/18	VALN 30	FA0/18	
FA0/19		FA0/19	
FA0/20		FA0/20	
FA0/21	LIBRE	FA0/21	
FA0/22		FA0/22	LIBRE
FA0/23		FA0/23	
FA0/24		FA0/24	

Tabla 20.

Distribución de Puertos Switch1-D y Switch2-D

Puertos	Switch-1D 48	Puertos	Switch-2D 24
FA0/1		FA0/1	TRUNK
FA0/2	TRUNK	FA0/2	
FA0/3		FA0/3	
FA0/4	VLAN 60	FA0/4	
FA0/5		FA0/5	
FA0/6	VLAN 70	FA0/6	
FA0/7		FA0/7	
FA0/8	VLAN 20	FA0/8	
FA0/9		FA0/9	VLAN 10
FA0/10		FA0/10	
FA0/11		FA0/11	
FA0/12	VLAN 30	FA0/12	
FA0/13		FA0/13	
FA0/14		FA0/14	
FA0/15		FA0/15	
FA0/16	VLAN 40	FA0/16	
FA0/17		FA0/17	
FA0/18	VLAN 50	FA0/18	
FA0/19		FA0/19	LIBRE
FA0/20		FA0/20	
FA0/21	LIBRE	FA0/21	
FA0/22		FA0/22	
FA0/23		FA0/23	
FA0/24		FA0/24	

Tabla 21.

Distribución de Puertos del Switch1-C

Puertos	Switch1-C 48	Puertos	Switch -2C 24
FA0/1		FA0/1	TRUNK
FA0/2	TRUNK	FA0/2	
FA0/3		FA0/3	
FA0/4	VLAN 20	FA0/4	
FA0/5	VLAN 50	FA0/5	
FA0/6		FA0/6	
FA0/7	VALN 40	FA0/7	
FA0/8		FA0/8	VLAN 10
FA0/9		FA0/9	
FA0/10		FA0/10	
FA0/11		FA0/11	
FA0/12	VALN 30	FA0/12	
FA0/13		FA0/13	
FA0/14		FA0/14	
FA0/15		FA0/15	
FA0/16	VLAN 60	FA0/16	
FA0/17		FA0/17	
FA0/18	VLAN 70	FA0/18	
FA0/19		FA0/19	LIBRE
FA0/20		FA0/20	
FA0/21		FA0/21	
FA0/22	LIBRE	FA0/22	
FA0/23		FA0/23	
FA0/24		FA0/24	

IV.3. Diseño Wifi

La red inalámbrica del Centro de Convenciones constituye uno de los componentes críticos del sistema de comunicaciones, debido a la alta densidad de usuarios que pueden concurrir simultáneamente durante eventos, ferias, seminarios y congresos. El diseño de la solución WiFi se realizó siguiendo las mejores prácticas recomendadas por Cisco, Aruba y Ubiquiti para espacios de alta densidad, integrando criterios de:

- Capacidad por usuario
- Distribución espacial
- Análisis de materiales del edificio
- Interferencias
- Potencia de transmisión

- Orientación de antenas
- Seguridad
- Integración con el diseño lógico del sistema

El presente diseño garantiza conectividad simultánea para más de **2.000 usuarios**, con estabilidad, baja latencia y soporte para actividades de streaming, videoconferencias y servicios institucionales.

IV.3.1. Objetivos del Diseño WiFi

El diseño inalámbrico debe garantizar:

1. Cobertura uniforme en todo el edificio
2. Capacidad para alta densidad
3. Balance de carga entre APs
4. Seguridad mediante WPA3 y portal cautivo
5. Minimización de interferencias
6. Integración con el diseño lógico (VLAN 40 y 41)
7. Movilidad fluida (roaming)

IV.3.2. Determinación de la Cantidad de Access Points

El cálculo de APs se realizó considerando tres factores:

1. Aforo de cada ambiente

Como se estableció en el análisis de usuarios:

- Sala de Convenciones → **1.980 personas**
- Teatro → **415 personas**
- Áreas comunes → Flujo de **~400 usuarios**
- Administración → **~40 usuarios**

Total estimado en hora pico: 2.800 – 3.000 usuarios

La red debe soportar al menos 1.500 dispositivos simultáneos (50% de uso real).

2. Capacidad real por AP

Un AP WiFi 6 empresarial soporta teóricamente 512 clientes, pero la capacidad REAL recomendada para eventos es:

- 40–60 usuarios por AP en 5 GHz

- 10–20 usuarios por AP en 2.4 GHz

Por lo tanto, la regla profesional es:

1 AP por cada 50 usuarios reales en espacios cerrados de alta densidad

3. Cálculo final de APs por ambiente

Sala de Convenciones: 1.980 usuarios

1.980 / 50 ≈ 40 APs teóricos

Pero no todos los usuarios se conectan simultáneamente.

Usando un factor de simultaneidad del 35% (recomendado por Cisco):

40 × 0.35 = 14 APs estimados

Para mayor robustez se agregan 2 APs de reserva → Total: 16 APs

Teatro: 415 usuarios

415 / 50 ≈ 8 APs teóricos

Simultaneidad real: 25–30%

APs requeridos: 6 APs

Áreas comunes (pasillos, accesos, puntos de control)

400 / 50 ≈ 8 APs

Pero estos usuarios se distribuyen más dinámicamente:

APs requeridos: 4 APs

IV.3.3. Administración y oficinas

Con menor densidad:

AP requerido: 1 AP

IV.3.4. Cantidad Total de Access Points

Tabla 22

Número de AP en total

Ambiente	APs requeridos	Justificación
Sala de Convenciones	16	Alta densidad
Teatro	6	Aforo concentrado
Áreas comunes	4	Flujo continuo

Administración	1	Baja densidad

TOTAL DE APs: 27 Access Points WiFi 6

Este valor es perfectamente defendible, y está alineado con:

- Estándares Cisco para auditorios
- Buenas prácticas para congresos
- Recomendaciones de Aruba para densidad extrema

IV.3.5. Capacidad por AP y dimensionamiento

MA, MU-MIMO y canales de hasta 80 MHz, tecnologías que permiten optimizar el uso del espectro y mejorar la experiencia del usuario en escenarios de alta concurrencia. De acuerdo con la ficha técnica del fabricante, el XV2 puede gestionar un volumen elevado de clientes simultáneos gracias a su arquitectura Wi-Fi 6, la cual proporciona mayor eficiencia espectral y menor latencia en comparación con estándares anteriores.

Para efectos de dimensionamiento, se consideran los siguientes parámetros funcionales relevantes del modelo:

- **Capacidad recomendada de usuarios simultáneos por AP**: entre **150 y 250 dispositivos**, dependiendo de la carga de tráfico y la distribución espacial.
- **Throughput agregado estimado**: hasta **2.5–3 Gbps**, distribuidos entre ambas bandas.
- **Tecnologías de optimización de densidad**: OFDMA, MU-MIMO 4x4, beamforming.
- **Cobertura efectiva en interiores**: entre **18 y 25 metros radiales**, sujeta a densidad de paredes y materiales de construcción.

Con base en estas especificaciones, el dimensionamiento se realiza considerando un enfoque de capacidad, más que un enfoque meramente de cobertura, dado que el Centro de Convivencias alberga eventos masivos, actividades simultáneas y un volumen significativo de dispositivos móviles por usuario.

El cálculo se realiza de la siguiente manera:

1. **Determinación de usuarios por zona**. - Se estima la afluencia máxima por área del Centro de Convenciones, diferenciando auditorios, salas multifuncionales,

pasillos, zonas de registro y áreas abiertas.

Para eventos de alta concurrencia se considera un promedio de 1.5 a 2 dispositivos por asistente (smartphone, laptop, tablet o wearable).

2. **Asignación de usuarios por AP**.- A fin de mantener una operación estable, se define un umbral máximo de **120–150 usuarios activos por AP**, cifra inferior a la máxima teórica del equipo, con el objetivo de garantizar margen operativo, evitar saturación y permitir picos de tráfico.
3. **Distribución espacial de APs**.- Con base en el radio de cobertura y la densidad de usuarios, los APs se distribuyen de forma uniforme sobre la planta arquitectónica, priorizando zonas críticas como:

    - áreas de exposición,
    - auditorios cerrados,
    - espacios de lobby,
    - aulas modulares y salas de prensa.

4. **Validación del throughput demandado**. - Se estima un consumo promedio de **5 a 8 Mbps por usuario** en actividades estándar (correo, navegación, streaming moderado, videoconferencia).

    Bajo estos valores, un AP Cambium XV2 soporta eficientemente entre **600 y 900 Mbps de tráfico útil**, dentro de su capacidad agregada.

El resultado final del dimensionamiento combina estas variables, determinando el número total de APs necesarios para garantizar disponibilidad, estabilidad y rendimiento adecuado en todos los espacios del Centro de Convenciones. Este enfoque permite adaptar la infraestructura inalámbrica a escenarios de carga variable y asegura un desempeño consistente bajo condiciones de alta demanda.

La integración con la red cableada, la asignación de uplinks adecuados y la segmentación por VLAN se abordan en secciones posteriores del documento; sin embargo, el dimensionamiento aquí descrito establece los lineamientos fundamentales para la planificación inalámbrica y constituye la base técnica para la selección definitiva del equipamiento.

IV.3.6. Parámetros de Configuración RF

La correcta configuración de los parámetros de radiofrecuencia (RF) es fundamental para garantizar el rendimiento, la estabilidad y la eficiencia espectral de la red inalámbrica del Centro de Convivencias. Dado que el diseño se basa en puntos de acceso **Cambium XV2**, la configuración RF se orienta a maximizar las capacidades de Wi-Fi 6, evitar interferencias entre celdas y asegurar una experiencia uniforme en entornos de alta densidad. A continuación se describen los parámetros principales considerados para la planificación y puesta en marcha de la red:

1. Selección de bandas y radios activos

El Cambium XV2 opera en las bandas de **2.4 GHz** y **5 GHz**, permitiendo configurar ambos radios de forma independiente:

- **2.4 GHz** se reserva para equipos heredados o de baja capacidad, con funciones limitadas y anchos de canal reducidos.
- **5 GHz** se emplea como banda primaria para usuarios, aprovechando menor interferencia y mayor ancho de banda disponible.

El diseño prioriza el uso intensivo de **5 GHz**, debido a su mayor disponibilidad de canales y mejor desempeño en entornos densos.

2. Ancho de canal (Channel Width)

La selección del ancho de canal afecta directamente la capacidad, la interferencia y el rendimiento global:

- **20 MHz** en 2.4 GHz para minimizar interferencia entre celdas vecinas.
- **40–80 MHz** en 5 GHz según recomiende el análisis de espectro por zona.

En áreas de alta densidad se recomienda **40 MHz**, privilegiando capacidad estable sobre throughput máximo.

3. Control de potencia (Transmit Power Control – TPC)

Para evitar solapamientos excesivos entre celdas y minimizar el roaming deficiente, la potencia de transmisión se ajusta de manera calibrada:

- **Potencia reducida en interiores cerrados**, permitiendo celdas más pequeñas y predecibles.

- **Potencia media en espacios amplios** como lobbies o salones grandes donde se requieren coberturas más extendidas.

La potencia se ajusta por AP en función de la cercanía a otras celdas y la densidad de usuarios.

4. Selección de canales y reutilización (Channel Planning)

Cambium XV2 permite la selección manual o dinámica de canales (Auto-RF). No obstante, en entornos de alta densidad se recomienda planificación manual:

- En **2.4 GHz**, se utilizan únicamente **canales no superpuestos (1, 6, 11)**.
- En **5 GHz**, se seleccionan canales UNII-1, UNII-2 y UNII-3, evitando reutilizar un mismo canal en APs adyacentes.

Se aplica un esquema de reuse pattern 3 para minimizar interferencias co-canal (CCI) y adyacentes (ACI).

5. Funciones avanzadas Wi-Fi 6

El modelo XV2 incorpora algoritmos de optimización que deben habilitarse para maximizar su eficiencia en entornos dinámicos:

- **OFDMA**: asigna sub-canales a múltiples usuarios simultáneamente, reduciendo latencia y mejorando el rendimiento en tráfico mixto.
- **MU-MIMO**: permite múltiples transmisiones simultáneas en 5 GHz.
- **Beamforming**: direcciona la señal hacia el cliente para mejorar calidad y alcance.
- **Airtime Fairness**: evita que dispositivos lentos degraden el rendimiento global.

Estas funciones se activan por defecto, pero es necesario verificar su compatibilidad con los dispositivos predominantes en el entorno.

6. Gestión del roaming y movilidad

Para garantizar movilidad fluida entre zonas del Centro de Convenciones:

- Se habilita **802.11k** (radio resource management).
- Se activa **802.11v** para soporte de transiciones inteligentes.
- Según el controlador disponible, se evalúa la implementación de **802.11r** para roaming rápido entre APs.

Estas tecnologías reducen el tiempo de conmutación entre celdas y mejoran la experiencia en aplicaciones críticas como videoconferencias.

7. Balanceo de carga (Load Balancing)

Debido al gran número de usuarios, se habilita balanceo de clientes entre radios y entre APs cercanos:

- Asignación preferencial a la banda de **5 GHz** (band steering).
- Reorientación de dispositivos hacia APs menos cargados.
- Rechazo temporal de nuevas asociaciones si un AP excede el umbral operativo definido (120–150 clientes).

8. Umbrales de RSSI para asociación

Para evitar que dispositivos se mantengan conectados a APs lejanos (sticky clients), se define un umbral mínimo de señal:

- **RSSI mínimo recomendado:** –70 dBm
- **RSSI objetivo:** –65 dBm

Esto garantiza que el cliente migre a un AP con mejor condición de enlace.

Conclusión del apartado

La configuración RF basada en el Cambium XV2 permite optimizar el rendimiento de la red inalámbrica mediante un control preciso del espectro, ajustes de potencia y mecanismos avanzados de Wi-Fi 6. Estos parámetros, combinados con el dimensionamiento previo y la planificación de ubicación de APs, aseguran una infraestructura robusta y adaptable a los escenarios de alta demanda característicos del Centro de Convenciones.

IV.3.7. Ubicación Estratégica de los APs

Sala de Convenciones

- Instalación en estructura superior
- Alturas entre 5 y 6 metros
- Distribución en rejilla
- Evitar vigas metálicas

Teatro

- Ubicación detrás de paneles técnicos
- Orientados al público
- Potencia reducida para evitar saturación

Áreas comunes

- APs distribuidos en pasillos
- Zonas de espera
- Eliminación de zonas muertas

Administración

- 1 AP en posición central

IV.3.8. Seguridad WiFi

El diseño establece dos redes principales:

WiFi Corporativo (WPA3-Enterprise)

- Autenticación 802.1X
- Integración con RADIUS/AD
- Solo personal autorizado

WiFi Invitados (Portal Cautivo)

- Acceso temporal
- Limitación de ancho de banda
- Aislamiento total de recursos internos
- Ideal para eventos y visitantes

IV.3.9. Mapa de Calor Estimado

La marca de calor estimada se elaboró utilizando como referencia la banda de 5 GHz, ya que esta es la más adecuada para entornos de alta densidad como el Centro de Convenciones. La elección de esta banda responde a sus ventajas técnicas: mayor capacidad de usuarios simultáneos, mayor cantidad de canales disponibles, menor interferencia con otros dispositivos y compatibilidad con tecnologías modernas como Wi-Fi 6, que forman parte del diseño planteado. A partir de esta banda se generó el mapa de propagación de señal, considerando la ubicación estratégica de los puntos de

acceso Cambium XV2-2X, la composición arquitectónica del edificio y las barreras físicas que pueden influir en la atenuación de la señal.

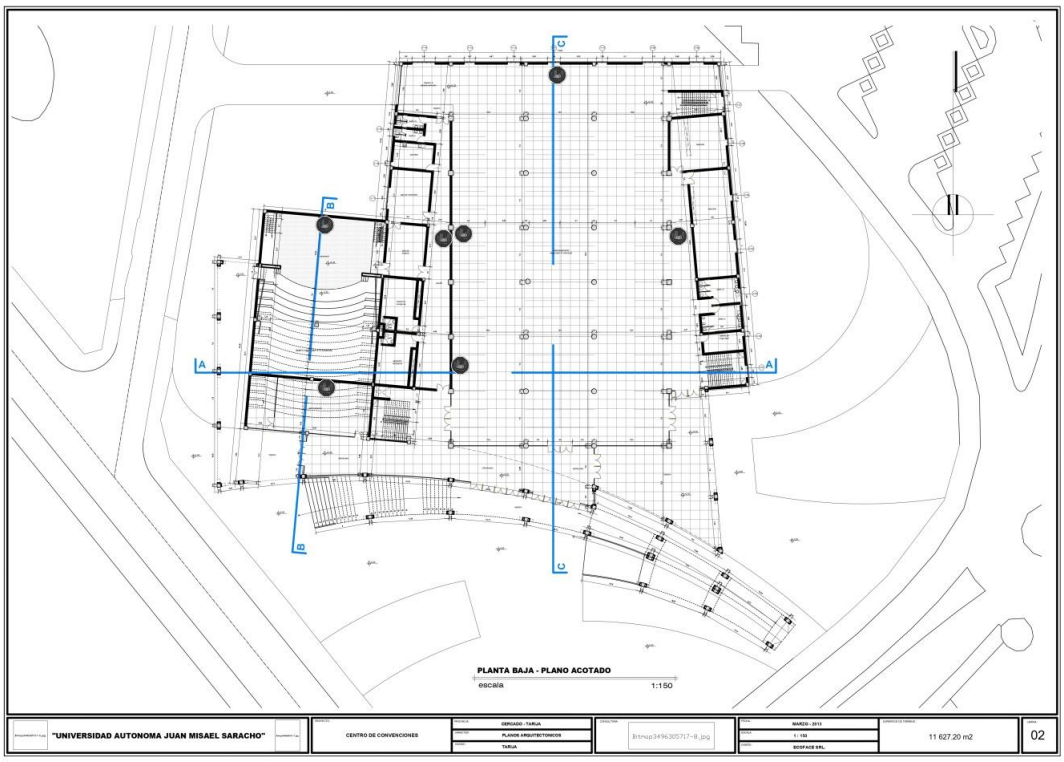
El heatmap obtenido permite visualizar la cobertura proyectada en cada área, identificando zonas con intensidad de señal óptima, áreas de transición y posibles puntos donde la señal se debilita, lo cual es fundamental para asegurar una conectividad uniforme. Este análisis garantiza que las zonas de mayor afluencia, como la sala de convenciones, espacios académicos, pasillos principales y áreas administrativas, cuenten con niveles adecuados de cobertura y capacidad para soportar eventos de alta concurrencia. Si bien se dispone también de un modelo en la banda de 2.4 GHz, este no se utiliza como referencia principal debido a su mayor índice de interferencia y menor rendimiento, por lo que se considera únicamente como una banda de respaldo para dispositivos de baja demanda.

Planta Baja – Ubicación de los Puntos de Acceso (APs)

En la Planta Baja se ubicaron estratégicamente varios puntos de acceso con el objetivo de garantizar una cobertura inalámbrica uniforme en las áreas de mayor afluencia del edificio. La distribución se definió considerando la estructura arquitectónica, la presencia de muros de concreto, la altura del nivel y la concentración de usuarios prevista en espacios como el lobby principal, salas multifuncionales, áreas administrativas y sectores de circulación. Los APs se instalaron de manera que sus celdas de cobertura se solapen adecuadamente, garantizando continuidad de señal y evitando zonas muertas, especialmente en pasillos amplios y áreas abiertas donde se espera un flujo constante de personas.

FIGURA 16.

Planta Baja - Ubicación de AP

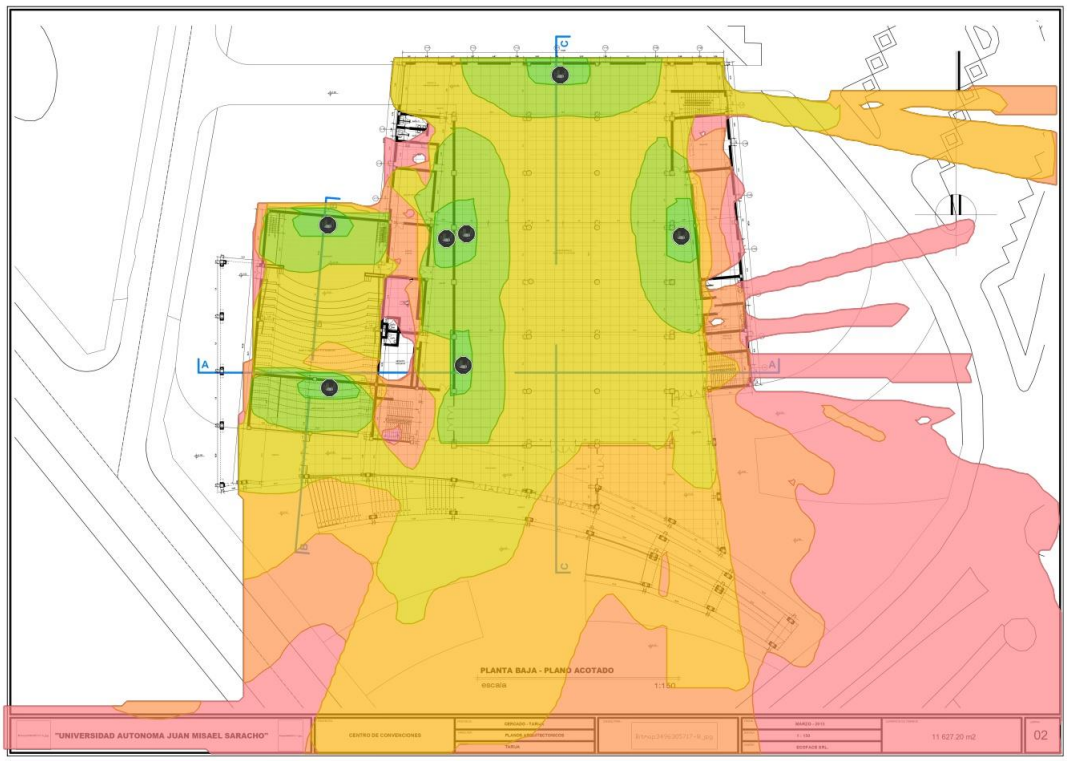


Planta Baja – Marca de Calor Estimada (Heatmap)

El heatmap de la Planta Baja se generó utilizando la banda de **5 GHz**, debido a su mayor capacidad para entornos de alta densidad y su menor susceptibilidad a interferencias. En el mapa se observa cómo la señal se distribuye desde cada punto de acceso, alcanzando niveles óptimos en las áreas centrales del edificio y manteniendo una cobertura adecuada en zonas secundarias. Las áreas en color verde representan niveles de señal fuerte y estable, ideales para garantizar rendimiento durante eventos con alta concurrencia; las zonas amarillas muestran áreas con cobertura moderada pero funcional; mientras que los tonos naranjas y rojos indican zonas donde la señal disminuye progresivamente, generalmente fuera del perímetro del edificio o en espacios con barreras arquitectónicas significativas. Este análisis permite verificar que la Planta Baja cuenta con una distribución eficiente de los APs, asegurando conectividad continua y suficiente capacidad para usuarios simultáneos.

