



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

REDISEÑO DE UNA RED LAN MULTISERVICIOS PARA EL MUNICIPIO DE  
TULCÁN

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Redes y  
Telecomunicaciones

Profesor Guía  
Msc. Ricardo Xavier Ubilla González

Autor  
Leandro Patricio Arévalo Padilla

Año  
2016

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Ricardo Xavier Ubilla González  
Ingeniero en Telecomunicaciones  
CI. 091756564-0

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

---

Leandro Patricio Arévalo Padilla  
CI. 040152278-4

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a DIOS por permitirme hacer realidad uno de mis objetivos propuestos en mi vida profesional. A mis padres, especialmente a mi madre Susana que a pesar de la distancia siempre me ha brindado su apoyo incondicional. A mi familia y amigos. A mi primo Iván por sus buenos consejos que me han servido para seguir adelante. Finalmente un agradecimiento especial a Rosa Elena Bejarano por su apoyo y hacer posible la culminación de mi proyecto.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi madre que me ha enseñado que a pesar de cualquier circunstancia o adversidad siempre dar lo mejor de mí, luchar por mis objetivos y metas y continuar por el camino del bien.

## RESUMEN

En el primer capítulo se desarrolla la parte teórica, aspecto importante para el sustento teórico-práctico del proyecto. Los temas que se han considerado en este capítulo permiten adquirir las bases necesarias para realizar el rediseño de la red, entre los principales temas se encuentran: redes de área local, topologías de redes cableadas e inalámbricas, redes convergentes, telefonía IP, redes inalámbricas, calidad de servicio, seguridades en las redes de datos y finalmente se realiza una elección de la metodología a emplear.

El segundo capítulo se basa en la fase uno de la metodología Top Down de Cisco, los temas que se consideran en esta fase son: las metas técnicas y de negocio, la situación actual del Municipio y un análisis de tráfico de red. Mediante este estudio se puede identificar las posibles fallas que tiene la actual infraestructura de red.

El tercer capítulo se basa en el rediseño de la red LAN multiservicios, donde se continúa con el desarrollo de las fases del modelo Top-Down. Los temas que se consideran en este capítulo son: el diseño de la topología de red, direccionamiento lógico y protocolos, estrategias de seguridad y administración, selección de la mejor topología y dispositivos de red. Finalmente se indica la documentación necesaria que debe ser generada durante el proceso de rediseño de la red.

En el cuarto capítulo se realiza el análisis de costos del rediseño de la red. El análisis del costo se basa en los materiales y equipos que intervienen tanto en la red activa como en la red pasiva. En este análisis únicamente se contempla los costos del cableado estructurado y equipos de conmutación.

En el capítulo final se desarrollan las conclusiones generales del proyecto y las recomendaciones que deben realizarse para tener un óptimo rediseño de la red.

## ABSTRACT

The first chapter sets out the theoretical part, a key aspect to support the theoretical and practical elements of the project. The relevant issues provide the necessary basis for the redesign of the network to be acquired. The main issues include: local area networks, topologies of wired and wireless networks, converged networks, IP telephony, wireless networks, service quality, security in data networks and, finally, the choice of methodology to be used is undertaken.

The second chapter is based on the first phase of Cisco's Top-Down methodology. The issues discussed at this phase are: technical and business goals, the current situation of the Municipality and an analysis of network traffic. This study enables possible failures in the current network infrastructure to be identified.

The third chapter is based on redesigning the LAN multiservice network, in which development of the Top-Down model phases continue. The issues discussed in this chapter are: design of the network topology, logical addresses and protocols, security strategies and management, selecting the best topology and network devices. Finally indications are provided with respect to the necessary documentation to be generated during the process of redesigning the network.

The fourth chapter, the cost analysis of network redesign is done. The cost analysis is based on the materials and equipment used in both the active and passive network. In this analysis, only the costs of the cabling structure and switching equipment is considered.

In the final chapter the general conclusions of the project and recommendations should be made to have an optimal network redesign.

# ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| ANTECEDENTES .....  | 1  |
| ALCANCE .....   | 1  |
| JUSTIFICACIÓN .....   | 2  |
| OBJETIVOS DEL PROYECTO .....                                  | 3  |
| CAPITULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....                         | 4  |
| 1. INTRODUCCIÓN.....  | 4  |
| 1.1. Inicios de las Redes de Datos .....                      | 4  |
| 1.1.1. Redes de Área Local (LAN).....                         | 5  |
| 1.1.2. Características de las Redes LAN .....                 | 6  |
| 1.2. Topologías de una Red de Datos .....                     | 7  |
| 1.2.1. Topología Física .....                                 | 7  |
| 1.2.2. Topología Lógica .....                                 | 8  |
| 1.3. Modelos Jerárquico y Modular.....                        | 8  |
| 1.3.1. Modelo Jerárquico .....                                | 9  |
| 1.3.1.1. Capa de Núcleo.....                                  | 10 |
| 1.3.1.2. Capa de Distribución .....                           | 10 |
| 1.3.1.3. Capa de Acceso .....                                 | 11 |
| 1.3.2. Modelo Modular.....                                    | 11 |
| 1.4. Redes de Datos Convergentes.....                         | 13 |
| 1.4.1. Protocolos de Voz en Redes Convergentes .....          | 13 |
| 1.4.1.1. Protocolos de Transporte .....                       | 13 |
| 1.4.1.2. Protocolos de Señalización .....                     | 14 |
| 1.4.2. Ancho de Banda para Voz.....                           | 15 |
| 1.4.3. Video sobre Redes de Datos.....                        | 16 |
| 1.4.4. Ancho de Banda para Video.....                         | 16 |
| 1.4.5. Factores que afectan la Calidad de Audio y Video ..... | 17 |
| 1.5. Calidad de Servicio en Redes IP (QoS).....               | 18 |
| 1.5.1. Modelos de Calidad de Servicios (QoS).....             | 19 |



|   |           |
|---|-----------|
| 1.5.1.1. Modelo Best-Effort.....  | 20        |
| 1.5.1.2. Modelo de Servicios Integrados .....   | 20        |
| 1.5.1.3. Modelo de Servicios Diferenciados .....  | 20        |
| 1.5.2. Políticas de Encolamiento .....  | 21        |
| 1.5.2.1. Encolamiento Primero en Entrar Primero en Salir (FIFO) .....   | 21        |
| 1.5.2.2. Encolamiento de Prioridad (Priority Queuing - PQ).....   | 22        |
| 1.5.2.3. Encolamiento Personalizado (Custom Queuing - CQ) .....   | 22        |
| 1.5.2.4. Encolamiento Equitativo Ponderado (Weighted Fair<br>Queuing - WFQ).....                              | 23        |
| 1.5.2.5. Prioridad IP RTP .....   | 23        |
| 1.6. Redes Inalámbricas .....   | 23        |
| 1.6.1. Seguridad en Redes Inalámbricas.....   | 24        |
| 1.6.2. Topologías en Redes Inalámbricas .....   | 25        |
| 1.6.2.1. Independent Basic Service Set (IBSS).....  | 25        |
| 1.6.2.2. Basic Service Set (BSS).....   | 26        |
| 1.6.2.3. Extended Service Set (ESS) .....   | 26        |
| 1.7. Seguridad en Redes TCP/IP.....   | 27        |
| 1.7.1. Mecanismos de Prevención.....  | 28        |
| 1.7.1.1. Cortafuegos (Firewalls) .....  | 29        |
| 1.7.1.2. Zonas Desmilitarizadas (DMZ) .....   | 30        |
| 1.7.1.3. Sistemas de Detección de Intrusos (IDS).....   | 31        |
| 1.8. Ciclo de Vida del Desarrollo de Sistemas .....   | 32        |
| 1.8.1. Metodología de Redes.....  | 32        |
| 1.8.1.1. Metodología Top-Down .....   | 33        |
| 1.8.1.2. Metodología PDIOO (Plan, Diseño, Implementación,<br>Operación, Optimización) del Diseño de Red ..... | 34        |
| 1.8.2. Selección de la Metodología Ideal .....  | 37        |
| <b>CAPITULO II. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS Y DE<br/>LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MUNICIPIO .....</b>               | <b>39</b> |
| <b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>39</b> |
| 2.1. Aspectos Fundamentales de la Infraestructura del Municipio.....  | 39        |

|  |    |
|--|----|
| 2.2. Situación Actual .....  | 39 |
| 2.3. Ubicación .....   | 40 |
| 2.4. Análisis de Requerimientos .....                              | 41 |
| 2.4.1. Análisis de las Metas del Negocio .....                     | 41 |
| 2.4.1.1. Misión .....  | 41 |
| 2.4.1.2. Visión .....  | 41 |
| 2.4.1.3. Objetivos .....   | 41 |
| 2.4.2. Análisis de las Metas Técnicas.....                         | 42 |
| 2.4.3. Análisis de la Red Existente .....                          | 44 |
| 2.4.3.1. Análisis de la Infraestructura Física.....                | 46 |
| 2.4.3.2. Distribución Física de Dependencias .....                 | 47 |
| 2.4.3.3. Infraestructura de Datos .....                            | 49 |
| 2.4.3.4. Infraestructura de Voz .....                              | 50 |
| 2.4.3.5. Dispositivos de Red.....                                  | 50 |
| 2.4.3.6. Estado Actual del Switch de Distribución/Núcleo .....     | 52 |
| 2.4.3.7. Análisis de la Infraestructura Lógica.....                | 54 |
| 2.4.3.7.1. Direccionamiento Privado .....                          | 56 |
| 2.4.3.7.2. Servicios Internos.....                                 | 57 |
| 2.4.3.7.3. Direccionamiento Público.....                           | 60 |
| 2.4.3.7.4. Servicios Externos .....                                | 61 |
| 2.4.3.7.5. Análisis de Aplicaciones y Comunidades de Usuarios..... | 63 |
| 2.4.4. Análisis del Tráfico de la Red .....                        | 64 |
| 2.4.4.1. Análisis del Tráfico de Datos .....                       | 65 |
| 2.4.4.2. Análisis del Tráfico de Broadcast .....                   | 70 |

## **CAPÍTULO III. REDISEÑO DE LA RED LAN**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>MULTISERVICIOS .....</b>                        | <b>75</b> |
| <b>3. INTRODUCCIÓN.....</b>                        | <b>75</b> |
| 3.1. Desarrollo del Diseño Lógico de la Red.....   | 75        |
| 3.1.1. Diseño de la Topología de Red .....         | 75        |
| 3.1.1.1. Selección del Medio de Transmisión .....  | 75        |
| 3.1.1.1.1. Cableado Horizontal – Categoría 6 ..... | 76        |

|  |     |
|--|-----|
| 3.1.1.1.2. Cableado Vertical – Categoría 6A.....                               | 76  |
| 3.1.1.2. Crecimiento de Usuarios .....   | 77  |
| 3.1.1.3. Puntos de Red.....  | 77  |
| 3.1.1.4. Rediseño del Cuarto de Telecomunicaciones .....                       | 78  |
| 3.1.1.5. Rediseño del Cableado Horizontal .....                                | 80  |
| 3.1.1.6. Rediseño del Cableado Vertical .....                                  | 81  |
| 3.1.1.7. Etiquetado del Cableado Estructurado .....                            | 83  |
| 3.1.1.8. Esquema del Rediseño de la Red .....                                  | 87  |
| 3.1.2. Diseño Jerárquico de la Red .....                                       | 89  |
| 3.1.2.1. Capa de Acceso .....  | 89  |
| 3.1.2.2. Capa de Distribución / Núcleo .....                                   | 90  |
| 3.1.3. Diseñar Modelos de Direccionamiento Lógico.....                         | 91  |
| 3.1.3.1. Segmentación de la Red mediante VLAN .....                            | 92  |
| 3.1.3.2. Direccionamiento IP .....   | 92  |
| 3.1.4. Seleccionar Protocolos de Capa 2 (Switching) y Capa 3<br>(Routing)..... | 94  |
| 3.1.4.1. Protocolos de Switching .....   | 94  |
| 3.1.4.2. Protocolos de Routing .....   | 95  |
| 3.1.4.3. Configuración Adicional.....  | 96  |
| 3.1.5. Diseño del Sistema de Video Vigilancia .....                            | 98  |
| 3.1.5.1. Cantidad de Cámaras IP .....  | 98  |
| 3.1.5.2. Cobertura y Ubicación de las Cámaras IP.....                          | 98  |
| 3.1.5.3. Características de las Cámaras IP .....                               | 99  |
| 3.1.5.4. Topología del Sistema de Video Vigilancia .....                       | 99  |
| 3.1.6. Diseño de la Central Telefónica IP .....                                | 100 |
| 3.1.6.1. Flujo de las Llamadas de Ingreso.....                                 | 101 |
| 3.1.6.2. Perfiles de Marcado .....   | 102 |
| 3.1.6.3. Opciones de Usuario .....   | 103 |
| 3.1.6.4. Topología de Telefonía IP .....                                       | 104 |
| 3.1.7. Desarrollo de Estrategias de Seguridad de la Red.....                   | 105 |
| 3.1.7.1. Zona Desmilitarizada (DMZ).....                                       | 105 |
| 3.1.7.1.1. Direccionamiento IP para la DMZ .....                               | 107 |

|   |            |
|---|------------|
| 3.1.7.1.2. Traducción de Direcciones de Red (NAT).....                            | 108        |
| 3.1.7.2. Listas de Acceso (ACL).....  | 109        |
| 3.1.7.3. Port Security.....   | 110        |
| 3.1.7.4. Herramienta Qualys .....   | 110        |
| 3.1.8. Desarrollo de Estrategias de Administración de la Red.....                 | 111        |
| 3.1.8.1. Protocolo de Gestión y Administración.....                               | 112        |
| 3.1.8.2. Envío de Alertas .....   | 113        |
| 3.2. Selección de Tecnologías y Dispositivos para Redes<br>Empresariales.....     | 114        |
| 3.2.1. Características de Dispositivos de Capa de Acceso .....                    | 114        |
| 3.2.2. Características del Dispositivo de Capa de Distribución /<br>Núcleo .....  | 116        |
| 3.3. Documentación del Rediseño .....   | 117        |
| <b>CAPITULO IV. ANÁLISIS DE COSTOS .....</b>                                      | <b>119</b> |
| 4. INTRODUCCIÓN.....  | 119        |
| 4.1. Red Pasiva .....   | 119        |
| 4.1.1. Requerimientos y Distribución de las Salidas de<br>Telecomunicaciones..... | 119        |
| 4.1.2. Costo Referencial del Subsistema Horizontal y Vertical .....               | 121        |
| 4.1.2.1. Base Referencial de Personal, Herramientas y Materiales ..               | 121        |
| 4.1.2.2. Análisis de Precios Unitarios (A.P.U) .....                              | 123        |
| 4.1.2.3. Oferta Final.....  | 146        |
| 4.2. Red Activa .....   | 147        |
| 4.2.1. Diagrama de Elevación.....   | 147        |
| 4.2.2. Alternativas para la Selección de los Equipos de<br>Conmutación .....      | 148        |
| 4.2.2.1. Alternativa CISCO .....  | 148        |
| 4.2.2.1.1. Equipos de Capa de Acceso y Capa de Distribución /<br>Núcleo.....      | 148        |
| 4.2.2.1.1.1. Swtich Catalyst 2960-X 24 SFP .....                                  | 149        |
| 4.2.2.1.1.2. Swtich Catalyst 2960-X 48 SFP .....                                  | 151        |
| 4.2.2.1.1.3. Swtich Catalyst 3650 48 Puertos .....                                | 154        |

|  |            |
|--|------------|
| 4.2.2.1.1.4. Access Point AC CAP.....  | 157        |
| 4.2.2.2. Costo Total de la Red Activa y Red Pasiva - Alternativa CISCO.....                                    | 158        |
| 4.2.2.3. Alternativa Hewlett-Packard (HP).....   | 159        |
| 4.2.2.3.1. Equipos de Capa de Acceso y Capa de Distribución / Núcleo.....                                      | 159        |
| 4.2.2.3.1.1. Swtich HP 1910 24 Capa 2.....   | 159        |
| 4.2.2.3.1.2. Swtich HP 1620 48 Capa 2.....   | 161        |
| 4.2.2.3.1.3. Swtich HP 1950 48 Capa 3.....   | 162        |
| 4.2.2.3.1.4. Access Point Aruba AP-205.....  | 163        |
| 4.2.2.4. Costo Total de la Red Activa y Red Pasiva - Alternativa HP .....                                      | 163        |
| 4.2.3. Cuadros Comparativos de Costo, Características Técnicas, Ventajas y Desventajas de cada Fabricante..... | 164        |
| 4.2.3.1. Costo.....  | 164        |
| 4.2.3.2. Características Técnicas Dispositivos de Conmutación .....  | 165        |
| 4.2.3.3. Ventajas y Desventajas de cada Fabricante .....   | 168        |
| 4.3. Selección de la Mejor Alternativa.....  | 170        |
| <b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y</b>  |            |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>   | <b>171</b> |
| 5.1. Conclusiones .....  | 171        |
| 5.2. Recomendaciones .....   | 176        |
| <b>REFERENCIAS.....</b>  | <b>180</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>  | <b>184</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Inicios de las Redes de Datos.....                             | 4  |
| Figura 2. Redes de Área Local (LAN). ....                                | 5  |
| Figura 3. Topologías Físicas. ....                                       | 7  |
| Figura 4. Modelo Jerárquico de Cisco.....                                | 9  |
| Figura 5. Diseño Modular. ....   | 12 |
| Figura 6. Componentes SIP. ....  | 14 |
| Figura 7. Componentes H.323. ....  | 15 |
| Figura 8. Encolamiento FIFO. ....  | 21 |
| Figura 9. Encolamiento PQ. ....  | 22 |
| Figura 10. Encolamiento CQ. ....   | 23 |
| Figura 11. Topología IBSS. ....  | 25 |
| Figura 12. Topología BSS. ....   | 26 |
| Figura 13. Topología ESS. ....   | 26 |
| Figura 14. Modelo TCP/IP.....  | 27 |
| Figura 15. Tecnologías de Cortafuegos. ....                              | 30 |
| Figura 16. Zona Desmilitarizada.....                                     | 31 |
| Figura 17. Esquema de un Sistema de Detección de Intrusos.....           | 31 |
| Figura 18. Ciclo de Vida del Desarrollo de Sistemas. ....                | 32 |
| Figura 19. Fases de la Metodología PDIOO.....                            | 35 |
| Figura 20. Comportamiento del Diseño Bottom-Up.....                      | 37 |
| Figura 21. Ubicación del Municipio de Tulcán.....                        | 40 |
| Figura 22. Diagrama de Red LAN del Municipio de Tulcán.....              | 45 |
| Figura 23. Topología Jerárquica.....                                     | 46 |
| Figura 24. MDF Piso 3.....   | 48 |
| Figura 25. Rack de Telefonía Analógica Piso 3.....                       | 48 |
| Figura 26. Cableado de Datos.....  | 49 |
| Figura 27. Cableado de Voz.....  | 50 |
| Figura 28. Resultado del Comando show processes cpu sorted   e 0.00..... | 53 |
| Figura 29. Resultado del Comando show interfaces counters errors.....    | 53 |
| Figura 30. Resultado del Comando show interfaces counters errors.....    | 54 |
| Figura 31. Ancho de banda (Internet).....                                | 61 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 32. Diagrama de Conexión de la LAN al Internet. ....                  | 62  |
| Figura 33. Diagrama de la Red de Voz. ....                                   | 62  |
| Figura 34. Conexión Física de los Servidores al Switch de Distribución. .... | 65  |
| Figura 35. Captura de Tráfico del Puerto Fa0/3 – Proxy. ....                 | 66  |
| Figura 36. Captura Puerto Fa0/2 – Aplicaciones. ....                         | 67  |
| Figura 37. Captura Puerto Fa0/10 – Base de Datos. ....                       | 68  |
| Figura 38. Captura de Tráfico de Red de los Switches de Acceso. ....         | 69  |
| Figura 39. Captura de Broadcast del Puerto Fa0/3 – Proxy. ....               | 71  |
| Figura 40. Captura de Broadcast del Puerto Fa0/2 – Aplicaciones. ....        | 72  |
| Figura 41. Captura de Broadcast del Puerto Fa0/10 – Base de Datos. ....      | 73  |
| Figura 42. Captura de Tráfico Broadcast de cada Switch de Acceso. ....       | 74  |
| Figura 43. Diseño del Cuarto de Comunicaciones. ....                         | 79  |
| Figura 44. Cableado Horizontal y Vertical usando Cross-Connect. ....         | 81  |
| Figura 45. Distribución de Equipos en cada Rack. ....                        | 82  |
| Figura 46. Etiquetas Adhesivas. ....   | 84  |
| Figura 47. Etiquetas de Inserción. ....                                      | 85  |
| Figura 48. Otras Etiquetas. ....   | 85  |
| Figura 49. Tamaños de Placas Adhesivas. ....                                 | 86  |
| Figura 50. Etiqueta Cable UTP. ....  | 86  |
| Figura 51. Etiqueta Patch Panel. ....  | 87  |
| Figura 52. Etiqueta Jack RJ45. ....  | 87  |
| Figura 53. Topología del Rediseño de la Red de Datos. ....                   | 88  |
| Figura 54. Topología del Rediseño de Cámaras IP. ....                        | 100 |
| Figura 55. Flujo de Llamadas Entrantes. ....                                 | 102 |
| Figura 56. Topología del Rediseño de Telefonía IP. ....                      | 105 |
| Figura 57. Diseño Físico de DMZ. ....  | 107 |
| Figura 58. Resultado del Escaneo de Qualys. ....                             | 111 |
| Figura 59. Documentación del Rediseño. ....                                  | 118 |
| Figura 60. Diagrama de Elevación. ....                                       | 147 |
| Figura 61. Switch de Acceso 2960-X 24 SFP. ....                              | 149 |
| Figura 62. Switch de Acceso 2960-X 48 SFP. ....                              | 152 |
| Figura 63. Switch de Distribución 3650 de 48 Puertos. ....                   | 154 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 64. Punto de Acceso Inalámbrico AC CAP. ....       | 157 |
| Figura 65. Switch de Acceso HP 1910. ....                 | 160 |
| Figura 66. Switch de Acceso HP 1620. ....                 | 161 |
| Figura 67. Switch de Distribución HP 1950. ....           | 162 |
| Figura 68. Punto de Acceso Inalámbrico Aruba AP-205. .... | 163 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1. Análisis de Ancho de Banda.....                               | 16  |
| Tabla 2. Codecs para la Transmisión de Video.....                      | 17  |
| Tabla 3. Parámetros de Desempeño.....                                  | 18  |
| Tabla 4. Definición de Políticas de QoS.....                           | 19  |
| Tabla 5. Distribución Física de las Dependencias.....                  | 47  |
| Tabla 6. Inventario de Equipos de Comunicaciones.....                  | 51  |
| Tabla 7. Características Físicas del Switch Cisco 3550.....            | 52  |
| Tabla 8. Velocidades de Transmisión.....                               | 55  |
| Tabla 9. Asignación de Direcciones IP.....                             | 57  |
| Tabla 10. Direcciones IP Fijas para Servidores.....                    | 57  |
| Tabla 11. Análisis de Prioridades.....                                 | 59  |
| Tabla 12. Características de los Servidores.....                       | 59  |
| Tabla 13. Asignación de Direcciones Públicas.....                      | 60  |
| Tabla 14. Líneas Telefónicas.....                                      | 60  |
| Tabla 15. Análisis de Dependencias y Aplicaciones.....                 | 63  |
| Tabla 16. Crecimiento de Usuarios.....                                 | 77  |
| Tabla 17. Distribución Física de Puntos Simples de Red.....            | 78  |
| Tabla 18. Dimensiones Recomendadas del Cuarto de Telecomunicaciones... | 79  |
| Tabla 19. Switches de Capa de Acceso.....                              | 89  |
| Tabla 20. Switch de Capa de Distribución/Núcleo.....                   | 91  |
| Tabla 21. Segmentación de VLAN.....                                    | 92  |
| Tabla 22. Cantidad de Direcciones IP.....                              | 93  |
| Tabla 23. Direccionamiento IP mediante VLSM.....                       | 93  |
| Tabla 24. Análisis de Prioridades.....                                 | 97  |
| Tabla 25. Asignación de Cámaras IP por Piso.....                       | 98  |
| Tabla 26. Características de las Cámaras IP.....                       | 99  |
| Tabla 27. Resumen de Perfiles de Mercado.....                          | 103 |
| Tabla 28. Direccionamiento IP para la DMZ.....                         | 108 |
| Tabla 29. Traducción de Direcciones de Red.....                        | 108 |
| Tabla 30. Listas de Acceso aplicadas en el Firewall.....               | 109 |
| Tabla 31. Características de Switches de Capa de Acceso.....           | 115 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 32. Características de los Puntos de Acceso Inalámbricos.....       | 116 |
| Tabla 33. Características de Equipos de Capa de Distribución/Núcleo. .... | 117 |
| Tabla 34. Salidas de Telecomunicaciones. ....                             | 120 |
| Tabla 35. Base Referencial de Precios. ....                               | 121 |
| Tabla 36. APU. Rubro # 1. ....  | 125 |
| Tabla 37. APU. Rubro # 2. ....  | 126 |
| Tabla 38. APU. Rubro # 3. ....  | 127 |
| Tabla 39. APU. Rubro # 4. ....  | 128 |
| Tabla 40. APU. Rubro # 5. ....  | 129 |
| Tabla 41. APU. Rubro # 6. ....  | 130 |
| Tabla 42. APU. Rubro # 7. ....  | 131 |
| Tabla 43. APU. Rubro # 8. ....  | 132 |
| Tabla 44. APU. Rubro # 9. ....  | 133 |
| Tabla 45. APU. Rubro # 10. ....   | 134 |
| Tabla 46. APU. Rubro # 11. ....   | 135 |
| Tabla 47. APU. Rubro # 12. ....   | 136 |
| Tabla 48. APU. Rubro # 13. ....   | 137 |
| Tabla 49. APU. Rubro # 14. ....   | 138 |
| Tabla 50. APU. Rubro # 15. ....   | 139 |
| Tabla 51. APU. Rubro # 16. ....   | 140 |
| Tabla 52. APU. Rubro # 17. ....   | 141 |
| Tabla 53. APU. Rubro # 18. ....   | 142 |
| Tabla 54. APU. Rubro # 19. ....   | 143 |
| Tabla 55. APU. Rubro # 20. ....   | 144 |
| Tabla 56. APU. Rubro # 21. ....   | 145 |
| Tabla 57. Oferta Final.....   | 146 |
| Tabla 58. Costos de los Equipos de Conmutación.....                       | 149 |
| Tabla 59. Especificaciones Técnicas Switch 2960-X 24 SFP.....             | 149 |
| Tabla 60. Especificaciones Técnicas Switch 2960-X 48 SFP.....             | 152 |
| Tabla 61. Especificaciones Técnicas Switch 3650 de 48 Puertos.....        | 155 |
| Tabla 62. Especificaciones Técnicas del Punto Inalámbrico AC CAP.....     | 158 |
| Tabla 63. Costo Total Referencial Alternativa Cisco. ....                 | 158 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 64. Costos de los Equipos de Conmutación.....   | 159 |
| Tabla 65. Especificaciones Técnicas Switch HP 1910. ....  | 160 |
| Tabla 66. Especificaciones Técnicas Switch HP 1620. ....  | 161 |
| Tabla 67. Especificaciones Técnicas Switch HP 1950. ....  | 162 |
| Tabla 68. Especificaciones Técnicas Access Point Aruba AP-205. ....                             | 163 |
| Tabla 69. Costo Total Referencial Alternativa HP. ....  | 164 |
| Tabla 70. Cuadro Comparativo de Costos. ....  | 164 |
| Tabla 71. Características Técnicas de los Dispositivos de Capa de Acceso<br>y Distribución..... | 166 |
| Tabla 72. Características Técnicas de los Puntos de Acceso Inalámbricos...                      | 167 |
| Tabla 73. Ventajas y Desventajas de los Fabricantes.....  | 169 |
| Tabla 74. Asignación de Nombres de Host. ....   | 185 |
| Tabla 75. Asignación de IP y Máscara a las Interfaces VLAN.....                                 | 190 |
| Tabla 76. Asignación de Direcciones IP para los Servidores. ....                                | 190 |

## **ANTECEDENTES**

Durante los últimos años, el Municipio se ha centrado en mejorar los servicios que brinda a la comunidad, sin embargo; los actuales desafíos del mercado y las nuevas tecnologías existentes hacen que las Instituciones tiendan a migrar su infraestructura de red para mejorar los servicios que brindan.

En la actualidad las instituciones públicas y privadas cuentan con una infraestructura de red básica que satisface las necesidades de interconectividad con el mundo, sin embargo la gran demanda de acceso a los servicios de una manera ágil y eficiente por parte de los usuarios hacen que las redes LAN multiservicios ganen cada vez más espacio entre las infraestructuras de red existentes.

## **ALCANCE**

Dentro del rediseño de la red LAN multiservicios se plantean las siguientes premisas a fin de satisfacer las necesidades del Municipio:

- Rediseñar física y lógicamente la infraestructura de red actual del Municipio dando acceso a los usuarios de la red a mayor número de servicios y aplicaciones.
- Permitir calidad de servicios en la infraestructura de red.
- Aumentar la seguridad lógica de la red y disminuir puntos de fallo.
- Garantizar la escalabilidad y la capacidad de gestión.
- Realizar un estudio de factibilidad tomando en cuenta los aspectos técnicos y sus costos, aspectos importantes para la toma de decisiones de una futura implementación.
- El rediseño de la red involucra únicamente dispositivos de la capa de acceso y distribución (switches y puntos de acceso inalámbricos) del modelo jerárquico.

Para cumplir con estos puntos se realizará un rediseño de la red actual de acuerdo a las especificaciones técnicas del Municipio, el rediseño planteado es revisado conjuntamente con el personal de sistemas del Municipio para validar que el rediseño cumpla con las condiciones técnicas del rediseño de la red. Los principales servicios que se integrarán serán: correo electrónico, Internet, Inalámbricas, telefonía IP y sistema de video vigilancia IP, sin embargo es posible seguir agregando más servicios debido a la característica de escalabilidad que presentará la red. Una de las limitantes en este de proyecto es el presupuesto que el Municipio tiene destinado para realizar el rediseño y la adquisición de nuevos equipos.

