

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE INFORMATICA Y SISTEMAS
CARRERA DE INGENIERIA INFORMATICA



DISEÑO DE LA RED DE DATOS DEL CENTRO DE CONVENCIONES DE LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

POR:

JOSE ANTONIO OLIVERA RODRIGUEZ

Trabajo de Grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar al Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Informática.

TARIJA – BOLIVIA
OCTUBRE 2025

MSc. Ing. Marcelo Segovia Cortez
**DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

MSc. Ing. Fernando Erick Cortez
**VICEDECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**APROBADO POR:
TRIBUNAL**

Lic. Efraín Torrejón Tejerina

Ing. Silvana Paz Ramírez

Ing. Richard Sivila Ríos

El tribunal no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

A todas las personas que confiaron en mí:
familia, amigos y docentes. Por brindarme su
apoyo y cariño en mi etapa como estudiante.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por cuidarme y ponerme en el camino buenas personas que me ayudaron y brindaron su apoyo.

A mi madre, por el cariño y la ayuda que me brindó todo el tiempo, y por no perder la fe en mí.

A mis docentes, por el gran apoyo que tuvieron en toda mi carrera universitaria, por la paciencia y por el cariño que me brindaron.

A la U.A.J.M.S. por haberme acogido y formado como profesional competente.

A todos aquellos que nunca dejaron de creer en mí, les dedico este logro.

INDICE DE GENERAL

Índice

I. CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	1
I.1. Presentación Del Proyecto.....	1
I.2. Perfil Del Proyecto.....	1
I.2.1. Introducción	1
I.2.1.1. Descripción del Centro de Convenciones	2
I.2.1.2. Estimación de Usuarios Concurrentes	7
I.2.2. Descripción del Proyecto	12
I.2.2.1. Antecedentes.....	12
I.2.3. Justificación del Proyecto	13
I.2.4. Planteamiento del problema	14
I.2.5. Árbol de Problemas	15
I.2.6. Árbol de Objetivos.....	16
I.2.7. Objetivos	16
I.2.7.1. Objetivo General.....	16
I.2.7.2. Objetivos Específicos.....	16
I.2.8. Alcance	16
I.2.9. Metodología de Diseño Utilizada	17
I.2.10. Fases de la Metodología Top-Down.....	17
I.2.11. Limitaciones	19
I.2.12. Matriz del marco Lógico (MML)	19
I.2.13. Beneficiarios.....	21
I.2.13.1. Beneficiarios Directos.....	21
I.2.13.2. Beneficiarios indirectos.....	22
I.2.14. Cronograma de Actividades	23
I.2.15. Presupuesto General	24
II. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	26
II.1. Introducción	26

II.2. FUNDAMENTOS DE REDES.....	27
II.2.1. Modelo OSI (Open Systems Interconnection)	27
II.2.2. Modelo TCP/IP.....	28
II.2.3. Comparación OSI vs TCP/IP	29
II.2.4. Red LAN (Red de Área Local).....	31
II.2.5. Topologías de red	32
II.3. Cableado Estructurado	35
II.3.1. Introducción	35
II.3.2. Normativas (TIA/EIA).....	36
II.3.2.1. ANSI/TIA/EIA-568 (Requisitos de cableado)	36
II.3.2.2. ANSI/TIA/EIA-569 (Espacios y canalizaciones)	36
II.3.2.3. ANSI/TIA/EIA-606 (Administración y etiquetado)	37
II.3.2.4. ANSI/TIA/EIA-607 (Puesta a tierra y protección)	37
II.3.3. Cableado Horizontal	37
II.3.4. Cableado Backbone (Vertical o Troncal).....	38
II.3.5. Cuartos de Telecomunicaciones (IDFs).....	39
II.3.6. Racks y Canalizaciones.....	39
II.4. Equipos de Red.....	41
II.4.1. Switch Layer 2.....	41
II.4.2. Switch Layer 3.....	42
II.4.3. Access Points.....	42
II.4.4. Routers	44
II.5. Segmentación y Servicios de Red.....	45
II.5.1. VLANs	45
II.5.2. Direccionamiento IP	46
II.5.3. DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)	47
II.5.4. QoS (Concepto General – Calidad de Servicio).....	48
II.6. Redes Inalámbricas	49
II.6.1. Fundamentos WiFi	50
II.6.2. WiFi 6 (OFDMA, MU-MIMO, BSS Coloring)	50
II.6.3. Tecnologías empresariales en Access Points (APs)	51