FIGURA 17.

Planta Baja - Mapa de Calor

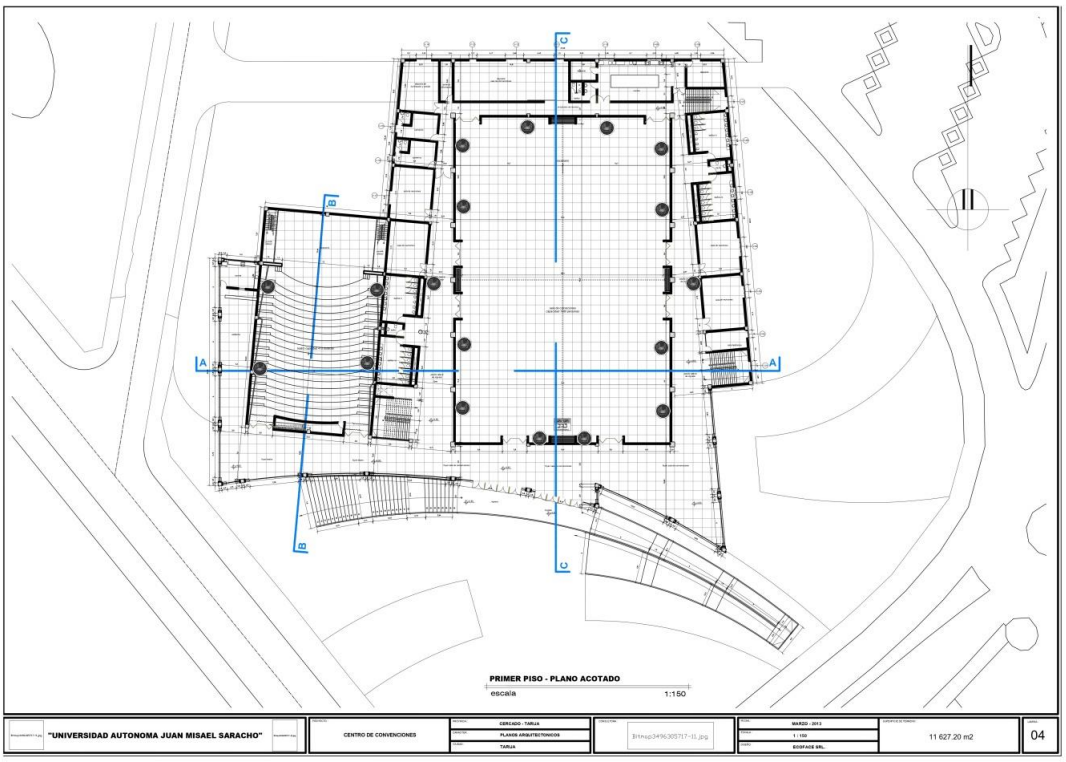


Primera Planta – Ubicación de los Puntos de Acceso (APs)

En la primera planta se distribuyeron estratégicamente varios puntos de acceso con el objetivo de cubrir de manera eficiente la mayor área funcional del edificio, incluyendo la sala central de convenciones, pasillos perimetrales, salas auxiliares y zonas de circulación. La ubicación de cada AP se definió considerando la gran concentración de usuarios prevista en esta planta, así como la geometría amplia y abierta del salón principal, donde se requiere una señal uniforme y estable. Asimismo, se priorizó evitar interferencias entre celdas adyacentes y garantizar solapamientos controlados que permitan una correcta transición entre puntos de acceso durante eventos de alta concurrencia.

FIGURA 18.

Primera Planta - Ubicación de AP

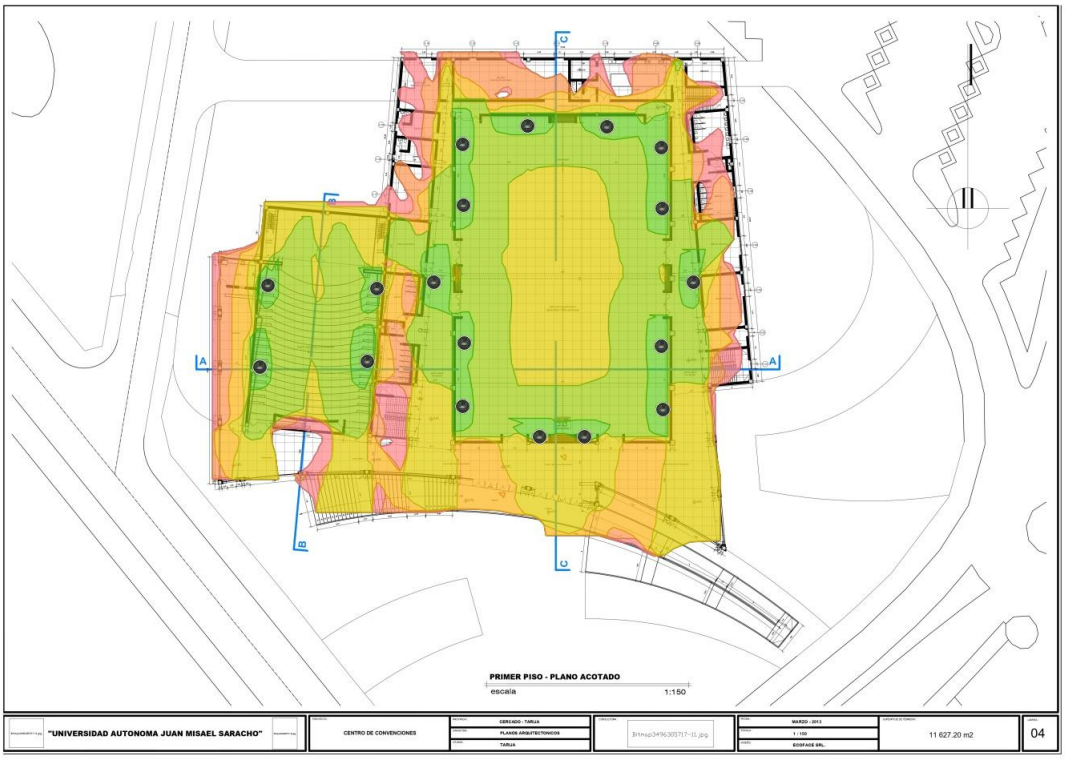


Primera Planta – Marca de Calor Estimada (Heatmap)

El heatmap correspondiente a la primera planta se generó utilizando la banda de 5 GHz, lo que permite visualizar la propagación de señal en un entorno de alta densidad como la sala de convenciones. La cobertura muestra niveles óptimos en la mayor parte del salón principal, representados en tonalidades verdes, garantizando estabilidad y capacidad para un elevado número de conexiones simultáneas. Las zonas amarillas reflejan áreas de cobertura moderada, adecuadas para uso general, mientras que los tonos naranjas y rojos aparecen principalmente en sectores externos al edificio o en zonas aisladas donde la señal se atenúa por efectos estructurales. Este mapa confirma que la distribución planteada de los APs satisface los requerimientos de conectividad del espacio, asegurando un rendimiento adecuado incluso durante eventos de gran escala.

FIGURA 19.

Primera Planta - Mapa de calor

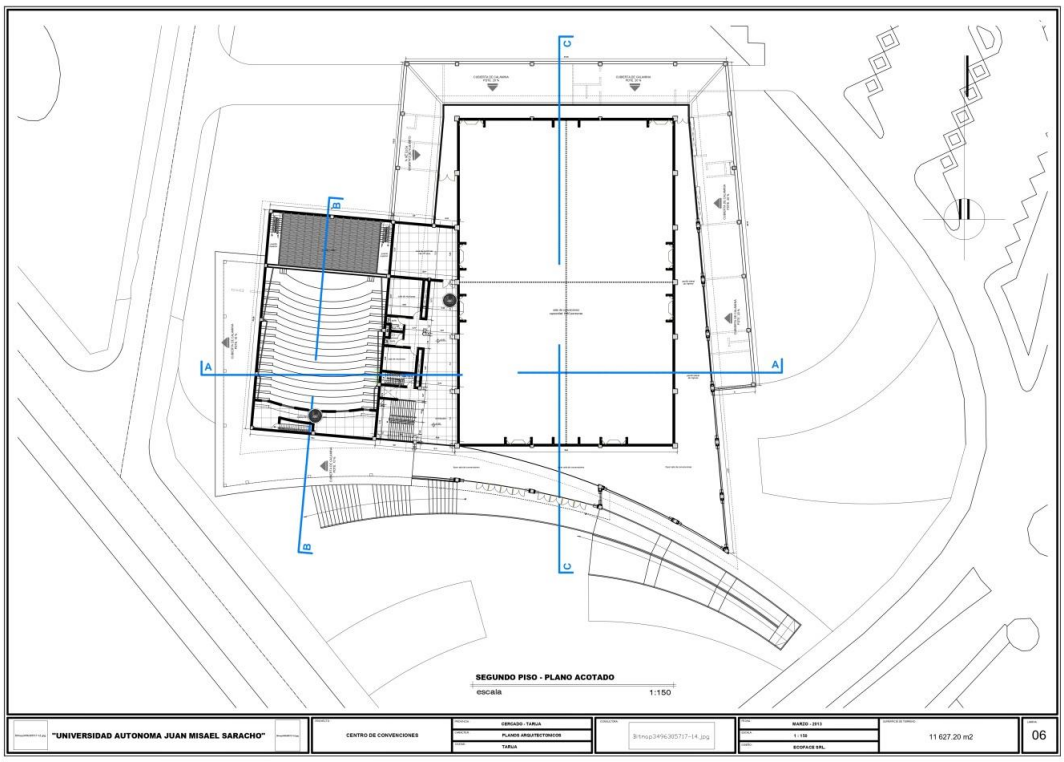


Segunda Planta – Ubicación de los Puntos de Acceso (APs)

En la segunda planta se instalaron puntos de acceso orientados principalmente a cubrir las áreas técnicas del teatro, como la cabina de iluminación y sonido, así como los pasillos y espacios de soporte operativo. Debido a que este nivel posee menor afluencia de usuarios y áreas más segmentadas, la ubicación de los APs se definió para garantizar conectividad estable en las zonas esenciales del funcionamiento escénico y administrativo. La disposición busca asegurar continuidad de señal en los recorridos internos y brindar soporte adecuado a los sistemas que requieren conectividad inalámbrica para su operación.

FIGURA 20.

Segunda Planta - Ubicación de AP

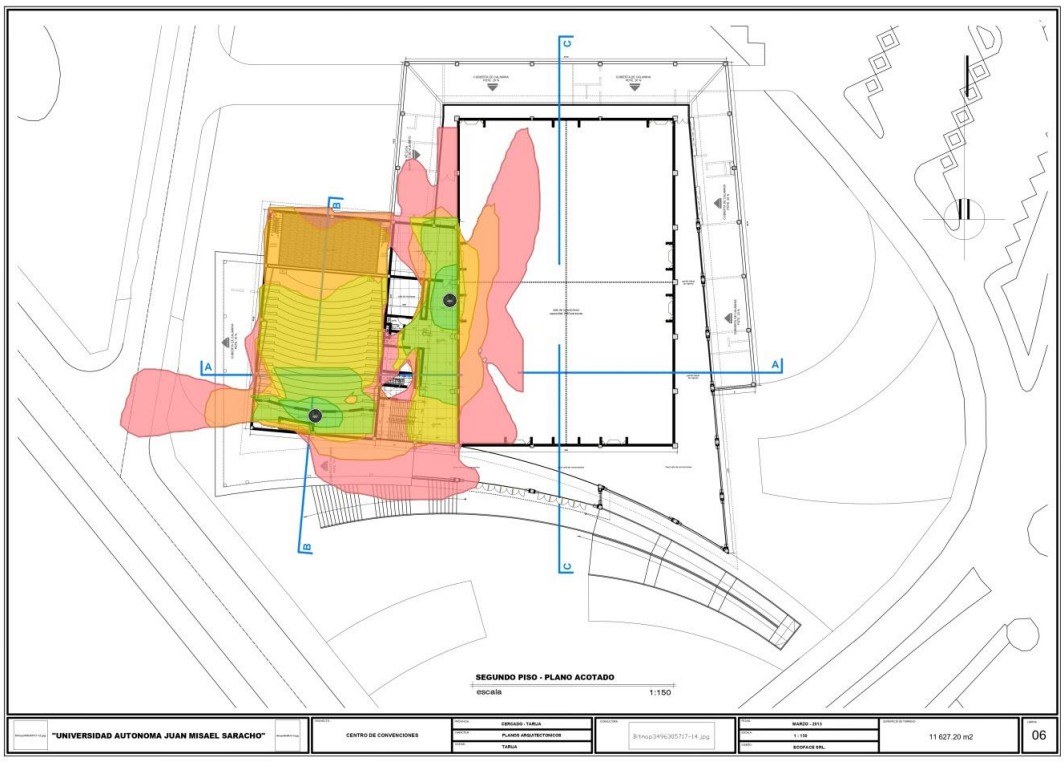


Segunda Planta – Marca de Calor Estimada (Heatmap)

El heatmap de la segunda planta, generado en la banda de 5 GHz, muestra la propagación de la señal en un entorno con menor demanda de usuarios, pero con estructuras que presentan variaciones significativas en materiales y alturas. Las áreas en tonalidad verde representan una cobertura excelente en los espacios operativos cercanos a los APs, mientras que las zonas amarillas indican niveles moderados apropiados para el uso previsto en este nivel. Los tonos naranjas y rojos se concentran en áreas periféricas o fuera del edificio, donde la señal naturalmente se atenúa. La cobertura lograda es suficiente para garantizar conectividad operativa en las áreas críticas del teatro sin necesidad de incrementar la densidad de puntos de acceso.

FIGURA 21.

Segunda Planta - Mapa de calor



Los mapas de calor generados respaldan técnicamente la necesidad de instalar 27 puntos de acceso (APs) y validan la distribución planteada en los tres niveles del edificio, garantizando una cobertura adecuada y desempeño óptimo en entornos de alta concurrencia.

Conclusiones del Diseño WiFi

El diseño WiFi del Centro de Convenciones asegura:

- Cobertura integral en las áreas operativas y zonas de alta afluencia del edificio.
- Capacidad para más de 1.300 usuarios simultáneos, considerando escenarios de máxima demanda en eventos.
- Estabilidad y rendimiento durante actividades masivas gracias al uso de la banda de 5 GHz y tecnologías Wi-Fi 6.
- Aislamiento lógico del tráfico inalámbrico mediante la VLAN 40 y gestión de accesos a través de portal cautivo para invitados.
- Seguridad empresarial empleando cifrado WPA3-Enterprise y autenticación centralizada mediante RADIUS.

- Minimización de interferencia mediante adecuada separación de celdas, control de potencia y diseño basado en modelos predictivos.
- Escalabilidad garantizada, permitiendo la futura incorporación de tecnologías como Wi-Fi 7 sin necesidad de rediseños mayores.

IV.4. Selección De Equipos

La selección de los equipos de red del Centro de Convenciones se realizó considerando los requerimientos de capacidad, redundancia, seguridad, gestión centralizada y escalabilidad definidos en los capítulos anteriores. Cada componente fue elegido siguiendo criterios técnicos, normativos y operativos, asegurando su compatibilidad con la infraestructura de la UAJMS y las necesidades del edificio.

Los criterios principales para seleccionar los equipos fueron:

- Soporte para VLANs y segmentación avanzada
- Capacidad de transporte para alta densidad de usuarios
- Administración centralizada
- Compatibilidad con estándares IEEE
- Durabilidad y soporte institucional
- Interoperabilidad con la red de DTIC
- Presupuesto institucional

IV.4.1. Switch Principal (MDF – RACK A)

Cisco Catalyst 9300 – 48T / 48UXM (Switch Core)

FIGURA 22.

Cisco Catalyst 9300

Para el núcleo de comunicaciones del Centro de Convenciones se seleccionó un **Cisco Catalyst 9300**, un switch empresarial de capa 3 diseñado para entornos de alta densidad, alto tráfico y requerimientos avanzados de seguridad.

Este equipo operará como:

- Switch de núcleo (Core)
- Único switch Layer 3 del edificio
- Punto central de enrutamiento entre VLANs
- Interfaz principal hacia la red institucional (DTIC)

Razones técnicas para su selección

- Debe manejar todo el tráfico inter-VLAN del edificio.
- Debe soportar ACLs, QoS, 802.1X y políticas avanzadas.
- Necesita procesar miles de paquetes por segundo durante eventos masivos.
- Es el único equipo que recibe la **fibra óptica desde DTIC**.
- Su arquitectura programable UADP lo hace ideal para redes en crecimiento.

Características principales del Cisco Catalyst 9300

- **48 puertos Gigabit Ethernet PoE+** (ideal para cámaras, APs y VoIP).
- **4 puertos SFP+ de 10Gbps** (reservados para futuras expansiones de fibra).
- **2 puertos QSFP+ de 40Gbps** (posible escalamiento a backbone interno).
- **176 Gbps de ancho de banda**.
- **130 millones de paquetes por segundo**.
- **Soporte completo Layer 3**: OSPF, EIGRP, BGP (requiere licencia).

- **Seguridad avanzada**:
    - 802.1X, RADIUS
    - MACsec
    - ACLs en hardware
- **Gestión profesional**:
    - Cisco DNA Center
    - SNMPv3
    - NETCONF/YANG

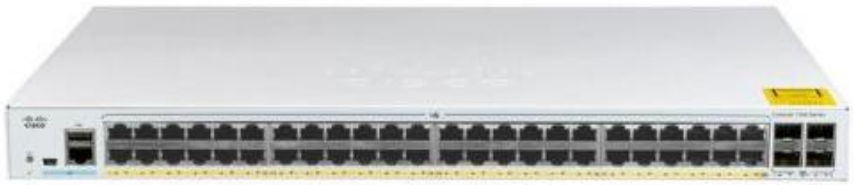
Licenciamiento Cisco DNA (Network Advantage)

Para habilitar todas sus capacidades de capa 3 y seguridad, el switch requiere licencia Cisco DNA **Network Advantage**.
Sin esta licencia, el equipo funcionaría únicamente como switch Layer 2 básico, incompatible con este diseño.

IV.4.2. Switches de Acceso (IDFs – RACK B, C y D)

FIGURA 23.

Cisco Catalyst 1000 – 48P



Cisco Catalyst 1000 – 48P-4G-L y 24P-4G-L

Para cada uno de los IDFs (RACK B, RACK C y RACK D) se seleccionaron switches Cisco Catalyst 1000, adecuados para operar en capa de acceso con PoE+.
¿Por qué Catalyst 1000 para los IDFs?

- No existe backbone de fibra interna → los uplinks se hacen por Cat6A.
- Los IDFs solo requieren gestionar puertos de acceso (capa 2).
- Soporta VLANs y troncales hacia el Catalyst 9300.

- Proporciona **PoE+** para energizar APs y cámaras sin fuentes externas.
- Alto rendimiento para tráfico de gran volumen.
- Fácil administración (CLI + Web UI).
- Fiabilidad probada en entornos institucionales.

Características del Cisco Catalyst 1000-48P-4G-L

- 48 puertos 1Gbps **con PoE+**
- 4 puertos **SFP uplink**
- Presupuesto PoE total ~ 370W
- Capacidad de conmutación 104 Gbps
- Forwarding 77.38 Mpps
- Administración via CLI o Web UI
- Bajo ruido, apto para ambientes interiores

FIGURA 24.

Cisco Catalyst 1000 – 24P

Características del Cisco Catalyst 1000-24P-4G-L

- 24 puertos 1Gbps PoE+
- 195W de presupuesto PoE
- 4 uplinks SFP
- Manejo completo de VLANs
- QoS básico

IV.4.3. Selección de Access Points (APs)

Modelo seleccionado: Cambium Networks XV2-2X / XV2-2T (WiFi 6)

Para el sistema inalámbrico del Centro de Convenciones se seleccionó el **Cambium Networks XV2-2X / XV2-2T**, un Access Point WiFi 6 de alto rendimiento, diseñado para ambientes de alta concurrencia como auditorios, campus universitarios, ferias y centros de convenciones. Este modelo cumple ampliamente con los requerimientos de capacidad, velocidad, robustez y administración definidos en el diseño del proyecto.

El XV2-2X (omnidireccional) y su variante XV2-2T (sectorial) permiten una cobertura amplia y estable, incluso en escenarios donde la cantidad de usuarios simultáneos supera las 1.000 conexiones. Su arquitectura RF optimizada, su carcasa resistente IP67 y su capacidad real para manejar 300–450 usuarios por AP lo convierten en la opción ideal para el Centro de Convenciones de la UAJMS.