## **JUSTIFICACIÓN**

Con el presente proyecto se pretende modernizar toda la infraestructura de red del Municipio, permitiendo así integrar mayor número de servicios de red, haciendo uso de las bondades y oportunidades que brinda IP en cuanto a convergencia e implementación de aplicaciones de red con calidad, además permite tener una administración centralizada y garantiza la disponibilidad de los servicios; esta experiencia se podrá aplicar en otras empresas o instituciones en crecimiento en el Ecuador a fin de incrementar sus servicios de red y mejorar su infraestructura tecnológica.

Actualmente el Municipio cuenta con una infraestructura básica de red LAN, la cual en los últimos tiempos se ha visto sobrecargada, tomando en cuenta que las actuales condiciones físicas y lógicas de la actual red no son las óptimas. La demanda de los usuarios a los servicios que presta el Municipio hace que en ocasiones la red disminuya su rendimiento provocando lentitud en las aplicaciones y servicios.

Para poder soportar el tráfico e integrar nuevos servicios es necesario implementar una red LAN multiservicios que permitan escalabilidad y

flexibilidad en su topología, para atender las necesidades de todos sus usuarios, y así lograr robustez de gestión.

## **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **Objetivo General**

Rediseñar una red LAN multiservicios optimizada con el propósito de mejorar la infraestructura de comunicación del Municipio del Cantón Tulcán.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar un levantamiento actual de información de la topología de red del Municipio.
- Realizar un análisis de servicios y aplicaciones para determinar el consumo de recursos de red.
- Investigar, analizar y comparar metodologías de diseño y tecnologías existentes en el mercado como vía para determinar los requerimientos de la infraestructura, claves para el soporte multiservicio.
- Analizar de forma técnica la actual infraestructura de red del Municipio para evaluar la reutilización de recursos.
- Rediseñar la infraestructura de red del Municipio para el soporte LAN multiservicios.
- Realizar un análisis de costos de equipos de conmutación ajustándose a las necesidades tecnológicas que requiere el Municipio.
- Proponer mejoras para la gestión de la red.

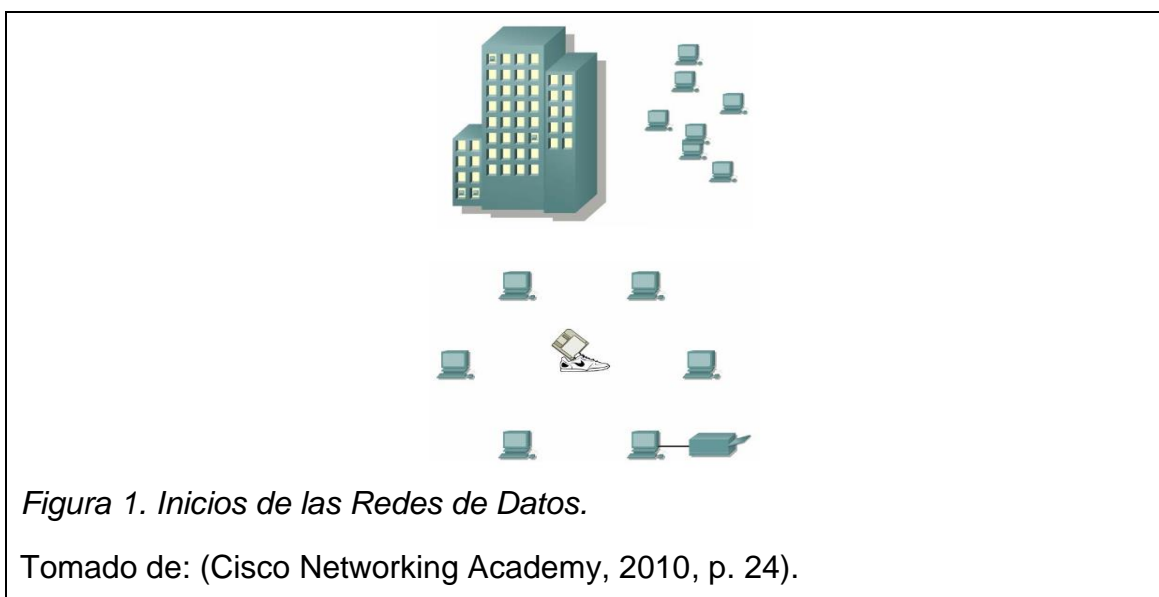
## CAPITULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 1. Introducción

El presente capítulo es la base para el desarrollo del proyecto, abarcando temas puntuales y necesarios para el sustento teórico y práctico de los capítulos siguientes. Se expondrán temas como aspectos generales de redes de área local, topologías de redes cableadas e inalámbricas, redes convergentes, telefonía IP, redes inalámbricas, calidad de servicio, seguridades en las redes de datos, finalmente se realiza una elección de la metodología a emplear.

#### 1.1. Inicios de las Redes de Datos

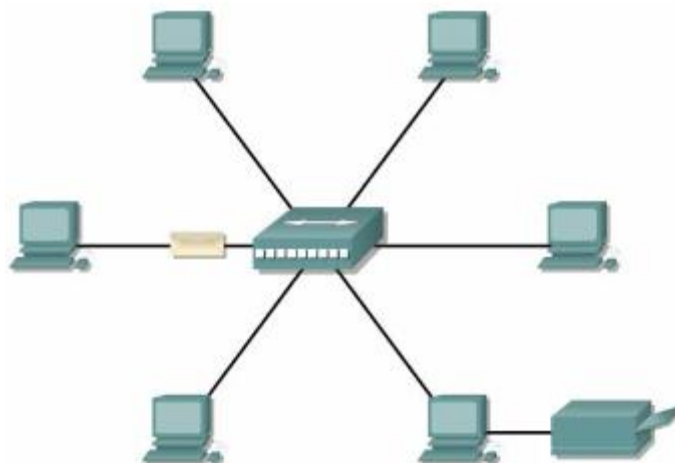
Las redes de comunicaciones surgen por la necesidad de compartir recursos entre dispositivos que se encontraban funcionando de forma independiente. Con el tiempo las redes se expandieron con la misma rapidez que las nuevas tecnologías aparecían. Esta expansión fue de gran ayuda principalmente para las empresas quienes necesitaban satisfacer necesidades como: evitar dispositivos duplicados, lograr comunicación de forma eficiente, administración de la red y disminuir el costo en equipos. (Cisco Networking Academy, 2010)



Las primeras redes aparecieron con distinto tipo de hardware y software, ya que cada empresa dedicada al desarrollo de redes usaba sus propios estándares, dando como resultado la incompatibilidad con las nuevas tecnologías. Esto obligaba a eliminar equipos obsoletos y adquirir nuevos equipos de red. Debido al gasto que esto significaba apareció un estándar el cual brindaba ciertas reglas o normas abiertas para la creación de software y hardware, es así como surge las Redes de Área Local conocidas como redes LAN (LAN por sus siglas en inglés). (Cisco Networking Academy, 2010)

### 1.1.1. Redes de Área Local (LAN)

La red LAN es una infraestructura que permite compartir recursos, información e interactuar con los usuarios dentro de una área geográficamente pequeña, brindan un ancho de banda de alta velocidad para acceder a los servicios y aplicaciones. El medio de transmisión para las redes LAN puede ser cable UTP (Unshielded Twisted Pair por sus siglas en inglés), fibra óptica, medios inalámbricos, etc. (Cisco Networking Academy, 2010)



*Figura 2. Redes de Área Local (LAN).*

Tomado de: (Cisco Networking Academy, 2010, p. 24).



### 1.1.2. Características de las Redes LAN

Las principales características de las Redes LAN se describen a continuación:

- **Resistencia**

Consiste en la disponibilidad que una red debe brindar ante posibles fallos lógicos o físicos de la red. La redundancia permite tener resistencia en una red. (Cisco Networking Academy, 2015)

Redundancia: el diseño de una red redundante reduce el riesgo de cortes o caídas de los servicios, garantizando funcionalidad de la red. (Cisco Networking Academy, 2015)

- **Flexibilidad**

Esta característica brinda la facilidad de agregar o quitar servicios o dispositivos según las necesidades de la empresa sin afectar el núcleo o base de la infraestructura de red. (Cisco Networking Academy, 2015)

Escalabilidad: la escalabilidad es un requisito importante en una red ya que brinda la capacidad de reaccionar y adaptarse a cambios en la topología de la red sin perder la calidad en el envío de datos. (Cisco Networking Academy, 2015)

- **Seguridad**

La red debe tener un alto nivel de confiabilidad tanto físico como lógico para evitar ataques y pérdida de información; para esto se hace uso de listas de acceso (ACL por sus siglas en inglés), redes virtuales (VLAN por sus siglas en inglés), etc. (Cisco Networking Academy, 2010)

- **Disponibilidad**

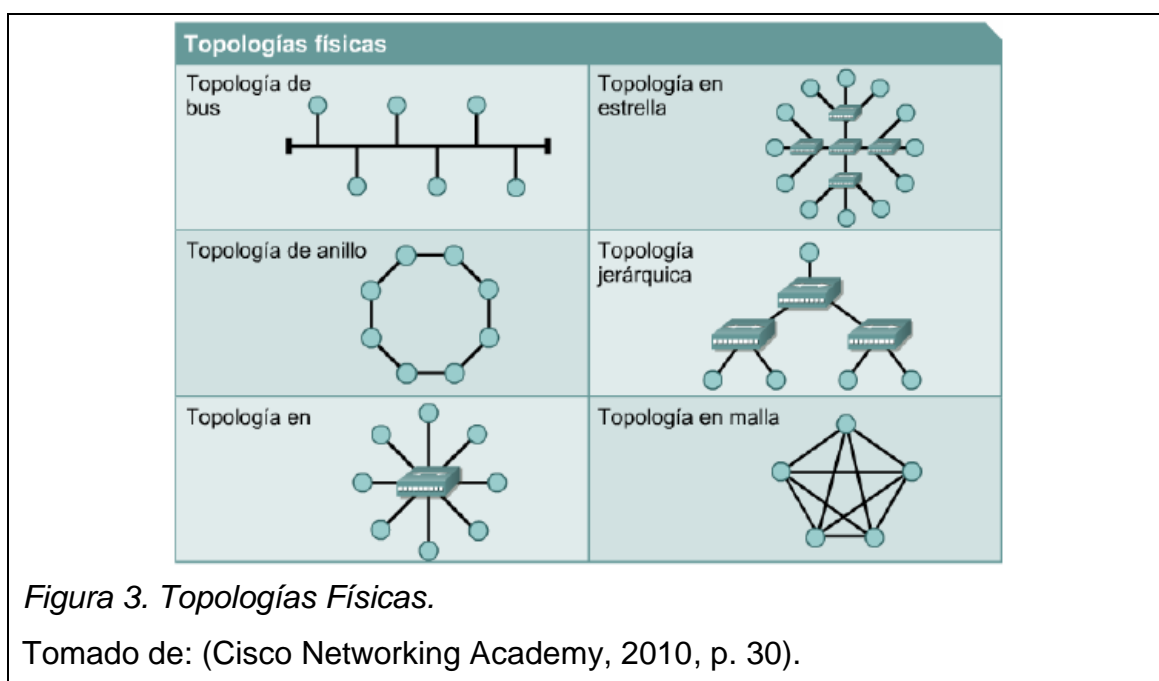
Es la capacidad que debe tener la red para que los clientes puedan tener acceso a los servicios de manera permanente, es decir la red debe permitir continuidad en las operaciones de la empresa. (Cisco Networking Academy, 2010)

## 1.2. Topologías de una Red de Datos

Una topología se refiere a como están ubicados los dispositivos dentro de una red y la forma como estos se comunican entre sí. Las topologías se clasifican en topología física y topología lógica. (Cisco Networking Academy, 2010)

### 1.2.1. Topología Física

Se refiere a la disposición real de cómo están físicamente ubicados y conectados los dispositivos en la red a través de medios físicos. Algunas de las topologías físicas más usadas se muestran en la Figura 3. (Cisco Networking Academy, 2010)



### **1.2.2. Topología Lógica**

Se refiere a como los dispositivos o hosts intercambian datos a través de un medio (Cisco Networking Academy, 2010).

Las topologías lógicas más conocidas son:

#### **Broadcast**

Cuando un host desea enviar datos, este los envía a todos los host con los que comparte el medio físico. No hay un orden en que las estaciones o hosts puedan hacer uso de la red para transmitir datos, sino que es por orden de llegada. (Cisco Networking Academy, 2010)

#### **Transmisión de Tokens**

Como su nombre lo indica, esta topología hace uso de tokens electrónicos para el acceso a la red, es decir para que un host pueda enviar datos, éste debe poseer un token para que pueda enviar información o datos a través de la red. Dos ejemplos de redes que hacen uso tokens es la Interfaz de Datos Distribuida por Fibra (FDDI por sus siglas en inglés) y las redes Token Ring. (Cisco Networking Academy, 2010)

### **1.3. Modelos Jerárquico y Modular**

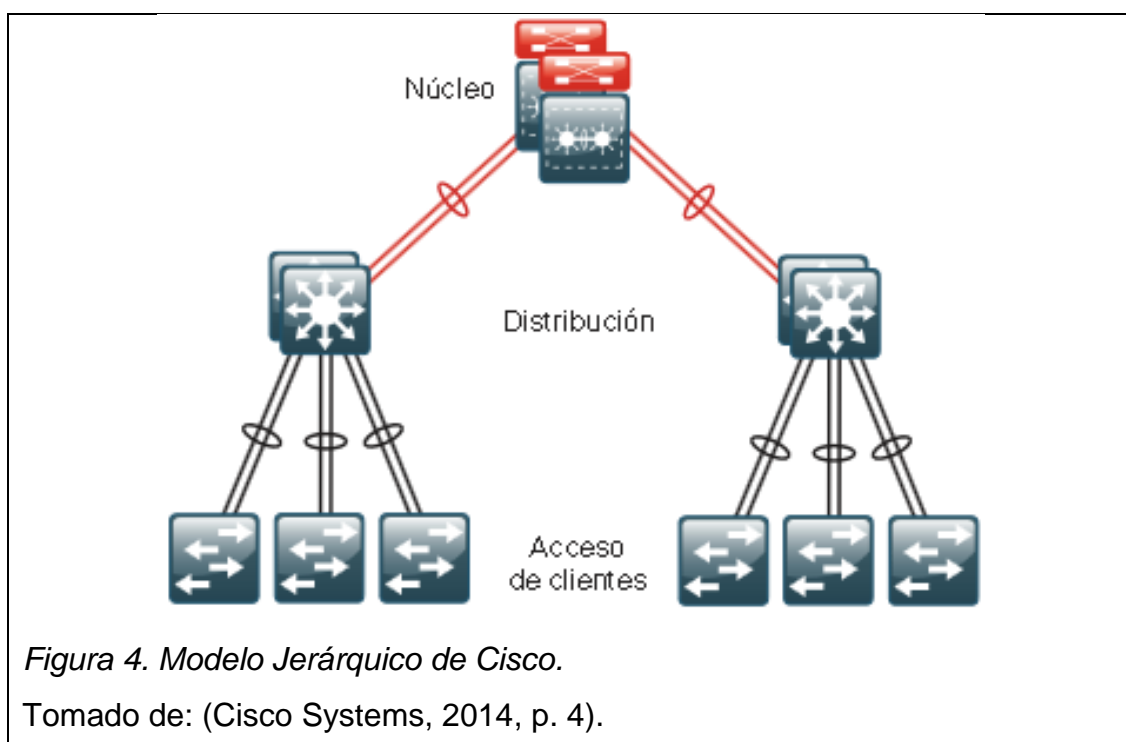
Una red debe ser diseñada de tal manera que cumpla con las necesidades técnicas y económicas. Para cumplir con este punto existen modelos que permiten diseñar e implementar una red que brinde disponibilidad, escalabilidad, flexibilidad, redundancia, resistencia y seguridad. (Cisco Networking Academy, 2015)

### 1.3.1. Modelo Jerárquico

Es un modelo que permite dividir a la red de manera lógica en tres capas, implementando en cada capa funciones específicas. Por ejemplo el tráfico puede ser tratado de manera independiente según en la capa de red que se encuentre, esto brinda un mejor diseño, implementación y administración de la red. (Cisco Systems, 2014)

El diseño de red jerárquico presenta las siguientes capas:

- Capa de núcleo: brinda conectividad entre las capas de distribución.
- Capa de distribución: permite conectar la capa de núcleo con la capa de acceso.
- Capa de acceso: brinda acceso directo a la red a los usuarios finales. (Cisco Systems, 2014)



### **1.3.1.1. Capa de Núcleo**

La función principal es agilizar el tráfico hacia el exterior, permitiendo suministrar la comunicación de manera eficiente (Arigalleno & Barrientos, 2010). Los equipos de esta capa deben soportar disponibilidad de servicios (Cisco Systems, 2014).

Los tipos de dispositivos que soporta la capa de núcleo son:

- Switches Cisco Catalyst serie 6807-XL con Cisco Catalyst 6500 Supervisor Engine 2T.
- Switches Cisco Catalyst serie 6500 con Cisco Catalyst 6500 Supervisor Engine 2T. (Cisco Systems, 2014)

### **1.3.1.2. Capa de Distribución**

Esta capa es la encargada de comunicar o conectar dispositivos de la capa de núcleo con dispositivos de la capa de acceso. En esta capa los dispositivos deben soportar puertos de alta velocidad, calidad de servicio (QoS por sus siglas en inglés) y listas de acceso (ACL por sus siglas en inglés). (Arigalleno & Barrientos, 2010)

Los tipos de dispositivos que soporta la capa de distribución son:

- Switches Cisco Catalyst de la serie 6500 con Supervisor Engine 2T.
- Switches Cisco Catalyst de la serie 6880-X.
- Switches Cisco Catalyst de la serie 4500-X.
- Switches Cisco Catalyst de la serie 4507R+E.
- Switches Cisco Catalyst de la serie 3750-X. (Cisco Systems, 2014)

### 1.3.1.3. Capa de Acceso

Esta capa ofrece conectividad a los usuarios de la red, además, es donde se concentra el tráfico generado por el usuario. Los equipos de esta capa deben soportar calidad de servicio (QoS por sus siglas en inglés), redes virtuales (VLAN por sus siglas en inglés). (Arigalleno & Barrientos, 2010)

Los tipos de dispositivos que soporta la capa de acceso son:

- Switches Cisco Catalyst de la serie 2960-S.
- Switches Cisco Catalyst de la serie 2960-X.
- Switches Cisco Catalyst de la serie 3560-X.
- Switches Cisco Catalyst de la serie 3750-X.
- Switches Cisco Catalyst de la serie 3650.
- Switches Cisco Catalyst de la serie 3850.
- Switches Cisco Catalyst de la serie 4500E. (Cisco Systems, 2014)

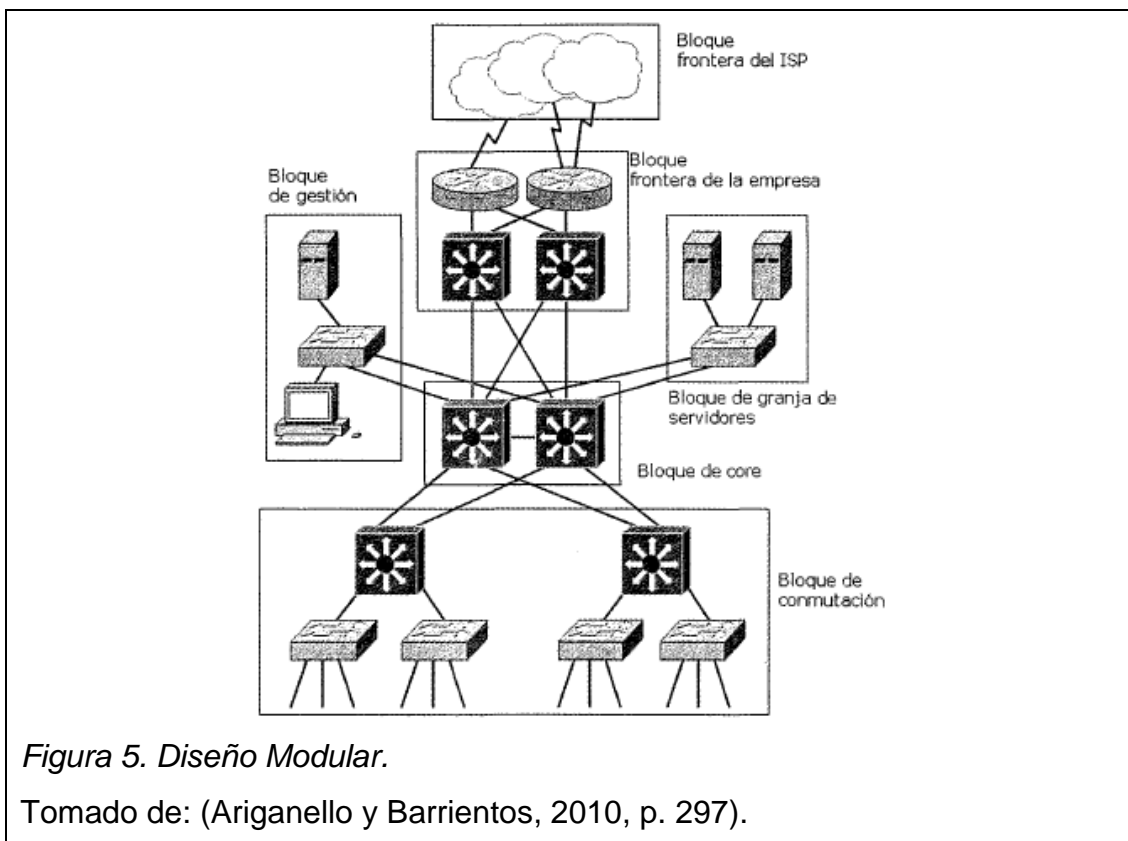
### 1.3.2. Modelo Modular

El modelo Modular a diferencia del Jerárquico se divide en unidades lógicas denominadas bloques, que brindan un servicio específico dentro de una red. (Arigalleno & Barrientos, 2010)

El diseño modular presenta los siguientes bloques:

- **Conmutación:** la función es proporcionar una especie de blindaje al tráfico, por lo tanto los paquetes de broadcast no deben pasar de este bloque, para esto se definen las redes virtuales (VLAN por sus siglas en inglés) para limitar los dominios de difusión. La ubicación de los switches de acceso y distribución deben estar físicamente al mismo nivel.

- **Núcleo:** la función principal es agilizar que los datos se muevan de la forma más rápida. Este bloque es considerado como backbone de la red.
- **Granja de Servidores:** la función es permitir que un servidor sea accesible desde cualquier bloque de conmutación. Los servidores deben tener conexión directa a los switches de acceso y distribución.
- **Gestión:** la principal función es la gestión de la red, en este bloque se instalan las aplicaciones de administración y gestión. Este bloque que permite gestión de los switches de acceso y distribución.
- **Frontera de la Empresa:** la función es proporcionar conectividad de la red interna (red privada) con la red externa (Internet).
- **Frontera del Proveedor (ISP)** (ISP por sus siglas en inglés): la función es proporcionar conectividad de la red externa (Internet) con la red interna (red privada). Se encuentran los servicios externos contratados al ISP para brindar conexión al bloque de frontera de la empresa. (Arigalleno & Barrientos, 2010)



## **1.4. Redes de Datos Convergentes**

Una red convergente planteada por Cisco consiste en una arquitectura que soporte servicios de voz, video, video conferencia, entre otros servicios, esta red ha sido considerada de gran importancia especialmente para las empresas, ya que les permite migrar su red de datos tradicional a una red que se caracteriza por soportar tecnologías de carácter emergente, tales como datos, voz y video sobre una misma infraestructura IP, generando de esta manera facilidades en el envío y recepción de datos. Los beneficios que brindan estas redes se caracterizan por su bajo costo, flexibilidad y eficiencia en la transmisión de datos de alta calidad, posibilitando de esta manera el acceso de usuarios a varios servicios y aplicaciones. Entre las principales aplicaciones se encuentran: televisión por cable, internet de alta velocidad, audio y video Streaming, etc. (Terán, 2011)

Para dar soporte a la transmisión de servicios de voz en tiempo real y el establecimiento de sesiones, han surgido protocolos con funcionalidades específicas como arquitectura, disponibilidad, seguridad que permiten el transporte de los paquetes de voz. Los protocolos se clasifican en: protocolos de transporte y protocolos de señalización. (Joskowicz, 2013)

### **1.4.1. Protocolos de Voz en Redes Convergentes**

Los protocolos son usados para la transmisión de voz y video sobre una infraestructura IP.

#### **1.4.1.1. Protocolos de Transporte**

A continuación se describen los principales protocolos que se encargan del transporte de paquetes en tiempo real:



**RTP (Real-Time Transfer Protocol):** RTP permite enviar voz y video en tiempo real, además funciona sobre el Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP por sus siglas en inglés) que no asegura la calidad en los servicios. El protocolo incluye en sus paquetes; marcas de tiempo, monitoreo de entrega y números de secuencia. (Joskowicz, 2013)

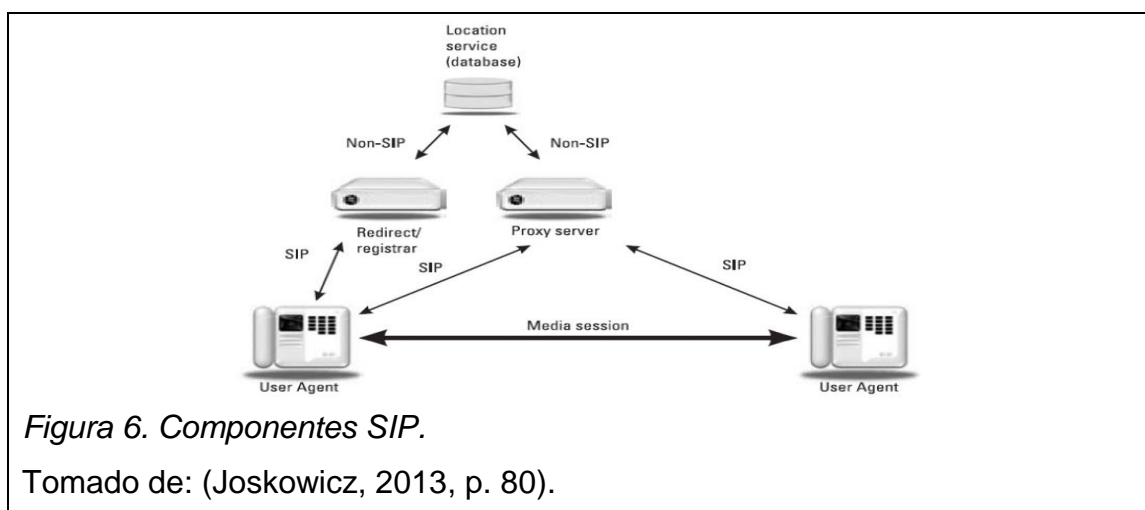
**RTCP (Real Transfer Control Protocol):** RTCP es un protocolo que permite realizar el control en la comunicación, envía constantemente paquetes de control cuando ya está establecida una sesión entre dos o más participantes. (Joskowicz, 2013)

#### 1.4.1.2. Protocolos de Señalización

Los protocolos de señalización son los encargados de iniciar y terminar las sesiones, entre los principales protocolos se encuentran los siguientes:

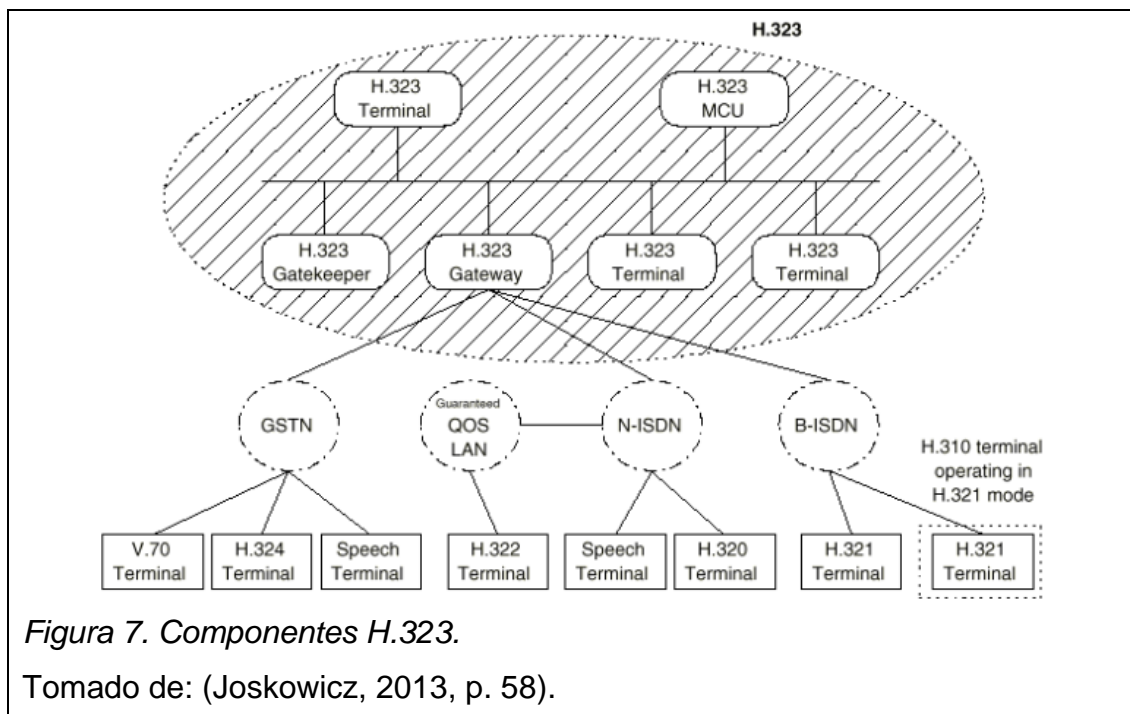
#### SIP (Session Initiation Protocol)

El protocolo SIP se emplea para establecer el inicio y fin de una sesión multimedia, presenta una arquitectura cliente-servidor. La Figura 6 muestra los principales componentes como: Agentes SIP, Servidor SIP y Gateway SIP. (Joskowicz, 2013)



## H.323

Este es un protocolo independiente de la capa física que usa la red conmutada de paquetes para proveer servicios multimedia como voz, video y datos haciendo uso del Protocolo de Control de Transmisión (TCP por sus siglas en inglés) y el Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP por sus siglas en inglés). La Figura 7 muestra los principales componentes como: terminales H.323, gateways, controlador H.323 y las unidades de control multipunto. (Joskowicz, 2013)



### 1.4.2. Ancho de Banda para Voz

La cantidad de ancho de banda que se requiere para transmitir la voz depende de la sobrecarga que generan los paquetes de voz. Para el envío de paquetes de voz se usa el protocolo RTP, éste se encapsula en UDP y luego se encapsula en IP, para finalmente viajar sobre Ethernet, este proceso de encapsulación hace que el ancho de banda sea mucho mayor al ancho de banda original de los flujos de voz. (Joskowicz, 2013)

En la Tabla 1 se muestran los valores necesarios de ancho de banda de algunos codecs, donde se evidencia que el ancho de banda varía dependiendo del uso del códec. (Joskowicz, 2013)

*Tabla 1. Análisis de Ancho de Banda.*

| Tipo de Codec      | Duración de Trama (ms) | Bytes de voz/Trama | Bytes de paquete IP | Bytes de trama Ethernet | Ancho de Banda en LAN (kbps) |
|--------------------|------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|------------------------------|
| G.711 (64 kb/s)    | 10                     | 80                 | 120                 | 146                     | 116,8                        |
|                    | 20                     | 160                | 200                 | 226                     | 90,4                         |
|                    | 30                     | 240                | 280                 | 306                     | 81,6                         |
| G.729 (8 kb/s)     | 10                     | 10                 | 50                  | 76                      | 60,8                         |
|                    | 20                     | 20                 | 60                  | 86                      | 34,4                         |
|                    | 30                     | 30                 | 70                  | 96                      | 25,6                         |
| G.723.1 (6.3 kb/s) | 30                     | 24                 | 64                  | 90                      | 23,9                         |
| G.723.1 (5.3 kb/s) | 30                     | 20                 | 60                  | 86                      | 22,9                         |

Tomado de: (Joskowicz, 2013, p. 18).