II.6.4.	Seguridad inalámbrica (WPA2, WPA3, 802.1X).....	54
II.6.5.	Portal Cautivo (Captive Portal)	55
II.6.6.	Autenticación y Servidor RADIUS	55
II.6.7.	Roaming y Densidad.....	56
II.7.	Seguridad en Redes	57
II.7.1.	Firewall	57
II.7.2.	ACLs (Access Control Lists)	57
II.7.3.	Autenticación AAA	58
II.7.4.	Administración Centralizada.....	58
II.8.	Herramientas de Simulación.....	59
II.8.1.	Cisco Packet Tracer	59
II.8.2.	Alternativas profesionales (opcional)	60
III.	CAPITULO III: ANÁLISIS Y REQUERIMIENTOS.....	61
III.1.	Análisis del Entorno	61
III.1.1.	Información general del edificio	61
III.1.2.	Limitaciones físicas del edificio	62
III.1.3.	Puntos de red existentes	64
III.1.4.	Distribución de IDFs.....	65
III.1.5.	Conclusión del Análisis del Entorno	65
III.2.	Requerimientos del Sistema	66
III.2.1.	Requerimientos Funcionales	66
III.2.2.	Requerimientos No Funcionales.....	68
III.2.3.	Requerimientos de Usuario	69
III.2.4.	Requerimientos de Infraestructura.....	70
III.3.	Identificación de Tipos de Usuario	71
III.3.1.	Características de los usuarios.....	72
III.4.	Análisis de Usuarios y Cargas.....	73
III.4.1.	Cálculo de aforo por ambiente	74
III.4.2.	Estimación de usuarios simultáneos en hora pico	74

III.4.3.	Demanda cableada vs inalámbrica	75
III.4.4.	Justificación del número de puntos de acceso (APs).....	76
III.4.5.	Justificación de capacidad de switches	77
III.4.6.	Conclusión del Análisis de Usuarios y Cargas.....	78
IV.	COMPONENTE 1: DISEÑO DEL SISTEMA DE RED	80
IV.1.	Diseño Físico Del Sistema.....	80
IV.1.1.	Topología Física General	81
IV.1.2.	Conexión Principal con la Red de la UAJMS (DTIC)	81
IV.1.3.	Distribución de Racks e Interconexión entre IDFs.....	82
IV.1.4.	Cableado Estructurado	83
IV.1.5.	Canalizaciones y Rutas de Cable.....	84
IV.1.6.	Cuartos de Telecomunicaciones: Condiciones Técnicas	84
IV.1.7.	Sistema Eléctrico y UPS	85
IV.1.8.	Diseño Físico del Sistema Inalámbrico	85
IV.1.9.	Diagrama Físico General (Descriptivo)	86
IV.1.10.	Plano con ubicación de racks y equipos.....	86
IV.1.10.1.	Ubicación del RACK A – MDF (Main Distribution Frame)	86
IV.1.10.2.	Ubicación del RACK B – Planta Baja (IDF Piso 1).....	87
IV.1.10.3.	Ubicación del RACK D – Planta Baja (IDF Zona Teatro / Extensión)	
	88	
IV.1.10.4.	Ubicación del RACK C – Segundo Piso (IDF Planta Alta)	89
IV.1.10.5.	Ubicación de AP, cámaras, biométricos, teléfonos	90
IV.1.10.6.	Cálculo de cable UTP por punto.....	94
IV.2.	Diseño Lógico Del Sistema De Red	99
IV.2.1.	Segmentación mediante VLANs	100
IV.2.2.	Plan de Subredes.....	101
IV.2.3.	Direccionamiento IP	102
IV.2.4.	Routing Inter-VLAN.....	103
IV.2.5.	Políticas de Seguridad (ACLs).....	103
IV.2.6.	QoS (Calidad de Servicio)	104
IV.2.7.	Convenciones de Nomenclatura (Hostnames y Etiquetado).....	104