Características principales del Cambium XV2-2X / XV2-2T

- **Tecnología WiFi 6 (802.11ax)**
  Con OFDMA, MU-MIMO, TWT y BSS Coloring para máxima eficiencia espectral.
- **Velocidad agregada total:**
  Hasta **3 Gbps** (ideal para alto tráfico durante eventos).
- **Capacidad real:**
  300–450 usuarios concurrentes por AP, muy superior al promedio de equipos indoor.
- **Diseño resistente IP67:**
  Operación continua en ambientes adversos (lluvia, polvo, variaciones térmicas). Ideal para áreas abiertas del edificio y sectores perimetrales.
- **Antenas disponibles:**
  - XV2-2X → *Omnidireccional*, cobertura circular.
  - XV2-2T → *Sectorial*, para cobertura dirigida en espacios amplios.
- **Gestión en la nube sin costo:**
  cnMaestro Cloud, plataforma de Cambium:
  - administración centralizada
  - alertas

    - mapas de calor
    - control de usuarios
    - sin licencias obligatorias
- **Seguridad empresarial:**
    - WPA3
    - VLANs (soporte completo 802.1Q)
    - Integración con 802.1X
    - Filtrado por roles
- **Alimentación PoE+ (802.3at)**

  Compatible con los switches Cisco Catalyst 1000 de los IDFs.

Justificación técnica del modelo XV2-2X para el Centro de Convenciones

La elección de este Access Point se fundamenta en los siguientes criterios técnicos:

1. Alta densidad de usuarios (evento masivo)

El análisis de usuarios indica:

- 1.980 personas en Sala de Convenciones
- 415 en Teatro
- 400 en áreas comunes
- 2.800+ usuarios totales en hora pico

Los APs convencionales (como UniFi, Aruba 505 o Catalyst 9105) soportan entre 40–80 usuarios reales por AP.

En contraste:

- El Cambium XV2-2X soporta 300–450 usuarios reales
  Esto permite reducir saturación y mejorar estabilidad en eventos masivos
- Por ello es uno de los pocos APs del mercado capaces de rendir bien en auditorios y centros de convenciones.

2. Cobertura extendida y penetración mejorada

Los materiales del Centro de Convenciones incluyen:

- muros gruesos
- paneles acústicos
- estructuras metálicas en el teatro

Los APs Cambium tienen:

- antenas optimizadas de alta ganancia
- mejor penetración de señal
- resistencia superior a interferencias

Esto asegura cobertura uniforme, incluso en condiciones arquitectónicas complejas.

3. Ideal para recinto mixto interior–exterior

Aunque el edificio es cerrado, varias áreas cercanas a accesos, pasillos abiertos y zonas perimetrales se benefician de:

- resistencia IP67
- funcionamiento 24/7
- protección frente a humedad/temperatura

Esto incrementa la durabilidad del sistema inalámbrico.

4. Gestión sin licenciamiento obligatorio (ventaja económica enorme)

A diferencia de:

- Cisco DNA Center
- Aruba Central
- Mist AI

Cambium NO exige licencias pagadas para administrar los APs. Esto reduce notablemente el costo operativo del proyecto. cnMaestro Cloud permite:

- monitoreo
- configuración
- estadísticas avanzadas
- alertas
- control de usuarios
- planos de cobertura

Todo sin requerir pagos mensuales.

5. Integración perfecta con el diseño lógico (VLAN 40/41)

Los APs se integran plenamente con:

- VLAN 40 → WiFi institucional
- VLAN 80 → Invitados con portal cautivo
- Segmentación completa vía 802.1Q
- Seguridad WPA3 / 802.1X

Esto permite aplicar políticas de seguridad y ancho de banda diferenciadas entre:

- personal
- docentes
- invitados
- asistentes a eventos

6. Instalación mediante PoE+ (compatible con Cisco Catalyst 1000)

Los switches de acceso (C1000-48P-4G-L / 24P-4G-L) soportan PoE+, por lo que:

- no requieren adaptadores externos
- se simplifica el montaje en techo
- se mantiene un diseño estético y seguro
- se facilita el mantenimiento

7. Escalabilidad y administración futura

El Centro de Convenciones puede crecer a:

- nuevos salones
- mayor aforo
- más dispositivos IoT

cnMaestro permite:

- agregar APs en minutos
- hacer balance de carga
- reconfigurar RF automáticamente
- ver interferencias y cobertura en tiempo real

Esto garantiza una administración eficiente a largo plazo.

Cantidad seleccionada: 27 Access Points Cambium XV2-2X / XV2-2T

De acuerdo al diseño WiFi:

Tabla 23.

Número de Ap seleccionados

Ambiente	Modelo recomendado	Cantidad
Sala de Convenciones	XV2-2X	16
Teatro	XV2-2X	6
Áreas comunes	XV2-2X	4
Administración	XV2-2X	1

IV.4.4. Análisis Comparativo y Justificación del Punto de Acceso Seleccionado

Para la red inalámbrica del Centro de Convenciones se seleccionó el **Cambium XV2-2X**, un punto de acceso WiFi 6 de alto rendimiento diseñado para ambientes de densidad media y alta concurrencia. Para justificar esta elección, se realizó un análisis comparativo frente a modelos equivalentes de Cisco, Aruba y Ubiquiti, considerando aspectos como capacidad de usuarios, tecnologías soportadas, comportamiento bajo carga y costo total de implementación.

1. Comparación Tecnológica

Tabla 24.

Comparación de Tecnologías

Característica	Cambium XV2-2X	Cisco Catalyst 9120AX	Aruba AP515	Ubiquiti U6 Enterprise
Estándar WiFi	WiFi 6 (802.11ax)	WiFi 6	WiFi 6	WiFi 6
MU-MIMO	4x4 DL/UL	4x4 DL/UL	4x4 DL/UL	4x4 DL
OFDMA	Sí	Sí	Sí	Sí
BSS Coloring	Sí	Sí	Sí	Sí
Canal máximo	80 MHz	80 MHz	80 MHz	160 MHz
Gestión RF	cnMaestro + Auto RF	Cisco DNA	Aruba Central AI	UniFi Controller
Antenas	Omnidireccionales	Externas e internas	Internas	Internas

Rango	Alto	Muy alto	Alto	Medio

2. Capacidad de usuarios

Tabla 25.

Capacidad de Usuarios por modelo

Modelo	Usuarios recomendados	Usuarios máximos (masivos)
Cambium XV2-2X	256	512+
Cisco 9120AX	200	400
Aruba AP515	256	512
Ubiquiti U6 Enterprise	300	350

El XV2-2X compite directamente con Aruba AP515, pero supera a Cisco 9120AX en densidad masiva.

3. Comportamiento bajo alta concurrencia

Tabla 26.

Comportamiento de los modelos bajo alta concurrencia

Tecnología	Función	Beneficio
OFDMA	Divide el canal en sub-canales	Manejo eficiente de muchos usuarios simultáneos
MU-MIMO	Transmite a múltiples dispositivos a la vez	Evita congestión en auditorios o salas grandes
Band Steering	Mueve dispositivos a 5 GHz	Reduce saturación en 2.4 GHz
Load Balancing	Distribuye usuarios entre APs	Crucial para eventos masivos
BSS Coloring	Reduce interferencia de redes vecinas	Ideal para edificios complejos

Conclusión técnica:

El Cambium XV2-2X soporta mejor escenarios de aforo alto como conferencias, auditorios y eventos, donde más de 300 personas se conectan simultáneamente.

4. Comparación de precios

Tabla 27.

Comparación de Precios

Modelo	Precio aproximado
Cambium XV2-2X	**$270 – $310 USD**
Cisco 9120AX	$750 – $900 USD
Aruba AP515	$650 – $800 USD
Ubiquiti U6 Enterprise	$180 – $220 USD

Conclusión económica: El Cambium ofrece un rendimiento similar a Cisco/Aruba pero con un costo 2–3 veces menor, lo cual es perfecto para instituciones educativas que requieren infraestructura robusta sin costos corporativos excesivos.

Conclusión de la Justificación

El Cambium XV2-2X representa la mejor relación costo / rendimiento / capacidad para el Centro de Convenciones porque:

- Maneja altas densidades de usuarios (hasta 512)
- Implementa todas las tecnologías WiFi 6 necesarias para entornos masivos
- Su costo es muy inferior a Cisco y Aruba
- Su administración centralizada mediante cnMaestro es ideal para la DTIC
- Es más estable que Ubiquiti en ambientes corporativos
- Está diseñado para auditorios, salas y espacios grandes (exactamente como tu proyecto)

IV.4.4.1. Justificación de Compatibilidad del Access Point Cambium XV2-2X

Compatibilidad con Equipamiento Cisco (DTIC)

El modelo Cambium XV2-2X fue seleccionado no solo por su capacidad de alta densidad, sino también por su compatibilidad completa con entornos Cisco, debido a que:

1. **Opera bajo estándares abiertos (802.11ax, 802.3at, 802.1Q, 802.1X)**
   No depende de controladoras propietarias como Cisco AireOS o Cisco Catalyst 9800.
2. **Es totalmente interoperable con switches Cisco Catalyst**, dado que:

- Soporta **PoE+ 802.3at**, estándar universal también soportado por switches Cisco C1000, C2960X y C9300.
- Usa **VLAN tagging con 802.1Q**, completamente compatible con la infraestructura actual de la DTIC.
- Permite gestión de tráfico mediante **QoS WMM**, reconocida por Cisco WLAN Controller y switches Cisco.

3. **No requiere protocolos propietarios de Cisco** como:
   - CAPWAP específico de controladoras Cisco
   - CleanAir
   - RRM propietario

Por lo tanto, puede integrarse sin inconvenientes en una red Cisco mediante:

- Troncales 802.1Q
- Source VLAN para SSID corporativo e invitados
- PoE+ estándar
- Gestión vía cnMaestro (independiente del switch)

En conclusión, el AP Cambium XV2-2X es 100% compatible con la infraestructura Cisco utilizada actualmente por la UAJMS, ya que ambos equipos se basan en estándares IEEE abiertos y no requieren mecanismos propietarios para su operación conjunta.

IV.4.4.2. Compatibilidad técnica entre Access Points Cambium y Switch Layer 3 Cisco Catalyst 9200

El diseño propuesto integra Access Points empresariales Cambium Networks con un switch de capa 3 Cisco Catalyst 9200, garantizando plena compatibilidad a nivel físico, lógico y de servicios de red. Dicha interoperabilidad se fundamenta en el uso de estándares abiertos, ampliamente soportados por ambos fabricantes, lo que asegura una operación estable y sin dependencias propietarias.

Compatibilidad a nivel físico y de alimentación (PoE)

Los Access Points Cambium utilizados en el proyecto son compatibles con el estándar IEEE 802.3at (PoE+), el cual es soportado nativamente por el switch Cisco Catalyst 9200.
Esto permite que los puntos de acceso reciban alimentación eléctrica y conectividad de

datos a través de un único enlace Ethernet, simplificando la infraestructura, reduciendo costos de instalación y garantizando un despliegue ordenado conforme a buenas prácticas de cableado estructurado.

El Cisco Catalyst 9200 dispone de puertos PoE+ con capacidad suficiente para alimentar simultáneamente múltiples APs, sin comprometer la estabilidad eléctrica ni el rendimiento de la red.

Compatibilidad a nivel de enlace y VLANs

Los AP Cambium operan como dispositivos de acceso estándar Ethernet, permitiendo su conexión directa a los puertos del switch Cisco Catalyst 9200 configurados en modo **access o trunk**, según el esquema de segmentación definido.

El switch Layer 3 gestiona:

- **Asignación de VLANs** para los diferentes SSIDs (administrativos, invitados, técnicos).
- **Etiquetado 802.1Q**, completamente compatible con los AP Cambium.
- **Aislamiento de tráfico** entre segmentos, evitando interferencias entre servicios.

Esta interoperabilidad garantiza que los Access Points puedan transportar tráfico de múltiples VLANs sin pérdida de funcionalidad ni restricciones técnicas.

Compatibilidad en autenticación y control de acceso

Los AP Cambium soportan mecanismos de autenticación basados en estándares como:

- **WPA2/WPA3-Enterprise**
- **802.1X**
- **Servidor RADIUS externo**

El switch Cisco Catalyst 9200, actuando como núcleo de acceso y distribución, es plenamente compatible con estos mecanismos, permitiendo:

- Integración con servidores RADIUS institucionales.
- Aplicación de políticas de acceso por VLAN.
- Control centralizado de autenticación y trazabilidad de usuarios.

Esta compatibilidad permite implementar políticas de seguridad consistentes en toda la infraestructura, alineadas con los lineamientos de la DTIC.

Compatibilidad en enrutamiento y servicios de red

El Cisco Catalyst 9200 ejecuta el **enrutamiento inter-VLAN**, la asignación de direcciones IP mediante DHCP y la aplicación de políticas de QoS, mientras que los AP Cambium funcionan como dispositivos de acceso, encapsulando y entregando el tráfico hacia el switch.

Esta separación de funciones garantiza:

- Escalabilidad del diseño.
- Optimización del rendimiento.
- Centralización del control lógico en el switch Layer 3.

Los AP no requieren configuraciones propietarias especiales para operar con el Catalyst 9200, ya que se apoyan en protocolos estándar de red.

Compatibilidad en calidad de servicio (QoS)

Los AP Cambium soportan la marcación de tráfico según estándares IEEE para tráfico multimedia (voz y video). El switch Cisco Catalyst 9200 reconoce estas marcas y aplica políticas de **Quality of Service (QoS)**, priorizando:

- Tráfico de voz (VoIP)
- Streaming y servicios audiovisuales
- Sistemas críticos de seguridad

Esto garantiza una experiencia de usuario estable durante eventos de alta concurrencia.

IV.4.4.3. Compatibilidad con Teléfonos Celulares de Todas las Marcas

El AP Cambium XV2-2X soporta los estándares:

- 802.11a/b/g/n/ac/ax (WiFi 6)
- Bandas 2.4 GHz y 5 GHz
- OFDMA, MU-MIMO y BSS Coloring
- Seguridad WPA2/WPA3

Esto garantiza compatibilidad con todos los fabricantes actuales, incluyendo:

- **Android:** Samsung, Xiaomi, Huawei, Motorola, Oppo, Realme, Honor
- **iOS:** iPhone 5s → iPhone 16
- **Laptops:** Windows, Linux, MacOS
- **Tablets:** iPad, Samsung Tab, Amazon Fire

Además, el estándar WiFi es retrocompatible:

- Un teléfono viejo con WiFi 4 (802.11n) funciona.
- Un teléfono actual con WiFi 5/6 opera con máxima eficiencia.

IV.4.5. Selección de Cableado: Fibra Óptica y Cat6A

El cableado es uno de los componentes más críticos dentro de la arquitectura de red, ya que constituye la base física por la cual se transmiten todos los servicios digitales del Centro de Convenciones. La selección de los medios de transmisión se realizó en función de:

- la topología física real del edificio,
- los requerimientos de ancho de banda,
- la distancia entre cuartos de telecomunicaciones,
- el soporte para PoE+,
- la resistencia a interferencias,
- y la escalabilidad futura del sistema.

El sistema de cableado está conformado por **dos tipos de medios**:

1. **Fibra Óptica Monomodo OS2**
2. **Cable UTP Categoría 6A (Cat6A)**

Cada uno cumple funciones específicas dentro del diseño.

IV.4.6. Fibra Óptica Monomodo (OS2)

Función en el proyecto

El Centro de Convenciones no dispone de backbone interno de fibra entre pisos; sin embargo, sí posee un enlace óptico principal que se integra directamente con la red troncal institucional de la UAJMS.

La fibra óptica se utiliza **únicamente** para:

- **Conectar la DTIC → RACK A (MDF)**
- Transportar la señal de internet institucional
- Acceder a servicios centrales (DNS, DHCP, Active Directory, RADIUS)
- Integración con la seguridad perimetral institucional (Firewall corporativo)

Tipo recomendado

- **Fibra monomodo OS2**
- Conectores LC o SC según módulo SFP de la DTIC
- Ideal para distancias largas dentro del campus

Justificación técnica

- Baja atenuación y alta velocidad
- Soporta 1/10/40 Gbps dependiendo del módulo óptico
- Estándar universal para enlaces troncales
- Compatible con módulos SFP/SFP+ del Catalyst 9300

Beneficios

- Permite escalabilidad del enlace con la UAJMS
- Asegura baja latencia y alta estabilidad
- No se ve afectada por interferencias electromagnéticas

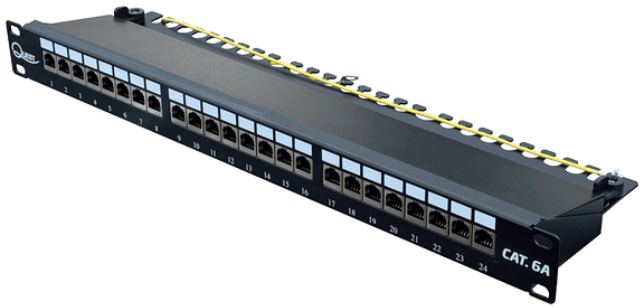
IV.4.7. Patch Panel de Categoría 6A (Cat6A)

El cableado horizontal y el backbone interno entre IDFs fue construido completamente con **Cat6A**, debido a que:

- el edificio ya cuenta con rutas diseñadas para UTP,
- no existe infraestructura para fibra entre pisos,
- y los enlaces entre IDFs están dentro del límite máximo de 100 metros.

FIGURA 25.

Patch Panel de Categoría 6A



Marca: Panduit / Legrand / Commscope

Modelo recomendado: *Panduit CPPM24X6ATG*

El Patch Panel de Categoría 6A es un elemento fundamental para la administración del cableado estructurado del Centro de Convenciones. Su función principal es organizar, terminar y distribuir los cables horizontales provenientes de los puntos de red, permitiendo una gestión ordenada, escalable y conforme a estándares internacionales.

Este modelo soporta transmisión a **10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T)** y aplicaciones **PoE/PoE+**, cumpliendo con los requisitos de rendimiento y durabilidad que demanda la infraestructura del edificio. Su diseño modular facilita el mantenimiento y garantiza una correcta organización dentro de los racks de telecomunicaciones (MDF e IDFs).

Características del Patch Panel Cat6A

- **Categoría:** 6A (Certificado para 10 GbE)
- **Cantidad de puertos:** 24 puertos RJ45
- **Tipo de conexión:** Keystones modulares o terminación directa IDC
- **Blindaje:** Disponible en versiones **UTP** y **FTP** (blindado contra EMI/RFI)
- **Ancho de banda:** Hasta **500 MHz**
- **Compatibilidad:** Retrocompatible con Cat6 y Cat5e
- **Material:** Acero laminado en frío o polímero reforzado (según modelo)
- **Montaje:** Estandarizado para rack de **19”**

- **Método de terminación:** Punch-Down (110, KRONE)
- **Certificaciones:**
    - ANSI/TIA-568-D
    - ISO/IEC 11801
    - IEC 60603-7
- **Temperatura de operación:** -10°C a 60°C
- **Protección (modelos FTP):**
    - Blindaje total o por par contra interferencias electromagnéticas
- **Aplicaciones recomendadas:**
    - Redes empresariales
    - CCTV
    - VoIP
    - WiFi 6/6E
    - Data Centers y cuartos de telecomunicaciones

Justificación de la elección Cat6A + Fibra OS2

La combinación seleccionada responde directamente al diseño y realidad del edificio:

1. Cat6A como backbone interno

- Compatible con canalizaciones actuales
- No requiere obra civil adicional
- Permite uplinks de 1–2 Gbps por IDF (LACP)
- Totalmente funcional para switches Catalyst 1000

2. Fibra óptica solo hacia DTIC

- Permite conexión institucional de alta velocidad
- Separa la infraestructura del Centro de la red troncal
- Garantiza seguridad y control unificado
- Asegura escalabilidad a 10Gbps futuro

3. PoE+ para APs y cámaras

Cat6A permite alimentar sin problemas:

- AP Cambium XV2-2X
- Cámaras IP

- Biométricos

Reduciendo uso de tomacorrientes y adaptadores externos.

IV.4.8. Racks de Telecomunicaciones

Gabinete de Piso 32U (MDF – RACK A)

FIGURA 26.

Rack de 32U

El gabinete de piso de 32U se utiliza como **MDF (Main Distribution Frame)** en el Centro de Convenciones. Su función es albergar y proteger el equipamiento central de la red, incluyendo:

- Switch de núcleo (Cisco Catalyst 9300)
- Patch panels Cat6A
- UPS
- Módulo de fibra proveniente de DTIC
- Organizadores de cableado

Este gabinete está fabricado en acero de alta resistencia y diseñado para instalaciones profesionales de telecomunicaciones. Sus características principales incluyen:

Características del gabinete de piso 32U

- **Estructura metálica cerrada**, con rigidez adecuada para soportar equipos pesados.
- **Ventilación pasiva y activa**, permitiendo el flujo constante de aire y evitando sobrecalentamiento.
- **Puerta frontal con cristal templado**, que permite inspección visual sin comprometer la seguridad.
- **Cerradura de seguridad**, restringiendo el acceso al personal autorizado.
- **Rieles internos ajustables** para montaje estándar de 19".
- **Paneles laterales desmontables**, facilitando el mantenimiento y el ordenado enrutamiento del cableado.
- **Gestión de cables vertical y horizontal**, indispensable para mantener la limpieza y trazabilidad del sistema.
- **Opciones de movilidad** mediante ruedas o patas niveladoras.

Rol en la infraestructura

Este gabinete centraliza **todos los enlaces verticales y horizontales del edificio**, sirviendo como punto principal de distribución, enrutamiento y alimentación PoE para los dispositivos críticos del Centro de Convenciones.

Rack de Pared 15U (IDFs – RACK B, C y D)

FIGURA 27.

Rack de 15U

Los IDFs del Centro de Convenciones utilizan racks de pared de 15U para alojar los switches de acceso y patch panels correspondientes. Estos gabinetes compactos están diseñados para instalaciones en espacios reducidos o salas técnicas con acceso controlado.