#### **1.4.3. Video sobre Redes de Datos**

Los protocolos más usados para transmitir video sobre IP son RTP y RTCP, sin embargo algunos sistemas de video no usan el protocolo RTP para la transmisión sino que incluyen sus propios paquetes directamente en el protocolo UDP haciendo que la sobrecarga sea menor. (Joskowicz, 2013)

#### **1.4.4. Ancho de Banda para Video**

En la actualidad existen un sinnúmero de nuevas aplicaciones de video como por ejemplo: TV satelital, video conferencia, IP-TV, etc. El ancho de banda para video depende de la imagen y la secuencia en que se transmite, además puede establecerse de acuerdo a las necesidades del usuario y de las aplicaciones. Cada una de estas aplicaciones tiene sus propias características como es la calidad, velocidad, etc. La Tabla 2 resume los codecs más conocidos para la transmisión de video. (Joskowicz, 2013)

Tabla 2. Codecs para la Transmisión de Video.

| Característica                                    | MPEG-1         | MPEG-2                                    | MPEG-4                                    | H.264/MPEG-4 Part 10/AVC                    |
|---|----------------|---|---|---|
| Tamaño del macro-bloque                           | 16x16          | 16x16 (frame mode)<br>16x8 (field mode)   | 16x16                                     | 16x16                                       |
| Tamaño del bloque                                 | 8x8            | 8x8                                       | 16x16<br>8x8, 16x8                        | 8x8, 16x8, 8x16,<br>16x16, 4x8, 8x4,<br>4x4 |
| Transformada                                      | DCT            | DCT                                       | DCT/DWT                                   | 4x4 Integer transform                       |
| Tamaño de la muestra para aplicar la transformada | 8x8            | 8x8                                       | 8x8                                       | 4x4   |
| Codificación                                      | VLC            | VLC                                       | VLC                                       | VLC, CAVLC, CABAC                           |
| Estimación y compensación de movimiento           | Si             | Si  | Si  | Si, con hasta 16 MV                         |
| Perfiles  | No             | 5 perfiles, varios niveles en cada perfil | 8 perfiles, varios niveles en cada perfil | 3 perfiles, varios niveles en cada perfil   |
| Tipo de cuadros                                   | I,P,B,D        | I,P,B                                     | I,P,B                                     | I,P,B,SI,SP                                 |
| Ancho de banda                                    | Hasta 1.5 Mbps | 2 a 15 Mbps                               | 64 kbps a 2 Mbps                          | 64 kbps a 150 Mbps                          |
| Complejidad del codificador                       | Baja           | Media                                     | Media                                     | Alta  |
| Compatibilidad con estándares previos             | Si             | Si  | Si  | No  |

Tomado de: (Joskowicz, 2013, p. 20).

#### 1.4.5. Factores que afectan la Calidad de Audio y Video

La transmisión de audio y video sobre la red IP tienen ciertos factores que hacen que la señal se vea afectada, entre estos factores tenemos los siguientes:

##### Factor de Compresión

La compresión puede afectar la calidad de video, por tal razón debe usarse un factor de compresión que reduzca este inconveniente, esto puede evidenciarse en imágenes y videos de alta resolución donde la calidad de las imágenes llegan a degradarse. (Joskowicz, 2013)

##### Jitter

El Jitter es la variación en la latencia que existe desde un emisor a un receptor. Los paquetes deben ser decodificados a intervalos constantes, para lo cual se

hace uso de un buffer con el objetivo de disminuir la variación de las demoras y así poder reproducir la señal de una manera correcta. (Joskowicz, 2013)

## Demora

La demora se ve afectada por algunos factores como: algoritmos de codificación, demoras en el procesamiento y latencia. Estos factores no afectan en si al video y voz sino a la calidad de la conversación e imágenes. (Joskowicz, 2013)

## Pérdida de Paquetes

En la transmisión de tráfico multimedia la pérdida de paquetes puede afectar la calidad en la imagen y existir degradación del sonido, esto depende de algunos factores como los estudiados en este punto, lo ideal es tratar de transmitir con el menor número de pérdida de paquetes, para esto es necesario aplicar técnicas de calidad de servicio para que los datos enviados puedan llegar a su destino, con esto se logra identificar los paquetes que puedan afectar la calidad. (Joskowicz, 2013)

*Tabla 3. Parámetros de Desempeño.*

| Aplicación         | Simetría     | Retardo pta a pta                         | Jitter (ms) | Pérdida de paquetes |
|--------------------|--------------|---|-------------|---------------------|
| Conversación       | Ida y vuelta | < 150 ms (Preferido)<br>< 400 ms (Máximo) | < 1         | < 3 %               |
| Streaming de audio | Solo ida     | < 10 s                                    | < 1         | < 1%                |
| Mensajes de Voz    | Solo ida     | < 1 s (reproducir)<br>< 2 s (grabar)      | < 1         | < 3%                |

Tomado de: (Guerra, Irigaray y Casas, 2005, p. 20).

## 1.5. Calidad de Servicio en Redes IP (QoS)

QoS permite a una red IP tener la habilidad de dar mejor servicio a uno o varios usuarios o aplicaciones dentro de un segmento de una red. (Arigalleno & Barrientos, 2010)

Para poder aplicar QoS es necesario realizar lo siguiente:

**Identificar los tipos de tráfico:** consiste en la realización de una auditoria de la red obteniendo datos en determinados momentos en que la red este ocupada o saturada, y otras capturas donde la red este con carga normal de tráfico. (Arigalleno & Barrientos, 2010)

**Definición de políticas para cada clase:** definir el ancho de banda máximo y mínimo, asignación de niveles de prioridad y hacer uso de herramientas que sean adecuadas para la congestión. (Arigalleno & Barrientos, 2010)

*Tabla 4. Definición de Políticas de QoS.*

| Application  | Layer 3 Classification |          |       | Layer 2 CoS/MPLS EXP |  |
|--|------------------------|----------|-------|----------------------|--|
|  | IPP                    | PHB      | DSCP  |                      |  |
| IP Routing   | 6                      | CS6      | 48    | 6                    |  |
| Voice  | 5                      | EF       | 46    | 5                    |  |
| Interactive Video                                      | 4                      | AF41     | 34    | 4                    |  |
| Streaming-Video  | 4                      | CS4      | 32    | 4                    |  |
| Locally-Defined Mission-Critical Data (see note below) | 3                      | —        | 25    | 3                    |  |
| Call-Signaling (see note below)                        | 3                      | AF31/CS3 | 26/24 | 3                    |  |
| Transactional Data                                     | 2                      | AF21     | 18    | 2                    |  |
| Network Management                                     | 2                      | CS2      | 16    | 2                    |  |
| Bulk Data  | 1                      | AF11     | 10    | 1                    |  |
| Scavenger  | 1                      | CS1      | 8     | 1                    |  |
| Best Effort  | 0                      | 0        | 0     | 0                    |  |

Tomado de: (Cisco Systems, 2014, p. 24).

### 1.5.1. Modelos de Calidad de Servicios (QoS)

Los modelos de QoS se describen a continuación:

#### **1.5.1.1. Modelo Best-Effort**

En este modelo no existe QoS y todos los paquetes dentro de la red reciben el mismo trato, la ventaja del modelo es la facilidad de implementación, sin embargo una desventaja es que no hay algún mecanismo que garantice calidad de servicio hacia alguna aplicación en particular. (Ariganello & Barrientos, 2010)

#### **1.5.1.2. Modelo de Servicios Integrados**

Primer modelo que apareció para implementar QoS de extremo a extremo, basado en señalización y reserva de recursos. El protocolo de señalización usado es el Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP por sus siglas en inglés) que realiza la tarea de ir router por router realizando la reserva solicitada de ancho de banda cuando una aplicación lo requiere. Este modelo hace uso de muchos recursos y no es muy escalable. (Arigalleno & Barrientos, 2010)

#### **1.5.1.3. Modelo de Servicios Diferenciados**

Es el modelo más actual que apareció para cubrir las deficiencias de los modelos anteriores, la característica principal es que cada vez que realiza un salto a través de un router este modelo proporciona un nivel de servicio específico para cada clase de tráfico. Este modelo es escalable y permite soportar varios niveles de servicios, sin embargo es muy complejo de implementar. (Arigalleno & Barrientos, 2010)

En los servicios diferenciados hay que considerar lo siguiente:

- Que el tráfico sea clasificado
- Aplicar QoS dependiendo de la clase

- Dependiendo de las necesidades se debe elegir el nivel de servicio para cada tipo de clase. (Arigalleno & Barrientos, 2010)

**Clasificación del tráfico:** se pueden tener diferentes clases dependiendo de las variaciones de tráfico, estas clases van de acuerdo a las necesidades de la empresa (Arigalleno & Barrientos, 2010), las clases de tráfico son las siguientes:

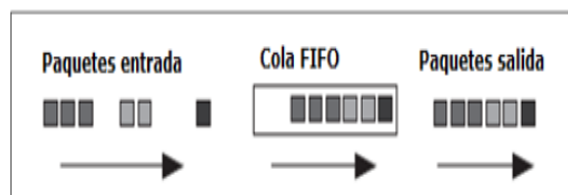
- VoIP
- Aplicación de misión crítica
- Tráfico de señalización
- Tráfico de aplicaciones de transacción
- Best-Effort
- Clase sin importancia. (Arigalleno & Barrientos, 2010)

### 1.5.2. Políticas de Encolamiento

Las políticas de encolamiento son las siguientes:

#### 1.5.2.1. Encolamiento Primero en Entrar Primero en Salir (FIFO)

Esta política consiste en organizar el tráfico para que los paquetes sean procesados en el enrutador en el mismo orden en el que ingresan a la interfaz. FIFO al ser un método de encolamiento simple no cuenta con un mecanismo para distinguir los paquetes. (Cadena, 2010)



*Figura 8. Encolamiento FIFO.*

Tomado de: (Cadena, 2010, p. 48).

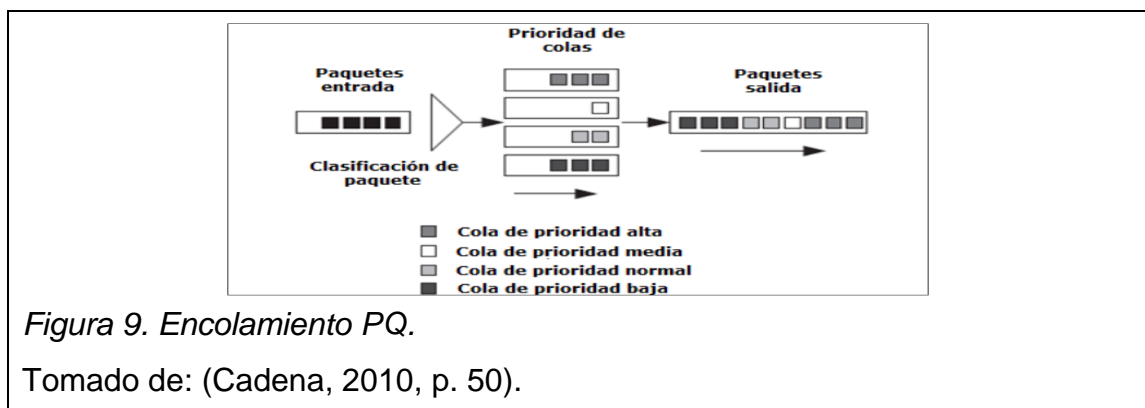


### 1.5.2.2. Encolamiento de Prioridad (Priority Queuing - PQ)

Este mecanismo de encolamiento permite priorizar el tráfico de acuerdo a ciertos criterios como protocolos, interfaces, tamaño de paquete, etc. PQ cuenta con cuatro tipos de prioridades: (Cadena, 2010)

- Alta
- Media
- Normal
- Baja

A cada paquete se le asigna un nivel de prioridad, en el caso de que a un paquete no se le asigne una prioridad, el paquete llevará prioridad normal. (Cadena, 2010)



### 1.5.2.3. Encolamiento Personalizado (Custom Queuing - CQ)

El encolamiento CQ permite crear más de 16 colas de usuarios, cada una de estas colas es atendida secuencialmente a través de un proceso CQ. Este mecanismo asegura que todas las colas sean atendidas, además el administrador puede controlar las colas en cada proceso de encolamiento. (Cadena, 2010)

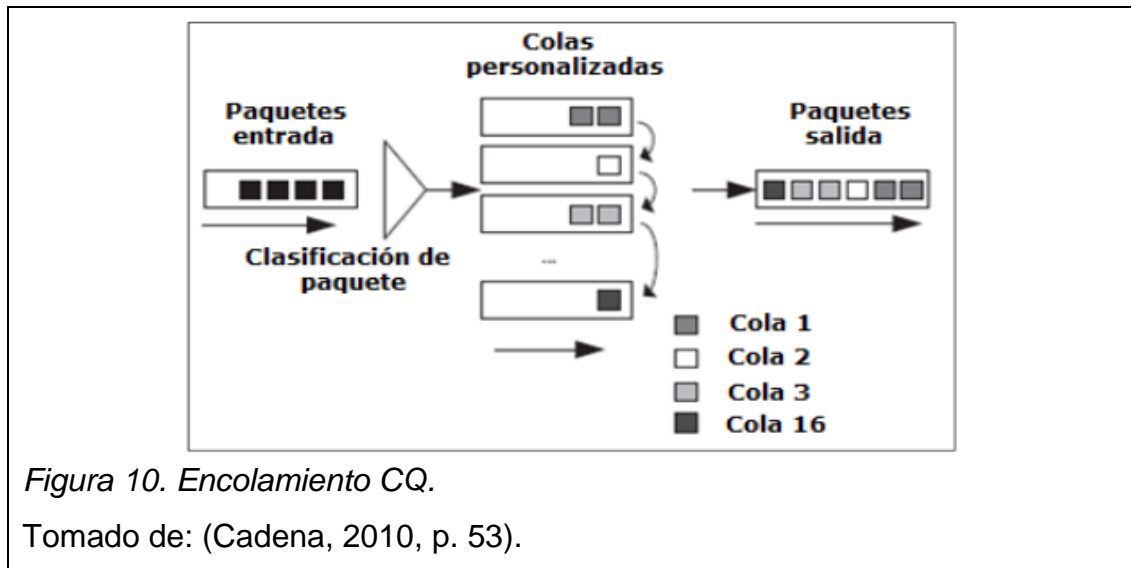


Figura 10. Encolamiento CQ.

Tomado de: (Cadena, 2010, p. 53).

#### 1.5.2.4. Encolamiento Equitativo Ponderado (Weighted Fair Queuing - WFQ)

WFQ hace uso de un mecanismo de encolamiento dinámico. Asegura que la conversación en la red comparta equitativamente el total de ancho de banda. WFQ tiene la ventaja de adaptarse de forma dinámica a los cambios en la topología, protocolos y aplicaciones. (Cadena, 2010)

#### 1.5.2.5. Prioridad IP RTP

RTP proporciona un encolamiento de prioridad estricta especialmente para tráfico sensible como la voz. IP RTP está ligado al ancho de banda, por lo tanto éste debe asegurarse que la cantidad asignada a la cola de prioridad no sobrepase el ancho de banda asignado al momento de la congestión, caso contrario RTP descarta los paquetes. (Cadena, 2010)

### 1.6. Redes Inalámbricas

Una red inalámbrica al igual que la red cableada permite conectar equipos como computadores, impresoras, etc. Las características de las redes cableadas son las mismas que las redes inalámbricas, con la diferencia que la

red inalámbrica usa el espectro radioeléctrico como medio de comunicación. Las principales ventajas de una red inalámbrica son: flexibilidad, planificación, diseño y robustez. (Varela & Domínguez, 2002)

### **1.6.1. Seguridad en Redes Inalámbricas**

En redes inalámbricas el espectro no licenciado tiene un enorme riesgo de seguridad porque existen constantes ataques de Denegación de Servicios (DoS por sus siglas en inglés), por parte de personas malintencionadas. Con solo tener un dispositivo móvil emitiendo una señal este puede ser un potencial riesgo para la red, un atacante busca constantemente las vulnerabilidades que existen en las redes de datos con el fin de obtener información confidencial. (Butler, Pietrosemoli, & Zennaro, 2013).

Las redes inalámbricas presentan las siguientes vulnerabilidades:

#### **Usuarios no Intencionados**

Al existir varios lugares con puntos de acceso inalámbricos públicos, los usuarios pueden acceder de forma gratuita y accidental a una red, esta podría ser la principal causa de que un atacante muy fácilmente pueda capturar información confidencial de usuarios que se conectan a estas redes inseguras. (Butler, Pietrosemoli, & Zennaro, 2013)

#### **War Drivers**

También conocidos como buscadores de redes, tienen como objetivo encontrar físicamente la ubicación de las redes inalámbricas, recolectando información de interés para los atacantes de la red. (Butler, Pietrosemoli, & Zennaro, 2013)

## Puntos de Acceso Piratas

Pueden presentarse dos escenarios: los puntos de acceso legítimos y los puntos de acceso mal intencionados, en ambos casos una red es vulnerable sin las debidas seguridades y políticas internas bien establecidas. Una buena práctica de seguridad es capacitar a las personas de los potenciales riesgos de implementar este tipo de redes. (Butler, Pietrosemoli, & Zennaro, 2013)

## Escuchas Subrepticias

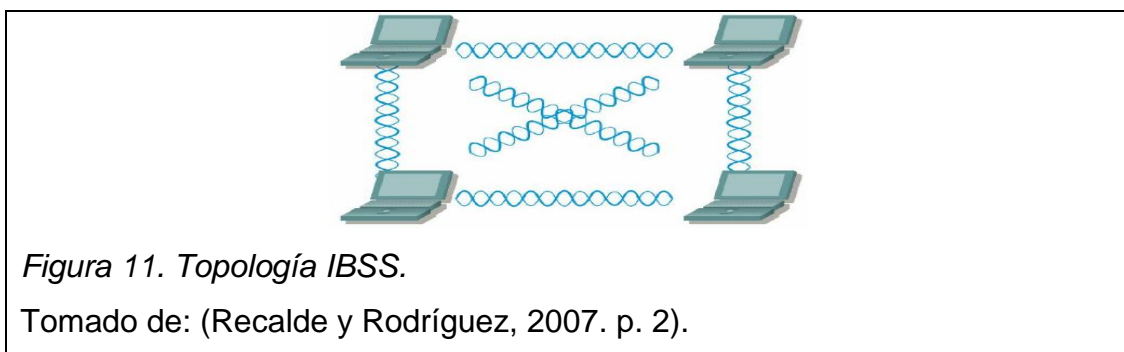
Las escuchas subrepticias no se las puede prevenir de forma completa, siempre existirán potenciales huecos de seguridad, para poder mitigar esto es necesario tener una fuerte encriptación de la información, esto se logra implementando algoritmos o protocolos que ofrezcan un fuerte nivel de encriptación y autenticación. (Butler, Pietrosemoli, & Zennaro, 2013)

### 1.6.2. Topologías en Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas presentan las siguientes topologías.

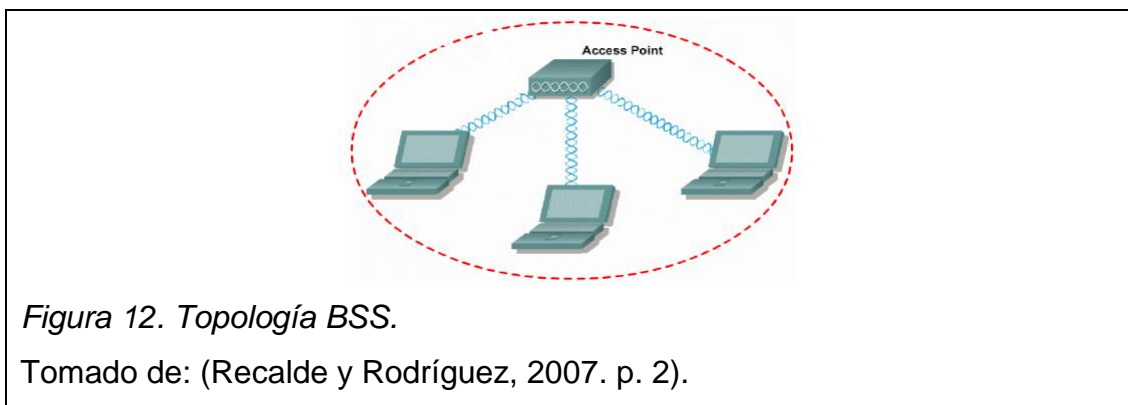
#### 1.6.2.1. Independent Basic Service Set (IBSS)

Se basa en la comunicación de forma directa entre dispositivos de red (clientes inalámbricos) sin depender de un punto de acceso, la cobertura depende de la cobertura de cada dispositivo. (Recalde & Rodríguez, 2007)



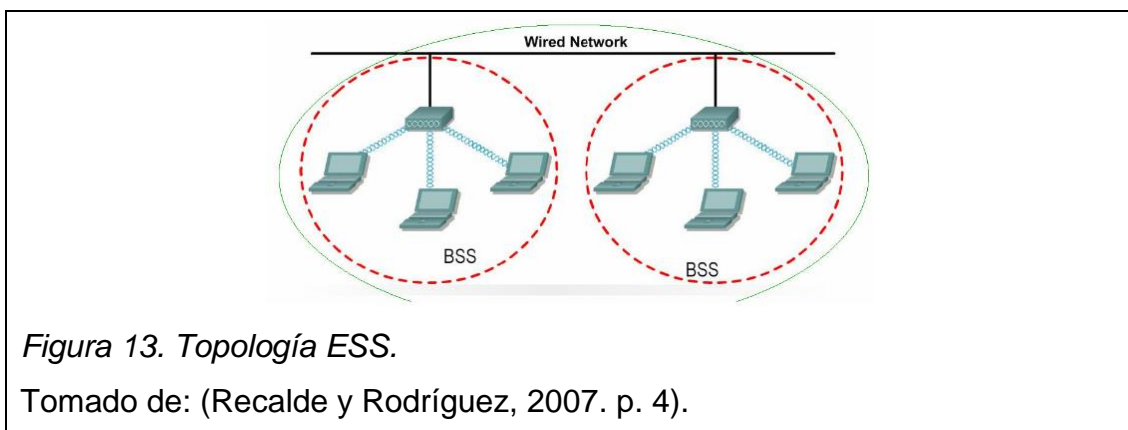
### 1.6.2.2. Basic Service Set (BSS)

Posee un punto de acceso inalámbrico al cual se conectan todos los dispositivos inalámbricos que estén dentro de la zona de cobertura, los dispositivos no pueden comunicarse de forma directa entre ellos, por lo tanto para gestionar la comunicación el encargado de esta función es el punto de acceso inalámbrico. (Recalde & Rodríguez, 2007)



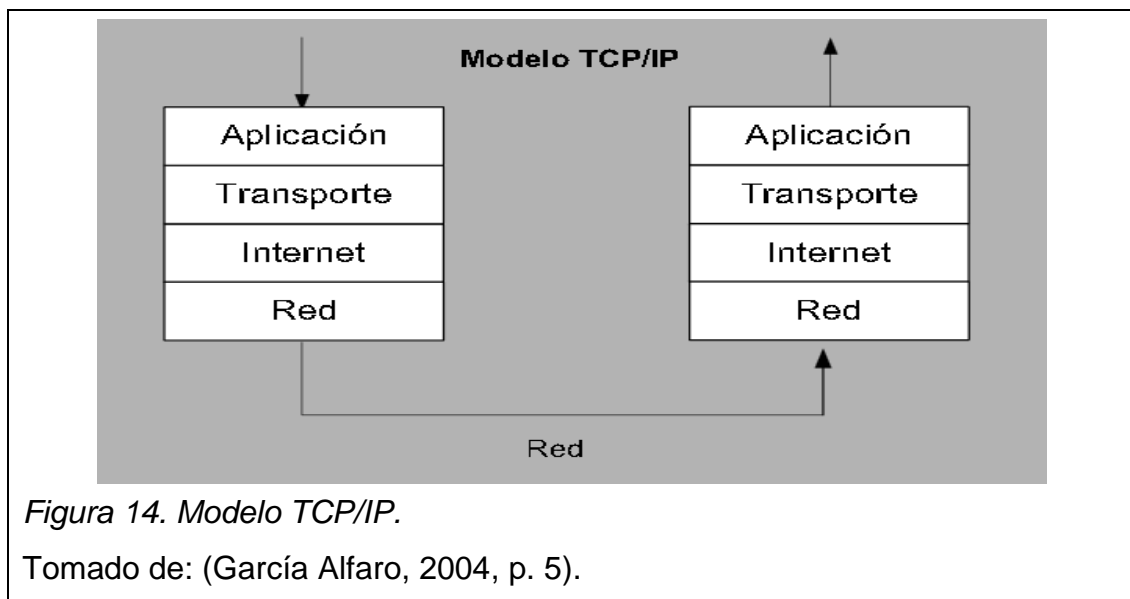
### 1.6.2.3. Extended Service Set (ESS)

Esta topología está conformada de varios BSS los cuales están conectados por un sistema de distribución cableado o inalámbrico, cada punto de acceso se conecta entre sí para que los dispositivos de red puedan comunicarse y puedan pasar de un BSS a otro sin perder la comunicación, a este servicio se le denomina roaming. (Recalde & Rodríguez, 2007)



## 1.7. Seguridad en Redes TCP/IP

Con el paso del tiempo los ataques a las redes de datos son más sofisticados, presentando vulnerabilidades tanto en el diseño de redes TCP/IP como en los sistemas operativos y dispositivos conectados al Internet. TCP/IP al ser un modelo por capas un atacante puede explotar de manera independiente cada una de ellas. (García Alfaro, 2004)



A continuación se describen las vulnerabilidades más comunes en cada una de las capas del modelo:

### Vulnerabilidades de la Capa de Red

Estas vulnerabilidades hacen referencia al medio por el cual se realiza la conexión, por lo tanto el problema de control de acceso y confidencialidad de la información es una de las principales desventajas de esta capa. Un ejemplo de vulnerabilidad de capa de red son los ataques punto a punto, por ejemplo desviar cables a otros sistemas, interceptación de comunicaciones, etc. (García Alfaro, 2004)

## **Vulnerabilidades de la Capa de Internet**

Son ataques que afectan al datagrama IP. Los ataques más conocidos son: técnicas de sniffing, modificación de datos, entre otros. En esta capa los paquetes son autenticados mediante una dirección IP. (García Alfaro, 2004)

## **Vulnerabilidades de la Capa de Transporte**

La vulnerabilidad más conocida en esta capa es la denegación de servicios. Además se encuentran problemas como autenticación, integridad y confidencialidad. Lo más grave en esta capa es la interceptación de sesiones TCP que se encuentran ya establecidas, esto debido a las debilidades que presenta el protocolo TCP. (García Alfaro, 2004)

## **Vulnerabilidades de la Capa de Aplicación**

Las vulnerabilidades dependen de la cantidad de protocolos presentes en esta capa, los protocolos más conocidos que presentan deficiencia de seguridad son: Servicio de Nombres de Dominio (DNS por sus siglas en inglés), Telnet, Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP por sus siglas en inglés), Protocolo de Transferencia de Hyper Texto (HTTP por sus siglas en inglés). (García Alfaro, 2004)

### **1.7.1. Mecanismos de Prevención**

Dentro de una red de computadoras con conexión a Internet, cualquier dispositivo de red puede ser un potencial riesgo de seguridad, al existir servicios que constantemente están abiertos y expuestos al exterior (Internet) como por ejemplo los servicios Web y DNS, cualquier equipo podría ser el origen de algún potencial ataque a la intranet. La prevención de ataques informáticos consiste en colocar mecanismos de seguridad que proporcionen de alguna manera un nivel de defensa que eviten el acceso no autorizado a la red interna. (García Alfaro, 2004), a continuación se describen los mecanismos más conocidos:

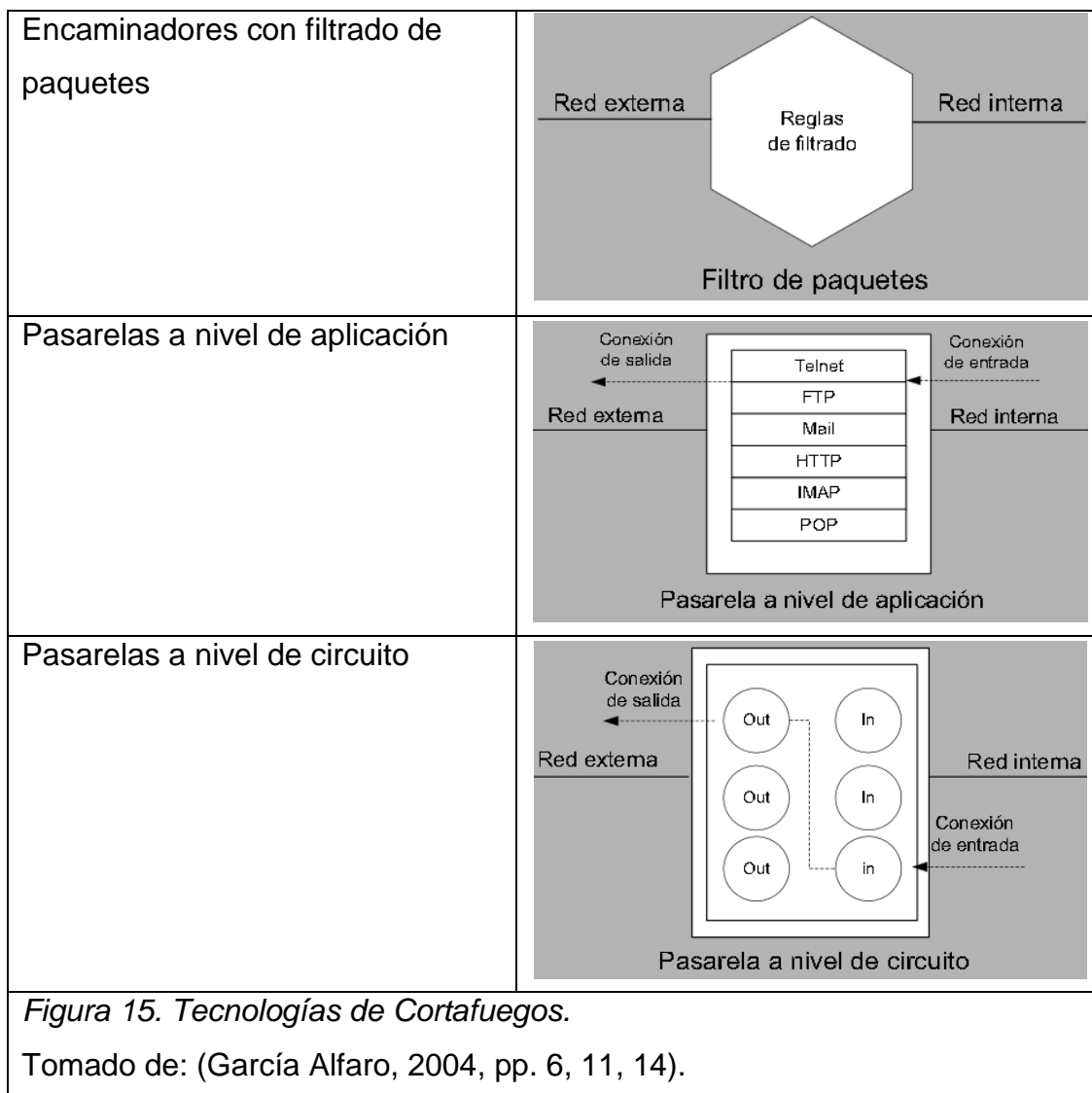
### **1.7.1.1. Cortafuegos (Firewalls)**

Un cortafuego ayuda a no comprometer la red interna del internet, es decir es una pared que permite evitar ataques provenientes del Internet, además refuerza la seguridad de los servicios que se ejecutan tanto en la red interna como en la red externa (Internet). (García Alfaro, 2004). Algunas de las características de un sistema cortafuegos son las siguientes:

- Filtrado de contenidos
- Red privada virtual (VPN por sus siglas en inglés)
- Traducción de direcciones de red (NAT por sus siglas en inglés)
- Balanceo de carga
- Tolerancia a fallos
- Detección de ataques e intrusos
- Autenticación de usuarios (García Alfaro, 2004).