IV.2.8.	Autenticación y Seguridad Avanzada.....	106
IV.2.9.	Autenticación de Usuarios y Gestión de Acceso.....	107
IV.2.9.1.	Autenticación mediante Portal Cautivo	107
IV.2.9.2.	Validación de Credenciales mediante Servidor RADIUS.....	107
IV.2.9.3.	Asignación Dinámica de VLAN (Dynamic VLAN Assignment)	107
IV.2.10.	Integración con la Red de la UAJMS	108
IV.2.11.	Distribución de Puertos por VLAN y por Switch.....	108
IV.3.	Diseño Wifi	111
IV.3.1.	Objetivos del Diseño WiFi.....	112
IV.3.2.	Determinación de la Cantidad de Access Points	112
IV.3.3.	Administración y oficinas	113
IV.3.4.	Cantidad Total de Access Points	113
IV.3.5.	Capacidad por AP y dimensionamiento.....	114
IV.3.6.	Parámetros de Configuración RF	116
IV.3.7.	Ubicación Estratégica de los APs.....	118
IV.3.8.	Seguridad WiFi.....	119
IV.3.9.	Mapa de Calor Estimado.....	119
IV.4.	Selección De Equipos.....	127
IV.4.1.	Switch Principal (MDF – RACK A)	128
IV.4.2.	Switches de Acceso (IDFs – RACK B, C y D).....	129
IV.4.3.	Selección de Access Points (APs)	131
IV.4.4.	Análisis Comparativo y Justificación del Punto de Acceso Seleccionado	135
IV.4.4.1.	Justificación de Compatibilidad del Access Point Cambium XV2-2X	137
IV.4.4.2.	Compatibilidad técnica entre Access Points Cambium y Switch Layer 3 Cisco Catalyst 9200.....	138
IV.4.4.3.	Compatibilidad con Teléfonos Celulares de Todas las Marcas.....	140
IV.4.5.	Selección de Cableado: Fibra Óptica y Cat6A.....	141
IV.4.6.	Fibra Óptica Monomodo (OS2)	141
IV.4.7.	Patch Panel de Categoría 6A (Cat6A)	142
IV.4.8.	Racks de Telecomunicaciones.....	145
IV.4.9.	Cableado (Fibra + Cat6A).....	148

IV.4.10.	Justificación Global de la Selección	149
IV.4.11.	Elementos Complementarios del Rack	149
IV.4.12.	Distribución y Organización de los Racks del Centro de Convenciones	152
IV.5.	Simulación De La Red.....	161
IV.5.1.	Objetivo de la Simulación.....	162
IV.5.2.	Ambiente de Simulación.....	162
IV.5.3.	Validación de VLANs y Enlaces Troncales.....	163
IV.5.4.	Validación de EtherChannel.....	164
IV.5.5.	Validación del Servicio DHCP	165
IV.5.6.	Validación del Enrutamiento Inter-VLAN	166
IV.5.7.	Validación de ACLs	168
IV.5.8.	Validación de QoS.....	168
IV.5.9.	Validación de Telefonía IP (VoIP).....	170
IV.5.10.	Resultados de la Simulación.....	172
IV.5.11.	Distribución de Puertos en el Entorno Simulado.....	172
IV.5.12.	Conclusiones de la Simulación.....	175
V.	IMPLEMENTACIÓN Y COSTOS	176
V.1.	Plan de Implementación.....	176
V.1.1.	Fase 1: Preparación del Entorno.....	176
V.1.2.	Fase 2: Instalación del Cableado Estructurado	176
V.1.3.	Fase 3: Instalación de Racks y Equipos Activos	176
V.1.4.	Fase 4: Configuración de Equipos.....	177
V.1.5.	Fase 5: Pruebas y Validación	177
V.1.6.	Fase 6: Documentación Final y Entrega	177
V.2.	Planos de Implementación de la Infraestructura Física.....	177
V.2.1.	Plano de la Planta Baja	179
V.2.2.	Plano del Primer Piso.....	181
V.2.3.	Plano del Segundo Piso.....	183
V.3.	Detalles Constructivos de Instalación de Puntos de Red.....	184

V.3.1.	Ubicación Estándar de Puntos de Red en Pared.....	184
V.3.2.	Bajada Interna de Cableado mediante Tubería PVC Empotrada	185
V.3.3.	Detalle de Instalación de Access Points (AP) en Ambientes del Edificio	186
V.3.3.1.	Altura y ubicación de instalación.....	186
V.3.3.2.	Conexión y canalización	186
V.4.	Componentes y Accesorios del Cableado Estructurado.....	186
V.4.1.	Latiguillos de Parcheo Cat6A	187
V.4.2.	Rosetas y Módulos Keystone Cat6A	187
V.4.3.	Conectores RJ45 Blindados Cat6A	190
V.5.	Presupuesto de Equipos	191
V.5.1.	Presupuesto Detallado.....	191
V.5.2.	Análisis del Presupuesto	191
V.5.3.	Evaluación Financiera (Payback)	193
V.5.4.	Consideración de equipos de respaldo	195
V.6.	Plan de Mantenimiento	195
V.6.1.	Mantenimiento Preventivo	195
V.6.2.	Mantenimiento Correctivo	196
V.6.3.	Respaldos y Documentación	196
V.6.4.	Capacitación del Personal Técnico	196
V.6.5.	Evaluación Anual del Sistema.....	196
VI.	COMPONENTE II: DOCUMENTO DE SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	196
VI.1.1.	Introducción	196
VI.1.2.	Propósito del Proyecto	196
VI.1.3.	Alcance de la Socialización	197
VI.1.4.	Público Destinatario.....	197
VI.1.5.	Contenidos a Socializar.....	197
VI.1.6.	Resultados Esperados de la Socialización	198
VI.1.7.	Medios de Verificación.....	198
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	200