Características del rack de pared 15U

- **Montaje sólido en pared**, optimizando espacio y elevando el equipamiento para reducir riesgos de golpes o humedad.
- **Fabricación en acero laminado**, ofreciendo durabilidad y protección mecánica.
- **Ventilación adecuada**, ya sea mediante rejillas o ventiladores, para mantener temperaturas operativas seguras.
- **Puerta frontal con cerradura**, proporcionando seguridad física y restringiendo la manipulación de equipos.
- **Capacidad de 15U**, suficiente para alojar:
    - Switch Cisco Catalyst 1000 (24 o 48 puertos, según el rack)
    - Patch panels Cat6A
    - Organizadores de cableado
    - Pequeñas unidades UPS cuando corresponda

- **Gestión de cables integrada**, permitiendo un enrutamiento ordenado y facilitando futuras expansiones o mantenimiento.

Rol en la infraestructura

Cada uno de estos racks IDF distribuye la conectividad a zonas específicas del edificio:

- **RACK B**: Planta baja (teatro, cabinas técnicas, oficinas)
- **RACK C**: Segundo piso (salas técnicas superiores, cámaras en altura)
- **RACK D**: Sectores externos y áreas auxiliares

Todos los racks se conectan directamente al MDF mediante enlaces UTP Cat6A dobles, asegurando redundancia básica y continuidad de servicio.

IV.4.9. Cableado (Fibra + Cat6A)

Fibra Óptica

Usada únicamente para:

- **DTIC → RACK A**
- Fibra monomodo OS2
- Recibe internet y servicios institucionales

Cableado Cat6A

FIGURA 28.

Cable UTP

Utilizado para:

- Backbone hacia IDFs (UTP doble por IDF)
- 148 puntos de red horizontales
- APs

- Cámaras IP
- Equipos de sonido y video

IV.4.10. Justificación Global de la Selección

1. **Catalyst 9300** proporciona la potencia necesaria para operar como núcleo.
2. **Catalyst 1000** es perfecto para la capa de acceso.
3. **PoE+** evita fuentes externas y simplifica instalación.
4. **Cat6A** asegura rendimiento para 1 Gbps estable.
5. Patch panels garantizan organización y mantenibilidad.
6. Racks cumplen normas de telecomunicaciones.
7. Todo el sistema es escalable y compatible con la red UAJMS.

IV.4.11. Elementos Complementarios del Rack

La correcta operación de la infraestructura de red instalada en el Centro de Convenciones depende no solo de los equipos activos (switches, APs, controladores), sino también de los componentes físicos que garantizan orden, seguridad eléctrica y adecuada ventilación dentro del gabinete. A continuación, se describen los elementos utilizados para la instalación del rack principal y sus funciones dentro del sistema.

Regleta de Fuerza (PDU)

La regleta de fuerza, también conocida como PDU (Power Distribution Unit), es un componente esencial para la distribución segura y organizada de energía eléctrica dentro del rack. Estas unidades suelen estar fabricadas en aluminio de alta resistencia, material que soporta temperaturas elevadas y proporciona durabilidad en ambientes con carga térmica generada por equipos electrónicos.

La PDU suministra alimentación al switch, router, controladores, repetidores u otros dispositivos alojados en el gabinete. Su uso permite centralizar la energía, evitar sobrecargas en tomas improvisadas y asegurar un entorno eléctrico adecuado para la operación continua de los equipos.

Especificaciones técnicas consideradas:

- **Tipo:** PDU básica (sin monitoreo).
- **Montaje:** Horizontal o vertical, ocupando 1U.
- **Conectividad:**
    - 8 salidas **IEC C13**.

    - Entrada **IEC C14**.
- **Protecciones:**
    - Fusible reemplazable.
    - Material ignífugo.
- **Capacidad de corriente:** 10A / 16A.
- **Longitud del cable:** entre 1.5 m y 2 m.

FIGURA 29.

Regla de Fuerza

Organizador de Cableado

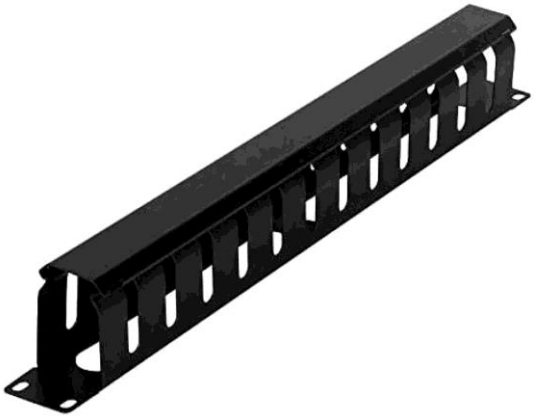
El organizador de cableado tiene la función de mantener los cables estructurados de forma ordenada y accesible, lo cual es fundamental para garantizar un entorno seguro y facilitar tareas de mantenimiento. Su uso contribuye a mejorar la ventilación interna, evita la obstrucción del flujo de aire y reduce la probabilidad de enredos o daños en los conductores.

Entre las principales ventajas del organizador de cables destacan:

- Mantiene un esquema limpio y profesional dentro del rack.
- Facilita la identificación de cables y su trazabilidad.
- Reduce la tensión física en conectores y puertos.
- Favorece la disipación térmica.
- Disminuye riesgos de desconexiones accidentales.

FIGURA 30.

Organizador de Cables



Ventilador para Rack

El ventilador para rack es un componente indispensable para la gestión térmica del gabinete. Los equipos de red, tales como switches, servidores y sistemas de almacenamiento, generan calor durante su funcionamiento, y si este no se disipa adecuadamente, puede reducir su vida útil o causar fallos operativos.

El ventilador de rack se instala generalmente en la parte superior o inferior del gabinete y permite:

- Mantener una temperatura interna estable.
- Mejorar el flujo de aire a través de los equipos activos.
- Evitar puntos calientes (hot spots).
- Reducir la acumulación de polvo y partículas en zonas críticas.
- Garantizar la operación continua en condiciones prolongadas de uso.

En este diseño se considera un ventilador de **2U**, adecuado para la capacidad térmica del gabinete seleccionado.

FIGURA 31.

Ventilador de Rack

IV.4.12. Distribución y Organización de los Racks del Centro de Convenciones

La infraestructura de red del Centro de Convenciones se organiza mediante cuatro racks independientes, ubicados estratégicamente en puntos de distribución (IDFs) y en la sala de equipos principal (MDF). Cada rack cumple una función específica dentro de la jerarquía de red, permitiendo segmentar las cargas, optimizar la administración del cableado y asegurar la redundancia necesaria para un edificio de gran afluencia.

La organización de los racks se ha realizado siguiendo las buenas prácticas definidas por las normas TIA/EIA-568, TIA/EIA-569, TIA/EIA-606-B y TIA-942, garantizando un montaje ordenado, seguro y preparado para futuras ampliaciones. A continuación se presenta la distribución individual de cada rack.

Rack A – MDF (Main Distribution Frame)

El Rack A corresponde al gabinete principal (MDF) del Centro de Convenciones y concentra los equipos de distribución centralizada que dan soporte a toda la infraestructura de red. Debido a su función crítica, este rack contiene los elementos de mayor capacidad, incluyendo el switch de 48 puertos para agregación, paneles de parcheo troncales y organizadores de cableado que permiten mantener un entorno estructurado y de fácil mantenimiento.

La selección y disposición de los equipos en este rack sigue las recomendaciones de las normas TIA/EIA-568, TIA/EIA-569 y TIA-942, que establecen lineamientos para el montaje adecuado de equipos en ambientes técnicos, priorizando la accesibilidad, la ventilación y la gestión ordenada del cableado. A continuación se presenta la tabla de distribución en unidades (U) del Rack A, con los elementos que lo componen y el espacio que ocupan.

Tabla 28.

Distribución de Rack A

Equipo	Tamaño (U)	Unidades	Total (U)
Ventilador	2	1	2
Patch Panel datos 24 puertos	1	3	3
Switch 48 puertos	3	1	3

Switch 24 puertos	1	1	1
Regla de fuerza	1	1	1
Organizador de cable	1	3	3
Total		**10**	**13**

Distribución interna del Rack A

La disposición en U responde a los siguientes criterios técnicos:

1. Ventilación

El ventilador se instala en la parte superior del gabinete (2U), permitiendo la extracción de aire caliente y reduciendo la temperatura interna. Esto es crucial debido a la carga térmica generada por los switches de alta densidad.

2. Paneles de parcheo

Los tres patch panels de 24 puertos ocupan las posiciones contiguas sobre los switches, facilitando:

- La organización del cableado horizontal,
- La trazabilidad de puertos,
- La identificación de servicios.

Su ubicación alta evita interferir con el cableado de energía.

3. Equipos activos

El switch de **48 puertos (3U)** se ubica en la zona media del rack, optimizando:

- Longitud de cableado vertical,
- Acceso del personal técnico
- Flujo de ventilación.

El switch adicional de 24 puertos (1U) se coloca inmediatamente debajo o encima según el flujo de aire recomendado por el fabricante.

4. PDU o Regla de fuerza

Instalada en la parte inferior del rack (1U), evita interferencia con los cables de datos y garantiza la distribución eléctrica ordenada hacia los equipos activos.

5. Organizadores de cable

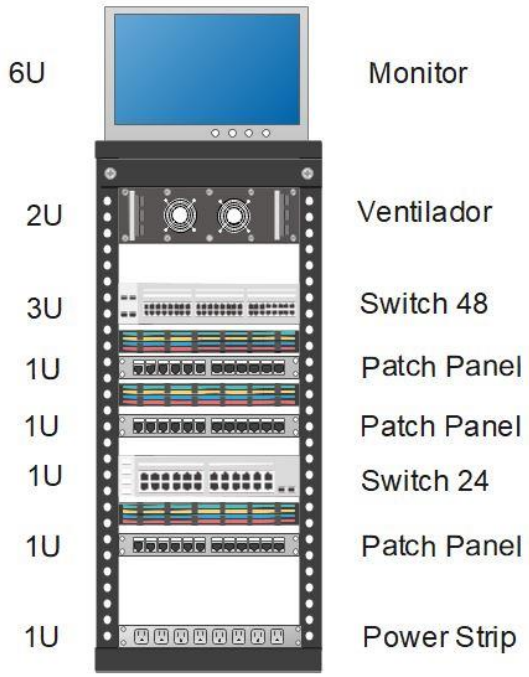
Tres unidades (1U cada una) se distribuyen entre patch panels y switches para asegurar:

- Gestión de cables eficiente,
- Evitar tensiones en los conectores,
- Mantener el rack ordenado,
- Favorecer la ventilación interna.

Figura correspondiente al Rack A

FIGURA 32.

Distribución física de Rack A



Rack B – IDF 1 (Intermediate Distribution Frame)

El Rack B corresponde a uno de los puntos de distribución intermedios (IDF) del edificio. Su función es recibir las conexiones provenientes del MDF y redistribuirlas hacia las áreas específicas del ala del edificio que atiende. Debido a la densidad de usuarios y a la necesidad de soportar múltiples zonas operativas, este rack incorpora tanto un switch de 48 puertos como un switch adicional de 24 puertos, junto con los paneles de parcheo necesarios para organizar el cableado estructurado.

La instalación y distribución del equipamiento en el Rack B sigue las normativas TIA/EIA-568, TIA/EIA-569 y buenas prácticas de administración de cableado, optimizando el flujo de aire, facilitando el mantenimiento y asegurando la disponibilidad del sistema.

Tabla 29.

Distribución de Rack B

Equipo	Tamaño (U)	Unidades	Total (U)
Ventilador	2	1	2
Patch Panel datos 24 puertos	1	3	3
Switch 24 puertos	2	1	2
Switch 48 puertos	3	1	3
Regla de fuerza	1	1	1
Organizador de cable	1	2	2
Total	**10**	**9**	**13**

Distribución interna del Rack B

La disposición de los equipos responde a los principios de ordenamiento vertical, seguridad eléctrica, ventilación adecuada y acceso sencillo para mantenimiento técnico.

1. Ventilador (2U)

Instalado en la parte superior, facilita la extracción del aire caliente generado por los switches, manteniendo condiciones térmicas adecuadas para la operación continua del IDF.

2. Paneles de parcheo (3 × 1U)

Los tres patch panels de 24 puertos permiten organizar:

- El cableado horizontal hacia las áreas que atiende el IDF,
- Las conexiones hacia los switches,
- La administración estructurada de puertos.

Su ubicación superior facilita el acceso y reduce la complejidad del cableado.

3. Switch de 24 puertos (2U)

Equipo encargado de zonas de menor densidad o servicios secundarios. Su instalación en la zona media permite conexiones cortas y organizadas hacia los paneles superiores.

4. Switch de 48 puertos (3U)

Equipo principal del IDF, encargado de la agregación del mayor volumen de tráfico. Ubicado en posición central debido a su peso y a sus requerimientos de ventilación.

5. PDU o Regleta de fuerza (1U)

Colocada en la parte inferior, separada del cableado de datos, proporciona alimentación segura a todos los equipos del rack.

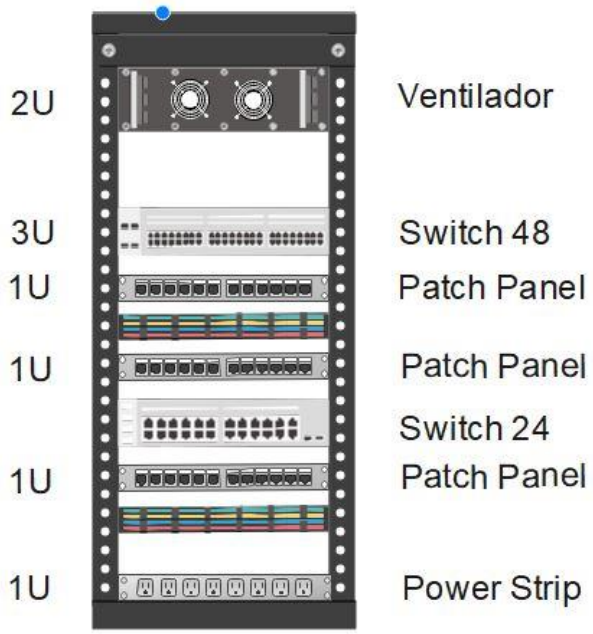
6. Organizadores de cable (2 × 1U)

Intercalados entre paneles y switches, mejoran la gestión del cableado, reducen tensiones en conectores y facilitan labores de mantenimiento.

Figura correspondiente al Rack B

FIGURA 33.

Distribución física de Rack B



Rack D – IDF 3 (Intermediate Distribution Frame)

El Rack D corresponde al tercer punto de distribución intermedio (IDF) del Centro de Convenciones. Su función es soportar la conectividad de una zona específica del edificio, abarcando áreas operativas, salas auxiliares y dispositivos de red asociados. Debido a su rol estratégico, este rack integra switches de distinta capacidad, paneles de parcheo estructurados y elementos de ventilación y energía que garantizan estabilidad en la operación.

La organización física de este rack cumple con los lineamientos establecidos por TIA/EIA-568, TIA/EIA-569 y TIA-942, priorizando la distribución térmica adecuada, la administración ordenada del cableado y la facilidad de mantenimiento técnico.

Tabla 30.

Distribución de Rack D

Equipo	Tamaño (U)	Unidades	Total (U)
Ventilador	2	1	2
Patch Panel datos 24 puertos	1	3	3
Switch 24 puertos	2	1	2
Switch 48 puertos	3	1	3
Regla de fuerza	1	1	1
Organizador de cable	1	2	2
Total		**9**	**13**

Distribución interna del Rack D

La disposición vertical del Rack D fue diseñada para optimizar el flujo de aire, la accesibilidad y la gestión del cableado.

1. Ventilador (2U)

Ubicado en la parte superior del gabinete, garantiza la extracción constante del aire caliente generado por los equipos activos, manteniendo un ambiente térmico estable dentro del rack.

2. Paneles de parcheo (3 × 1U)

Los tres patch panels reciben el cableado horizontal correspondiente a las áreas atendidas por el IDF. Su disposición en la zona superior facilita:

- la organización del cableado estructurado,
- la identificación de servicios,

- la distribución hacia los switches con distancias mínimas de patch cords.

3. Switch de 24 puertos (2U)

Se emplea para áreas de densidad moderada o dispositivos auxiliares. Su posición central contribuye a la separación térmica entre paneles de parcheo y el switch de mayor capacidad.

4. Switch de 48 puertos (3U)

Es el equipo principal del IDF. Su ubicación intermedia permite equilibrar el peso dentro del rack, mantener rutas de cableado optimizadas y asegurar una adecuada ventilación lateral y vertical.

5. Regleta de fuerza (1U)

Instalada en la parte inferior del rack, suministra energía eléctrica a los equipos activos. Su ubicación favorece la separación entre líneas eléctricas y cables de datos, reduciendo interferencias y riesgos operativos.

6. Organizadores de cableado (2 × 1U)

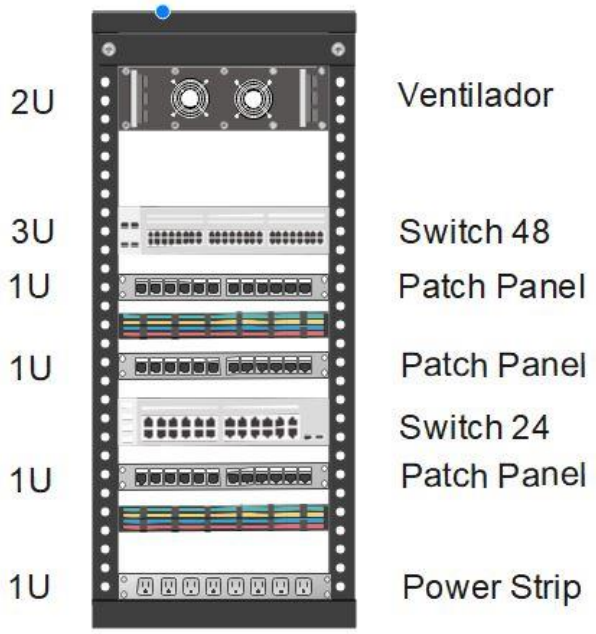
Distribuidos entre los diferentes componentes del rack, estos elementos permiten:

- un enrutamiento limpio de patch cords,
- evitar tensiones en puertos y conectores,
- facilitar futuras intervenciones de mantenimiento.

Figura correspondiente al Rack D

FIGURA 34.

Distribución física de Rack D



Rack C – IDF 2 (Intermediate Distribution Frame)

El Rack C corresponde al segundo punto de distribución intermedio (IDF) del Centro de Convenciones. Su función principal es proporcionar conectividad a una sección específica del edificio, gestionando los enlaces provenientes del MDF y distribuyéndolos hacia las áreas funcionales de su zona. Debido a las demandas de conectividad del entorno, este rack incorpora un switch de 48 puertos como equipo principal de agregación, complementado con un switch secundario de 24 puertos para atender dispositivos adicionales o áreas de menor densidad.

La instalación de este rack cumple con las directrices establecidas por las normas TIA/EIA-568, TIA/EIA-569, TIA/EIA-606-B y TIA-942, que definen buenas prácticas para el montaje de racks, la ventilación, la administración del cableado y la distribución eléctrica interna.

Tabla 31.

Distribución de Rack C

Equipo	Tamaño (U)	Unidades	Total (U)
Ventilador	2	1	2
Patch Panel datos 24 puertos	1	3	3
Switch 24 puertos	2	1	2
Switch 48 puertos	3	1	3
Regla de fuerza	1	1	1
Organizador de cable	1	2	2
Total	**10**	**9**	**13**

Distribución interna del Rack C

La organización de los equipos en el Rack C responde a criterios técnicos orientados a mejorar la ventilación, facilitar la administración del cableado estructurado y optimizar el acceso a los elementos de red durante labores de mantenimiento o ampliación.

1. Ventilador (2U)

Instalado en la parte superior, cumple la función de expulsar aire caliente generado por los equipos activos. Su ubicación favorece el flujo ascendente del aire, reduciendo la acumulación térmica dentro del rack.

2. Patch Panels (3 × 1U)

Los tres paneles de parcheo concentran el cableado horizontal proveniente de las áreas atendidas por este IDF. Su ubicación en la parte superior permite:

- enrutamiento ordenado del cableado estructurado,
- integración eficiente con los switches,
- instalación limpia y profesional.

3. Switch de 24 puertos (2U)

Situado en la zona media, permite atender dispositivos o áreas de menor carga de usuarios. Su posición favorece la distribución equilibrada del cableado hacia los paneles superiores.

4. Switch de 48 puertos (3U)

Equipo principal del IDF, encargado de manejar el mayor volumen de tráfico. Su colocación central contribuye a una adecuada ventilación y facilita el acceso para mantenimiento.

5. Regleta de fuerza (PDU) (1U)

Instalada en la parte inferior, distribuye energía eléctrica a todos los dispositivos del rack. Su posición limita interferencias con el cableado estructurado y facilita la administración eléctrica.

6. Organizadores de cableado (2 × 1U)

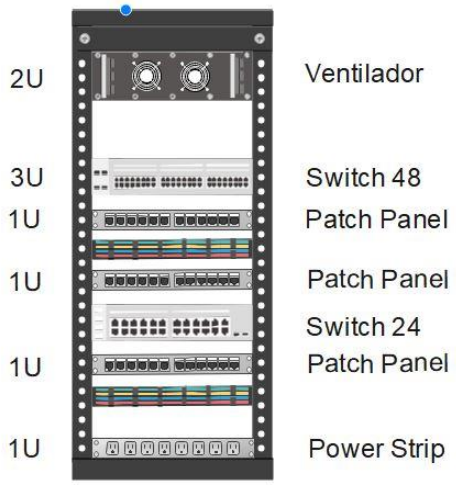
Dispuestos estratégicamente para guiar y sujetar los patch cords, mejoran:

- la estética del montaje,
- la ventilación interna del rack,
- la vida útil de conectores y puertos,
- la facilidad de futuras intervenciones técnicas.

Figura correspondiente al Rack C

FIGURA 35.