A continuación se describen algunas de las tecnologías para implementar cortafuegos:





### 1.7.1.2. Zonas Desmilitarizadas (DMZ)

Una DMZ permite aislar ciertas aplicaciones o servicios separando la red empresarial del Internet. Los servicios Web y DNS al ser públicos es necesario ubicarlos en una DMZ para evitar que los atacantes logren acceder a la red interna a través de estos servidores. (García Alfaro, 2004).

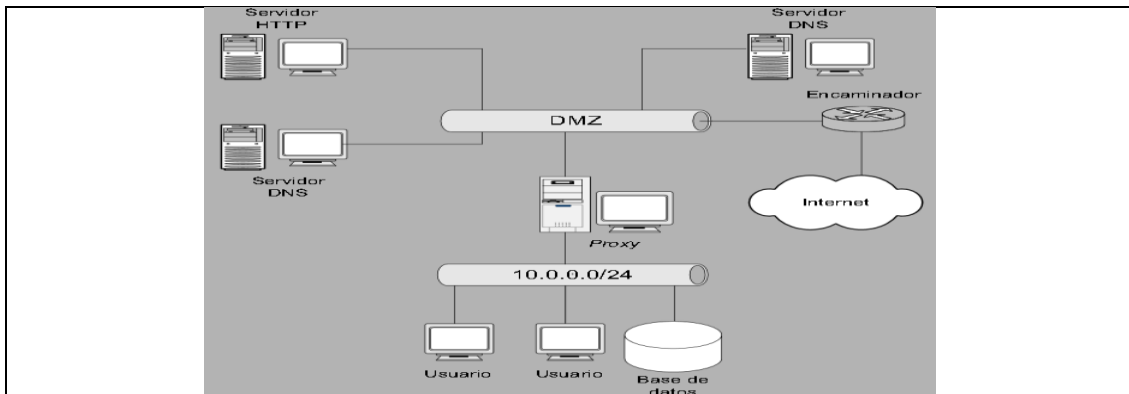


Figura 16. Zona Desmilitarizada.

Tomado de: (García Alfaro, 2004, p. 17).

### 1.7.1.3. Sistemas de Detección de Intrusos (IDS)

Los IDS son herramientas que poseen una base de datos de los ataques más comunes y que sirven para interpretar bitácoras de dispositivos de seguridad como firewalls, servidores, equipos de red, etc. (García Alfaro, 2004).

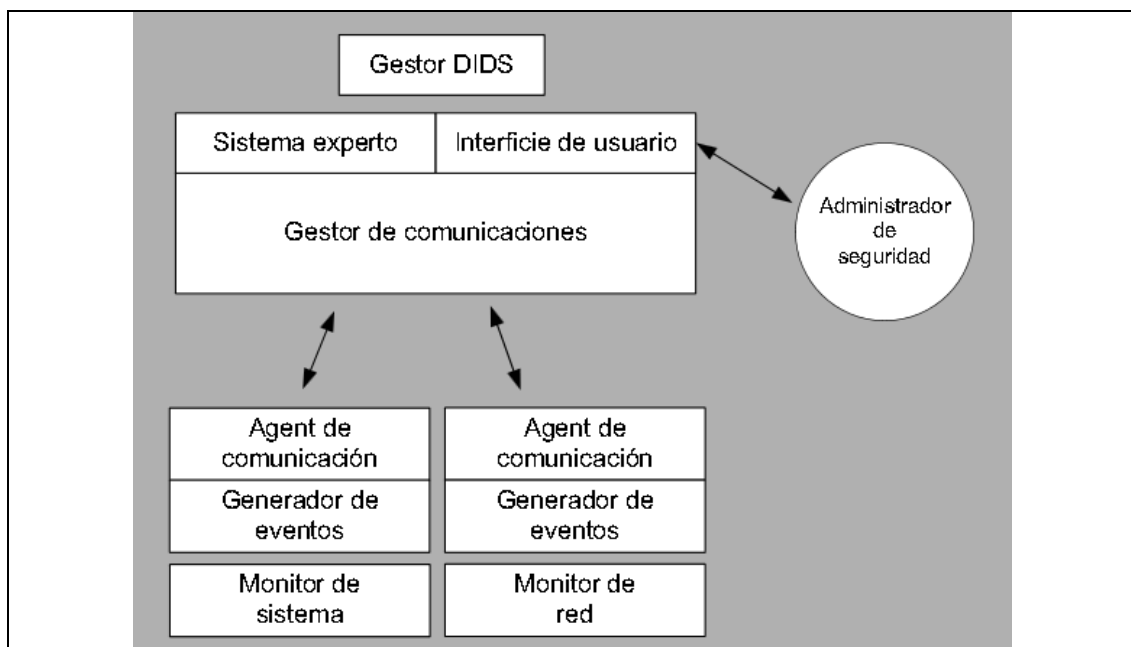


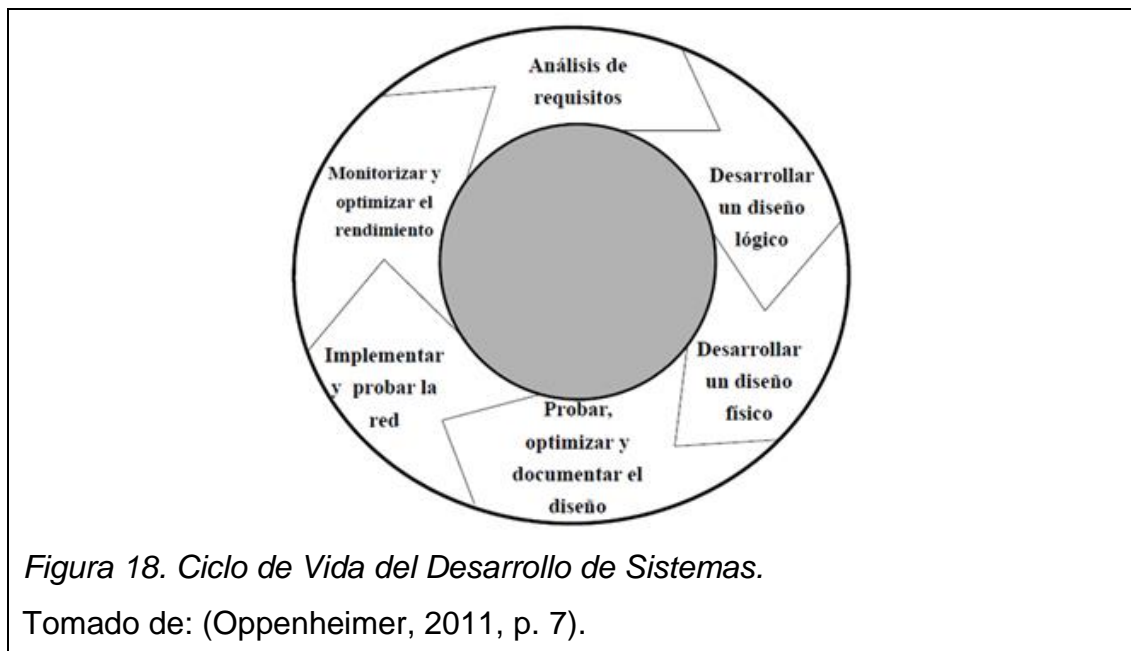
Figura 17. Esquema de un Sistema de Detección de Intrusos.

Tomado de: (García Alfaro, 2004, p. 13).

## 1.8. Ciclo de Vida del Desarrollo de Sistemas

En redes de datos los diseños lógicos y físicos de la red se desarrollan y continúan existiendo durante un periodo de tiempo determinado. (Oppenheimer, 2011).

La gran mayoría de sistemas incluyendo las redes de datos siguen pasos o fases, que indican la creación, planeación, optimización y pruebas, incluso la retroalimentación por parte de los usuarios hace que estas fases sean ejecutadas nuevamente para lograr un mejor diseño. (Oppenheimer, 2011).



### 1.8.1. Metodología de Redes

Las metodologías de redes permiten al administrador de red realizar un diseño óptimo que pueda adaptarse a las necesidades tecnológicas, ajustándose al presupuesto de la organización independientemente de las aplicaciones y tecnologías usadas. (Oppenheimer, 2011).

A continuación se describen algunas de las metodologías de redes:

#### **1.8.1.1. Metodología Top-Down**

La metodología Top-Down consiste en diseñar redes de datos que comienzan desde las capas superiores del modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI por sus siglas en inglés) hasta llegar a las capas inferiores. (Huerta, 2012)

Las fases del diseño Top Down tienen el propósito de atender las necesidades del cliente y cumplir con el objetivo y metas del negocio, obteniendo una referencia general de la organización y así lograr estructurar el diseño global de la infraestructura de red. (Oppenheimer, 2011).

#### **Ventajas de Top-Down**

Las principales ventajas de este modelo son:

- Facilidad en la gestión de proyectos.
- Flexibilidad y rápida respuesta a los cambios.
- Facilita la comunicación entre diseñadores para evitar posibles errores en el diseño.
- Disminución de errores lo que aumenta la productividad.
- Los errores de diseño son más fáciles de corregir disminuyendo el costo de mantenimiento y operatividad. (Remmers, 2009).

#### **Fases de Top-Down**

Las fases de la metodología Top-Down son las siguientes:

Fase 1: Análisis de Requerimientos

- Análisis de las metas del negocio.
- Análisis de las metas técnicas.
- Características de la red existente.
- Características del tráfico de red. (Oppenheimer, 2011).

#### Fase 2: Desarrollar un Diseño Lógico

- Diseñar la topología de red.
- Diseñar modelos de direccionamiento lógico.
- Seleccionar protocolos de capa 2 (Switching) y capa 3 (Routing).
- Desarrollo de estrategias de seguridad de red.
- Desarrollo de estrategias de administración de red. (Oppenheimer, 2011)

#### Fase 3: Desarrollar un Diseño Físico

- Seleccionar las tecnologías y dispositivos para redes de campus.
- Seleccionar las tecnologías y dispositivos para redes empresariales. (Oppenheimer, 2011).

#### Fase 4: Probar, Optimizar y Documentar el Diseño de Red

- Probar.
- Optimizar.
- Documentar. (Oppenheimer, 2011).

#### **1.8.1.2. Metodología PDIOO (Plan, Diseño, Implementación, Operación, Optimización) del Diseño de Red**

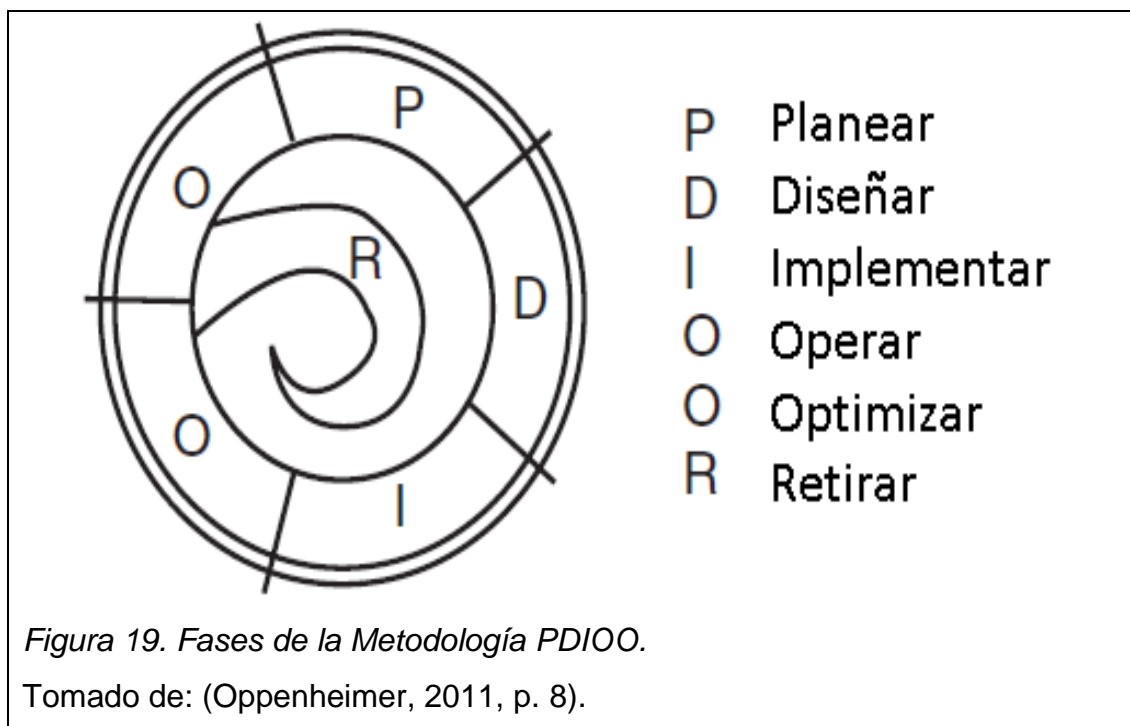
Esta es una metodología planteada por Cisco Systems, que sigue fases para poder cumplir el ciclo de vida de un sistema siempre y cuando el diseño de la red sea estructurado, planificado y modular. Es importante la opinión de los usuarios ya que con esto se logra una retroalimentación para mejorar el diseño. (Oppenheimer, 2011).

Los beneficios que presenta la metodología PDIOO son:

- Disminuye el costo en la adquisición de tecnología y cambios de infraestructura.
- Permite tener mayor disponibilidad de la red debido al óptimo diseño, dando un mejor rendimiento en la producción de la empresa.

- Mejora las estrategias tecnológicas dando una mejor agilidad en los requerimientos del negocio.
- Brinda mayor disponibilidad, fiabilidad, seguridad, escalabilidad, rendimiento y acceso a las aplicaciones y servicios. (Callisaya, 2014).

Las fases de la metodología PDIOO son las siguientes:



#### Fase 1: Planear

- Análisis de requisitos. (aplicaciones y protocolos, conexión a Internet, direccionamiento IP, redundancia de enlaces y calidad de servicio)
- Situación actual de la red (cableado estructurado, equipamiento, administración, topología y uso). (Oppenheimer, 2011).

#### Fase 2: Diseñar

- Diseño de acuerdo a las necesidades de la empresa.
- Realizar preguntas al dueño de la empresa de cuáles son sus necesidades tecnológicas. (Oppenheimer, 2011).

#### Fase 3: Implementar

- Implementación de acuerdo al diseño de red.
- Prototipo inicial de la red. (Oppenheimer, 2011).

#### Fase 4: Operar

- Monitoreo de la red.
- Validación del diseño. (Oppenheimer, 2011).

#### Fase 5: Optimizar

- Detección y corrección de errores de la red.
- Realizar un rediseño. (Oppenheimer, 2011).

#### Retirar

- Eliminar dispositivos obsoletos. (Oppenheimer, 2011).

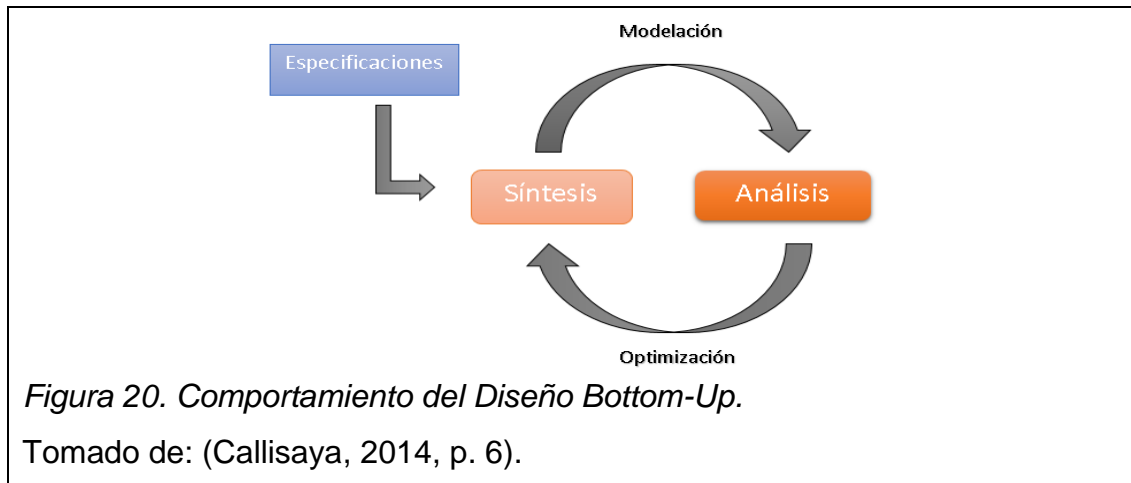
### **1.8.1.3. Diseño Bottom-Up**

Esta metodología contempla el diseño analizando los componentes de forma individual, que luego se unen en componentes más grandes para formar el diseño completo de red. Este diseño va desde lo más específico hasta alcanzar el sistema final o terminado. (Callisaya, 2014).

Las fases del diseño Bottom-Up son las siguientes:

1. Especificaciones  
Ciclo de Verificación y Simulación
2. Simulación
3. Esquema
4. Validación del prototipo
5. Extracción
6. Verificación
7. Integración de bloques
8. Verificación del sistema
9. Producto final

En el modelo Bottom-Up para obtener el estado de los componentes es una tarea difícil, por lo tanto es necesario una interacción individual de los componentes. (Callisaya, 2014).



### 1.8.2. Selección de la Metodología Ideal

Las metodologías mencionadas anteriormente ayudan al administrador a realizar un diseño de red acorde a las necesidades tecnológicas y ajustándose al presupuesto de la empresa. Las metodologías PDIOO y Top-Down al tener fases similares permiten realizar diseños de red desde lo general a lo específico, sin embargo para el desarrollo del presente proyecto se ha seleccionado Top-Down ya que esta metodología se encuentra mejor documentada y presenta las siguientes ventajas: (Oppenheimer, 2011)

- Es una metodología usada en diferentes áreas como: diseño de circuitos, desarrollo de software, diseño de redes de datos, arquitectura, salud, etc.
- El diseñador de red obtiene la idea global de las metas del negocio para optar por la mejor opción tecnológica y cumplir con las expectativas del diseño, continúa con las fases inferiores para ir ajustando las especificaciones técnicas que requiera el diseño.



- El modelo Top-Down se enfoca en los requerimientos iniciales, aplicaciones y diseño lógico antes de realizar la compra de los equipos físicos que serán usados en la implementación.
- Top-Down facilita las tareas de mantenimiento para el administrador, al presentarse un problema únicamente debe enfocarse en la fase que presenta fallas.
- La metodología mejora la forma de comunicación ayudando a minimizar los errores en el diseño debido a la mala comunicación.
- Top-Down permite que el diseño de una red cumpla con requisitos como: resistencia, redundancia, flexibilidad, escalabilidad, seguridad y disponibilidad de la red.
- Las fases en esta metodología se ejecutan de forma cíclica, y se van retroalimentando con la interacción de los usuarios. (Oppenheimer, 2011)

## **CAPITULO II. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS Y DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MUNICIPIO**

### **2. Introducción**

Este capítulo se basa en la fase 1 de la metodología Top Down de Cisco donde se expondrán temas como la situación actual del Municipio, las metas técnicas y de negocio para estar a la vanguardia en tecnología de manera más productiva y competitiva.

Además es necesario contar con un análisis de toda la red y de la cantidad de tráfico que circula para poder identificar las posibles fallas que tiene la actual infraestructura de red y así realizar el rediseño de la red LAN multiservicios.

#### **2.1. Aspectos Fundamentales de la Infraestructura del Municipio**

La revisión de los aspectos más relevantes de la infraestructura de red sirve para realizar el levantamiento del estado actual de equipos, personal y servicios que tiene el Municipio, además del impacto que estos tendrán en el rediseño de la red. Una revisión preliminar de la red es el pilar fundamental para empezar el desarrollo del proyecto, por lo que se hace necesario detallar el actual escenario en el que se va a trabajar.

#### **2.2. Situación Actual**

El Municipio no cuenta con sucursales para el desarrollo de sus actividades, por tanto todos sus departamentos Administrativos, Operativos y Ejecutivos funcionan en las actuales instalaciones.

La red está dividida de la siguiente manera:

- Red IP: por esta red va el tráfico relacionado con Internet, correo institucional, Inalámbricas y las aplicaciones internas.
- Red Analógica: por esta red va el tráfico relacionado con la telefonía analógica.

### 2.3. Ubicación

El Municipio está ubicado en la provincia del Carchi, en la ciudad de Tulcán en la Av. 10 de Agosto y Av. Olmedo. Cuenta con 5 pisos en los cuales se encuentran distribuidos 160 usuarios aproximadamente. La Figura 21 muestra la ubicación física de la Municipalidad del Cantón Tulcán.



Figura 21. Ubicación del Municipio de Tulcán.

## **2.4. Análisis de Requerimientos**

### **2.4.1. Análisis de las Metas del Negocio**

#### **2.4.1.1. Misión**

El Gobierno Municipal de Tulcán es una Institución Autónoma y descentralizada que genera, orienta y norma planificadamente el desarrollo cantonal urbano y rural, dotando de obras de infraestructura y equipamiento básicos con aporte de la comunidad, ofertando servicios de calidad para elevar el nivel de vida de su población con equidad social. En un marco de transparencia potencia los recursos humanos, económicos y naturales mediante la gestión financiera nacional e internacional y asume con responsabilidad el proceso de descentralización, en cumplimiento de su rol binacional, propicia alianzas de vecindad para el desarrollo regional de la frontera. (GAD Tulcán, 2012).

#### **2.4.1.2. Visión**

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tulcán para el año 2019 será una institución, líder e innovadora, eficiente y eficaz a la prestación de servicios públicos, dotada de una estructura organizacional acorde a sus competencias, en un marco jurídico actualizado con talento humano capacitado, procesos ágiles, infraestructura, equipamientos, equipos tecnológicos de vanguardia y, comprometido al logro de objetivos para posicionarla a nivel nacional como un referente de competitividad. (GAD Tulcán, 2015).

#### **2.4.1.3. Objetivos**

- Procurar el bienestar sustentable de la colectividad y contribuir al fomento y protección de los intereses locales.

- Planificar e impulsar el desarrollo sostenible y sustentable de las áreas urbanas y rurales.
- Acrecentar el espíritu de integración de todos los actores sociales y económicos, el civismo y la confraternidad de la población para lograr el creciente progreso del cantón.
- Coordinar en forma permanente con otras entidades, el desarrollo del Cantón.
- Investigar, analizar y recomendar las soluciones más adecuadas a los problemas que enfrenta el Cantón, con arreglo a las condiciones territoriales en lo ambiental, social, económico y político.
- Promover la adopción de técnicas de gestión con procedimientos de trabajo tendientes a lograr la eficacia y eficiencia del gobierno municipal.
- Auspiciar y promover la realización de reuniones permanentes para discutir los problemas municipales, mediante el uso de mesas redondas, seminarios, talleres, conferencias, simposios, cursos y otras actividades de integración y trabajo.
- Capacitación de los recursos humanos, que apunte a la profesionalización de la gestión municipal.
- Mejorar y ampliar la cobertura de servicios de manera paralela al mejoramiento de la administración con el aporte de la comunidad. (GAD Tulcán, 2015).

#### **2.4.2. Análisis de las Metas Técnicas**

La infraestructura de red del Municipio de Tulcán no está optimizada para soportar la convergencia de servicios de distinta naturaleza como video conferencia, correo electrónico, Inalámbricas, telefonía IP, Internet y sistema de cámaras IP para video vigilancia sobre una misma plataforma.

Con el presente rediseño de la red el departamento de Sistemas pretende brindar mejores servicios y aplicaciones para beneficio de los usuarios y del

negocio, entre las principales metas que se persiguen con el rediseño se encuentran:

- Ser más competitivo con instituciones de la misma naturaleza del negocio.
- Permitir aumentar la productividad del usuario.
- Ofrecer nuevos servicios a los usuarios.
- Reducir gastos de operación.
- Lograr seguridad lógica en la red.
- Implementar un sistema de Telefonía IP para reducir el costo en las llamadas.
- Sistema de cámaras IP para video vigilancia, que permitirá monitorear y mantener la seguridad física tanto de los bienes como de las instalaciones.
- Implementar una red LAN inalámbrica que permita facilidad de conexión a los servicios de la Intranet e Internet a los trabajadores con dispositivos móviles.
- Tener una administración centralizada.
- Mantener homogeneidad de los equipos de comunicaciones en cuanto a fabricantes.

Con esto se pretende tener disponibilidad de los servicios de red. Para cumplir con este punto es necesario que la red LAN cumpla con los siguientes requerimientos técnicos: escalabilidad, calidad de servicio, disponibilidad, seguridad y administración.

- Escalabilidad: el rediseño de la red debe adaptarse a cambios en su topología, lo que implica crecimiento en el número de personal, aplicaciones y servicios.
- Calidad de Servicios: la red debe permitir priorizar tanto los servicios como las aplicaciones.
- Disponibilidad: la red debe ser rediseñada de tal manera que pueda brindar disponibilidad de servicios y aplicaciones sin interferir en las

funciones diarias de los usuarios, para esto se considera tener redundancia en los enlaces.

- Seguridad: uno de los puntos más importantes en una red es la seguridad, por lo tanto para el rediseño es necesario realizar un análisis de las actuales debilidades de la red, corregirlas mediante políticas internas y asegurar la red física y lógica.
- Administración: con el rediseño de la red se tendrá una administración de los recursos de red de manera centralizada. Además el rediseño permitirá separar el tráfico de red y telefonía del tráfico de gestión. (Oppenheimer, 2011).

### **2.4.3. Análisis de la Red Existente**

El análisis de la actual infraestructura de red permite obtener información de la ubicación de cada uno de los dispositivos instalados, segmentos de trabajo, aplicaciones, servicios y así poder considerar los requerimientos presentes y futuros que puede necesitar el Municipio.

La Figura 22 muestra la topología física actual del Municipio.





### 2.4.3.1. Análisis de la Infraestructura Física

Las instalaciones no cuentan con una debida planificación de cableado estructurado de datos y voz, esto es debido a que se han ido brindando soluciones provisionales a las necesidades que se han ido presentando con el crecimiento de la red.

El Municipio no tiene un cuarto de servidores / telecomunicaciones adecuado, ya que el actual lugar donde se encuentran los principales equipos es una oficina que no cuenta con un sistema de climatización, presenta deficientes conexiones eléctricas, la fuente de alimentación ininterrumpible (UPS, por sus siglas en inglés) no soporta la cantidad de equipos conectados y tampoco posee seguridad para el acceso físico.

La topología física usada en la infraestructura actual de la red LAN es una topología jerárquica. La Figura 23 muestra el diseño de una topología jerárquica.