VII.1. Conclusiones	200
VII.2. Recomendaciones.....	201
GLOSARIO TÉCNICO - REDES Y TELECOMUNICACIONES	202
BIBLIOGRAFÍA	205
ANEXO	216

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CENTRO DE CONVENCIONES DE LA UAJMS	3
FIGURA 2. ÁRBOL DE PROBLEMAS	15
FIGURA 3. ÁRBOL DE OBJETIVOS	16
FIGURA 4. CENTRO DE CONVENCIONES - UAJMS	28
FIGURA 5. MODELO TCP/IP	29
FIGURA 6. MODELO OSI / MODELO TCP/IP	31
FIGURA 7. DIAGRAMA DE RED	81
FIGURA 8. UBICACIÓN RACK A	87
FIGURA 9. UBICACIÓN RACK B.....	88
FIGURA 10. UBICACIÓN RACK D	89
FIGURA 11. UBICACIÓN RACK C.....	90
FIGURA 12. PUNTOS DE RED PLANTA BAJA	91
FIGURA 13. PUNTOS DE RED PRIMER PISO	92
FIGURA 14. PUNTOS DE RED SEGUNDO PISO	93
FIGURA 15. HOSTNAME.....	106
FIGURA 16. PLANTA BAJA - UBICACIÓN DE AP	121
FIGURA 17. PLANTA BAJA - MAPA DE CALOR.....	122
FIGURA 18. PRIMERA PLANTA - UBICACIÓN DE AP.....	123
FIGURA 19. PRIMERA PLANTA - MAPA DE CALOR	124
FIGURA 20. SEGUNDA PLANTA - UBICACIÓN DE AP	125
FIGURA 21. SEGUNDA PLANTA - MAPA DE CALOR	126
FIGURA 22. CISCO CATALYST 9300	128
FIGURA 23. CISCO CATALYST 1000 – 48P	129
FIGURA 24. CISCO CATALYST 1000 – 24P	130
FIGURA 25. PATCH PANEL DE CATEGORÍA 6A	143
FIGURA 26. RACK DE 32U.....	145
FIGURA 27. RACK DE 15U.....	147
FIGURA 28. CABLE UTP.....	148
FIGURA 29. REGLA DE FUERZA	150
FIGURA 30. ORGANIZADOR DE CABLES	151

FIGURA 31. VENTILADOR DE RACK.....	151
FIGURA 32. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE RACK A	154
FIGURA 33. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE RACK B	156
FIGURA 34. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE RACK D	159
FIGURA 35. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE RACK C	161
FIGURA 36. DIAGRAMA DE RED - CISCO PACKET TRACER	163
FIGURA 37. RESULTADO DE SHOW VLAN BRIEF.....	164
FIGURA 38. RESULTADO DE SHOW INTERFACES TRUNK.....	164
FIGURA 39. RESULTADO DE SHOW ETHERCHANNEL SUMMARY.....	165
FIGURA 40. ASIGNACIÓN DHCP EN VLAN 10, 20, 30, 40 Y 50.....	166
FIGURA 41. RESULTADO DE SHOW IP ROUTE.	167
FIGURA 42. RESULTADO DE PINGS.....	167
FIGURA 43. RESULTADO DE SHOW ACCESS-LISTS	168
FIGURA 44. RESULTADO DE SHOW CLASS-MAP	169
FIGURA 45. RESULTADO DE POLICY-MAP	169
FIGURA 46. RESULTADO DE SHOW POLICY-MAP INTERFACE.....	170
FIGURA 47. REGISTRO DE EPHONES.	171
FIGURA 48. LLAMADA ENTRE EXTENSIONES.....	171
FIGURA 49. PLANO GENERAL DE INFRAESTRUCTURA DE RED – PLANTA BAJA	179
FIGURA 50. PLANO GENERAL DE INFRAESTRUCTURA DE RED – PRIMER PISO.....	181
FIGURA 51. PLANO GENERAL DE INFRAESTRUCTURA DE RED – SEGUNDO PISO.....	183
FIGURA 52. DISPOSICIÓN DE PUNTOS DE RED A 30 CM DEL NIVEL DEL PISO	184
FIGURA 53. RECORRIDO VERTICAL INTERNO DEL CABLE DESDE LA REJILLA HACIA LA ROSETA DE DATOS	185
FIGURA 54. LATIGUILLOS DE PARCHEO CAT6A	187
FIGURA 55. PLACA DE ROSETA SIMPLE	189
FIGURA 56. PLACA DE ROSETA DOBLE.....	189
FIGURA 57. CONECTOR RJ45.....	190
FIGURA 58. TOPOLOGÍA DE RED CISCO PACKET TRACER.....	222
FIGURA 59C. CONFIGURACIÓN DEL SSID	257
FIGURA 60D. RESULTADO DEL SHOW VLAN BRIEF.....	258