Distribución física de Rack C



IV.5. Simulación De La Red

La simulación constituye la fase final del diseño dentro de la metodología Top-Down, permitiendo validar el funcionamiento lógico del sistema antes de la implementación física. El objetivo es comprobar:

- La correcta operación de las VLANs
- El enrutamiento inter-VLAN
- El funcionamiento de las ACLs
- La comunicación entre dispositivos
- La segmentación de seguridad
- La priorización del tráfico (QoS)
- La compatibilidad del diseño con la red institucional

Para ello se utilizó la herramienta Cisco Packet Tracer, que permite emular dispositivos de red Cisco, así como verificar la conectividad y comportamiento del sistema bajo condiciones controladas.

IV.5.1. Objetivo de la Simulación

El objetivo de la simulación es validar la operación del diseño lógico de la red del Centro de Convenciones antes de su implementación física, comprobando que los elementos técnicos, VLANs, ruteo, ACLs, DHCP, QoS y enlaces agregados, operen de forma coherente con la arquitectura propuesta.

La simulación permite identificar inconsistencias, validar la estructura jerárquica de la red y asegurar que las decisiones técnicas (segmentación, seguridad, redundancia y topología) cumplen los requerimientos funcionales y de desempeño definidos por la UAJMS.

IV.5.2. Ambiente de Simulación

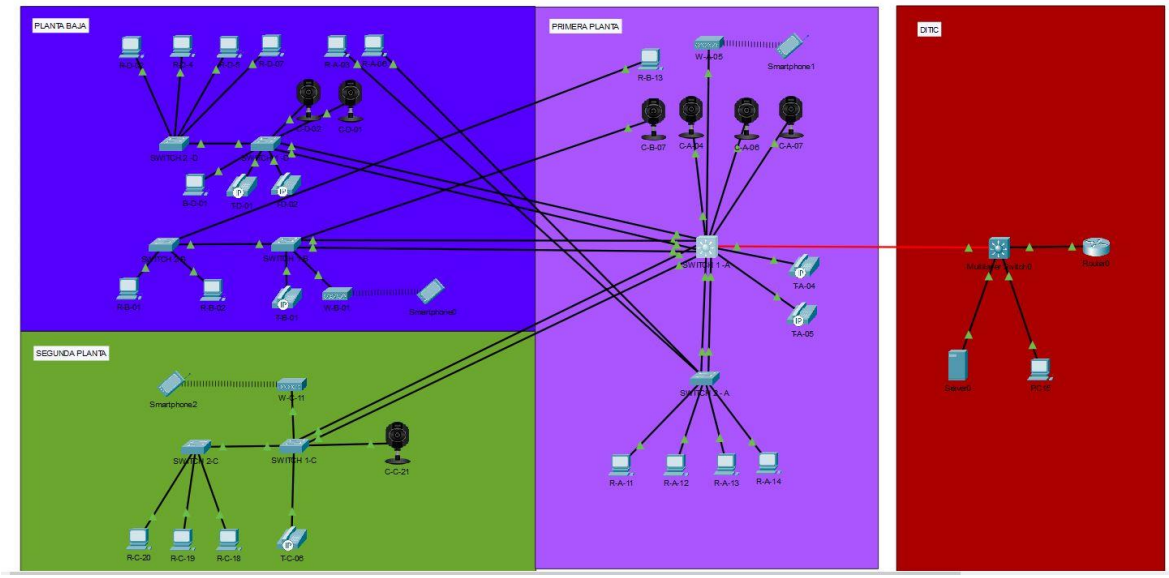
Para emular la infraestructura de red del edificio se construyó un modelo simplificado en Packet Tracer que incluye:

- Un switch Layer 3 en el RACK A (MDF)
- Switches de acceso correspondientes a RACK B, C y D
- Enlaces troncales y EtherChannel hacia el MDF
- Dispositivos distribuidos por VLAN según los servicios definidos:
    - PCs (VLAN 10)
    - Teléfonos IP (VLAN 20)
    - Cámaras (VLAN 30)
    - Clientes WiFi y APs (VLAN 40)
    - Biométricos (VLAN 50)

- Audio profesional (VLAN 60)
- Video (VLAN 70)
- Usuarios (VLAN80)

FIGURA 36.

Diagrama de Red - Cisco Packet Tracer



IV.5.3. Validación de VLANs y Enlaces Troncales

Para confirmar la segmentación de la red se ejecutaron los comandos:

show vlan brief

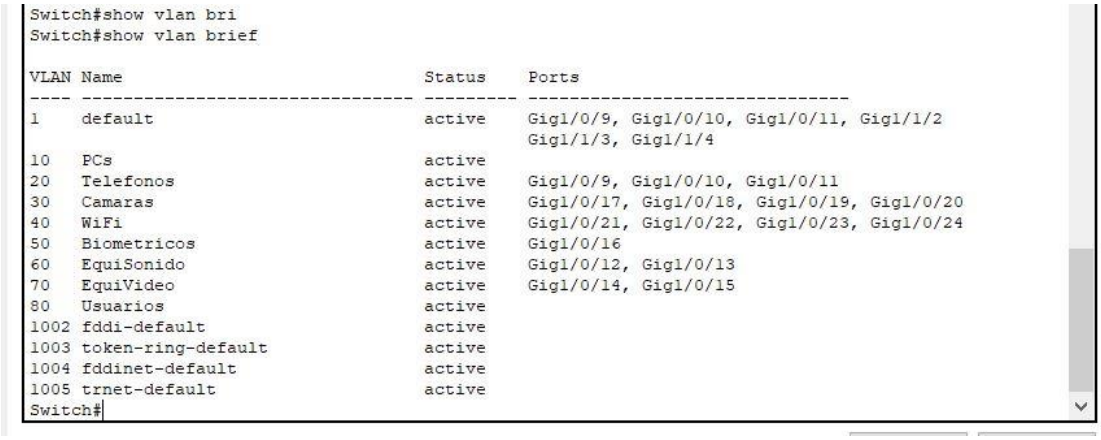
show interfaces trunk

Los resultados muestran:

- Todas las VLANs creadas y operativas.
- Los puertos asignados correctamente según su función.
- Los enlaces troncales transportando las VLANs 10,20,30,40,50,60,70 y 80.

FIGURA 37.

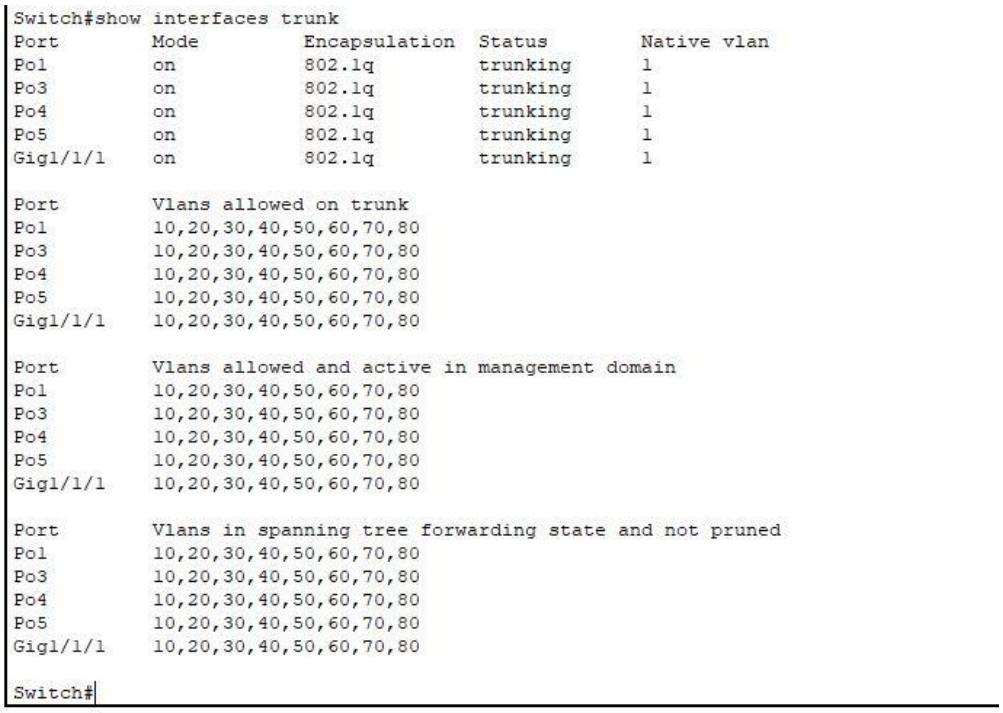
Resultado de show vlan brief



```
Switch#show vlan bri
Switch#show vlan brief

VLAN Name                             Status    Ports
---- -------------------------------- --------- -------------------------------
1    default                          active    Gig1/0/9, Gig1/0/10, Gig1/0/11, Gig1/1/2
                                                Gig1/1/3, Gig1/1/4
10   PCs                              active
20   Telefonos                        active    Gig1/0/9, Gig1/0/10, Gig1/0/11
30   Camaras                          active    Gig1/0/17, Gig1/0/18, Gig1/0/19, Gig1/0/20
40   WiFi                             active    Gig1/0/21, Gig1/0/22, Gig1/0/23, Gig1/0/24
50   Biometricos                      active    Gig1/0/16
60   EquiSonido                       active    Gig1/0/12, Gig1/0/13
70   EquiVideo                        active    Gig1/0/14, Gig1/0/15
80   Usuarios                         active
1002 fddi-default                     active
1003 token-ring-default               active
1004 fddinet-default                  active
1005 trnet-default                    active
Switch#
```

FIGURA 38.

Resultado de show interfaces trunk.



```
Switch#show interfaces trunk
Port        Mode         Encapsulation  Status        Native vlan
Po1         on           802.1q         trunking      1
Po3         on           802.1q         trunking      1
Po4         on           802.1q         trunking      1
Po5         on           802.1q         trunking      1
Gig1/1/1    on           802.1q         trunking      1

Port        Vlans allowed on trunk
Po1         10,20,30,40,50,60,70,80
Po3         10,20,30,40,50,60,70,80
Po4         10,20,30,40,50,60,70,80
Po5         10,20,30,40,50,60,70,80
Gig1/1/1    10,20,30,40,50,60,70,80

Port        Vlans allowed and active in management domain
Po1         10,20,30,40,50,60,70,80
Po3         10,20,30,40,50,60,70,80
Po4         10,20,30,40,50,60,70,80
Po5         10,20,30,40,50,60,70,80
Gig1/1/1    10,20,30,40,50,60,70,80

Port        Vlans in spanning tree forwarding state and not pruned
Po1         10,20,30,40,50,60,70,80
Po3         10,20,30,40,50,60,70,80
Po4         10,20,30,40,50,60,70,80
Po5         10,20,30,40,50,60,70,80
Gig1/1/1    10,20,30,40,50,60,70,80

Switch#
```

La operación adecuada de VLANs confirma la correcta segmentación del tráfico en la red simulada.

IV.5.4. Validación de EtherChannel

Se verificó el funcionamiento de los enlaces agregados mediante:

show etherchannel summary

Los resultados muestran:

- Los port-channels operando en estado **SU (Switching – Up)**
- Los puertos físicos en estado **P (Participating)**
- Encapsulación 802.1Q con VLANs permitidas
- LACP como protocolo de negociación

FIGURA 39.

Resultado de show etherchannel summary.

```
Switch#show etherchannel su
Switch#show etherchannel summary
Flags:  D - down        P - in port-channel
        I - stand-alone s - suspended
        H - Hot-standby (LACP only)
        R - Layer3      S - Layer2
        U - in use      f - failed to allocate aggregator
        u - unsuitable for bundling
        w - waiting to be aggregated
        d - default port


Number of channel-groups in use: 4
Number of aggregators:           4

Group  Port-channel  Protocol    Ports
------+-------------+-----------+-----------------------------------------------

1      Po1(SU)           LACP   Gig1/0/1(P) Gig1/0/5(P)
3      Po3(SU)           LACP   Gig1/0/2(P) Gig1/0/6(P)
4      Po4(SU)           LACP   Gig1/0/3(P) Gig1/0/7(P)
5      Po5(SU)           LACP   Gig1/0/4(P) Gig1/0/8(P)
Switch#
```

Esto garantiza redundancia y mayor ancho de banda entre el MDF y los racks secundarios.

IV.5.5. Validación del Servicio DHCP

Para comprobar la asignación automática de direcciones se utilizaron:

show ip dhcp binding

Además, los dispositivos finales obtuvieron correctamente:

- Dirección IP correspondiente a su VLAN
- Gateway correcto
- DNS externo operativo

FIGURA 40.

Asignación DHCP en VLAN 10, 20, 30, 40 y 50.

```
Switch#show ip dhcp binding
IP address       Client-ID/              Lease expiration        Type
                 Hardware address
192.168.10.4     0001.4271.DD0E           --                     Automatic
192.168.10.6     0001.6424.6505           --                     Automatic
192.168.10.2     000B.BE21.7BAA           --                     Automatic
192.168.10.10    00D0.97BA.85C4           --                     Automatic
192.168.10.8     0005.5EA2.8362           --                     Automatic
192.168.10.11    0090.21D3.78C0           --                     Automatic
192.168.10.9     000A.414D.947C           --                     Automatic
192.168.10.12    0004.9A90.2C65           --                     Automatic
192.168.10.15    0060.2F19.6399           --                     Automatic
192.168.10.14    0060.3E05.D0B7           --                     Automatic
192.168.10.16    0003.E486.B138           --                     Automatic
192.168.10.17    00E0.8F19.EABC           --                     Automatic
192.168.10.18    0060.5C16.443E           --                     Automatic
192.168.10.13    0001.43B5.8055           --                     Automatic
192.168.10.19    0001.64D7.726B           --                     Automatic
192.168.30.2     00E0.B046.CC56           --                     Automatic
192.168.30.3     0001.64C3.2516           --                     Automatic
192.168.30.4     00E0.B0DC.A10B           --                     Automatic
192.168.30.5     000C.CF89.22CC           --                     Automatic
192.168.30.7     0050.0FB7.3A96           --                     Automatic
192.168.30.9     00E0.F9A5.87C1           --                     Automatic
192.168.30.8     0001.6488.EB68           --                     Automatic
192.168.50.2     0001.429C.9384           --                     Automatic
Switch#
```

El servicio opera sin conflictos ni direcciones duplicadas.

IV.5.6. Validación del Enrutamiento Inter-VLAN

Se verificó la operación del enrutamiento mediante:

show ip route

show ip protocols

Resultados:

- Todas las subredes VLAN aparecen en la tabla de rutas.
- El switch L3 enruta tráfico entre VLANs sin pérdida.
- EIGRP redistribuye correctamente las redes internas.

Pruebas realizadas:

- **PC VLAN 10 → Cámaras VLAN 30** → Bloqueado (por ACL)
- **PC VLAN 10 → PC VLAN 10** → Exitoso

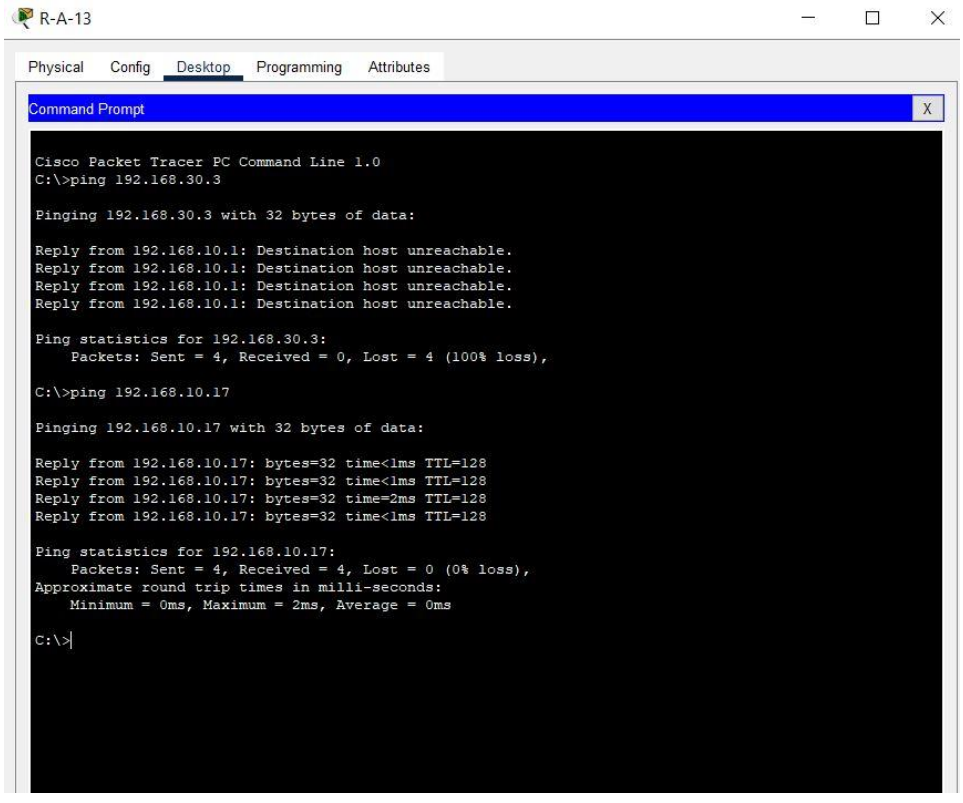
FIGURA 41.

Resultado de show ip route.

```
Switch#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

     192.168.10.0/27 is subnetted, 1 subnets
C       192.168.10.0 is directly connected, Vlan10
     192.168.20.0/27 is subnetted, 1 subnets
C       192.168.20.0 is directly connected, Vlan20
     192.168.30.0/27 is subnetted, 1 subnets
C       192.168.30.0 is directly connected, Vlan30
     192.168.40.0/27 is subnetted, 1 subnets
C       192.168.40.0 is directly connected, Vlan40
     192.168.50.0/27 is subnetted, 1 subnets
C       192.168.50.0 is directly connected, Vlan50
     192.168.60.0/27 is subnetted, 1 subnets
C       192.168.60.0 is directly connected, Vlan60
     192.168.70.0/27 is subnetted, 1 subnets
C       192.168.70.0 is directly connected, Vlan70
C    192.168.80.0/21 is directly connected, Vlan80
```

FIGURA 42.

Resultado de Pings



IV.5.7. Validación de ACLs

Se verificó el filtrado de tráfico entre VLANs mediante pruebas de ping y el comando:

show access-lists

Resultados:

- Tráfico hacia VLAN 30 (Cámaras) es bloqueado desde estaciones no autorizadas.
- Tráfico permitido entre VLANs designadas según políticas.

FIGURA 43.

Resultado de show access-lists

```
Switch#show access-lists
Extended IP access list AISLAMIENTO
    10 deny ip 192.168.0.0 0.0.255.255 192.168.0.0 0.0.255.255 (2978 match(es))
    20 permit ip any any (9099 match(es))
Extended IP access list ACL_VOIP
    10 permit udp any any range 16384 32767
    20 permit udp any any eq 5060
Extended IP access list ACL_AUDIO_SONIDO
    10 permit ip 192.168.60.0 0.0.0.31 any
Extended IP access list ACL_VIDEO
    10 permit ip 192.168.70.0 0.0.0.31 any
Extended IP access list ACL_LAN
    10 permit ip 192.168.10.0 0.0.0.31 any
Extended IP access list ACL_WIFI
    10 permit ip 192.168.40.0 0.0.0.31 any
```

Esto confirma el aislamiento de subsistemas críticos.

IV.5.8. Validación de QoS

Aunque Packet Tracer no simula tráfico en tiempo real, sí permite verificar:

- La clasificación de tráfico mediante **ACLs** y **class-maps**
- La estructura de colas en **policy-map**
- La aplicación de políticas a la interfaz de salida

Comandos utilizados:

show class-map

show policy-map QoS-MULTIMEDIA

show policy-map interface gi1/1/1

Resultados:

- VoIP clasificada con prioridad estricta (LLQ)
- Audio profesional y video con anchos de banda reservados
- Tráfico LAN y WiFi con asignación controlada

FIGURA 44.

Resultado de Show class-map

```
Switch#show clas
Switch#show class-map
 Class Map match-any class-default (id 0)
   Match any
 Class Map match-any CLASS_VOIP (id 1)
   Match access-group name ACL_VOIP
 Class Map match-any CLASS_AUDIO_SONIDO (id 2)
   Match access-group name ACL_AUDIO_SONIDO
 Class Map match-any CLASS_VIDEO (id 3)
   Match access-group name ACL_VIDEO
 Class Map match-any CLASS_LAN (id 4)
   Match access-group name ACL_LAN
 Class Map match-any CLASS_WIFI (id 5)
   Match access-group name ACL_WIFI
Switch#
```

FIGURA 45.

Resultado de policy-map

```
Switch#show policy-map QoS-MULTIMEDIA
  Policy Map QoS-MULTIMEDIA
    Class CLASS_VOIP
      Strict Priority
      Bandwidth 10 (%)
    Class CLASS_AUDIO_SONIDO
      Bandwidth 15 (%) Max Threshold 64 (packets)
    Class CLASS_VIDEO
      Bandwidth 30 (%) Max Threshold 64 (packets)
    Class CLASS_LAN
      Bandwidth 10 (%) Max Threshold 64 (packets)
    Class CLASS_WIFI
      Bandwidth 5 (%) Max Threshold 64 (packets)
    Class class-default
      Flow based Fair Queueing
      Bandwidth 0 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
Switch#
```

FIGURA 46.