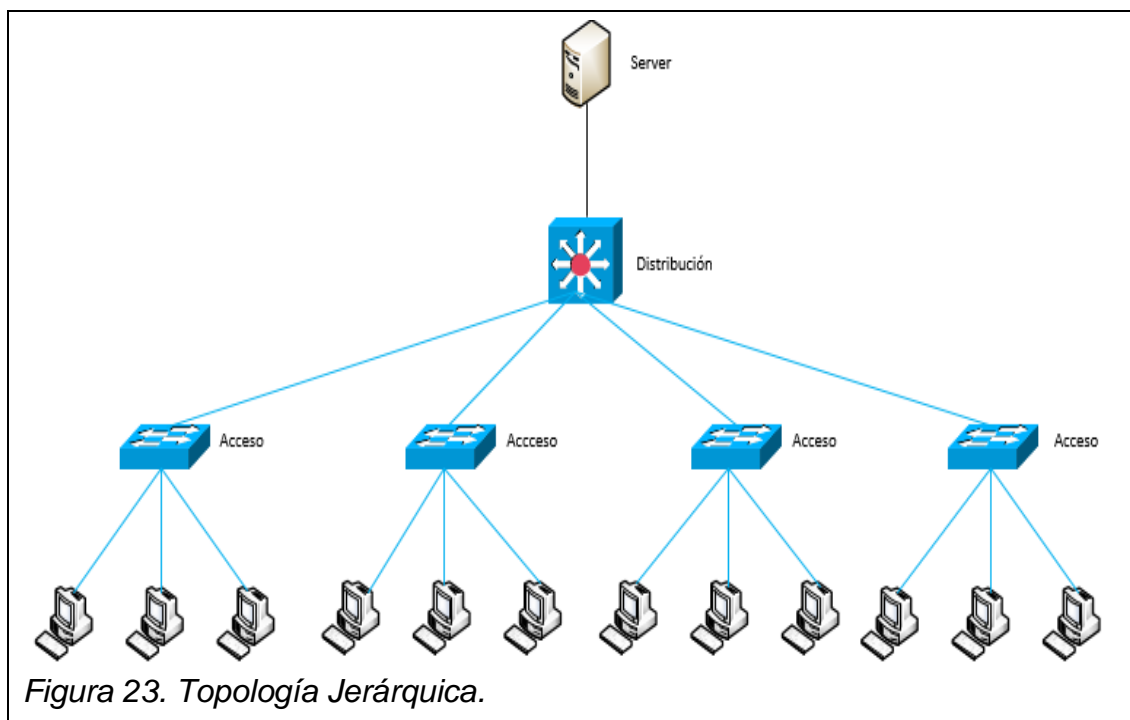


Figura 23. Topología Jerárquica.

### 2.4.3.2. Distribución Física de Dependencias

El análisis de la distribución física de cada una de las dependencias permite conocer cómo se encuentran ubicados los departamentos, los racks y dispositivos de red y así determinar el número de usuarios que hacen uso de los servicios de red.

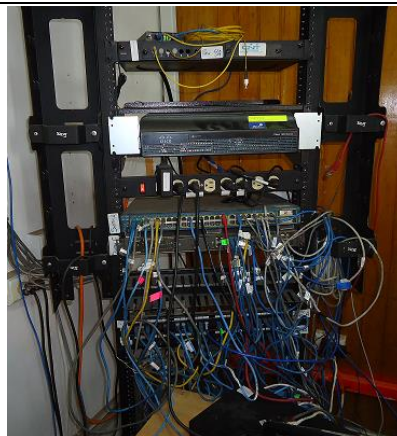
*Tabla 5. Distribución Física de las Dependencias.*

| Piso         | Dependencia              |
|--------------|--------------------------|
| Planta Baja  | Ventanilla               |
|              | Rentas                   |
|              | Recaudación              |
|              | Zona Azul                |
|              | Bodega                   |
| Primer Piso  | Planificación            |
|              | Avalúos y Catastros      |
|              | Calidad Ambiental        |
| Segundo Piso | Contabilidad             |
|              | Comunicación y Protocolo |
|              | Tesorería                |
|              | Presupuesto              |
|              | Alcaldía                 |
| Tercer Piso  | Sistemas                 |
|              | Desarrollo Sostenible    |
|              | Roles                    |
|              | Compras Públicas         |
|              | Servicios Generales      |
| Cuarto Piso  | Biblioteca               |
|              | Imprenta                 |

La planta baja y los pisos 1 y 2 del Municipio cuentan con un Marco de Distribución Secundario (SDF, por sus siglas en inglés) donde se encuentran

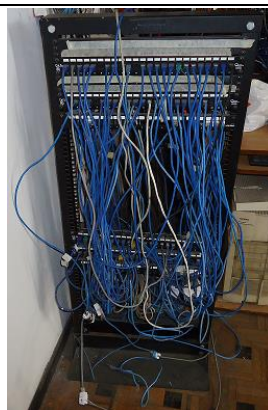
los dispositivos de acceso los cuales brindan conexión a Internet y recursos compartidos de la red.

El área de sistemas se encuentra ubicada en el piso 3 y cuenta con un Marco de Distribución Principal (MDF, por sus siglas en inglés), en este MDF se encuentran los equipos de comunicaciones, servidores y equipos del Proveedor de Internet.



*Figura 24. MDF Piso 3.*

En el piso 3 también se encuentra la infraestructura de telefonía la cual tiene un rack de piso con 44 puntos de voz, cada uno de estos puntos de voz se conectan desde la central telefónica NEC pasando cableado categoría 5e hacia cada usuario que tiene asignado un teléfono analógico.



*Figura 25. Rack de Telefonía Analógica Piso 3.*

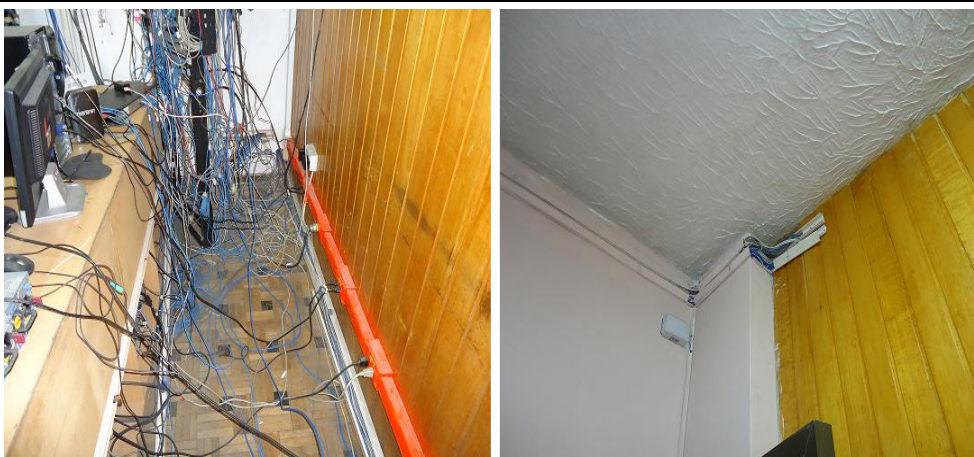
El piso 4 no cuenta con un SDF por lo que se ha colocado de manera provisional tres equipos de acceso para cubrir la conectividad de los usuarios en ese piso.

Al MDF se conectan los principales equipos de comunicación como es el router del proveedor CNT, los servidores internos y los SDF de cada piso.

### 2.4.3.3. Infraestructura de Datos

A continuación se describen los principales problemas identificados en la infraestructura de datos:

- Cableado UTP categoría 5e obsoleto.
- Cableado horizontal en mal estado.
- Cableado vertical en mal estado.
- No cuentan con ductos, tuberías y bandejas para pasar el cableado.
- No existe etiquetado de los puntos de red.
- Patch cords defectuosos o sin la debida certificación.
- No existe un estándar de colores en el cableado LAN.
- No existe organización del cableado en el rack.
- No cuentan con un diagrama de puntos de red actualizado.



*Figura 26. Cableado de Datos.*

#### 2.4.3.4. Infraestructura de Voz

A continuación se describen los principales problemas identificados en la infraestructura de voz:

- Cableado UTP categoría 5e obsoleto.
- No cuentan con ductos, tuberías y bandejas para pasar el cableado.
- No existe etiquetado de los puntos de voz.
- Patch cords defectuosos o sin la debida certificación.
- No existe un estándar de colores en el cableado de voz.
- No existe organización del cableado en el rack.
- No cuentan con un diagrama de puntos de voz actualizado.

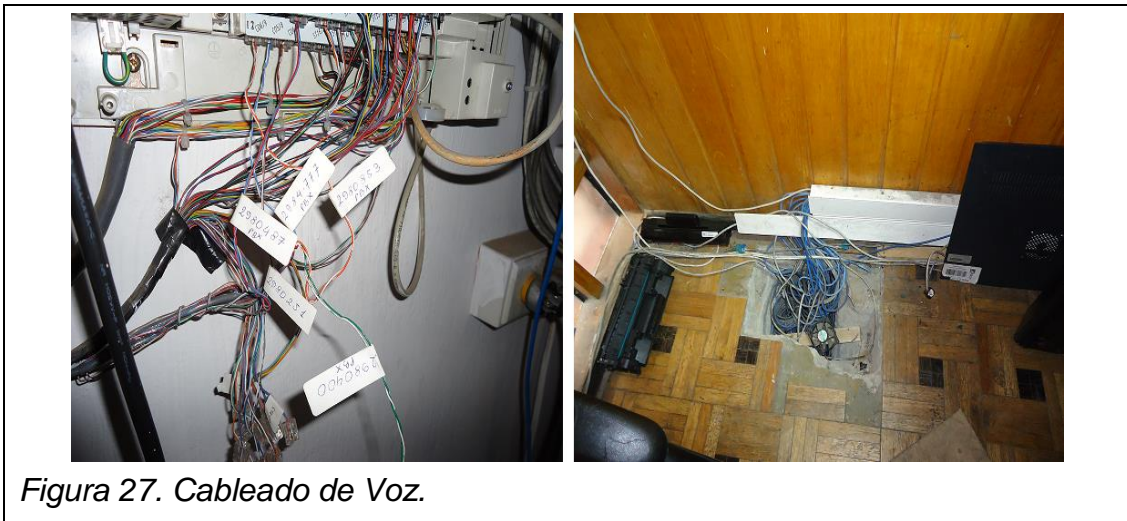


Figura 27. Cableado de Voz.

#### 2.4.3.5. Dispositivos de Red

El análisis de la cantidad de puertos usados y disponibles en cada uno de los dispositivos de red permite determinar un valor aproximado de usuarios que hacen uso de la red, lo que influye en la escalabilidad de la red. La Tabla 6 muestra el inventario físico de dispositivos de red y la cantidad de puertos usados.

Tabla 6. Inventario de Equipos de Comunicaciones.

| Dependencia                     | Tipo                  | Marca    | Modelo     | Puertos total/disponi | Función           |
|---------------------------------|-----------------------|----------|------------|-----------------------|-------------------|
| <b>Planta Baja</b>              |                       |          |            |                       |                   |
| Ventanilla                      | Switch                | CNET     | CSH 1600   | 16/11                 | Acceso            |
| Rentas                          | Switch                | D-LINK   | DES-1016A  | 16/0                  | Acceso            |
| Recaudación                     | Switch                | D-LINK   | DES-3526   | 24/13                 | Acceso            |
| Bodega                          | Switch                | D-LINK   | DES-1024   | 24/7                  | Acceso            |
| <b>Primer Piso</b>              |                       |          |            |                       |                   |
| Planificación                   | Switch                | D-LINK   | DES-1228   | 28/2                  | Acceso            |
|                                 | Switch                | D-LINK   | DES-1024   | 24/0                  | Acceso            |
| Calidad Ambiental               | Switch                | TP-LINK  | S/N        | 8/3                   | Acceso            |
| <b>Segundo Piso</b>             |                       |          |            |                       |                   |
| Contabilidad                    | Switch                | D-LINK   | DES-1228   | 28/4                  | Acceso            |
|                                 | Switch                | D-LINK   | DES-1024D  | 24/0                  | Acceso            |
| Comunicación y Protocolo        | Switch                | D-LINK   | S/N        | 8/2                   | Acceso            |
|                                 | Switch                | D-LINK   | S/N        | 6/0                   | Acceso            |
| Alcaldía                        | Router Wireless       | D-LINK   | S/N        | 4/4                   | Acceso - Wireless |
| <b>Tercer Piso</b>              |                       |          |            |                       |                   |
| Sistemas                        | Router                | Cisco    | 1941       | 4/1                   | Router CNT        |
|                                 | Switch                | Cisco    | 3550       | 48/32                 | Distribución      |
|                                 | Router Wireless       | TredNet  | TEW-811DRU | 4/1                   | Acceso - Wireless |
|                                 | Router Wireless       | Mikrotik | 751U       | 5/4                   | Acceso - Wireless |
|                                 | Switch                | NEXXT    | S/N        | 24/1                  | Acceso            |
| Desarrollo Sostenible           | Switch                | D-LINK   | DES-1024R  | 24/5                  | Acceso            |
| Compras Públicas                | Switch                | D-LINK   | DES-1008D  | 8/0                   | Acceso            |
|                                 | Switch                | D-LINK   | DES-1008A  | 8/0                   | Acceso            |
| Servicios Generales             | Switch                | NEXXT    | NW223NXT06 | 8/5                   | Acceso            |
| <b>Cuarto Piso</b>              |                       |          |            |                       |                   |
| Biblioteca                      | Wireless Access Point | D-LINK   | S/N        | 2/1                   | Acceso - Wireless |
|                                 | Switch                | D-LINK   | S/N        | 24/11                 | Acceso            |
| Imprenta                        | Switch                | D-LINK   | DES-1008A  | 8/0                   | Acceso            |
| S/N: No se identifica el Modelo |                       |          |            |                       |                   |

De acuerdo a la Tabla 6 se evidencia que planta baja es el único piso donde hay escalabilidad, ya que en el resto de pisos la red actual no permite agregar físicamente más estaciones de trabajo debido a la disponibilidad de puertos en los switches de acceso.

#### 2.4.3.6. Estado Actual del Switch de Distribución/Núcleo

El estado actual de los principales dispositivos que influyen en la red permite conocer la disponibilidad de los recursos físicos del dispositivo. Los dispositivos de red no administrables no se los consideran en este punto porque no permiten obtener la información necesaria.

A continuación se describen las principales características del switch Cisco 3550.

*Tabla 7. Características Físicas del Switch Cisco 3550.*

|                |   |
|----------------|---|
| Plataforma     | Cisco WS-C3550-48                               |
| Archivo Imagen | c3550-ipservicesk9-mz.122-44.SE3.bin            |
| Versión IOS    | 12.2(44)SE3                                     |
| Flash          | Total 15998976 bytes - Disponible 4499456 bytes |
| RAM            | Total 65526K - Disponible 8192K                 |

De acuerdo a la Tabla 7 se puede concluir que existe el suficiente espacio disponible tanto en la memoria flash como en la memoria RAM.

Información adicional que permite obtener el switch Cisco 3550 es el porcentaje del procesador para conocer si existe o no saturación de procesamiento, la Figura 28 muestra la cantidad de procesador utilizado.

```

Switch#sh processes cpu sorted | e 0.00
CPU utilization for five seconds: 0%/0%; one minute: 0%; five minutes: 0%
PID Runtime(ms)   Invoked    uSecs   5Sec   1Min   5Min  TTY Process
  51   23233132  17326892    1340   0.39%  0.39%  0.39%  0 Vegas Statistics
   4    4812812   692426     6950   0.23%  0.08%  0.06%  0 Check heaps

Switch#sh processes memory sorted | e0.00
Processor Pool Total:  36789184 Used:  16749408 Free:  20039776
I/O Pool Total:      8388608 Used:   3011728 Free:   5376880

```

*Figura 28. Resultado del Comando show processes cpu sorted | e 0.00.*

De acuerdo a la Figura 28 se puede concluir que el tráfico que pasa por el switch no satura el procesador siendo el porcentaje de consumo bajo, por lo tanto el equipo no presenta alarmas de procesamiento.

La revisión de las interfaces del switch 3550 es un punto importante para identificar si en las interfaces existe algo que pueda afectar el rendimiento de la red.

En la Figura 29 se puede observar que algunos de los puertos del switch tienen errores, esto es debido a las siguientes causas:

- Daños físicos en el cable UTP categoría 5e.
- Configuración errónea del dúplex y velocidad del puerto.

```

Switch#show interfaces counters errors

```

| Port   | Align-Err | FCS-Err | Xmit-Err | Rcv-Err | UnderSize |
|--------|-----------|---------|----------|---------|-----------|
| Fa0/1  | 0         | 0       | 3846     | 0       | 0         |
| Fa0/3  | 0         | 3       | 1970     | 3       | 0         |
| Fa0/9  | 0         | 0       | 1538     | 0       | 0         |
| Fa0/11 | 0         | 0       | 8218     | 0       | 0         |
| Fa0/31 | 0         | 0       | 1486     | 158     | 0         |
| Fa0/35 | 0         | 0       | 2150     | 0       | 0         |
| Fa0/39 | 0         | 0       | 189      | 3       | 0         |
| Fa0/41 | 0         | 0       | 0        | 2       | 0         |
| Fa0/45 | 0         | 0       | 118      | 0       | 0         |
| Fa0/46 | 0         | 0       | 1107     | 25      | 0         |
| Fa0/47 | 0         | 0       | 39       | 0       | 0         |

*Figura 29. Resultado del Comando show interfaces counters errors.*

Para la solución de los errores se realiza el cambio de los patch cord conectados a los switches de acceso y servidores físicos, todos los puertos se los configura en auto tanto el duplex como la velocidad.



La Figura 30 muestra que después del cambio físico y lógico las interfaces ya no muestran error.

```
Switch#show interfaces counters errors
```

| Port   | Align-Err | FCS-Err | Xmit-Err | Rcv-Err | UnderSize |
|--------|-----------|---------|----------|---------|-----------|
| Fa0/1  | 0         | 0       | 0        | 0       | 0         |
| Fa0/3  | 0         | 0       | 0        | 0       | 0         |
| Fa0/9  | 0         | 0       | 0        | 0       | 0         |
| Fa0/11 | 0         | 0       | 0        | 0       | 0         |
| Fa0/31 | 0         | 0       | 0        | 0       | 0         |
| Fa0/35 | 0         | 0       | 0        | 0       | 0         |
| Fa0/39 | 0         | 0       | 0        | 0       | 0         |
| Fa0/41 | 0         | 0       | 0        | 0       | 0         |
| Fa0/45 | 0         | 0       | 0        | 0       | 0         |
| Fa0/46 | 0         | 0       | 0        | 0       | 0         |
| Fa0/47 | 0         | 0       | 0        | 0       | 0         |

*Figura 30. Resultado del Comando show interfaces counters errors.*

A continuación se describen las principales desventajas obtenidas sobre la configuración del switch Cisco 3550.

- Versión de IOS desactualizada.
- No existen Vlan creadas para segmentar la red.
- No cuenta con listas de acceso (ACL, por sus siglas en inglés).
- La negociación de velocidad y dúplex de los puertos no está correctamente configurada en cada extremo.
- El switch no tiene claves de acceso.
- El switch no tiene asignado una dirección IP para la administración.
- No tiene habilitado el acceso remoto para la administración.
- El switch es un dispositivo de capa 3, sin embargo la actual función es de capa 2.

#### 2.4.3.7. Análisis de la Infraestructura Lógica

La red LAN del Municipio trabaja con el estándar 100Base-T, el cual es un estándar para este tipo de redes. La velocidad a la cual trabaja la red es 100

Mbps, es decir que los puertos que están siendo usados por los dispositivos de red son puertos FastEthernet. Los únicos equipos que tienen puertos GigabitEthernet son los switch modelo D-Link DES-1228, switch Cisco 3550, Router Wireless TredNET y el Router Cisco de CNT, sin embargo estos puertos no están siendo utilizados.

El análisis de la Tabla 8 se realiza con el objetivo de conocer los estándares de los puertos de cada uno de los equipos de red, además identificar cuáles de los dispositivos permite administración remota o local mediante línea de comandos o interfaz gráfica.

*Tabla 8. Velocidades de Transmisión.*

| Tipo                | Modelo    | Velocidad                          | Administrable |
|---------------------|-----------|------------------------------------|---------------|
| <b>Planta Baja</b>  |           |                                    |               |
| Switch CNET         | CSH 1600  | 10/100 Mbps                        | No            |
| Switch D-LINK       | DES-1016A | 10/100 Mbps                        | No            |
| Switch D-LINK       | DES-3526  | 10/100 Mbps                        | No            |
| Switch D-LINK       | DES-1024  | 10/100 Mbps                        | No            |
| <b>Primer Piso</b>  |           |                                    |               |
| Switch D-LINK       | DES-1228  | 10/100 Mbps<br>4 Puertos 1000 Mbps | Si (Web)      |
| Switch D-LINK       | DES-1024  | 10/100 Mbps                        | No            |
| Switch TP-LINK      | S/N       | 10/100 Mbps                        | No            |
| <b>Segundo Piso</b> |           |                                    |               |
| Switch D-LINK       | DES-1228  | 10/100 Mbps<br>4 Puertos 1000 Mbps | Si (Web)      |
| Switch D-LINK       | DES-1024D | 10/100 Mbps                        | No            |
| Switch D-LINK       | D-LINK    | 10/100 Mbps                        | No            |
| Switch D-LINK       | D-LINK    | 10/100 Mbps                        | No            |
| Router Wireless     | D-LINK    | 300 Mbps 802.11<br>a/b/g/n         | Si (Web)      |
| <b>Tercer Piso</b>  |           |                                    |               |
| Router Cisco        | 1941      | 10/100 Mbps                        | Si (CLI)      |

|                       |            |  |          |
|-----------------------|------------|--|----------|
|                       |            | 1 Puerto 1000 Mbps                       |          |
| Switch Cisco          | 3550       | 10/100 Mbps<br>2 Puertos 1000 Mbps       | Si (CLI) |
| Router Wireless       | TredNet    | 4 Puertos 1000 Mbps<br>300 Mbps 802.11 n | Si (Web) |
| Router Wireless       | Mikrotik   | 54 Mbps 802.11 b/g/n                     | Si (Web) |
| Switch                | NEXXT      | 10/100 Mbps                              | No       |
| Switch D-LINK         | DES-1024R  | 10/100 Mbps                              | No       |
| Switch D-LINK         | DES-1008D  | 10/100 Mbps                              | No       |
| Switch D-LINK         | DES-1008A  | 10/100 Mbps                              | No       |
| Switch NEXXT          | NW223NXT06 | 10/100 Mbps                              | No       |
| <b>Cuarto Piso</b>    |            |  |          |
| Wireless Access Point | D-LINK     | 300 Mbps 802.11 g                        | Si (Web) |
| Switch D-LINK         | D-LINK     | 10/100 Mbps                              | No       |
| Switch D-LINK         | DES-1008A  | 10/100 Mbps                              | No       |
| N/A: No Aplica        |            |  |          |

La actual red lógica presenta serios problemas de seguridad y rendimiento debido a que no existe una administración de la red eficiente ya que la mayoría de sus equipos se encuentran funcionando con valores de fábrica y otros cuentan con configuraciones básicas, lo que da como resultado que todo tipo de tráfico circule por el mismo dominio de broadcast disminuyendo el rendimiento.

#### **2.4.3.7.1. Direccionamiento Privado**

El protocolo de capa 3 que usa la red LAN es el Protocolo de Control de Transporte/Protocolo Internet (TCP/IP, por sus siglas en inglés), se emplea direccionamiento privado y la asignación de direcciones IP es estática. El direccionamiento privado usa un rango clase B con máscara de sufijo /21 (255.255.248.0).

La Tabla 9 indica el rango de direcciones asignadas por piso.

*Tabla 9. Asignación de Direcciones IP.*

| Piso        | Rango de Direcciones |
|-------------|----------------------|
| Planta Baja | 172.16.0.0 / 21      |
| Piso 1      | 172.16.1.0 / 21      |
| Piso 2      | 172.16.2.0 / 21      |
| Piso 3      | 172.16.3.0 / 21      |
| Piso 4      | 172.16.4.0 / 21      |

La red no cuenta con la división de subredes para limitar el tráfico de broadcast y no existe un equipo que realice la función de enrutamiento, por lo tanto las direcciones IP de servidores y equipos de usuarios pertenecen a la misma subred.

La Tabla 10 muestra las direcciones IP privadas que están asignadas a los servidores.

*Tabla 10. Direcciones IP Fijas para Servidores.*

| Equipo                   | Dirección IP |
|--------------------------|--------------|
| Servidor de RRHH y BDD   | 172.16.3.105 |
| Servidor de Aplicaciones | 172.16.3.102 |
| Proxy - Firewall         | 172.16.3.63  |

#### **2.4.3.7.2. Servicios Internos**

El Municipio posee 4 servidores físicos y 1 virtual que cumplen funciones específicas dentro de la LAN, los servidores y sus servicios son los siguientes:

**Servidor Proxy, Firewall:** En este servidor se encuentran los principales servicios que brindan nivel básico de seguridad y conectividad hacia Internet.

Los servicios que tiene este servidor son:

- Proxy (Squid).- este servicio sirve para permitir la salida al Internet a los dispositivos finales.
- Firewall.- este servicio sirve para proporcionar un nivel básico de seguridad mediante el uso de IPTABLES.

**Servidor Correo Electrónico:** Este servidor usa la herramienta Zimbra para el envío y recepción de correo corporativo, este es un servidor físico que tiene 1 servidor virtual. La descripción de cada servidor es la siguiente:

- Servidor Físico.- El objetivo de este servidor es tener un respaldo de la máquina virtual para poder restaurar el servicio de correo en caso de posible falla de funcionamiento.
- Servidor Virtual.- En este servidor se encuentra el servicio de correo electrónico.

El Servidor Proxy y Correo presentan un potencial problema de seguridad puesto que al estar conectados directamente al Internet están expuestos a ataques externos ya que no cuentan con un esquema de seguridad óptimo.

**Servidor Recursos Humanos:** Este es un servidor donde se encuentra información de Recursos Humanos, es decir información de nómina del personal, además aquí se encuentran las bases donde procesan consultas que los usuarios ejecutan y donde se almacena toda la información de las aplicaciones. Las bases se encuentran desarrolladas en SQL 2008, MySQL Server 5.1, POSTGRESQL 9.3.

**Servidor Aplicaciones (Megan):** En este servidor se encuentran todas las aplicaciones que usa el Municipio, todas estas aplicaciones se conocen como Megan, este servidor facilita los procesos de las áreas operativas. Las aplicaciones que se encuentran en este servidor están desarrolladas bajo PHP y Visual Basic 2005.

La red actual no cuenta con calidad de servicio, por lo tanto este punto se lo desarrollará en el Capítulo 3, donde se asignará la clase y la prioridad necesaria para cada aplicación y servicio.

*Tabla 11. Análisis de Prioridades.*

| Aplicaciones     | Puerto | QoS |
|------------------|--------|-----|
| Proxy            | 3128   | N/A |
| POP3             | 110    | N/A |
| Zimbra - Postfix | 25     | N/A |
| HTML             | 80     | N/A |
| SQL 2008         | 1433   | N/A |
| MySQL Server 5.1 | 3306   | N/A |
| POSTGRESQL 9.3   | 5432   | N/A |

La Tabla 11 muestra las aplicaciones y servicios que se ejecutan en cada uno de los servidores.

Los servidores son una parte fundamental en una red, por lo tanto, es necesario determinar físicamente las características técnicas de cada uno para determinar los servicios o aplicaciones que pueden soportar.

*Tabla 12. Características de los Servidores.*

| Tipo    | Marca | Modelo              | CPU                           | RAM | HDD   | S.O                 | Función                  |
|---------|-------|---------------------|-------------------------------|-----|-------|---------------------|--------------------------|
| Físico  | HP    | Proliant ML 310 G8  | Intel Xeon E3 1240 3,4GHz x 8 | 8GB | 2TB   | Ubuntu Server 14.04 | Respaldo máquina virtual |
| Virtual | HP    | Proliant ML 310 G8  | Dual Core                     | 4GB | 750GB | Ubuntu Server 14.04 | Mail                     |
| Físico  | HP    | Proliant ML 110     | Intel Xeon E5 405 3GHz        | 4GB | 150GB | Debian 8            | Proxy                    |
| Físico  | HP    | Proliant ML 310e G8 | Intel Xeon E3 1240 3.4GHz     | 8GB | 500GB | Windows Server 2012 | Megan                    |
| Físico  | HP    | Proliant ML 350 G4  | Intel Xeon 3.2GHz             | 2GB | 280GB | Windows Server 2003 | RRHH - BDD               |

Los servidores de Proxy, Recursos Humanos – Dase de Datos y Aplicaciones se encuentran conectados directamente a los puertos Ethernet del switch Cisco 3550. El servidor Proxy posee dos tarjetas de red, una conecta al puerto LAN del Router del proveedor CNT y la otra tarjeta se conecta al switch Cisco 3550.

#### 2.4.3.7.3. Direccionamiento Público

El direccionamiento público asignado al Municipio es la subred 190.152.220.192 con máscara 255.255.255.248, por lo tanto la cantidad de direcciones públicas disponibles son 6, de las cuales 1 es para el router de CNT. La Tabla 13 muestra la asignación de direcciones IP públicas asignadas a cada uno de los equipos.