FIGURA 61D. RESULTADO DE SHOW IP INTERFACE BRIEF 258

FIGURA 62. RESULTADO DE SHOW ETHERCHANNEL SUMMARY 259

FIGURA 63D. RESULTADO DE SHOW IP ROUTE 259

FIGURA 64. RESULTADO DE SHOW IP DHCP BINDING 260

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido

TABLA 1. NÚMERO DE USUARIOS POR AMBIENTE.....	10
TABLA 2. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	23
TABLA 3. <i>PRESUPUESTO MANO DE OBRA</i>	24
TABLA 4. PRESUPUESTO GENERAL.....	24
TABLA 5. DIFERENCIAS ENTRE ROUTER Y SWITCH	44
TABLA 6. CLASES DE DIRECCIONES IPV4	47
TABLA 7. SEGURIDAD INALÁMBRICA.....	55
TABLA 8. NÚMERO DE PUNTOS DE RED EXISTENTES	64
TABLA 9. DISTRIBUCIÓN DE IDFs.....	65
TABLA 10. CARACTERÍSTICAS DE USUARIOS.....	72
TABLA 11. CAPACIDAD DE CADA AMBIENTE.....	74
TABLA 12. CABLE UTP - PLANTA BAJA	94
TABLA 13. CABLE UTP - PRIMERA PLANTA.....	96
TABLA 14. CABLE UTP - 2DA PLANTA	99
TABLA 15. SEGMENTACIÓN VLANS	100
TABLA 16. SUBREDES	102
TABLA 17. ETIQUETADO.....	105
TABLA 18. DISTRIBUCIÓN DE PUERTOS SWITCH1-A Y SWITCH2-A.....	109
TABLA 19. DISTRIBUCIÓN DE PUERTOS SWITCH1-B Y SWITCH2-B.....	109
TABLA 20. DISTRIBUCIÓN DE PUERTOS SWITCH1-D Y SWITCH2-D	110
TABLA 21. DISTRIBUCIÓN DE PUERTOS DEL SWITCH1-C.....	111
TABLA 22 NÚMERO DE AP EN TOTAL	113
TABLA 23. NÚMERO DE AP SELECCIONADOS	135
TABLA 24. COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS.....	135
TABLA 25. CAPACIDAD DE USUARIOS POR MODELO	136
TABLA 26. COMPORTAMIENTO DE LOS MODELOS BAJO ALTA CONCURRENCIA	136
TABLA 27. COMPARACIÓN DE PRECIOS.....	137
TABLA 28. DISTRIBUCIÓN DE RACK A	152
TABLA 29. DISTRIBUCIÓN DE RACK B	155
TABLA 30. DISTRIBUCIÓN DE RACK D	157

TABLA 31. DISTRIBUCIÓN DE RACK C 160

TABLA 32. ETIQUETAS DE LA PLANTA BAJA - SWITCH1-B 172

TABLA 33. ETIQUETAS DE LA PLANTA BAJA – SWITCH2-B 173

TABLA 34. ETIQUETAS DE LA PLANTA BAJA - SWITCH1-D 173

TABLA 35. ETIQUETAS DE LA PLANTA BAJA - SWITCH2-D 173

TABLA 36. ETIQUETAS DE LA 1RA PLANTA - SWITCH1-A 174

TABLA 37. ETIQUETAS DE LA 1RA PLANTA - SWITCH2-A 174

TABLA 38. ETIQUETAS DE LA 2DA PLANTA - SWITCH1-C 174

TABLA 39. ETIQUETAS DE LA 2DA PLANTA - SWITCH2-C 175

TABLA 40. PRESUPUESTO GENERAL DETALLADO..... 191

TABLA 41. RESUMEN DEL PRESUPUESTO 193