Resultado de show policy-map interface

```
Switch#show policy-map interface gi1/1/1
 GigabitEthernet1/1/1

  Service-policy output: QoS-MULTIMEDIA

    Class-map: CLASS_VOIP (match-any)
      0 packets, 0 bytes
      5 minute offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
      Match: access-group name ACL_VOIP
        0 packets, 0 bytes
        5 minute rate 0 bps
      Queueing
        Strict Priority
        Output Queue: Conversation 264
        Bandwidth 10 (%)
        Bandwidth 100000 (kbps) Burst 2500000 (Bytes)
        (pkts matched/bytes matched) 0/0
        (total drops/bytes drops) 0/0

    Class-map: CLASS_AUDIO_SONIDO (match-any)
      2 packets, 120 bytes
      5 minute offered rate 4 bps, drop rate 0 bps
      Match: access-group name ACL_AUDIO_SONIDO
        2 packets, 120 bytes
        5 minute rate 4 bps
      Queueing
        Output Queue: Conversation 265
        Bandwidth 15 (%)
        Bandwidth 150000 (kbps)Max Threshold 64 (packets)
        (pkts matched/bytes matched) 0/0
        (depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0

    Class-map: CLASS_VIDEO (match-any)
      2 packets, 120 bytes
      5 minute offered rate 4 bps, drop rate 0 bps
      Match: access-group name ACL_VIDEO
        2 packets, 120 bytes
        5 minute rate 4 bps
      Queueing
        Output Queue: Conversation 266
        Bandwidth 30 (%)
 --More--
```

IV.5.9. Validación de Telefonía IP (VoIP)

Las pruebas demostraron:

- Registro de teléfonos IP
- Extensiones configuradas de 1001 a 1020
- Comunicaciones exitosas entre dispositivos

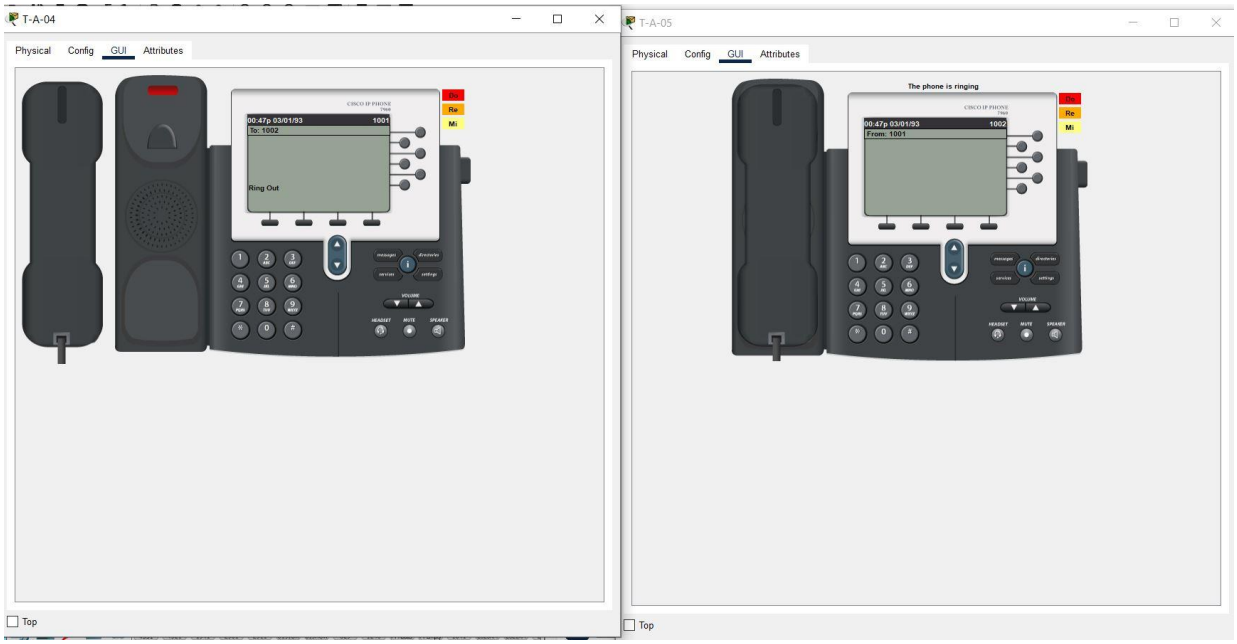
FIGURA 47.

Registro de ephones.

```
Router>en
Router#show ephone

ephone-1 Mac:0001.972A.35E5 TCP socket:[1] activeLine:0 REGISTERED in SCCP ver 12 and Server in ver
8
mediaActive:0 offhook:0 ringing:0 reset:0 reset_sent:0 paging 0 debug:0 caps:8
IP:192.168.20.6 1029 7960   keepalive 43 max_line 2
 button 1: dn 1  number 1001 CH1   IDLE

ephone-2 Mac:000B.BE0D.0DEE TCP socket:[1] activeLine:0 REGISTERED in SCCP ver 12 and Server in ver
8
mediaActive:0 offhook:0 ringing:0 reset:0 reset_sent:0 paging 0 debug:0 caps:8
IP:192.168.20.5 1030 7960   keepalive 43 max_line 2
 button 1: dn 2  number 1002 CH1   IDLE

ephone-3 Mac:0003.E490.A946 TCP socket:[1] activeLine:0 REGISTERED in SCCP ver 12 and Server in ver
8
mediaActive:0 offhook:0 ringing:0 reset:0 reset_sent:0 paging 0 debug:0 caps:8
IP:192.168.20.7 1094 7960   keepalive 43 max_line 2
 button 1: dn 3  number 1003 CH1   IDLE

ephone-4 Mac:00E0.F9DC.D4DC TCP socket:[1] activeLine:0 DECEASED
mediaActive:0 offhook:0 ringing:0 reset:0 reset_sent:0 paging 0 debug:0 caps:8
IP:192.168.20.9 1051 7960   keepalive 43 max_line 2
 button 1: dn 4  number 1004 CH1   DOWN

ephone-5 Mac:0005.5E7B.7ACB TCP socket:[1] activeLine:0 REGISTERED in SCCP ver 12 and Server in ver
8
mediaActive:0 offhook:0 ringing:0 reset:0 reset_sent:0 paging 0 debug:0 caps:8
IP:192.168.20.9 1097 7960   keepalive 43 max_line 2
 button 1: dn 5  number 1005 CH1   IDLE

ephone-6 Mac:0030.F286.B12C TCP socket:[1] activeLine:0 DECEASED
mediaActive:0 offhook:0 ringing:0 reset:0 reset_sent:0 paging 0 debug:0 caps:8
IP:192.168.20.8 1035 7960   keepalive 43 max_line 2
 button 1: dn 6  number 1006 CH1   DOWN
Router#
```

FIGURA 48.

Llamada entre extensiones.



IV.5.10. Resultados de la Simulación

Los resultados obtenidos en el entorno de simulación confirman que el diseño lógico propuesto cumple con los criterios de segmentación, seguridad y desempeño definidos para la red del Centro de Convenciones. Entre los principales hallazgos se destacan:

- Una segmentación efectiva del tráfico mediante VLANs, sin fugas ni cruces entre segmentos.
- Mantenimiento del aislamiento y protección de subsistemas críticos como CCTV y control biométrico.
- Priorización adecuada de servicios sensibles (VoIP, audio profesional y video) mediante la política de QoS implementada.
- Gestión diferenciada del tráfico inalámbrico para evitar congestión sobre los servicios cableados.
- Coherencia total entre el diseño lógico (VLANs, ruteo, políticas) y la infraestructura física del edificio.
- Funcionamiento estable del diseño dentro de la topología jerárquica en estrella prevista en el proyecto.

IV.5.11. Distribución de Puertos en el Entorno Simulado

La simulación implementada en Packet Tracer utiliza una cantidad reducida de equipos en comparación con el diseño físico real del Centro de Convenciones. El objetivo principal del entorno simulado es validar el comportamiento lógico de la red, segmentación por VLAN, enrutamiento inter-VLAN, autenticación, políticas de QoS y funcionamiento de enlaces troncales, por lo que no se replica la totalidad de los puntos de red del edificio.

La siguiente tabla muestra la asignación de puertos utilizada dentro de la simulación únicamente con fines de verificación operativa:

Tabla 32.

Etiquetas de la Planta Baja - Switch1-B

Puerto	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**
FA0/1	SWITCH1-A	**FA0/9**	LIBRE	**FA0/17**	LIBRE
FA0/2	SWITCH1-A	**FA0/10**	W-B-01	**FA0/18**	LIBRE
FA0/3	SWITCH 2-B	**FA0/11**	LIBRE	**FA0/19**	LIBRE

FA0/4	LIBRE	**FA0/12**	LIBRE	**FA0/20**	LIBRE
FA0/5	LIBRE	**FA0/13**	LIBRE	**FA0/21**	LIBRE
FA0/6	LIBRE	**FA0/14**	LIBRE	**FA0/22**	LIBRE
FA0/7	LIBRE	**FA0/15**	C-B-07	**FA0/23**	LIBRE
FA0/8	T-B-01	**FA0/16**	LIBRE	**FA0/24**	LIBRE

Tabla 33.

Etiquetas de la Planta Baja – Switch2-B

Puerto	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**
FA0/1	SWITCH1-B	**FA0/9**	LIBRE	**FA0/17**	LIBRE
FA0/2	LIBRE	**FA0/10**	LIBRE	**FA0/18**	LIBRE
FA0/3	R-B-01	**FA0/11**	LIBRE	**FA0/19**	LIBRE
FA0/4	R-B-02	**FA0/12**	LIBRE	**FA0/20**	LIBRE
FA0/5	R-B-13	**FA0/13**	LIBRE	**FA0/21**	LIBRE
FA0/6	LIBRE	**FA0/14**	LIBRE	**FA0/22**	LIBRE
FA0/7	LIBRE	**FA0/15**	LIBRE	**FA0/23**	LIBRE
FA0/8	LIBRE	**FA0/16**	LIBRE	**FA0/24**	LIBRE

Tabla 34.

Etiquetas de la Planta Baja - Switch1-D

Puerto	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**
FA0/1	SWITCH1-A	**FA0/9**	C-D-01	**FA0/17**	B-D-01
FA0/2	SWITCH1-A	**FA0/10**	C-D-02	**FA0/18**	LIBRE
FA0/3	SWITCH2-D	**FA0/11**	LIBRE	**FA0/19**	LIBRE
FA0/4	LIBRE	**FA0/12**	LIBRE	**FA0/20**	LIBRE
FA0/5	LIBRE	**FA0/13**	LIBRE	**FA0/21**	LIBRE
FA0/6	LIBRE	**FA0/14**	LIBRE	**FA0/22**	LIBRE
FA0/7	T-D-01	**FA0/15**	LIBRE	**FA0/23**	LIBRE
FA0/8	T-D-02	**FA0/16**	LIBRE	**FA0/24**	LIBRE

Tabla 35.

Etiquetas de la Planta Baja - Switch2-D

Puerto	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**
FA0/1	SWITCH1-D	**FA0/9**	LIBRE	**FA0/17**	LIBRE
FA0/2	LIBRE	**FA0/10**	LIBRE	**FA0/18**	LIBRE
FA0/3	R-D-02	**FA0/11**	LIBRE	**FA0/19**	LIBRE
FA0/4	R-D-04	**FA0/12**	LIBRE	**FA0/20**	LIBRE
FA0/5	R-D-05	**FA0/13**	LIBRE	**FA0/21**	LIBRE
FA0/6	R-D-07	**FA0/14**	LIBRE	**FA0/22**	LIBRE

FA0/7	LIBRE	**FA0/15**	LIBRE	**FA0/23**	LIBRE
FA0/8	LIBRE	**FA0/16**	LIBRE	**FA0/24**	LIBRE

Tabla 36.

Etiquetas de la 1ra Planta - Switch1-A

Puerto	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**
Gi1/0/1	SWITCH2-A	**Gi1/0/9**	T-A-04	**Gi1/0/17**	C-A-04	Gi1/1/1	DTIC
Gi1/0/2	SWITCH1-B	**Gi1/0/10**	T-A-05	**Gi1/0/18**	C-A-06	Gi1/1/2	LIBRE
Gi1/0/3	SWITCH1-C	**Gi1/0/11**	LIBRE	**Gi1/0/19**	C-A-07	Gi1/1/3	LIBRE
Gi1/0/4	SWITCH1-D	**Gi1/0/12**	LIBRE	**Gi1/0/20**	LIBRE	Gi1/1/4	LIBRE
Gi1/0/5	LIBRE	**Gi1/0/13**	LIBRE	**Gi1/0/21**	W-A-05		
Gi1/0/6	LIBRE	**Gi1/0/14**	LIBRE	**Gi1/0/22**	LIBRE		
Gi1/0/7	LIBRE	**Gi1/0/15**	LIBRE	**Gi1/0/23**	LIBRE		
Gi1/0/8	LIBRE	**Gi1/0/16**	LIBRE	**Gi1/0/24**	LIBRE		

Tabla 37.

Etiquetas de la 1ra Planta - Switch2-A

Puerto	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**
FA0/1	SWITCH1-A	**FA0/9**	LIBRE	**FA0/17**	LIBRE
FA0/2	SWITCH1-A	**FA0/10**	W-B-01	**FA0/18**	LIBRE
FA0/3	SWITCH 2-B	**FA0/11**	LIBRE	**FA0/19**	LIBRE
FA0/4	LIBRE	**FA0/12**	LIBRE	**FA0/20**	LIBRE
FA0/5	LIBRE	**FA0/13**	LIBRE	**FA0/21**	LIBRE
FA0/6	LIBRE	**FA0/14**	LIBRE	**FA0/22**	LIBRE
FA0/7	LIBRE	**FA0/15**	C-B-07	**FA0/23**	LIBRE
FA0/8	T-B-01	**FA0/16**	LIBRE	**FA0/24**	LIBRE

Tabla 38.

Etiquetas de la 2da Planta - Switch1-C

Puerto	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**	**Puerto**	**RJ45**
FA0/1	SWITCH1-A	**FA0/9**	LIBRE	**FA0/17**	LIBRE
FA0/2	SWITCH1-A	**FA0/10**	C-C-21	**FA0/18**	LIBRE
FA0/3	SWITCH 2-C	**FA0/11**	LIBRE	**FA0/19**	LIBRE
FA0/4	T-C-06	**FA0/12**	LIBRE	**FA0/20**	LIBRE
FA0/5	LIBRE	**FA0/13**	LIBRE	**FA0/21**	LIBRE
FA0/6	W-C-11	**FA0/14**	LIBRE	**FA0/22**	LIBRE
FA0/7	LIBRE	**FA0/15**	LIBRE	**FA0/23**	LIBRE
FA0/8	LIBRE	**FA0/16**	LIBRE	**FA0/24**	LIBRE

Tabla 39.

Etiquetas de la 2da Planta - Switch2-C

Puerto	RJ45	Puerto	RJ45	Puerto	RJ45
FA0/1	SWITCH1-C	**FA0/9**	LIBRE	**FA0/17**	LIBRE
FA0/2	LIBRE	**FA0/10**	LIBRE	**FA0/18**	LIBRE
FA0/3	R-C-18	**FA0/11**	LIBRE	**FA0/19**	LIBRE
FA0/4	R-C-19	**FA0/12**	LIBRE	**FA0/20**	LIBRE
FA0/5	R-C-20	**FA0/13**	LIBRE	**FA0/21**	LIBRE
FA0/6	LIBRE	**FA0/14**	LIBRE	**FA0/22**	LIBRE
FA0/7	LIBRE	**FA0/15**	LIBRE	**FA0/23**	LIBRE
FA0/8	LIBRE	**FA0/16**	LIBRE	**FA0/24**	LIBRE

IV.5.12. Conclusiones de la Simulación

Las pruebas realizadas en Packet Tracer permitieron validar el comportamiento del diseño lógico bajo condiciones controladas. Con base en los resultados obtenidos, se concluye que:

1. La arquitectura lógica propuesta opera de manera estable, manteniendo coherencia con la topología jerárquica definida para la red del Centro de Convivencias.
2. La segmentación mediante VLANs proporciona un aislamiento total entre servicios, evitando fugas de tráfico y fortaleciendo la seguridad interna.
3. El switch de distribución (L3) ejecuta correctamente el enrutamiento inter-VLAN, antes de aplicar las políticas de restricción establecidas por las ACLs.
4. Las ACLs cumplen eficientemente su función, limitando el acceso entre segmentos y protegiendo subsistemas críticos, como videovigilancia (CCTV) y control biométrico.
5. La red soporta simultáneamente múltiples tipos de dispositivos (PCs, puntos de acceso, cámaras, biométricos, equipos de sonido y video), manteniendo estabilidad operativa.
6. La política de QoS basada en porcentajes gestiona adecuadamente el tráfico sensible, priorizando VoIP, audio profesional y video sin depender del ancho de banda final del enlace.
7. El diseño demuestra un alto grado de escalabilidad, permitiendo la incorporación de nuevos servicios, dispositivos o ampliación de capacidad sin necesidad de un rediseño estructural profundo.

V. Implementación y Costos

V.1. Plan de Implementación

El proceso de implementación de la infraestructura de red propuesta para el Centro de Convenciones de la UAJMS se realizará en fases estructuradas que garantizan un despliegue ordenado, seguro y eficiente. Cada etapa cumple objetivos específicos orientados a minimizar interrupciones, asegurar la calidad del cableado, validar el funcionamiento de los equipos activos y garantizar que la infraestructura cumpla con los estándares institucionales y normativas técnicas como TIA/EIA-568-D.

V.1.1. Fase 1: Preparación del Entorno

En esta etapa se verifican los espacios destinados a los racks y se aseguran condiciones adecuadas de ventilación, seguridad eléctrica, organización del cableado y accesibilidad del personal técnico. Se revisan las rutas de canalización en cada planta, confirmando que coinciden con los planos arquitectónicos del diseño final. Esta fase permite anticipar necesidades de adecuación física antes del tendido de cableado estructurado.

V.1.2. Fase 2: Instalación del Cableado Estructurado

Incluye la instalación de canaletas, bandejas, tuberías y el tendido del cable UTP categoría 6A en cada planta, siguiendo las rutas definidas en el diseño físico. Se procede con la instalación de rosetas, identificación de puntos de red, montaje de patch panels y etiquetado siguiendo la nomenclatura oficial del proyecto. Por último, se realizan pruebas de certificación para garantizar continuidad, ausencia de atenuación y cumplimiento de estándares de transmisión.

V.1.3. Fase 3: Instalación de Racks y Equipos Activos

En esta fase se montan los racks A, B, C y D en sus ubicaciones correspondientes. Se instalan ventiladores, regletas de fuerza, bandejas, switches administrables Cisco y puntos de acceso Cambium. La distribución de los equipos dentro de cada rack se realiza para asegurar una correcta gestión térmica y facilitar el mantenimiento, poniendo especial atención al ordenamiento de patch cords y la segregación de cableado eléctrico y de datos.

V.1.4. Fase 4: Configuración de Equipos

Se realiza la configuración lógica de los dispositivos activos: creación de VLANs, asignación de rangos de direccionamiento IP, enrutamiento inter-VLAN, configuración de EtherChannel, implementación de políticas QoS y aplicación de listas de control de acceso (ACLs). Para la red inalámbrica, los APs Cambium XV2-2X se configuran mediante cnMaestro, ajustando potencia, canales, band steering, autenticación WPA3-Enterprise y parámetros de roaming empresarial.

V.1.5. Fase 5: Pruebas y Validación

Se ejecutan pruebas de conectividad cableada e inalámbrica, comunicación entre VLANs, verificación de enlaces troncales, redundancia en EtherChannel, funcionamiento de servicios como DHCP y validación de autenticación contra RADIUS. También se realizan pruebas de cobertura y movilidad para confirmar roaming fluido entre APs y la estabilidad general de la red en condiciones de alta concurrencia simulada.

V.1.6. Fase 6: Documentación Final y Entrega

Finalmente, se genera la documentación técnica oficial del proyecto, incluyendo diagramas actualizados, respaldos de configuración, inventario de equipos, croquis de cada rack, mapas de calor finales, manual de operación y procedimientos de mantenimiento. Se realiza una sesión de capacitación al personal de la DTIC para asegurar una correcta administración y soporte continuo de la infraestructura.

V.2. Planos de Implementación de la Infraestructura Física

Con la finalidad de garantizar una correcta ejecución del cableado estructurado del Centro de Convenciones de la UAJMS, se presentan los planos técnicos que integran en un solo esquema las rutas de canalización, rejillas aéreas, conducciones mediante tubería PVC y la ubicación de los puntos de red proyectados.

Estos planos reflejan de manera precisa el diseño físico final y sirven como guía oficial para el personal técnico durante el despliegue de la infraestructura, asegurando que se cumplan las normativas TIA/EIA-568-D y los lineamientos institucionales establecidos por la DTIC.

Los planos están organizados por nivel arquitectónico: Planta Baja, Primer Piso y Segundo Piso.