*Tabla 13. Asignación de Direcciones Públicas.*

| Dirección IP Pública | Equipo                               |
|----------------------|--------------------------------------|
| 190.152.220.193      | Router CNT – Gateway                 |
| 190.152.220.194      | Disponibile                          |
| 190.152.220.195      | Host Máquina Física                  |
| 190.152.220.196      | Servidor de Correo – Máquina Virtual |
| 190.152.220.197      | Disponibile                          |
| 190.152.220.198      | Proxy - Firewall                     |

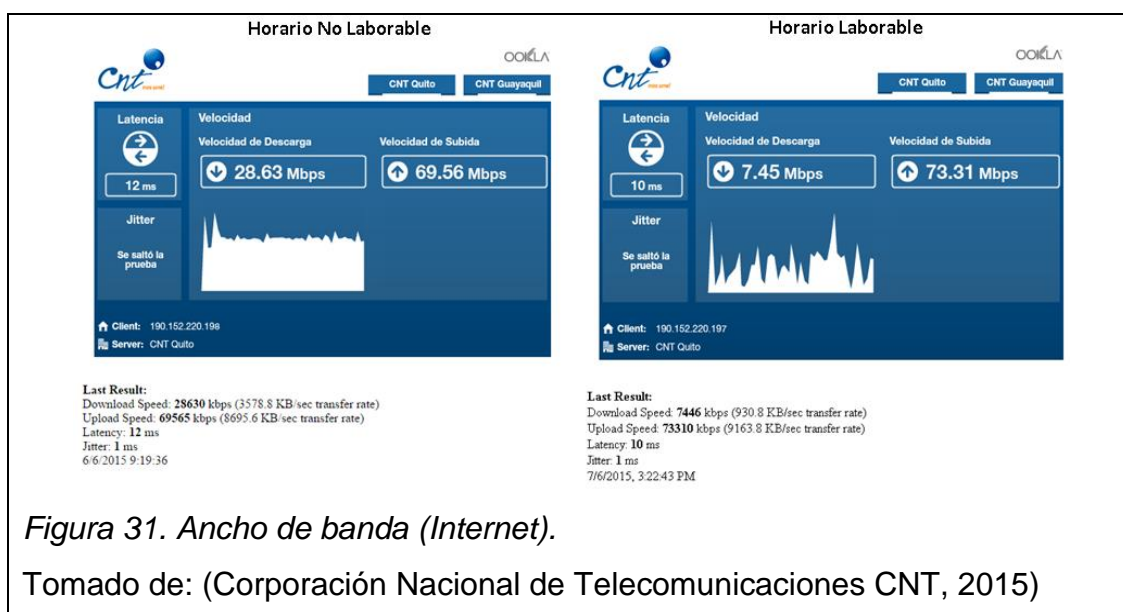
La red de voz cuenta con 5 líneas asignadas por CNT para la salida de llamadas locales, nacionales, internacionales y celular. Internamente tienen 44 extensiones las cuales tienen 3 dígitos, estas extensiones están asignadas en las diferentes dependencias del Municipio. La Tabla 14 muestra las líneas telefónicas asignadas por CNT.

*Tabla 14. Líneas Telefónicas.*

| Cantidad | Líneas  |
|----------|---------|
| 1        | 2984777 |
| 2        | 2980487 |
| 3        | 2980853 |
| 4        | 2980251 |
| 5        | 2980400 |

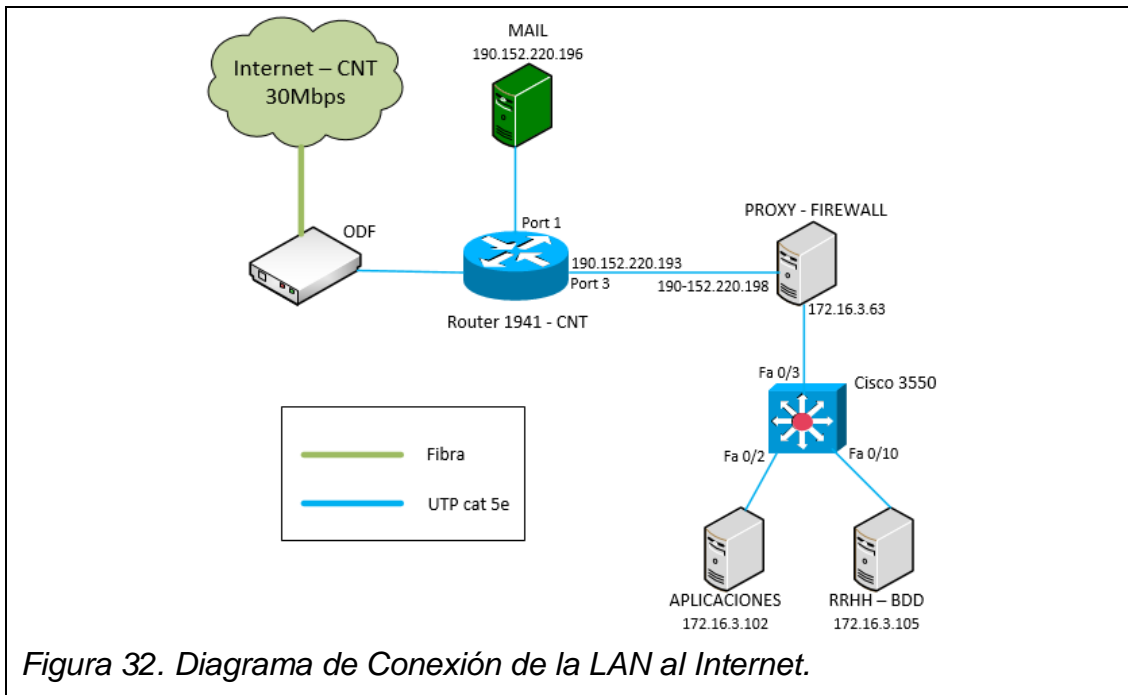
### 2.4.3.7.4. Servicios Externos

El enlace a Internet es por medio de un punto de conexión, el cual es suministrado por la empresa CNT. Este es un enlace de 30 Mbps. La Figura 31 muestra la cantidad de ancho de banda, el cual ha sido medido en horas laborables y no laborables para verificar la cantidad de Mbps asignados al Municipio.

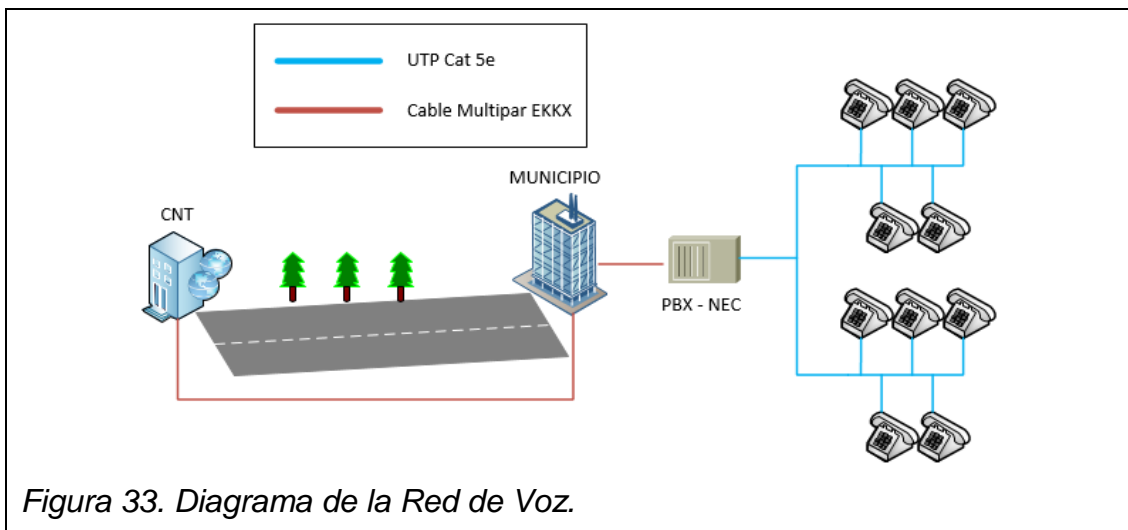


Este enlace tiene una IP Pública 190.152.220.198 asignada al servidor que hace la función de Firewall y Proxy y una IP Publica 190.152.220.196 para el servidor de Correo, estos dos equipos tienen conexión directa al router de CNT. La Figura 32 muestra las conexiones físicas de los servidores y la salida al Internet.





La conexión de la red analógica se realiza mediante un enlace desde la central de conmutación hasta el Municipio como se muestra en la Figura 33, siendo el proveedor de telefonía la misma Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT.



CNT proporciona sus propios equipos de comunicaciones para brindar los servicios al Municipio, estos equipos son administrados y monitoreados por personal de CNT.

### 2.4.3.7.5. Análisis de Aplicaciones y Comunidades de Usuarios

El análisis de las aplicaciones que actualmente tiene el Municipio permitirá determinar el tipo y cantidad de tráfico que circula por la red, además se debe analizar el número de usuarios que hacen uso de las aplicaciones para determinar el consumo de recursos de la red.

Las aplicaciones internas que actualmente tiene el Municipio son propias de la Institución y son para uso interno. Las comunidades son todo el personal que hace uso de la red y acceden a las diferentes aplicaciones, por lo tanto es importante su análisis para conocer el consumo y el tráfico de la red.

Tabla 15. Análisis de Dependencias y Aplicaciones.

| Dependencia              | Piso | Aplicaciones       |          |              |                          |       |                           |     |
|--------------------------|------|--------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|---------------------------|-----|
|                          |      | Correo Electrónico | Internet | Inalámbricas | Conexión a Base de Datos | Megan | Ventanilla única de cobro | SIC |
| Ventanilla               | PB   | X                  | X        |              |                          |       |                           |     |
| Rentas                   | PB   | X                  | X        |              | X                        |       | X                         | X   |
| Recaudación              | PB   | X                  | X        |              | X                        |       | X                         | X   |
| Zona Azul                | PB   | X                  | X        |              | X                        |       | X                         |     |
| Bodega                   | PB   |                    |          |              | X                        | X     |                           |     |
| Planificación            | 1    | X                  | X        |              | X                        |       |                           |     |
| Avalúos y Catastros      | 1    | X                  | X        |              | X                        |       | X                         | X   |
| Calidad Ambiental        | 1    | X                  | X        |              |                          |       |                           |     |
| Contabilidad             | 2    | X                  | X        |              | X                        | X     | X                         | X   |
| Comunicación y Protocolo | 2    | X                  | X        |              |                          |       |                           |     |

|                       |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tesorería             | 2 | X | X |   | X | X | X | X |
| Presupuesto           | 2 | X | X |   | X | X |   |   |
| Alcaldía              | 2 | X | X | X |   |   |   |   |
| Sistemas              | 3 | X | X | X |   |   |   |   |
| Desarrollo Sostenible | 3 | X | X |   |   |   |   |   |
| Roles                 | 3 | X | X |   | X | X |   |   |
| Compras Públicas      | 3 | X | X |   |   |   |   |   |
| Servicio Generales    | 3 | X | X |   |   |   |   |   |
| Biblioteca            | 4 | X | X | X |   |   |   |   |
| Imprenta              | 4 | X | X |   |   |   |   |   |

#### 2.4.4. Análisis del Tráfico de la Red

Una vez identificado cada una de las funciones que cumplen los servidores, aplicaciones y usuarios, es necesario conocer la cantidad de tráfico que circula en la red y hacia los servidores. Para ello se analiza el tráfico de los puertos del switch de distribución a los cuales se encuentran conectados los servidores y los switches de acceso.

La captura de tráfico se realiza con una herramienta de monitoreo conocida como PRTG Network Monitor, que permite medir el tráfico y el uso de los componentes de red. Para esto se configura en el switch Cisco 3550 el Protocolo de Administración de Red Simple (SNMP, por sus siglas en inglés).

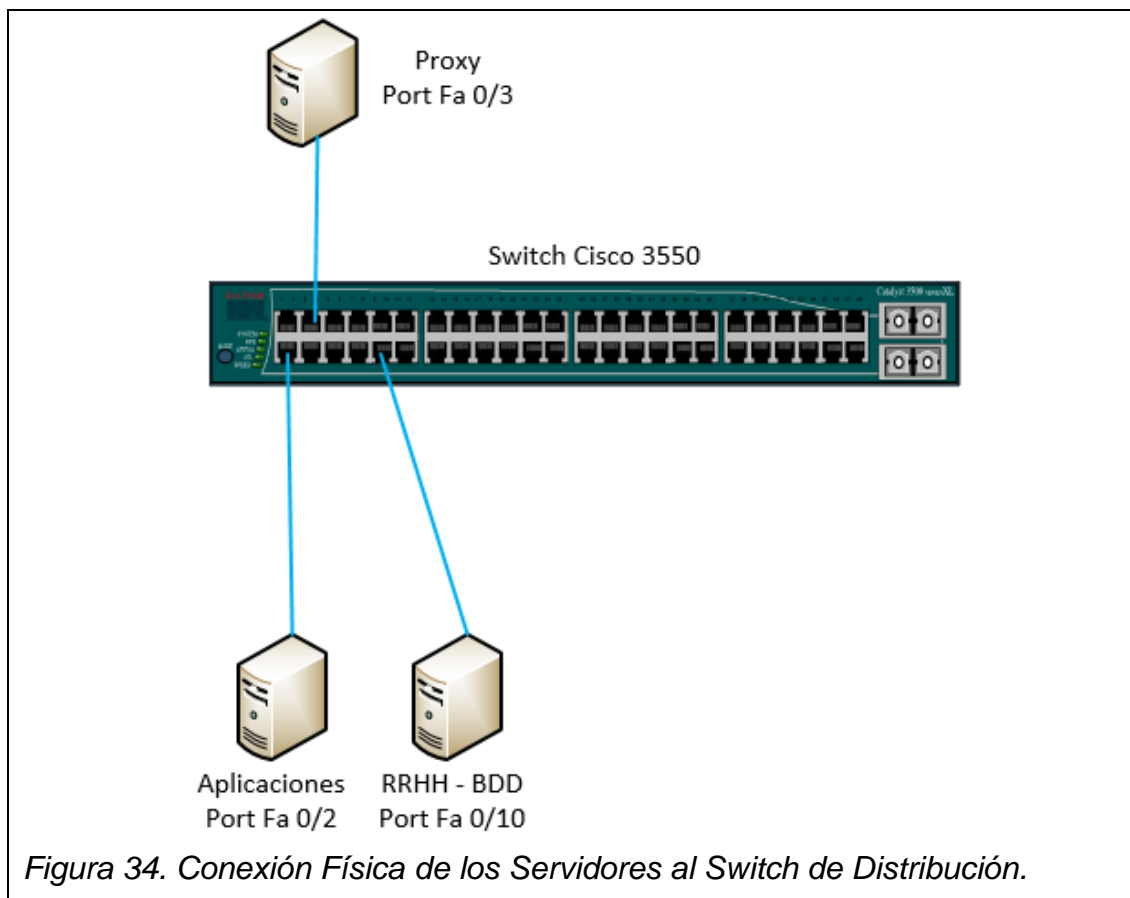
A continuación se realiza el análisis de tráfico que consume cada uno de los servidores. La Figura 34 muestra la conexión física de los equipos que se conectan al switch de distribución/núcleo. Las condiciones del análisis de tráfico son las que se listan:

- El monitoreo se realizó por un período de tres semanas para obtener detalles del consumo diario de los recursos de red en los horarios críticos de funcionamiento.
- Se realizó el monitoreo de los puertos del switch de distribución a los cuales están conectados los servidores.

#### 2.4.4.1. Análisis del Tráfico de Datos

El tiempo de monitoreo es en base a los permisos y disponibilidad del personal de sistemas del Municipio, de esta manera se tiene un dato referencial del consumo diario de los recursos de red que hacen uso los trabajadores.

El análisis del tráfico de red consiste en monitorear los puertos del switch de distribución a los cuales se conectan los servidores y los switches de acceso.



La Figura 35 muestra el resultado de la captura tomada con la herramienta PRTG del consumo de tráfico tanto de entrada como de salida que circula por el puerto Fa0/3 donde se encuentra el servidor Proxy.

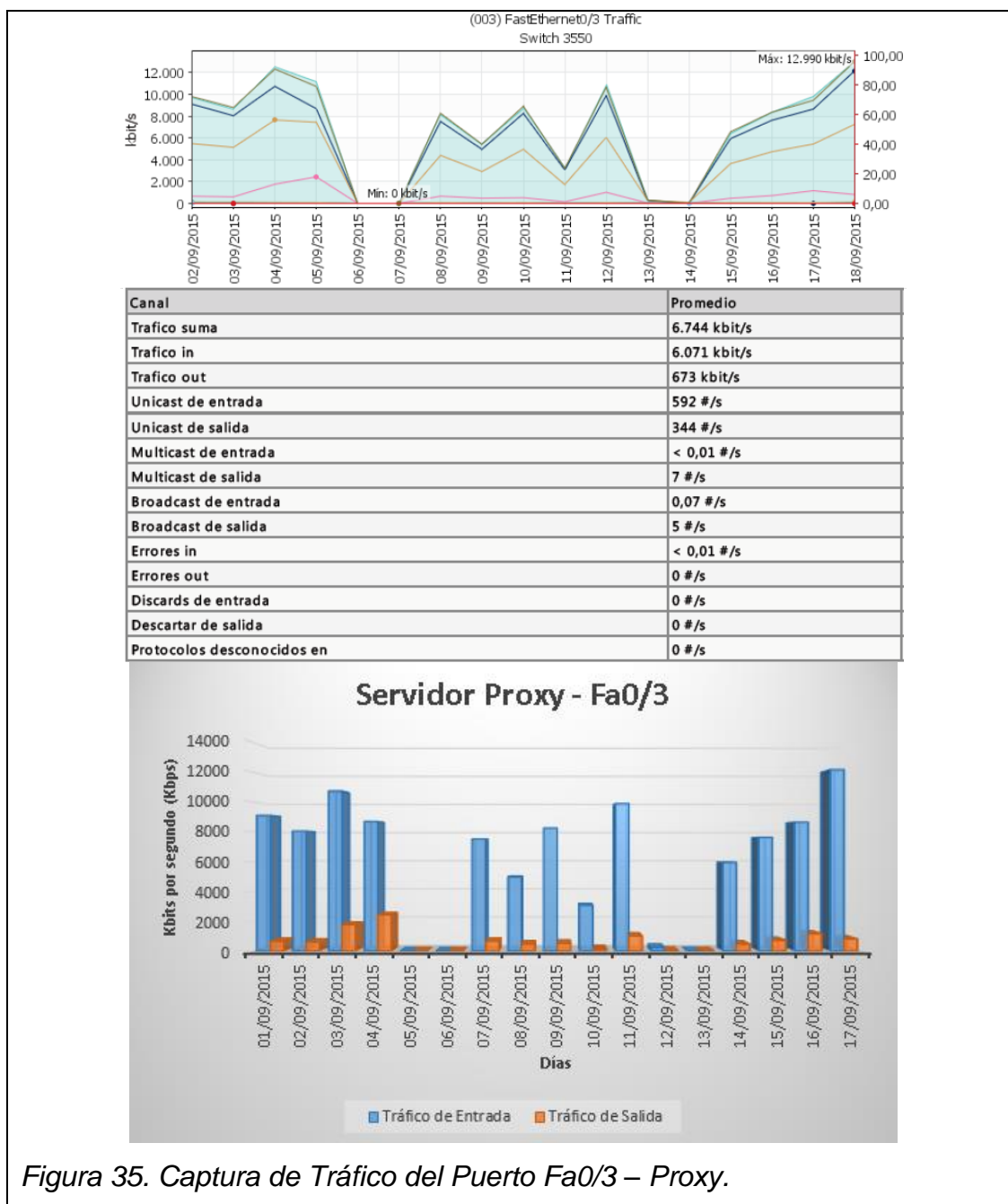


Figura 35. Captura de Tráfico del Puerto Fa0/3 – Proxy.

El resultado muestra que el tráfico del puerto entrante es mucho mayor que el tráfico del puerto de salida, esto es debido a que la mayoría de las peticiones provienen del Internet como por ejemplo las descargas, streaming, etc. El

promedio del tráfico del puerto de entrada es de 6071 kbps y el promedio del tráfico del puerto de salida es de 673 kbps.

La Figura 36 muestra el resultado de la captura tomada con la herramienta PRTG del consumo de tráfico tanto de entrada como de salida que circula por el puerto Fa0/2 donde se encuentra el servidor de Aplicaciones.

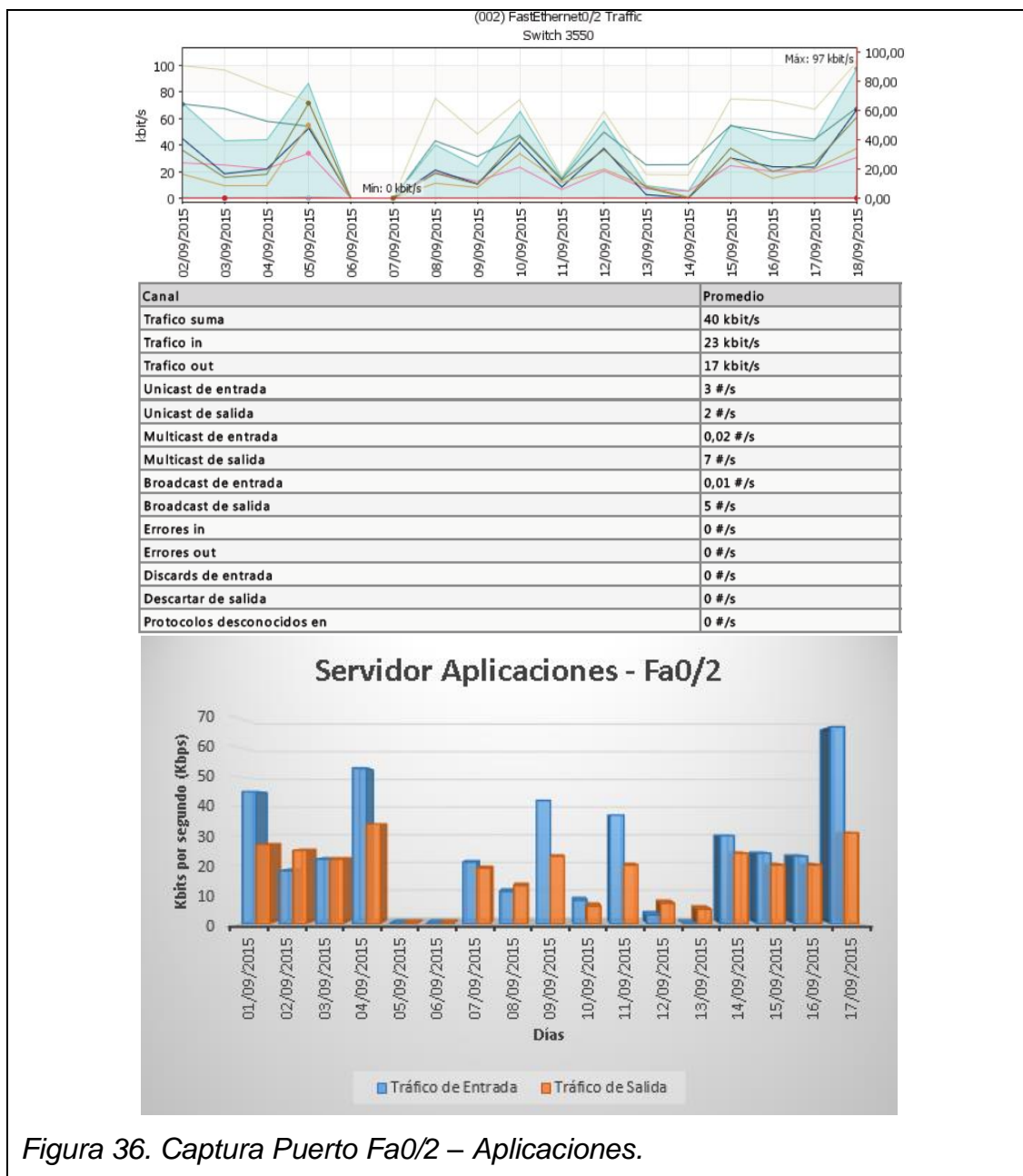


Figura 36. Captura Puerto Fa0/2 – Aplicaciones.

El resultado muestra que tanto el tráfico del puerto entrante y saliente no es alto ya que a este servidor solo se realizan accesos aislados y consultas en diferentes intervalos de tiempo. El promedio del tráfico de entrada del puerto es de 23 kbps y el promedio del tráfico del puerto de salida es de 17 kbps.

La Figura 37 muestra el resultado de la captura tomada con la herramienta PRTG del consumo de tráfico tanto de entrada como de salida que circula por el puerto Fa0/10 donde se encuentra el servidor de Base de Datos.

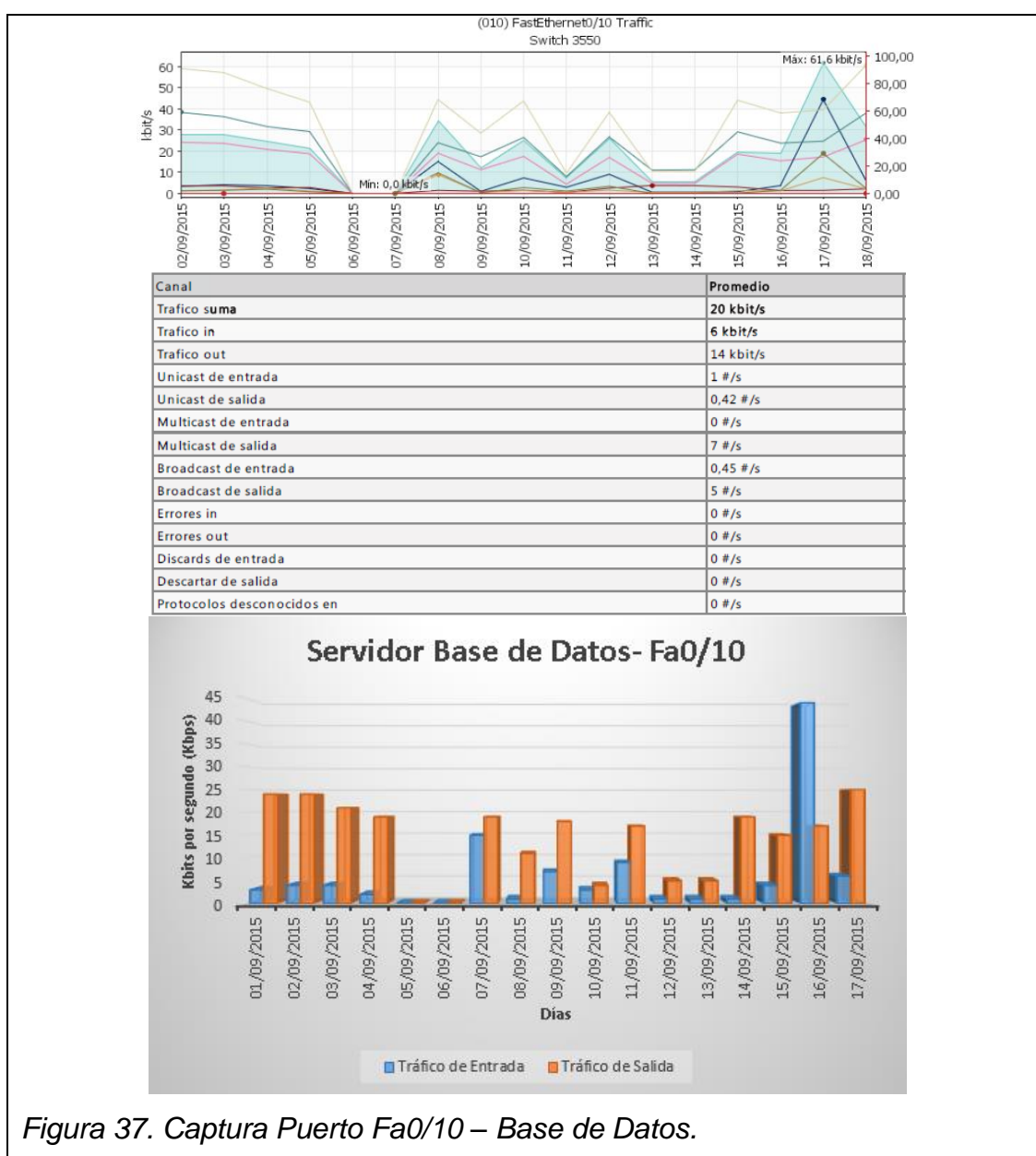


Figura 37. Captura Puerto Fa0/10 – Base de Datos.

El resultado muestra que el tráfico saliente del servidor es mucho mayor que el tráfico entrante debido a las respuestas generadas por las consultas que realizan los usuarios a cada una de las bases. El promedio del tráfico de entrada es de 6 kbps y el promedio del tráfico de salida es de 14 kbps.

La Figura 38 muestra el resultado de la captura tomada con la herramienta PRTG del consumo promedio de tráfico tanto de entrada como de salida de cada uno de los switches de acceso conectados al switch de distribución.

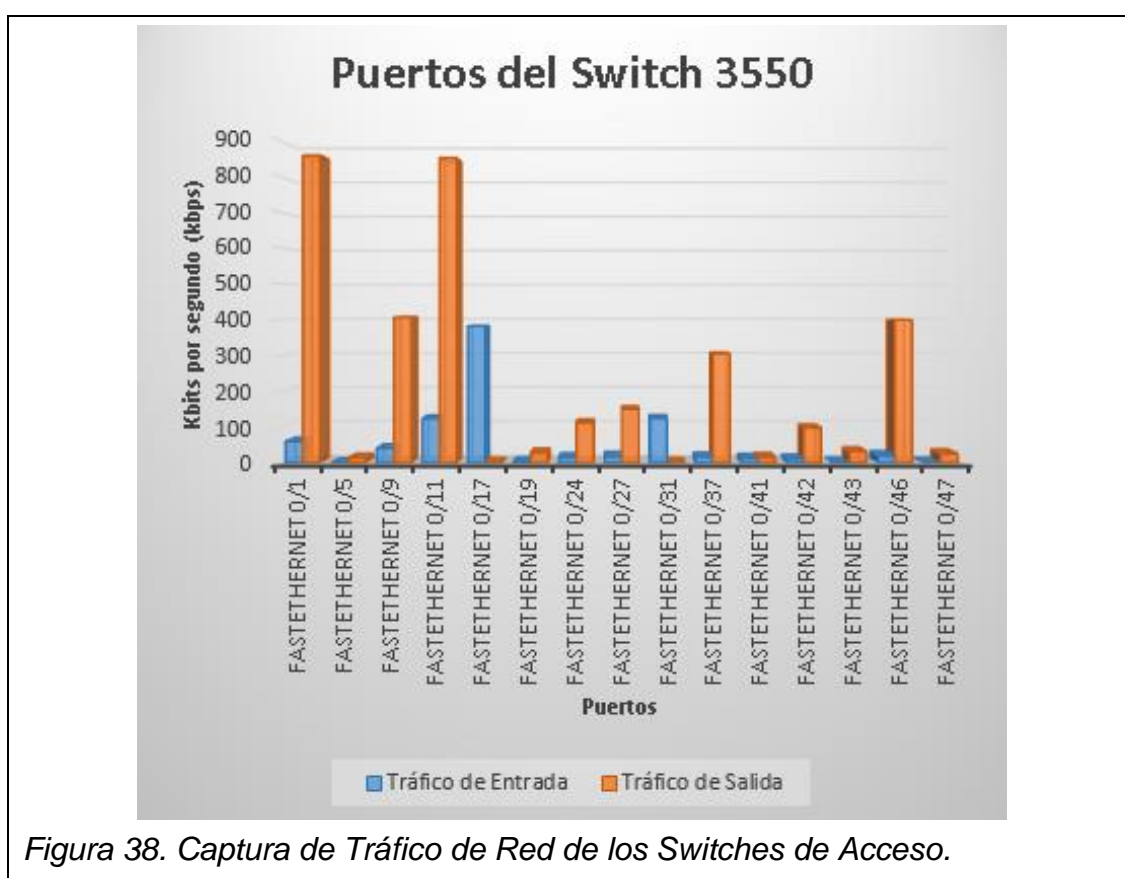


Figura 38. Captura de Tráfico de Red de los Switches de Acceso.

El resultado muestra que el consumo general de tráfico de red que circula por cada uno de los switches de acceso y por la red en general es mínimo, únicamente dos puertos tienen consumo de tráfico de salida alto pero esto no satura el enlace ya que sigue siendo el consumo mínimo alrededor de los 900 kbps.



Con respecto a la cantidad aceptable de tráfico de red, Cisco establece que es de un 70% (Bruno & Jordan, 2011), entonces de acuerdo a los resultados obtenidos por las gráficas anteriores se evidencia que el tráfico de red es bajo, por lo tanto la actual red no se encuentra saturada y se encuentra por debajo del porcentaje estipulado por Cisco.

Para conocer el porcentaje de tráfico de red se toma de referencia el mayor valor obtenido en la Figura 38 que es un aproximado de 900 kbps que equivale a 0.9 Mbps.

#### **2.4.4.2. Análisis del Tráfico de Broadcast**

El tráfico de broadcast es un factor muy importante al momento de realizar un diagnóstico en la red, ya que este tipo de tráfico realiza un consumo innecesario de ancho de banda y por tanto de recursos de red.

El análisis del tráfico de broadcast consiste en monitorear los puertos del switch de distribución a los cuales se conectan los servidores y switches de acceso.

A continuación se realiza un análisis del tráfico Broadcast generado por el puerto conectado el servidor Proxy.

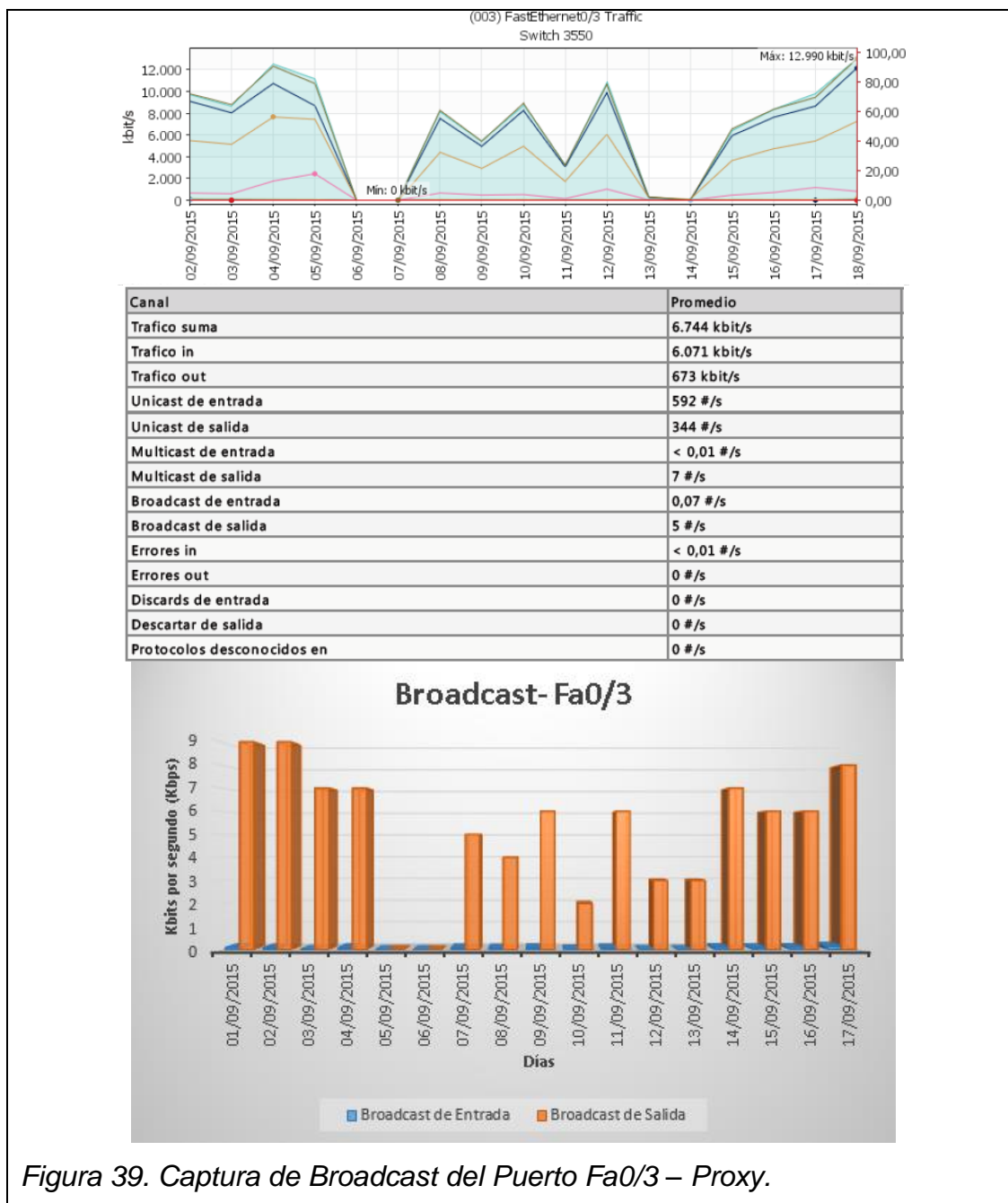


Figura 39. Captura de Broadcast del Puerto Fa0/3 – Proxy.

La Figura 39 muestra el resultado de la captura tomada con la herramienta PRTG del tráfico Broadcast de entrada y salida que circula por el puerto Fa0/3. El promedio de tráfico broadcast de entrada generado es de 0.07 kbps mientras que el broadcast de salida es de 5 kbps.

La Figura 40 muestra el resultado de la captura tomada con la herramienta PRTG del tráfico Broadcast de entrada y salida que circula por el puerto Fa0/2 donde se encuentra conectado el servidor de Aplicaciones.

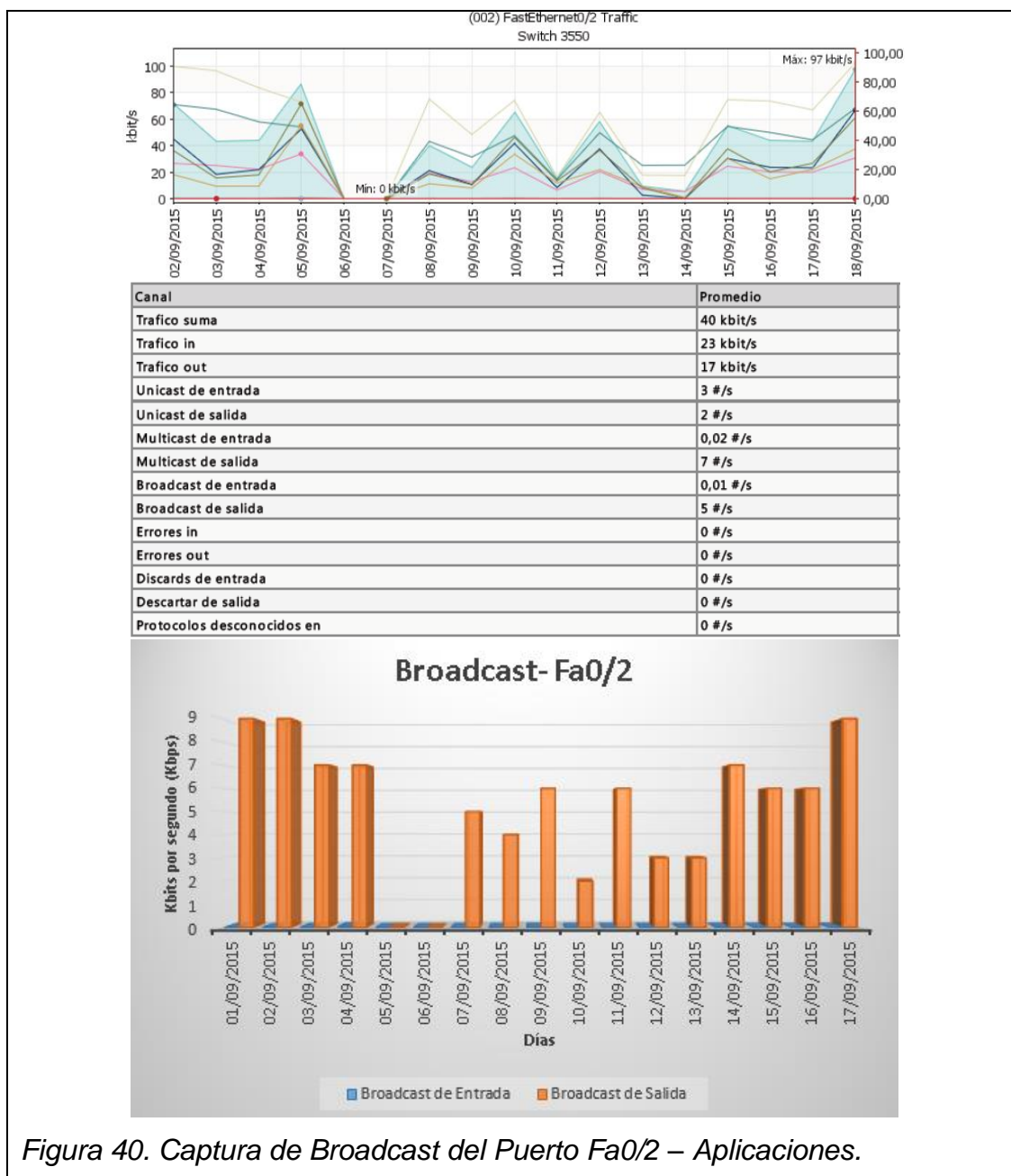


Figura 40. Captura de Broadcast del Puerto Fa0/2 – Aplicaciones.

El promedio de tráfico broadcast de entrada generado es de 0.01 kbps mientras que el broadcast de salida es de 5 kbps.

La Figura 41 muestra el resultado de la captura tomada con la herramienta PRTG del tráfico Broadcast de entrada y salida que circula por el puerto Fa0/10 donde se encuentra conectado el servidor de Base de Datos.

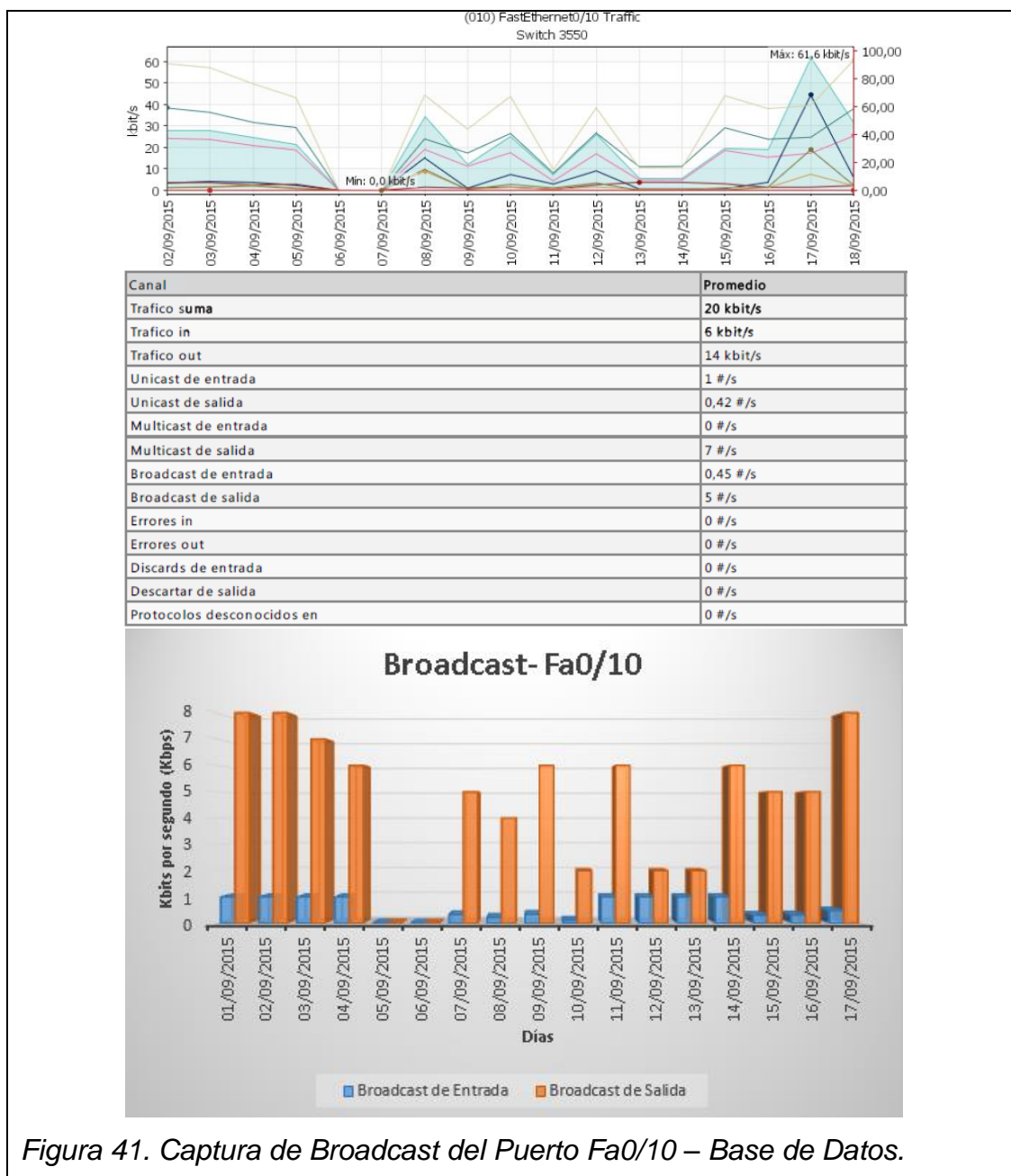


Figura 41. Captura de Broadcast del Puerto Fa0/10 – Base de Datos.

El promedio de tráfico broadcast de entrada generado es de 0.45 kbps mientras que el broadcast de salida es de 5 kbps.

La Figura 42 muestra el resultado de la captura tomada con la herramienta PRTG del consumo promedio de tráfico broadcast tanto de entrada como de salida de cada uno de los switches de acceso conectados al switch de distribución.

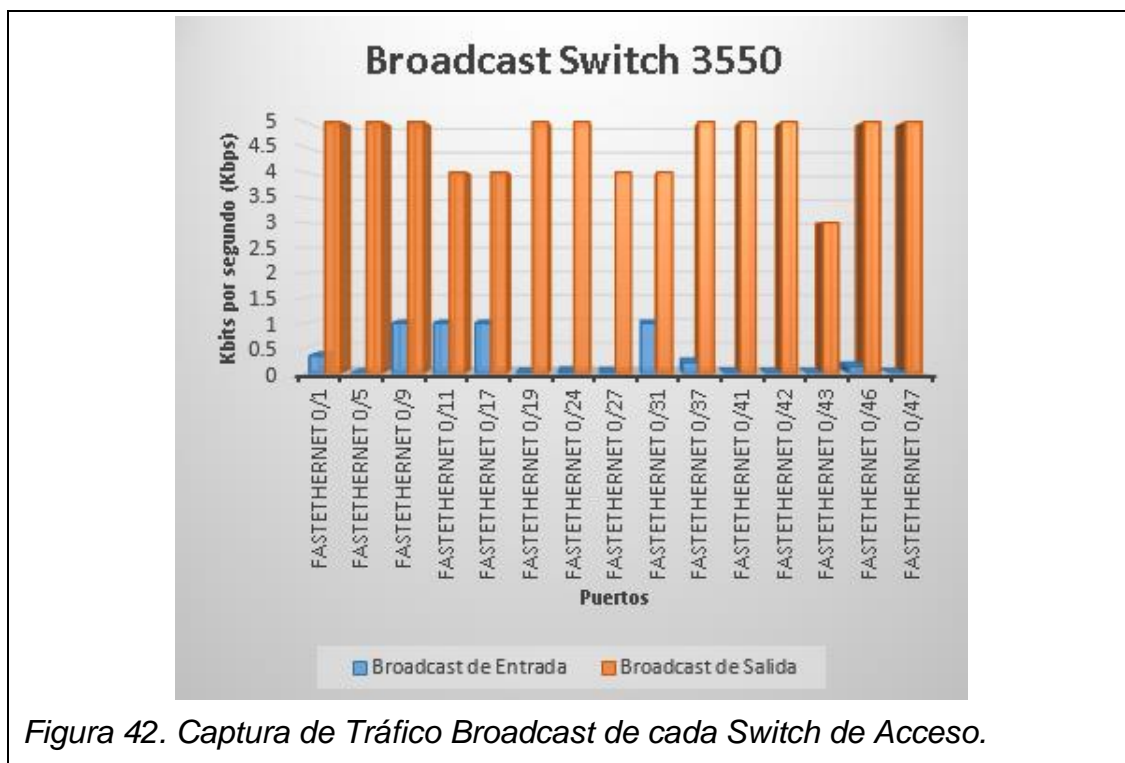


Figura 42. Captura de Tráfico Broadcast de cada Switch de Acceso.

El resultado muestra que el consumo general de tráfico de broadcast que circula por cada uno de los switches de acceso y por la red en general es bajo, a pesar de que en la mayoría de puertos donde se conectan los switches de acceso existe este tipo de tráfico no satura la red.

Con respecto a la cantidad aceptable de tráfico broadcast Cisco establece que es de un 20% (Bruno & Jordan, 2011), entonces de acuerdo a los resultados obtenidos por las gráficas anteriores se evidencia que el tráfico broadcast es bajo y se encuentra por debajo del porcentaje estipulado por Cisco.

Para conocer el porcentaje de tráfico de broadcast se toma de referencia el mayor valor obtenido en la Figura 42 que es un aproximado de 5 kbps que equivale a 0.005 Mbps.

## **CAPÍTULO III. REDISEÑO DE LA RED LAN MULTISERVICIOS**

### **3. Introducción**

El presente capítulo está relacionado con aspectos del rediseño de la red LAN multiservicios, donde se continúa con el desarrollo de las fases del modelo Top-Down. La fase dos del modelo Top-Down se refiere a: el diseño de la topología de red, direccionamiento lógico y protocolos, estrategias de seguridad y administración. La fase tres contiene temas como: selección de la mejor topología y dispositivos de red. Finalmente en la fase cuatro se indica la documentación necesaria que debe generarse durante el rediseño de la red.

#### **3.1. Desarrollo del Diseño Lógico de la Red**

El rediseño de la red brinda la capacidad de adicionar nuevos y mejores servicios que permitirán reducir significativamente costos de funcionamiento y mantenimiento de la red.

##### **3.1.1. Diseño de la Topología de Red**

Una topología de red muestra cómo están ubicados físicamente, las estaciones de trabajo, dispositivos de red y cableado. Para el rediseño de red es necesario un nuevo esquema de cableado estructurado con el objetivo de tener un servicio de calidad, escalable, mejorando la administración y garantizando la recepción y el envío de datos de forma segura.

###### **3.1.1.1. Selección del Medio de Transmisión**

Para el rediseño de la red convergente es necesario hacer uso del cable UTP tanto para el cableado horizontal como el cableado vertical, categoría 6 y 6A respectivamente, para esto se argumentan las siguientes consideraciones:

### **3.1.1.1.1. Cableado Horizontal – Categoría 6**

- El cableado categoría 6 tiene 250 Mhz de ancho de banda, alcanzando velocidades máximas de 1000 Mbps. Los switches de acceso deben poseer características en los puertos de acceso para soportar 1 Gbps (1000 Mbps) y los puertos troncales deben soportar velocidades de 1/10 Gbps. (Joskowicz, 2013)
- Las estaciones de trabajo y servidores que actualmente funcionan en el Municipio presentan velocidades de 100/1000 Mbps y el uso de cable UTP categoría 6 es suficiente para cubrir estas necesidades, permitiendo además un considerable grado de escalabilidad.
- Presenta una vida útil superior a los 10 años, proporciona una rentabilidad de la inversión y soporta futuros cambios tecnológicos. (Joskowicz, 2013)

### **3.1.1.1.2. Cableado Vertical – Categoría 6A**

- Con el cálculo de tráfico de red realizado en el Capítulo 2, se evidencia que no hay saturación en los enlaces, sin embargo al aumentar nuevos servicios en la red es necesario migrar a una categoría superior que soporte el tráfico de los servicios a implementar
- El cableado categoría 6A tiene 500 Mhz de ancho de banda, alcanzando velocidades máximas de 10 Gbps. Los switches de acceso y de distribución/núcleo deben poseer características en sus puertos troncales para soportar velocidades de 10 Gbps. (Joskowicz, 2013)
- Presenta una vida útil superior a los 10 años, proporciona una rentabilidad de la inversión y soporta futuros cambios tecnológicos. (Joskowicz, 2013)

### 3.1.1.2. Crecimiento de Usuarios

Actualmente las instalaciones del Municipio tienen un limitado espacio físico para asignar nuevos puestos de trabajo, incluso se ha llegado a reubicar al personal fuera de las instalaciones para que puedan seguir laborando, es por esta razón que se ha realizado un análisis con las autoridades respectivas del Municipio para evaluar un crecimiento aproximado de usuarios que pueden ingresar a futuro a la institución, llegando a la conclusión que el porcentaje de crecimiento de usuarios es de un 20%, con esto se tendría cubierto el 100% de los espacios físicos.

*Tabla 16. Crecimiento de Usuarios.*

| <b>Piso</b>        | <b>Usuarios Actuales</b> | <b>Usuarios Futuros</b> |
|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| Planta Baja        | 20                       | 24                      |
| Primer Piso        | 39                       | 47                      |
| Segundo Piso       | 41                       | 49                      |
| Tercer Piso        | 54                       | 65                      |
| Cuarto Piso        | 6                        | 7                       |
| <b>Total</b>       | 160                      | 192                     |
| 20% de Crecimiento |                          |                         |

La Tabla 16 muestra la cantidad de usuarios que actualmente laboran en cada uno de los pisos y la cantidad de usuarios que podrían ingresar a trabajar al Municipio.

### 3.1.1.3. Puntos de Red

Para el rediseño de red se han considerado colocar únicamente puntos simples para la asignación de impresoras, cámaras IP, dispositivos biométricos, puntos de acceso inalámbricos, salones de reuniones, telefonía, servidores y usuarios.



Los únicos usuarios que tendrán teléfono IP físico serán las principales autoridades, el resto de usuarios usarán software (softphone). Hay que considerar que los teléfonos que serán implementados deben cumplir con el requisito de tener dos puertos LAN, para la conexión al punto de red y la conexión a la estación de trabajo. La Tabla 17 muestra el total de puntos simples asignados a usuarios y a los servicios de red.

*Tabla 17. Distribución Física de Puntos Simples de Red.*

| <b>Usuario / Servicio</b>         | <b>Puntos Actuales</b> | <b>Puntos a Implementar</b> |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Impresoras                        | 16                     | 16                          |
| Cámaras IP                        | 1                      | 23                          |
| Dispositivos Biométricos          | 6                      | 6                           |
| Puntos de Acceso Inalámbricos     | 0                      | 10                          |
| Usuarios                          | 160                    | 192                         |
| Servidores Físicos                | 4                      | 0                           |
| Salones de Reuniones - Biblioteca | 2                      | 4                           |
| <b>Total</b>                      | <b>189</b>             | <b>251</b>                  |

Según la Tabla 17 es necesario adquirir 5 switches de 48 puertos y 1 switch de 24 puertos para poder cubrir con los 251 puertos de red que se requieren.

No es necesario colocar puntos de red para los servidores ya que estos van conectados directamente al switch de distribución/núcleo como se muestra en la Figura 45.

#### **3.1.1.4. Rediseño del Cuarto de Telecomunicaciones**

El rediseño se concentrará en el tercer piso donde actualmente funciona el departamento de sistemas, por lo tanto todos los racks se ubicarán en este piso, quedando la distribución de la siguiente manera:

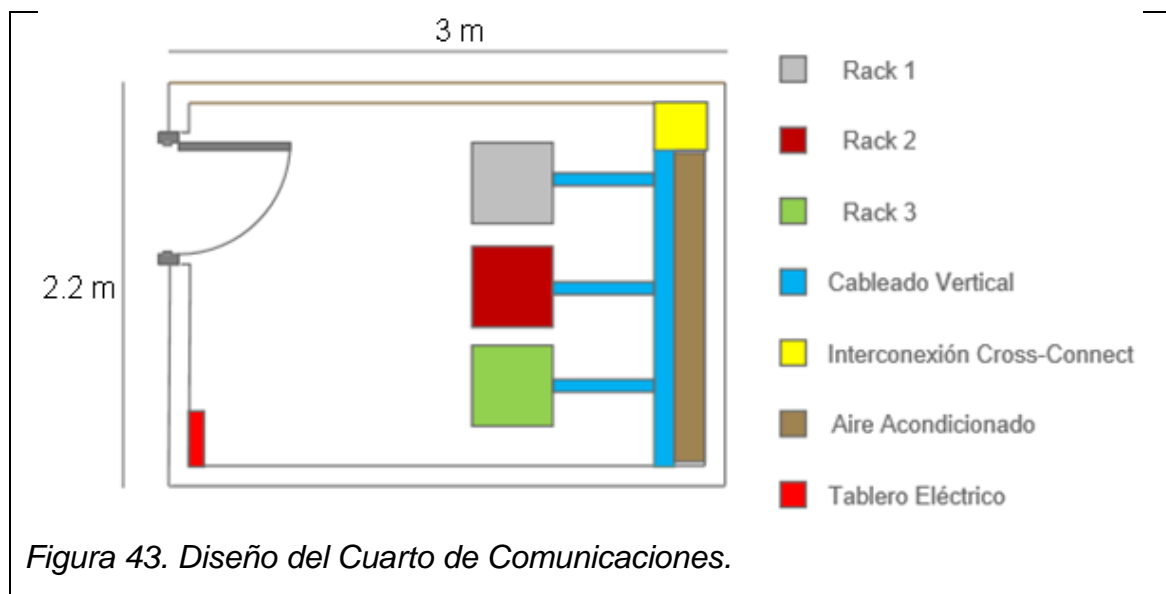
- Rack 1: se ubicarán los switches de acceso.
- Rack 2: se ubicarán los equipos de terceros como proveedor de Internet y telefonía.
- Rack 3: se ubicarán los servidores.

La Tabla 18 (Joskowicz, 2013) describe las áreas recomendadas para tener un espacio óptimo para el diseño de un cuarto de telecomunicaciones.

Tabla 18. Dimensiones Recomendadas del Cuarto de Telecomunicaciones.

| Área utilizable     | Tamaño Recomendable del Cuarto de Telecomunicaciones |
|---------------------|--|
| 500 m <sup>2</sup>  | 3 m x 2.2 m  |
| 800 m <sup>2</sup>  | 3 m x 2.8 m  |
| 1000 m <sup>2</sup> | 3 m x 3.4 m  |

El diseño del cuarto de telecomunicaciones será ajustado a las dimensiones mínimas 3m x 2.2m obtenidas en la Tabla 18, la selección de estas medidas se las toma debido a la disponibilidad de espacio físico. La Figura 43 muestra el diseño estándar de un cuarto básico de telecomunicaciones.