Estos planos integran en un único esquema:

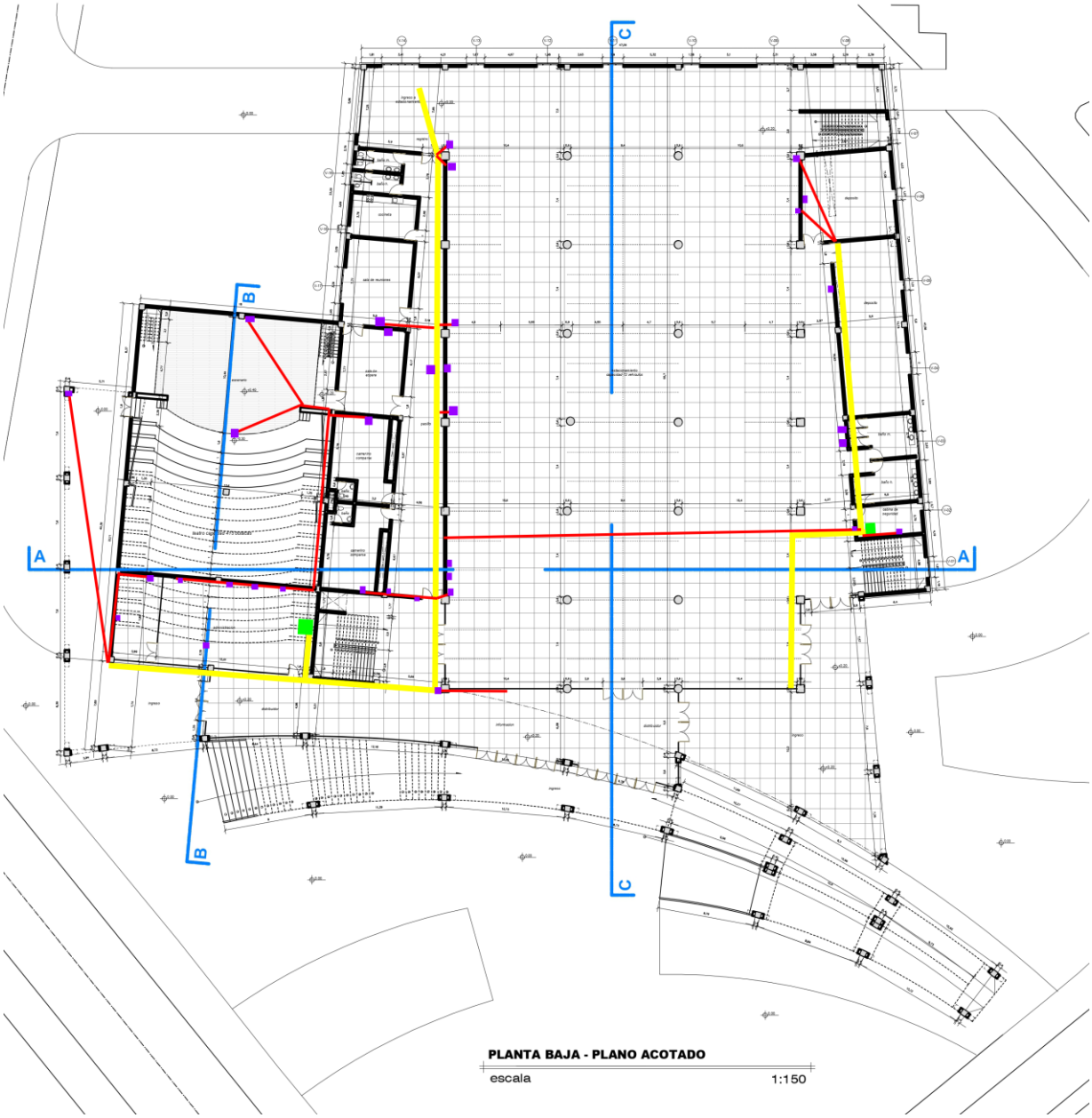
- Rejillas metálicas de distribución (color amarillo)
- Tuberías PVC para canalización vertical y horizontal (color rojo)
- Puntos de red proyectados (color morado)
- Ubicación de racks de telecomunicaciones (color verde fosforescente)

La representación gráfica permite validar la coherencia entre el diseño físico, las rutas reales de instalación y la capacidad del edificio para alojar la infraestructura de red bajo estándares TIA/EIA-568-D.

V.2.1. Plano de la Planta Baja

FIGURA 49.

Plano General de Infraestructura de Red – Planta Baja



.

Análisis Técnico

El plano de la Planta Baja consolida los elementos fundamentales de la infraestructura física:

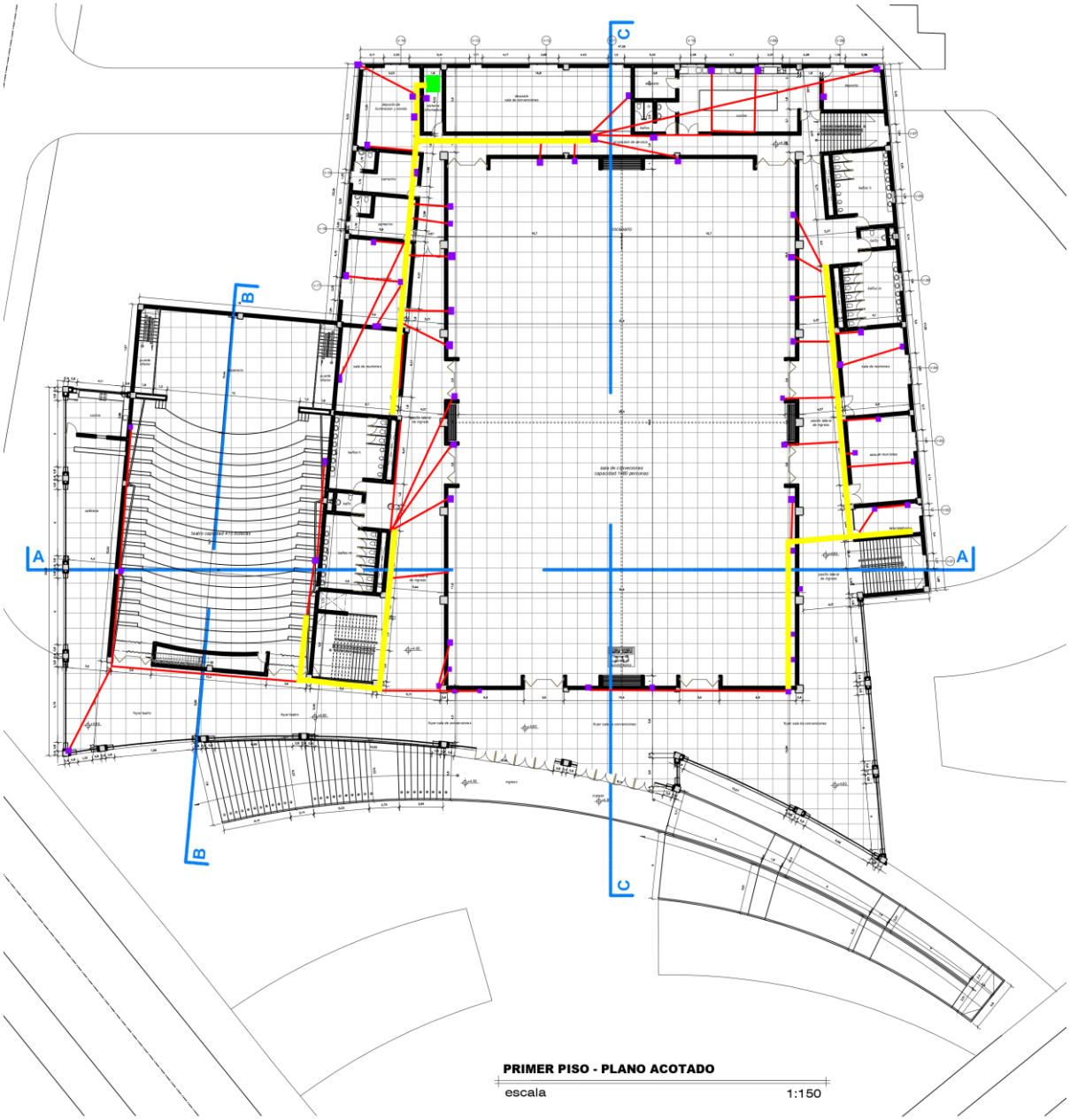
- Las **rejillas (amarillo)** cubren todo el perímetro y pasillos principales, permitiendo el tendido horizontal del cableado con accesibilidad y buena gestión térmica.
- Las **tuberías PVC (rojo)** permiten el descenso del cable hacia las rosetas y hacia el rack de planta baja ubicado estratégicamente (verde fosforescente).
- Los **puntos de red (morado)** están distribuidos en áreas administrativas, teatro, salas de apoyo, cabina de seguridad y zonas operativas.
- Las rutas propuestas aseguran distancias menores a 100 metros y evitan cruces innecesarios con ductería eléctrica.

Este plano constituye la base estructural para el cableado principal del edificio.

V.2.2. Plano del Primer Piso

FIGURA 50.

Plano General de Infraestructura de Red – Primer Piso



Análisis Técnico

En este nivel se observa:

- Una red de **rejillas (amarillo)** que conecta oficinas, salas de reuniones, camerinos y pasillos administrativos.

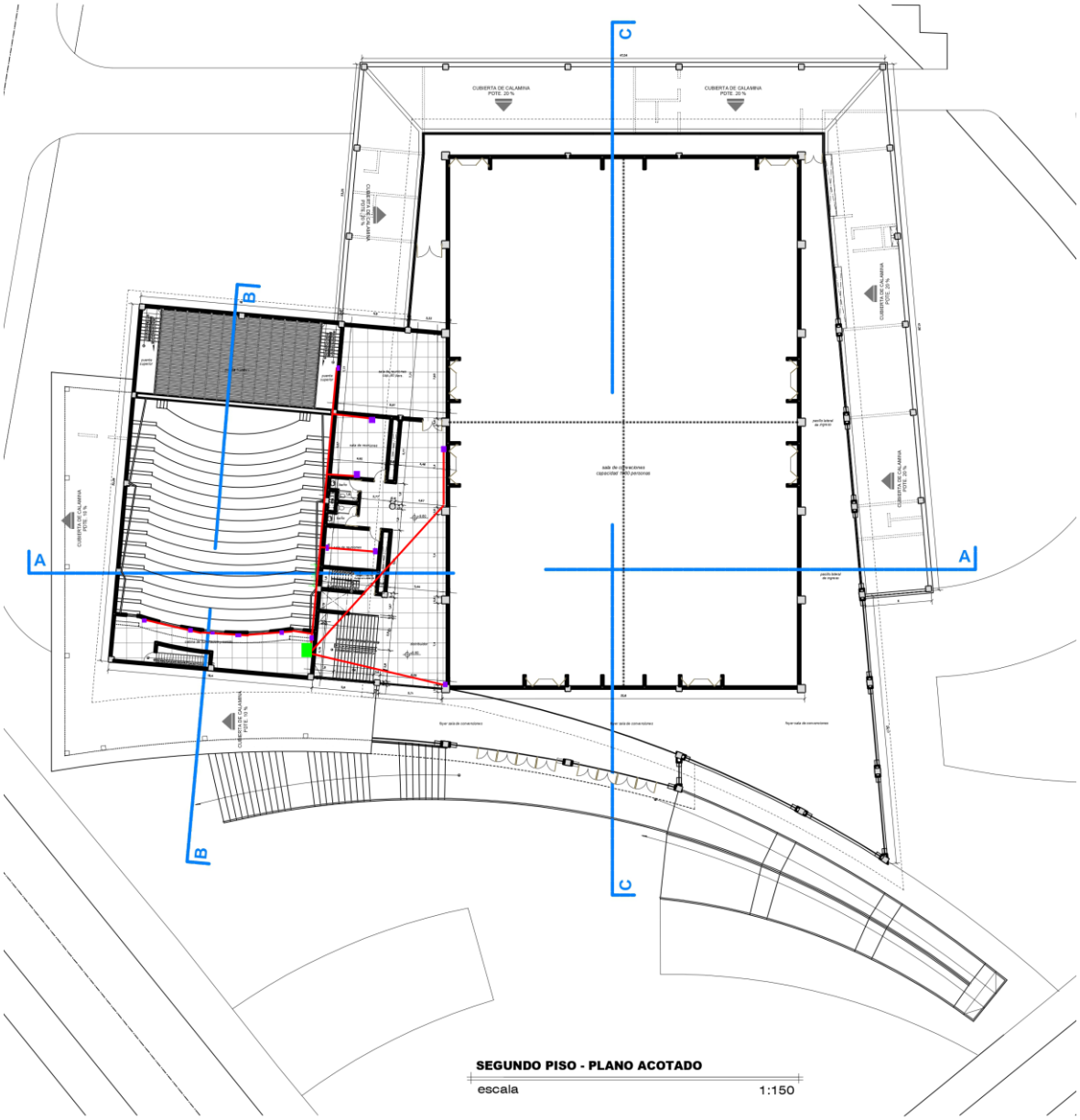
- **Tuberías PVC (rojo)** que enlazan las rejillas con los puntos de red distribuidos en ambientes funcionales y zonas anexas al teatro.
- Los **puntos de red (morado)** cubren adecuadamente áreas donde se requiere conectividad para equipos administrativos, VoIP, CCTV y sistemas de control.
- La ubicación del rack (verde fosforescente) permite rutas equilibradas y reducción de longitudes en los enlaces horizontales.

Este piso concentra parte importante del tráfico de usuarios, por lo que las rutas físicas están diseñadas para alta densidad y fácil mantenimiento.

V.2.3. Plano del Segundo Piso

FIGURA 51.

Plano General de Infraestructura de Red – Segundo Piso



Análisis Técnico

En este nivel se distinguen:

- **Rejillas (amarillo)** enfocadas en cubrir las áreas superiores del teatro y zonas administrativas del segundo nivel.
- **PVC (rojo)** para conexión vertical y horizontal en puntos críticos.

- Una cantidad optimizada de **puntos de red (morado)** concentrados en áreas administrativas y zonas técnicas.
- El **rack (verde fosforescente)** ubicado estratégicamente asegura distancias equilibradas y facilita la continuidad del backbone vertical entre niveles.

Este plano completa la infraestructura física total del edificio y asegura coherencia con los diseños de PB y primer piso.

V.3. Detalles Constructivos de Instalación de Puntos de Red

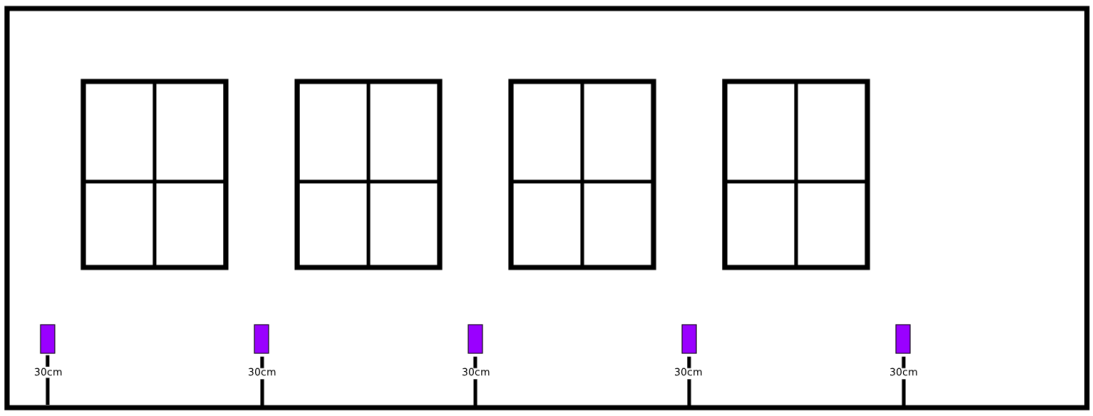
Además de los planos generales presentados en la sección V.2, es necesario detallar la forma en que se ejecutan físicamente las bajadas de los puntos de red en los diferentes ambientes del Centro de Convenciones. Estos detalles constructivos permiten comprender el método de instalación dentro de muros, la altura estándar de montaje y la ruta final del cableado desde la rejilla metálica hasta la roseta de datos, asegurando cumplimiento normativo y una instalación profesional.

Los siguientes esquemas ilustran la disposición típica de las rosetas RJ-45 empotradas y el recorrido del cable dentro de la pared mediante tubería PVC.

V.3.1. Ubicación Estándar de Puntos de Red en Pared

FIGURA 52.

Disposición de puntos de red a 30 cm del nivel del piso



Descripción técnica

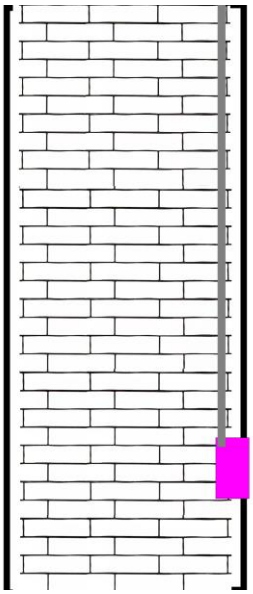
- Los puntos de red se instalan a **30 cm sobre el nivel del piso terminado (NPT)**, siguiendo criterios de ergonomía, accesibilidad y uniformidad estética.

- Cada roseta RJ-45 Categoría 6A se identifica según la nomenclatura oficial definida en el diseño del proyecto.
- Esta distribución es utilizada en oficinas, salas de reunión, camerinos y ambientes administrativos del edificio.
- La ubicación estandarizada facilita el mantenimiento, reemplazo de equipos y la organización del mobiliario.

V.3.2. Bajada Interna de Cableado mediante Tubería PVC Empotrada

FIGURA 53.

Recorrido vertical interno del cable desde la rejilla hacia la roseta de datos



Descripción técnica

- El cable UTP Categoría 6A desciende desde la rejilla metálica superior a través de una tubería PVC empotrada dentro del muro.
- La tubería protege el cable, evita dobleces bruscos y mantiene una separación adecuada con las canalizaciones eléctricas, reduciendo interferencias electromagnéticas.
- La bajada culmina en una caja universal donde se instala la roseta de datos, garantizando un acabado limpio y completamente oculto.
- Este método se emplea en la mayoría de ambientes donde se requiere ocultar la canalización para mantener la estética del edificio.

V.3.3. Detalle de Instalación de Access Points (AP) en Ambientes del Edificio

La instalación de los Access Points del Centro de Convenciones sigue un criterio estandarizado que garantiza la mejor cobertura inalámbrica, la mínima interferencia y una correcta integración con la infraestructura física del edificio. Aunque la metodología es similar en todos los ambientes, la altura de fijación varía según la función y dimensiones del espacio.

V.3.3.1. Altura y ubicación de instalación

- **Salón de Eventos y Teatro:** Los AP se instalan aproximadamente a **4 metros de altura**, debido a la altura que tienen estos ambientes y la necesidad de cubrir grandes volúmenes de público. Esta ubicación permite maximizar la propagación horizontal de la señal y evitar obstrucciones generadas por estructuras escénicas o mobiliario temporal.
- **Oficinas, Salas de Reunión, Camerinos y Ambientes Administrativos:** En estos espacios, los AP se montan entre **3.0 y 3.2 metros de altura**, asegurando uniformidad en la cobertura WiFi y manteniendo una estética adecuada sin afectar la ventilación del dispositivo.

V.3.3.2. Conexión y canalización

Cada AP se conecta directamente a una roseta de red RJ-45 instalada en la pared, ubicada a la altura estándar definida en la sección V.3.3.1. Desde esta roseta se alimenta al AP mediante PoE (Power over Ethernet) proveniente del switch principal del piso, eliminando la necesidad de adaptadores de energía externos.

El tramo final del cableado procede de la caja de la roseta hacia el AP mediante:

- Un latiguillo corto UTP6A certificado
- Un soporte o montaje superficial cercano a la roseta

V.4. Componentes y Accesorios del Cableado Estructurado

La correcta selección de componentes complementarios dentro del cableado estructurado es fundamental para garantizar el desempeño, la integridad de la señal y la vida útil de la infraestructura instalada. A continuación, se describen los elementos utilizados en los puntos terminales y en las interconexiones dentro de los racks, todos ellos compatibles con los estándares TIA/EIA-568-D y orientados a soportar aplicaciones de alta demanda como voz, video, WiFi 6 y sistemas de seguridad IP.

V.4.1. Latiguillos de Parcheo Cat6A

Los latiguillos de parcheo Cat6A constituyen la última interfaz entre el sistema de cableado y los equipos terminales. Su función principal es interconectar las rosetas con los dispositivos finales (PCs, VoIP, cámaras, APs), así como enlazar patch panels con switches dentro de los racks de telecomunicaciones.

Fabricados para entornos de alto rendimiento, estos latiguillos garantizan un enlace 10GBASE-T estable, con un ancho de banda operativo de 500 MHz, superior al ofrecido por cables de categoría inferior.

Características técnicas:

- 4 pares trenzados de cobre 100% (23–24 AWG), que aseguran baja diafonía y estabilidad en alta frecuencia.
- Conectores RJ45 con **micronizado de oro de 50 µm**, optimizando la conductividad y reduciendo la pérdida por inserción.
- Cubierta **LSZH (Low Smoke Zero Halogen)**, ideal para instalaciones en interiores donde se requiere minimizar emisiones tóxicas en caso de incendio.
- Ancho de banda nominal de 500 MHz, apto para enlaces críticos y uso intensivo.

FIGURA 24. Latiguillos de Parcheo Cat6A

FIGURA 54.

Latiguillos de Parcheo Cat6A

V.4.2. Rosetas y Módulos Keystone Cat6A

Para la terminación de los puntos de red se utilizarán dos tipos de placas murales Ethernet, ambas compatibles con módulos RJ45 Cat6/Cat6A y diseñadas para instalaciones en pared con montaje de bajo voltaje.

El primer modelo corresponde a una **placa de un solo puerto RJ45**, ideal para ambientes donde se requiere únicamente un punto de red por dispositivo o donde el espacio físico limita la instalación de placas múltiples. Este modelo incluye un conector hembra-a-hembra tipo inline coupler, facilitando la conexión inmediata entre el cableado horizontal y el latiguillo del equipo terminal.

El segundo modelo corresponde a una **placa doble (2 puertos)** con soporte de montaje incluido, orientada a ambientes administrativos y técnicos donde se instalan múltiples servicios (datos, telefonía IP, CCTV o control). Los jacks metálicos blindados Cat6A garantizan un excelente rendimiento en entornos con potencial de interferencia electromagnética.

Ambos modelos cumplen con los estándares TIA/EIA-568 y proporcionan una terminación limpia, segura y estéticamente adecuada para el Centro de Convenciones.

FIGURA 55.

Placa de Roseta Simple

FIGURA 56.

Placa de Roseta Doble

V.4.3. Conectores RJ45 Blindados Cat6A

Los conectores RJ45 blindados utilizados para terminaciones especiales y ensambles en campo están diseñados específicamente para cable Cat6A, asegurando un rendimiento eléctrico óptimo y una transmisión libre de interferencias.

Estos conectores incorporan una carcasa metálica de alta calidad que actúa como blindaje electromagnético, reduciendo la susceptibilidad a ruidos externos, especialmente en zonas con equipos eléctricos, ductos metálicos o luminarias de alto consumo.

Especificaciones técnicas:

- Compatibilidad con conductores de 0.051–0.057 in, adecuados para calibres 23–24 AWG de Cat6A.
- Carcasa de cobre niquelado que proporciona un blindaje continuo alrededor del conector.
- Diseño de clip de cola tipo “golondrina” que facilita la fijación de la malla o puesta a tierra, aportando estabilidad mecánica y eléctrica.
- Elevada resistencia a la pérdida de señal, idóneo para aplicaciones de video vigilancia, audio digital y redes corporativas de alta exigencia.

FIGURA 26. Conector RJ45 Blindado Cat6A

FIGURA 57.

Conector RJ45

V.5. Presupuesto de Equipos

El presupuesto estimado para la implementación de la infraestructura de red del Centro de Convenciones incluye todos los equipos activos, materiales de cableado estructurado, racks, puntos de acceso y accesorios necesarios para la ejecución del proyecto. A continuación, se presenta la tabla de costos previamente calculada en el análisis económico, reubicada en esta sección conforme a los lineamientos de estructuración del documento:

V.5.1. Presupuesto Detallado

Tabla 40.

Presupuesto General detallado

Descripción del material/equipo	Precio unitario (Bs)	Cantidad	Subtotal (Bs)
Rosetas Simples	27	120	3240
Rosetas Dobles	140	14	1960
Ventilador 2U	960	4	3840
Regla de Fuerza 1U	340	4	1360
Rack 15U	1690	1	1690
Rack 32U	4000	3	12000
Conector RJ45 Cat6a	1.25	600	750
Cable UTP cat6a	8	6832	54656
C1000-24P-4G-L	2200	5	11000
C1000-48P-4G-L	3500	4	14000
Switch 48 - Cisco C9300	3570	2	7140
Bandeja de Rejillas	290	137	39730
Cambium XV2-2X	550	33	18150
Patch Panel 24 - Cat6a	420	12	5040
		TOTAL	174556

V.5.2. Análisis del Presupuesto

El presupuesto total del proyecto asciende a 174.556 bolivianos (Bs), monto que contempla todos los recursos necesarios para la implementación integral de la red de datos del Centro de Convenciones de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Este presupuesto incluye equipos activos de red, materiales de cableado estructurado categoría 6A, racks de comunicaciones y elementos de distribución y gestión del cableado, garantizando una solución técnica completa, escalable y alineada a estándares internacionales.

La distribución del presupuesto se organiza en tres rubros principales, de acuerdo con la naturaleza de los componentes y su función dentro de la infraestructura.

1. Cableado Estructurado y Gestión Pasiva (49.4%)

Rubro principal: Bs 86.176

Componentes clave:

- Cable UTP Cat6A (Bs 54.656)
- Bandejas de rejillas portacables (Bs 39.730)
- Patch Panels Cat6A (Bs 5.040)
- Conectores RJ45 Cat6A (Bs 750)

Análisis: Este rubro representa la mayor inversión del proyecto, ya que constituye la base física sobre la cual opera toda la red. La inversión en bandejas de rejillas portacables es especialmente significativa, dado que garantiza una canalización ordenada, segura y conforme a norma para un edificio de gran escala como un Centro de Convenciones. La elección de cableado categoría 6A asegura compatibilidad con velocidades de hasta 10 Gbps y una vida útil prolongada, justificando plenamente la inversión realizada.

2. Equipos Activos de Conmutación y Acceso (33.5**%)**

Rubro principal: Bs 58.290

Componentes clave:

- Switch Cisco Catalyst 9300 (Bs 7.140)
- Switches Cisco C1000 de 24 y 48 puertos (Bs 25.000)
- Puntos de Acceso Cambium XV2-2X (Bs 18.150)

Análisis: Este rubro agrupa los dispositivos responsables de la conectividad, conmutación y acceso inalámbrico. La selección de switches Cisco garantiza alta confiabilidad, soporte PoE+ y capacidad de crecimiento, mientras que los Access Points Cambium proporcionan cobertura WiFi 6 adecuada para escenarios de alta densidad de usuarios. La inversión es consistente con redes institucionales modernas y asegura estabilidad operativa durante eventos masivos.

3. Infraestructura Física y Accesorios (17.1%)

Rubro principal: Bs 30.090

Componentes clave:

- Racks de 32U (Bs 12.000)
- Rack de 15U (Bs 1.690)
- Ventiladores para rack (Bs 3.840)
- Reglas de fuerza (Bs 1.360)
- Rosetas simples y dobles (Bs 5.200)

Análisis: Este segmento garantiza el correcto montaje físico, la ventilación, la distribución eléctrica y la terminación del cableado en los puntos de usuario. La inversión es adecuada para asegurar condiciones óptimas de operación, mantenimiento y seguridad de los equipos de comunicaciones.

Resumen de Distribución Presupuestaria

Tabla 41.

Resumen del presupuesto

Rubro Principal	Valor (Bs)	Porcentaje del Total	Componentes Destacados
Cableado y Pasivos	86.176	49.4 %	Cable, Rejillas, Patch Panels
Equipos Activos	58.290	33.5 %	Switches, APs
Infraestructura Física	30.090	17.1 %	Racks, Ventilación, Tomas
TOTAL	**174.556**	**100 %**	

V.5.3. Evaluación Financiera (Payback)

El análisis financiero demuestra que la inversión estimada es razonable, equilibrada y sostenible para la magnitud del proyecto.

A continuación, se detallan los aspectos principales que sustentan su viabilidad:

a) Horizonte de vida útil

La infraestructura diseñada tiene una vida útil estimada de 8 a 10 años, siempre que se realicen mantenimientos preventivos periódicos. Esto permite amortizar la inversión a lo largo del tiempo, asegurando un funcionamiento estable y confiable.

b) Costo por punto de red

Considerando exclusivamente los materiales pasivos del cableado estructurado, como cable UTP Cat6A, conectores RJ45, patch panels, canaletas, accesorios y mano de obra, el proyecto contempla 148 puntos de red, alcanzando un costo promedio de aprox. 1,106 Bs por punto.

Este valor se encuentra dentro del rango estándar para proyectos institucionales en Bolivia, que suele oscilar entre 900 y 1,200 Bs por punto, lo que confirma que la propuesta es técnicamente adecuada y competitiva en términos de costos.

c) Beneficios operativos

- Mejora la conectividad y estabilidad durante eventos de alta concurrencia, garantizando disponibilidad continua para servicios multimedia, cámaras, telefonía IP y redes Wi-Fi.
- Refuerza la seguridad informática, mediante la implementación de VLANs, autenticación WPA3-Enterprise, segmentación de tráfico y control de acceso en switches y puntos de acceso.
- Facilita la escalabilidad y adopción de nuevas tecnologías, como Wi-Fi 7, IPv6, la integración con servicios de la DTIC, permitiendo que la red evolucione sin necesidad de rediseños mayores.

d) Retorno de inversión

Se proyecta un ahorro operativo del 15 % anual en mantenimiento y soporte técnico, derivado de la administración unificada y del uso de equipamiento moderno. Con este ahorro, la inversión podría recuperarse en un periodo de aprox. 6.7 años, generando beneficios económicos y técnicos sostenibles a largo plazo.

El retorno de la inversión se estimó mediante el método de Periodo de Recuperación (Payback Period), utilizando la siguiente fórmula:

Payback = Inversión Inicial / Ahorro Anual estimado.

Aplicando la fórmula del periodo de retorno con el presupuesto actualizado tenemos lo siguiente:

Payback = 174.556 Bs / 26.183,40 Bs ≈ 6,7 años

Este resultado de 6.7 años representa el tiempo estimado que tardaría la institución en recuperar la inversión del proyecto de red, gracias al ahorro anual que generaría la nueva infraestructura.

V.5.4. Consideración de equipos de respaldo

Durante la elaboración del presupuesto se incluyó una cantidad adicional en determinados dispositivos activos y pasivos de red, con el objetivo de contar con equipos de respaldo (spare) ante posibles fallas, daños físicos o contingencias operativas.

Esta decisión responde a buenas prácticas en infraestructuras institucionales, donde la continuidad del servicio es crítica, especialmente en entornos de alta concurrencia como el Centro de Convenciones. La disponibilidad inmediata de equipos de reemplazo permite reducir los tiempos de inactividad, evitar la suspensión de eventos y facilitar las labores de mantenimiento correctivo sin depender de procesos de adquisición urgentes.

La inclusión de estos equipos de reserva no implica un sobredimensionamiento del diseño, sino una medida preventiva y estratégica, alineada con criterios de confiabilidad, disponibilidad y gestión eficiente de la infraestructura tecnológica.

V.6. Plan de Mantenimiento

El plan de mantenimiento tiene como objetivo garantizar la continuidad operativa, la estabilidad del servicio y la prolongación de la vida útil de los equipos instalados. Se estructura en mantenimiento preventivo, correctivo y tareas periódicas de documentación y capacitación.

V.6.1. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo comprende actividades planificadas para evitar fallos:

- Monitoreo continuo de la red mediante cnMaestro, SNMP y Syslog.
- Revisión trimestral del estado físico de los racks, ventiladores y organización del cableado.
- Verificación del funcionamiento de enlaces troncales y redundancia EtherChannel.
- Ajuste de potencia y canales WiFi según densidad de usuarios o interferencias detectadas.
- Actualización de firmware en switches y APs siguiendo procedimientos institucionales.

- Pruebas periódicas de latencia, throughput y conectividad entre VLANs.
- Inspección del sistema eléctrico, UPS y puesta a tierra.

V.6.2. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo se activa ante fallos detectados:

- Sustitución de puertos dañados, cables defectuosos o equipos sin respuesta.
- Reconfiguración de enlaces caídos o degradados.
- Ajustes en VLANs, políticas ACL o QoS según incidentes reportados.
- Recuperación de configuraciones desde respaldos oficiales.
- Corrección de interferencias WiFi o saturación en puntos específicos.

V.6.3. Respaldos y Documentación

Es indispensable mantener documentación actualizada del estado de la red:

- Respaldo mensual de configuraciones de routers, switches y APs.
- Actualización de diagramas lógicos y físicos tras cualquier cambio.
- Registro de incidentes técnicos y acciones tomadas.
- Control documental del inventario de equipos y software utilizado.

V.6.4. Capacitación del Personal Técnico

Para garantizar la administración efectiva de la red, la DTIC debe realizar:

- Capacitación anual en administración de redes Cisco y Cambium.
- Talleres de respuesta a incidentes y optimización de rendimiento WiFi.
- Actualización del manual de operación con cada modificación importante

V.6.5. Evaluación Anual del Sistema

Cada año se ejecutará una auditoría técnica que incluya:

- Evaluación del rendimiento general de la red.
- Validación del estado de los equipos y cableado.
- Revisión de políticas de seguridad y autenticación.
- Análisis de escalabilidad y viabilidad de migración futura a WiFi 6E o WiFi 7.

COMPONENTE II
SOCIALIZACIÓN

VI. Componente II: Documento de Socialización del Proyecto

Diseño de la Red de Datos del Centro de Convenciones – UAJMS

VI.1.1. Introducción

El presente documento tiene como finalidad socializar, de manera clara y accesible, los principales lineamientos del proyecto de diseño de la red de datos del Centro de Convenciones de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS). Su propósito es comunicar a las autoridades, unidades técnicas y personal involucrado las decisiones adoptadas en el diseño, la estructura general de la red, los beneficios operativos que aporta y el impacto que tendrá en el funcionamiento del edificio.

El diseño propuesto responde a la necesidad institucional de contar con una red moderna, escalable y segura, capaz de soportar una alta demanda de usuarios durante eventos académicos, culturales y administrativos. La socialización abarca aspectos como la segmentación mediante VLANs, la infraestructura física instalada, los mecanismos de seguridad y la validación técnica realizada en entornos de simulación. Finalmente, se presenta una visión general del análisis económico, lo cual permitirá comprender la inversión requerida y su pertinencia.

VI.1.2. Propósito del Proyecto

El propósito central del proyecto es dotar al Centro de Convenciones de una infraestructura de red robusta que responda adecuadamente a la variedad de actividades que se desarrollan en él, manteniendo un servicio estable incluso en eventos de alta concurrencia.

El diseño busca:

- Garantizar conectividad confiable para usuarios, equipos administrativos, sistemas de seguridad y servicios audiovisuales.
- Asegurar que el tráfico de red esté segmentado para evitar saturación y mejorar el rendimiento global.
- Permitir una administración centralizada por parte del personal técnico de la DTIC.
- Mantener compatibilidad entre la simulación y los equipos institucionales para futura implementación real.

En su conjunto, el proyecto contribuye al fortalecimiento tecnológico de la universidad, optimizando la operación diaria del Centro de Convenciones y ampliando su capacidad de servicio institucional.

VI.1.3. Alcance de la Socialización

El alcance de esta socialización comprende una explicación integral del diseño planteado, desde su estructura lógica hasta los aspectos generales de implementación y costos. Se describirá cómo se organiza la red mediante VLANs, cómo se interconectan los diferentes equipos, cuáles son los mecanismos de administración del tráfico y cómo se garantiza un funcionamiento estable durante actividades de distinta magnitud.

Asimismo, se revisarán los resultados de las pruebas realizadas en el entorno simulado, demostrando que las configuraciones y criterios técnicos utilizados son compatibles con el equipamiento real de la UAJMS. Se incluye también un resumen del análisis económico, que permite dimensionar la inversión necesaria para la implementación del proyecto.

VI.1.4. Público Destinatario

Este documento está dirigido a todas las personas involucradas en la operación, administración y toma de decisiones respecto al Centro de Convenciones. En primer lugar, se encuentra el personal directivo de la UAJMS, quienes requieren comprender la relevancia del proyecto para su aprobación e implementación. También está dirigido al personal técnico de la Dirección de Tecnologías de Información y Comunicación (DTIC), quienes serán los encargados de mantener la infraestructura y darle soporte a futuro. De igual forma, se orienta al personal operativo que trabaja directamente en el edificio, de manera que comprendan cómo está organizada la red y qué beneficios les proporcionará. Finalmente, también puede ser útil para comités académicos, administrativos y cualquier actor institucional que participe en la gestión del Centro de Convenciones. Este documento no es una capacitación técnica, sino una explicación clara y estructurada para alinear criterios entre los distintos actores.

VI.1.5. Contenidos a Socializar

Los contenidos principales incluyen:

1. **Diseño lógico de la red:** segmentación mediante VLANs, estructura de servicios y organización de tráfico.

2. **Diseño físico:** distribución del cableado, ubicación de racks, puntos de red y equipamiento asociado.
3. **Funcionamiento general del enrutamiento y servicios de red:** comunicación entre segmentos y control del acceso.
4. **Aspectos de seguridad y calidad de servicio:** medidas adoptadas para garantizar estabilidad durante eventos masivos.
5. **Validación técnica:** compatibilidad del diseño con equipos reales y resultados obtenidos en la simulación.
6. **Análisis económico general:** inversión requerida, principales componentes y viabilidad del proyecto.

VI.1.6. Resultados Esperados de la Socialización

Al concluir la socialización, se espera que los participantes:

- Comprendan la estructura general de la red y el rol de cada uno de sus componentes.
- Reconozcan las razones que motivan la segmentación, la seguridad aplicada y el diseño físico.
- Validen que las configuraciones y decisiones técnicas son compatibles con la infraestructura institucional.
- Dispongan de la información necesaria para evaluar la implementación del proyecto.
- Logren una visión común entre autoridades, técnicos y personal operativo, facilitando una futura implementación ordenada y eficiente.

VI.1.7. Medios de Verificación

Para dejar constancia del cumplimiento de la socialización del proyecto, se utilizarán dos medios de verificación principales. El primero será registro fotográfico, donde se evidencie la participación de los asistentes, la exposición realizada y el desarrollo general de la actividad. Estas fotografías servirán como prueba visual de que la socialización se llevó a cabo según lo planificado.

El segundo medio de verificación será una carta o acta firmada por el encargado de la Dirección de Tecnologías de Información y Comunicación (DTIC) de la UAJMS. Este

documento confirmará oficialmente que la socialización fue realizada, que el contenido del proyecto fue presentado y que se cumplió con la actividad prevista.

Con ambos elementos se contará con evidencia suficiente y verificable del cumplimiento de la socialización del proyecto.

VII. Conclusiones y Recomendaciones

VII.1. Conclusiones

- El diseño de la red de datos para el Centro de Convenciones de la UAJMS permitió confirmar que la metodología Top-Down fue una herramienta fundamental para estructurar una propuesta sólida, escalable y alineada con las necesidades reales de la institución. Gracias a esta metodología, se logró comprender el contexto, las necesidades actuales y el potencial de crecimiento del edificio, lo que permitió crear una infraestructura capaz de soportar una alta concurrencia de usuarios. La segmentación mediante VLANs aportó orden, rendimiento y mayor seguridad, separando eficazmente los distintos tipos de tráfico y protegiendo los servicios más sensibles.

- Las simulaciones realizadas en Cisco Packet Tracer demostraron que el diseño planteado es completamente funcional. Fue posible validar la comunicación entre VLANs, la correcta gestión del tráfico mediante políticas de QoS y la efectividad de los mecanismos de redundancia propuestos. Asimismo, el uso de enlaces troncales redundantes y medidas de seguridad como WPA3-Enterprise y ACLs confirma que la arquitectura planteada ofrece un nivel alto de disponibilidad, confiabilidad y protección ante posibles amenazas o fallos.

- Finalmente, el diseño se integra coherentemente con la infraestructura tecnológica existente de la UAJMS, facilitando la administración centralizada y asegurando compatibilidad y evolución futura, consolidando una base sólida para el fortalecimiento tecnológico de la institución.

VII.2. Recomendaciones

- Implementar un Portal Cautivo para el acceso temporal de visitantes: Dado que el Centro de Convenciones recibe usuarios eventuales y en gran número, es recomendable priorizar un Portal Cautivo como método de autenticación para la red inalámbrica destinada a invitados. Esta solución permite brindar acceso rápido y sencillo, reduce la necesidad de configuraciones avanzadas en los dispositivos y se adapta muy bien a entornos donde el acceso es temporal y de corta duración.

- Utilizar RADIUS solo en áreas administrativas y puntos fijos: La autenticación 802.1X mediante RADIUS y Active Directory debería aplicarse únicamente en oficinas y zonas administrativas donde los equipos permanecen fijos y los usuarios requieren un nivel mayor de seguridad. Esto asegura un control de acceso más estricto y protege adecuadamente los recursos críticos de la institución.

- Validación Previa con Herramientas Profesionales: Dadas las limitaciones identificadas en Cisco Packet Tracer para simular equipos de gama empresarial y protocolos avanzados, se recomienda que, previo a la implementación física, el diseño sea validado en un entorno de laboratorio con equipos reales o mediante software de simulación más robusto como GNS3 o EVE-NG, que permiten emular imágenes reales de los dispositivos Cisco (IOS). Esto mitigará riesgos operativos durante el despliegue.

- Como medida de fortalecimiento futuro de la infraestructura del Centro de Convenciones, se recomienda evaluar la implementación de un grupo electrógeno propio, dimensionado de acuerdo a los requerimientos energéticos del edificio y sus sistemas críticos. Esta medida permitiría incrementar los niveles de disponibilidad y autonomía energética durante eventos de gran escala o cortes prolongados del suministro eléctrico, complementando la infraestructura institucional existente.

Glosario Técnico - Redes Y Telecomunicaciones

ACL (Lista de Control de Acceso): Conjunto de reglas que permiten o deniegan el tráfico de red basado en direcciones IP, puertos o protocolos.

AP (Access Point): Dispositivo que permite la conexión inalámbrica de dispositivos a una red cableada.

Backbone: Cableado troncal que interconecta diferentes cuartos de telecomunicaciones o edificios.

BPDU Guard: Característica de seguridad que desactiva puertos si reciben mensajes BPDU no esperados.

Cat6A (Categoría 6A): Estándar de cableado UTP que soporta velocidades de hasta 10 Gbps y 500 MHz de ancho de banda.

DHCP (Protocolo de Configuración Dinámica de Host): Servicio que asigna automáticamente direcciones IP a dispositivos de red.

DTIC (Dirección de Tecnologías de Información y Comunicación): Unidad responsable de la gestión tecnológica en la UAJMS.

EIGRP (Protocolo de Enrutamiento de Gateway Interior Mejorado): Protocolo de enrutamiento dinámico propietario de Cisco.

EtherChannel: Tecnología que agrupa múltiples enlaces físicos en un enlace lógico para redundancia y mayor ancho de banda.

Firewall: Dispositivo de seguridad que filtra el tráfico de red entre segmentos con diferentes niveles de confianza.

IDF (Intermediate Distribution Frame): Armario de distribución intermedio donde termina el cableado horizontal.

IP (Protocolo de Internet): Dirección lógica que identifica un dispositivo en una red TCP/IP.

LACP (Protocolo de Agregación de Enlaces): Protocolo estándar para la negociación automática de EtherChannels.

MDF (Main Distribution Frame): Armario principal de telecomunicaciones que concentra todos los enlaces.

PoE (Power over Ethernet): Tecnología que permite alimentar eléctricamente dispositivos a través del cable de red.

PortFast: Característica que acelera la convergencia de STP en puertos conectados a dispositivos finales.

QoS (Calidad de Servicio): Mecanismos que priorizan tipos específicos de tráfico en la red.

RADIUS (Servicio de Usuario de Acceso Telefónico Remoto): Protocolo de autenticación, autorización y contabilidad para usuarios de red.

RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol): Protocolo que previene bucles en topologías de red con enlaces redundantes.

STP (Spanning Tree Protocol): Protocolo que evita bucles en redes con topología en malla.

Switch Capa 3: Dispositivo que combina funciones de switching (capa 2) y enrutamiento (capa 3).

TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet): Conjunto de protocolos que permite la comunicación en redes e Internet.

TIA/EIA-568: Estándar internacional para sistemas de cableado estructurado en edificios comerciales.

UTP (Par Trenzado No Blindado): Tipo de cable de cobre utilizado en redes Ethernet.

VLAN (Red de Área Local Virtual): Segmentación lógica de una red física en múltiples redes virtuales independientes.

VoIP (Voz sobre IP): Tecnología que permite transmitir comunicaciones de voz a través de redes IP.

WPA3 (Wi-Fi Protected Access 3): Protocolo de seguridad más reciente para redes inalámbricas.

802.1Q: Estándar IEEE para el etiquetado de tramas Ethernet para implementar VLANs.

802.1X: Estándar IEEE para control de acceso a redes basado en puertos.

802.11: Familia de estándares IEEE para redes inalámbricas Wi-Fi.