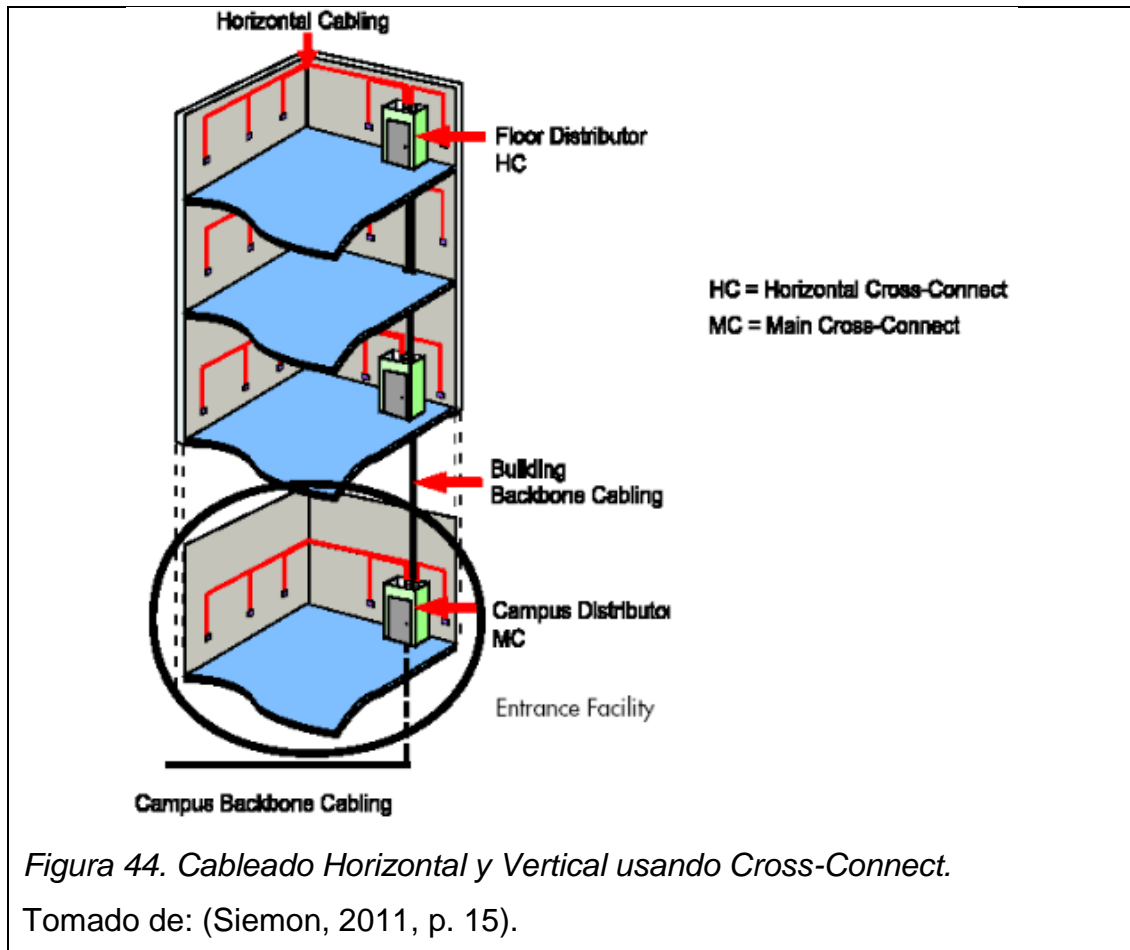
## **Consideraciones y Recomendaciones para el Diseño de un Cuarto de Comunicaciones**

Las consideraciones y recomendaciones para el diseño de un cuarto de comunicaciones son las siguientes:

- El acceso al cuarto de telecomunicaciones únicamente debe estar autorizado al personal de sistemas.
- El cuarto de equipos debe tener dispositivos directamente asociados con los sistemas de telecomunicaciones y servidores.
- Es recomendable que el cuarto de equipos debe estar ubicado en un piso medio y tenga un acceso fácil a las canalizaciones de la edificación, además debe estar lejos de ascensores, paredes fijas, etc.
- Debe contar un sistema de climatización para mantener los niveles de calor entre los 18 y 24 grados centígrados.
- Se deben considerar como mínimo dos tomas eléctricas dúplex o simples cada una en circuitos separados.
- El cuarto de equipos debe contar con una conexión a tierra mediante el uso de cable 6 AWG como mínimo.
- Es necesario contar con un sistema UPS de 3K como mínimo para garantizar disponibilidad de servicios. (Siemon, 2011)

### **3.1.1.5. Rediseño del Cableado Horizontal**

El rediseño del cableado horizontal se lo realiza mediante cross-connect, este sistema permite que todo el cableado horizontal se concentre en un punto por cada piso que luego llegará al cuarto de comunicaciones. Por ejemplo si por cada piso hay 10 puntos de red, el total de cables que llegará al cuarto de comunicaciones serán 40 cables por los 4 pisos. La Figura 44 muestra el cableado horizontal y vertical usando el sistema cross-connect. (Siemon, 2011)



La edificación presenta un espacio hueco en cada uno de los pisos, por lo tanto se colocarán bandejas metálicas que recorrerán cada uno de los pisos. Para llegar a las estaciones de trabajo se usará canaletas decorativas, codos y ángulos.

### 3.1.1.6. Rediseño del Cableado Vertical

El cableado vertical interconecta el rack de switches de acceso, el rack de proveedores y el rack de servidores, al estar ubicados en la misma área física no es necesario colocar tuberías metálicas para transportar el cableado. El tipo de cable usado para la interconexión de racks es el cable UTP categoría 6A, con el análisis de tráfico de red realizado en el Capítulo 2 no es necesario usar una categoría superior de cable UTP o fibra óptica ya que esto solo aumentaría

el costo de diseño e implementación. Además se plantea un sistema de redundancia entre racks para lograr disponibilidad de servicios.

La disposición de equipos en cada rack es la siguiente:

- Rack 1: se encuentran ubicados los 5 switches de 48 puertos y 1 switch de 24 puertos.
- Rack 2: se encuentran ubicados los enlaces de internet y telefonía, el switch de distribución/núcleo, el Firewall o ASA, la central telefónica, buzón de voz, el Gateway de voz y el UPS.
- Rack 3: se encuentran ubicados los servidores y el tape de respaldos.

En la Figura 45 muestra la distribución física de cada uno de los rack.

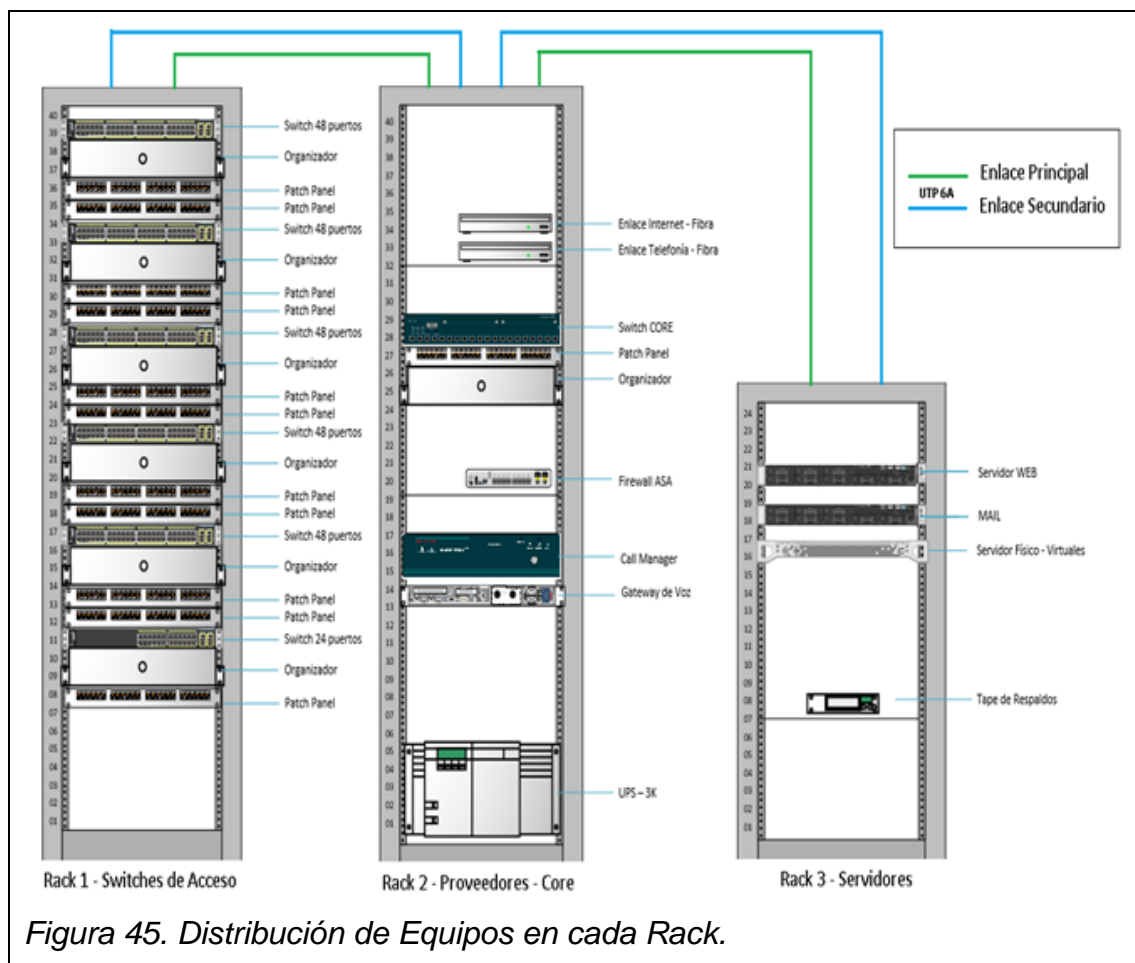


Figura 45. Distribución de Equipos en cada Rack.

### 3.1.1.7. Etiquetado del Cableado Estructurado

El etiquetado de los elementos de red es importante para tener identificado físicamente cada punto de red, permitiendo resolver de manera eficiente problemas de conexiones físicas.

Actualmente el Municipio no cuenta con una nomenclatura en sus elementos de red; por lo tanto es necesario regirse bajo estándares de cableado estructurado como es la norma TIA/EIA 606 que se aplica para edificaciones comerciales. Esta norma brinda un esquema de administración independiente de las aplicaciones que harán uso del cableado. (Morales, 2005)

La norma establece 4 clases de etiquetado dependiendo del tipo de edificación donde se implementará el cableado estructurado (Blackdesign, 2010), estas son:

- Clase 1: Edificios sencillos con un solo rack.
- Clase 2: Edificios sencillos con varios racks.
- Clase 3: Edificios sencillos interconectados
- Clase 4: Ambientes multicampus. (Blackdesign, 2010)

De acuerdo a la Figura 43 el rediseño de red se ubica en la Clase 2, ya que contará con 3 racks de piso.

El correcto rotulado o etiquetado es una parte importante en los sistemas de cableado estructurado. Según la norma TIA/EIA 606, para representar correctamente la información de los elementos es necesario lo siguiente: (Morales, 2005)

- Etiquetas: es la representación física que se coloca a un elemento de la red, además es necesario definir el tamaño, color y el contraste del resto de etiquetas para tener una mejor lectura de los elementos.

- Registros: se refiere a la información completa de los elementos que conforman la red.
- Identificadores: lleva información detallada y específica de un elemento de la red. (Morales, 2005)

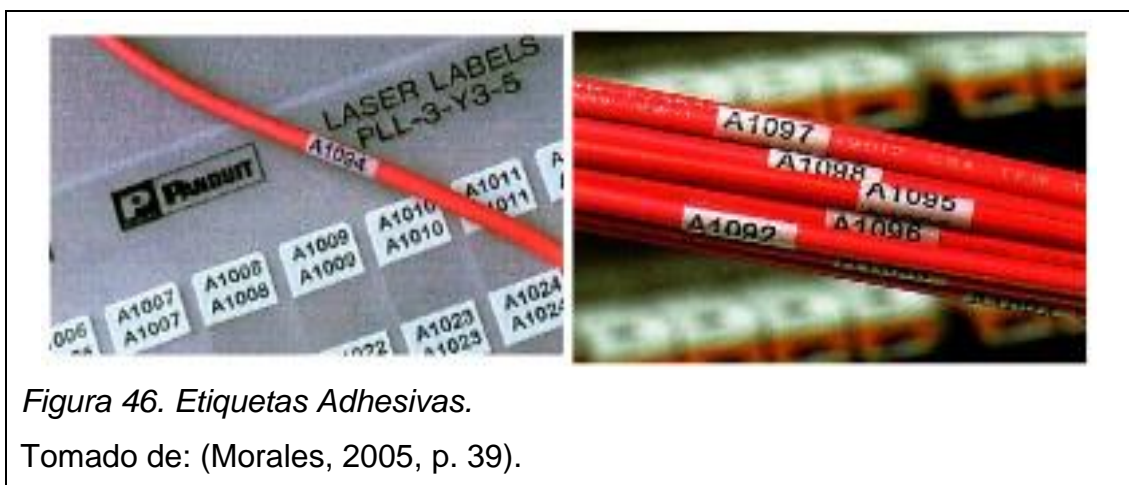
Además hay que considerar otras pautas que la norma TIA/EIA 606 establece, entre estas se encuentran las siguientes:

### **Administración de Espacios y Rutas**

Todas las rutas deben estar etiquetadas en sus puntos finales e intermedios, en el reporte de rutas es necesario registrar porcentajes, capacidad, carga, tipo y contenido de cada ruta. En el reporte de espacios se debe registrar el tipo y localización. Las etiquetas deben ser adhesivas y no se debe marcar o etiquetar directamente en el cable. (Morales, 2005)

### **Etiquetas Adhesivas**

Las etiquetas deben ser de un material que soporte el ambiente donde se realiza la instalación, antes de colocar en el cable las etiquetas deben estar pre-impresas. (Morales, 2005)

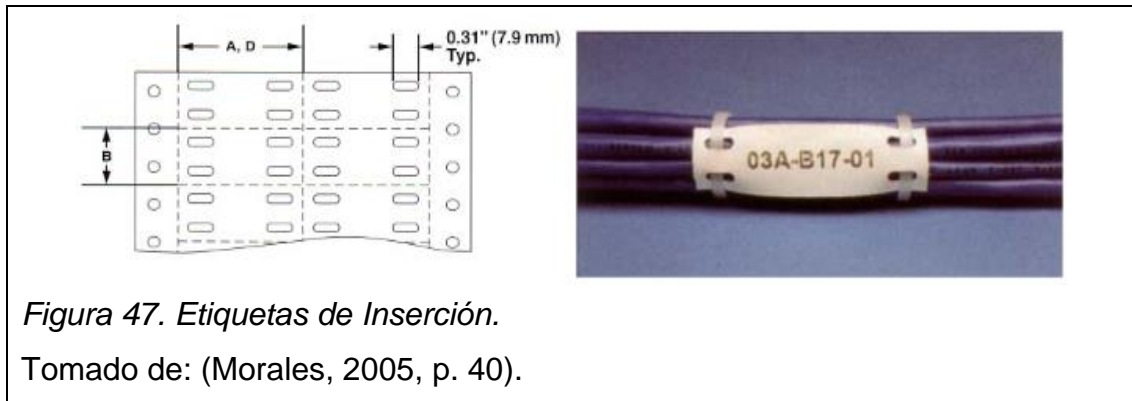


*Figura 46. Etiquetas Adhesivas.*

Tomado de: (Morales, 2005, p. 39).

## Etiquetas de Inserción

Este tipo de etiquetas deben ser ajustadas al cableado de una manera firme. (Morales, 2005)



## Otras Etiquetas

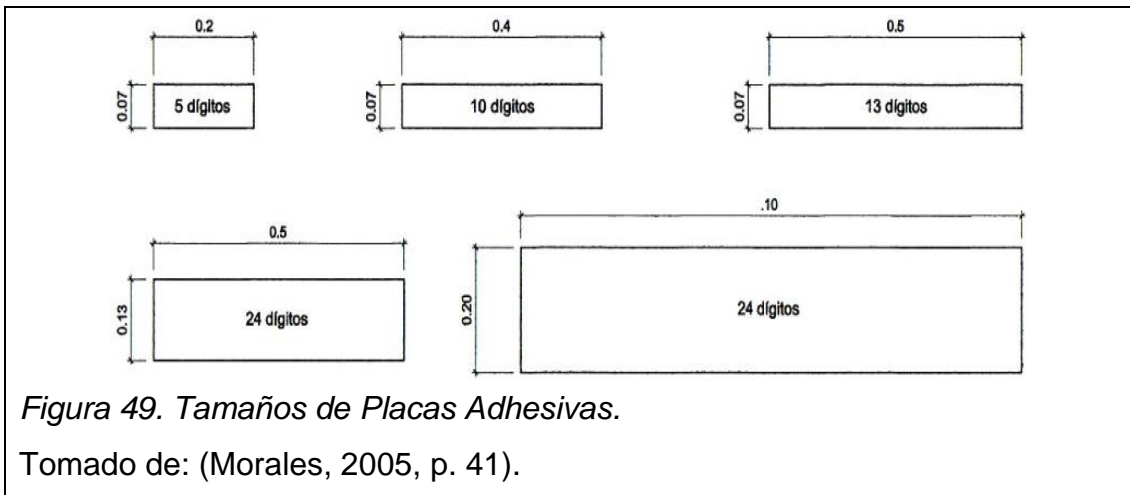
Existen otros tipos de etiquetas que ayudan a identificar de mejor manera el cableado como se muestra la Figura 48. El código de color también es importante ya que facilita la administración. (Morales, 2005)



## Tamaños de Placas Adhesivas

Las etiquetas deben tener dimensiones acorde al tamaño del elemento de red. (Morales, 2005). La Figura 49 muestra las dimensiones que se deben usar para realizar las etiquetas.



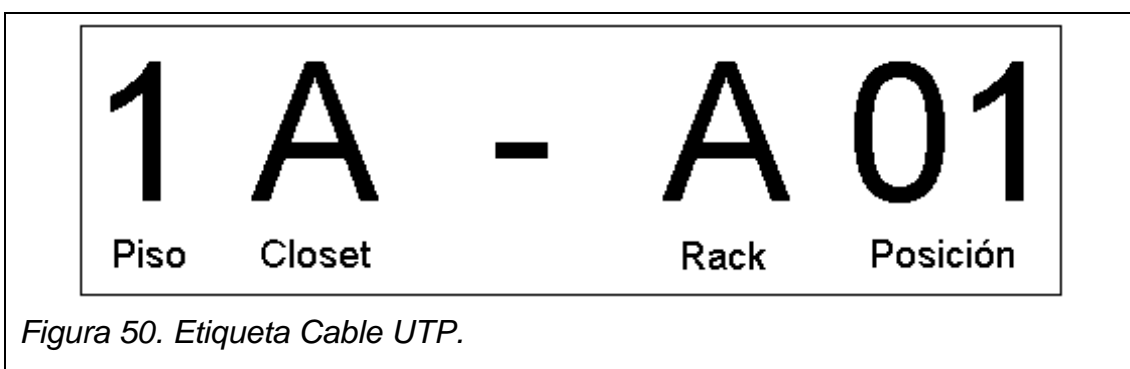


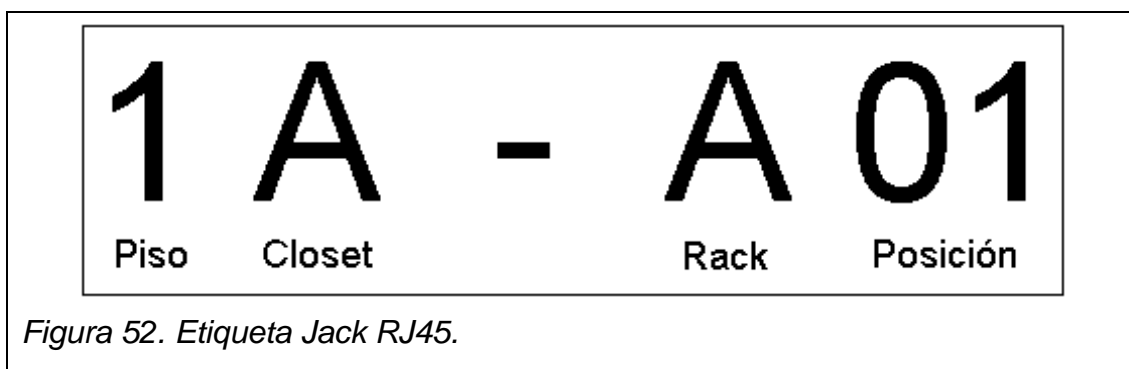
### Otros Medios

Entre los otros tipos de medios tenemos los siguientes:

- Reportes: muestra información de registros que debe incluir el número de cable, la ruta, posición y longitud.
- Planos: sirven para poder identificar físicamente la localización, tamaño de rutas, espacios, el identificador y el punto de voz o datos. (Morales, 2005)

Para identificar cada punto de datos se propone el siguiente método de codificación:





### 3.1.1.8. Esquema del Rediseño de la Red

En la Figura 53 se presenta la propuesta del rediseño de red, mostrando un esquema detallado de cada uno de los elementos que forman parte de la capa de acceso, distribución y núcleo.

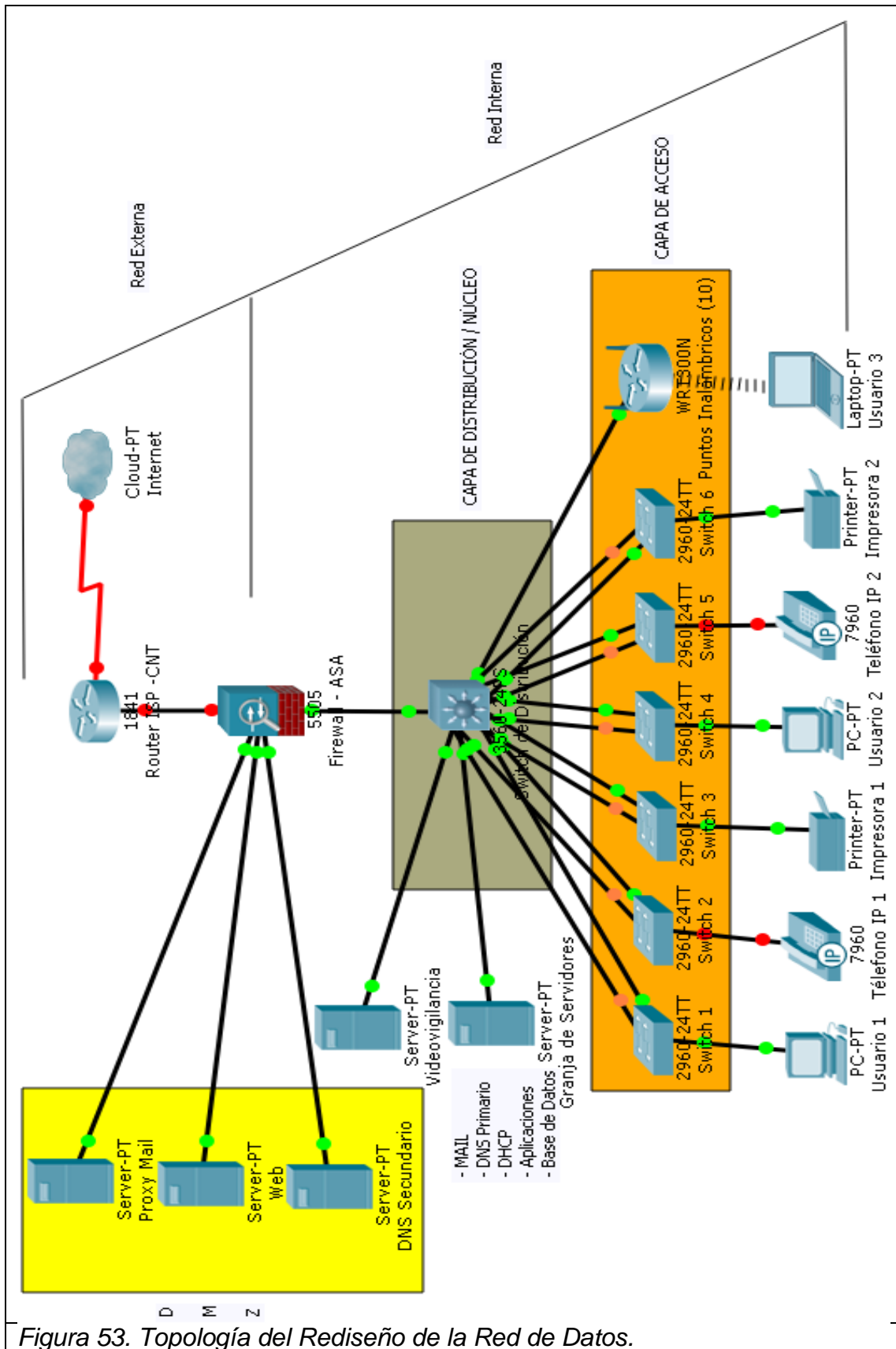


Figura 53. Topología del Rediseño de la Red de Datos.

### 3.1.2. Diseño Jerárquico de la Red

El fundamento teórico realizado en el Capítulo 1 sobre el modelo jerárquico permite realizar diseños de red basado en tres capas (Cisco Systems, 2014), sin embargo para el presente proyecto se lo realiza mediante dos capas, capa de acceso y capa de distribución, esta última también tendrá funciones de la capa de núcleo. Se realiza el rediseño de esta manera debido a los siguientes motivos:

- Presupuesto destinado a la adquisición de nuevos equipos.
- El tamaño de la red es relativamente pequeño con 160 usuarios aproximadamente.
- Equipos de capa 2 poseen características de capa 3.

#### 3.1.2.1. Capa de Acceso

En esta capa se conectan los siguientes dispositivos: impresoras, cámaras IP, estaciones de trabajo, dispositivos biométricos y teléfonos IP, de acuerdo al análisis realizado en la Tabla 17 Distribución Física de Puntos Simples de Red, para cubrir con el total de puntos de red requeridos es necesario la adquisición de los siguientes equipos de acceso.

*Tabla 19. Switches de Capa de Acceso.*

| Cantidad     | Salidas Necesarias | Puertos de Acceso | Puertos Troncales | Puertos Disponibles |
|--------------|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Switch 1     | 251                | 48                | 2                 | 0                   |
| Switch 2     |                    | 48                | 2                 | 0                   |
| Switch 3     |                    | 48                | 2                 | 0                   |
| Switch 4     |                    | 48                | 2                 | 0                   |
| Switch 5     |                    | 48                | 2                 | 0                   |
| Switch 6     |                    | 24                | 2                 | 13                  |
| <b>Total</b> | 251                | 264               | 12                | 13                  |

De acuerdo al crecimiento del 20%, la Tabla 19 cumple con el total de puntos requeridos. Cada switch de acceso cuenta con dos puertos troncales para la conexión al switch de distribución/núcleo, ofreciendo redundancia y disponibilidad de servicios.

### **3.1.2.2. Capa de Distribución / Núcleo**

En el rediseño solo se implementará un switch que cumplirá las funciones de capa 2 y capa 3, debido a factores como: costos de equipos, tamaño de la red y las características que ofrecen switches de capa 3.

Este switch será el encargado de procesar todo el tráfico generado en la capa de acceso. Cada switch de acceso tiene dos enlaces troncales que se conectan al switch de distribución/núcleo para ofrecer redundancia y disponibilidad de servicios.

Hay que considerar que al existir redundancia de enlaces, existe la posibilidad de generar lazos que pueden afectar el rendimiento de la red. Los enlaces redundantes deben operar en estado activo-pasivo, para esto se hace uso del protocolo Spanning-Tree (STP por sus siglas en inglés).

La asignación de puertos en el switch de distribución depende de la cantidad de equipos conectados como: servidores, switches de acceso, puntos de acceso inalámbricos, central telefónica, Gateway de voz, Firewall, conexión al router del ISP dando un total de 31 puertos.

Tabla 20. Switch de Capa de Distribución/Núcleo.

| Puertos                                 | Puertos Troncales | Equipos                                     |
|---|-------------------|---|
| Puerto 1 hasta Puerto 6                 | 6                 | Enlaces principales de Switches de Acceso   |
| Puerto 7 hasta Puerto 12                | 6                 | Enlaces secundarios de Switches de Acceso   |
| Puerto 13 hasta Puerto 22               | 10                | Conexión de puntos de Acceso Inalámbricos   |
| Puerto 23                               | 1                 | Conexión al ISP                             |
| Puerto 24                               | 1                 | Conexión de la Central IP                   |
| Puerto 25                               | 1                 | Conexión del Gateway de Voz                 |
| Puerto 26                               | 1                 | Conexión del Firewall                       |
| Puerto 27                               | 1                 | Servidor Físico CCTV                        |
| Puerto 28                               | 1                 | Servidor Físico - Virtuales<br>EtherChannel |
| Puerto 29                               | 1                 |   |
| Puerto 30                               | 1                 |   |
| Puerto 31                               | 1                 |   |
| <b>Puertos Disponibles = 17 Puertos</b> |                   |   |

La Tabla 20 muestra la cantidad de puertos asignados y disponibles del switch de distribución/núcleo.

En caso de no contar con un switch de 48 puertos, se puede adquirir dos switches de 24 puertos, los cuales serán configurados en modo stack para que actúen como un solo switch de distribución.

### 3.1.3. Diseñar Modelos de Direccionamiento Lógico.

Para realizar el rediseño es necesario hacer uso de redes virtuales (VLAN) y realizar un direccionamiento lógico que se ajuste a los requerimientos de la red. Con esto se logra colocar las primeras restricciones básicas de seguridad.

### 3.1.3.1. Segmentación de la Red mediante VLAN

Con el levantamiento de información realizado en el Capítulo 2 se determina que la actual red no cuenta con subredes, por lo tanto solo existe un dominio de broadcast. El único servicio adicional que dispone la Institución es telefonía analógica. Con los nuevos servicios a implementar como voz, inalámbricas, video y datos, la segmentación de estos servicios mediante VLAN ayuda a tener una mejor organización, administración y seguridad de la red. Además permite optimizar el tráfico de red generado por cada servicio.

En cada switch de capa de acceso y capa de distribución es necesario desactivar la VLAN 1 debido a problemas de seguridad, ya que por esta VLAN circula todo el tráfico que no haya sido asignado a un puerto del switch.

De acuerdo a la información obtenida de la Tabla 17 Distribución Física de Puntos Simples de Red, la cantidad de VLAN a crearse son 8 para poder segmentar los servicios.

*Tabla 21. Segmentación de VLAN.*

| Servicio                      | Vlan ID | Nombre              |
|-------------------------------|---------|---------------------|
| Datos                         | 10      | VLAN_DATOS          |
| Telefonía                     | 20      | VLAN_VOZ            |
| Cámaras IP                    | 30      | VLAN_CCTV           |
| Puntos de Acceso Inalámbricos | 40      | VLAN_WIFI           |
| Impresoras                    | 50      | VLAN_IMPRESORAS     |
| Dispositivos Biométricos      | 60      | VLAN_BIOMETRICOS    |
| Servidores                    | 180     | VLAN_SERVIDORES     |
| Administración                | 190     | VLAN_ADMINISTRACION |

### 3.1.3.2. Direccionamiento IP

De acuerdo a la Tabla 22 se requieren 419 direcciones IP disponibles para satisfacer lógicamente el direccionamiento de todos los dispositivos que forman

parte de la red, entre estos tenemos: impresoras, usuarios, cámaras IP, telefonía IP, puntos de acceso inalámbricos, dispositivos biométricos, servidores y administración.

Tabla 22. Cantidad de Direcciones IP.

| Servicio                      | Cantidad de Direcciones IP |
|-------------------------------|----------------------------|
| Datos                         | 192                        |
| Telefonía                     | 152                        |
| Cámaras IP                    | 23                         |
| Puntos de Acceso Inalámbricos | 10                         |
| Impresoras                    | 16                         |
| Dispositivos Biométricos      | 6                          |
| Servidores                    | 10                         |
| Administración                | 10                         |
| <b>Total</b>                  | <b>419</b>                 |

Para el direccionamiento IP se plantea el uso de una red Clase B, partiendo el cálculo desde la red 172.16.0.0 con máscara 255.255.0.0, este cálculo se lo realiza mediante la técnica conocida como Máscara de Subred de Longitud Variable (VLSM por sus siglas en inglés) para la asignación de subredes a cada VLAN.

Tabla 23. Direccionamiento IP mediante VLSM.

| VLAN                | DIRECCIONES NECESARIAS | CANTIDAD DE IP DISPONIBLES | DIRECCIÓN DE RED | SUFIJO | MÁSCARA         | RANGO DE IP UTILIZABLES     | DIRECCIONES DE BROADCAST |
|---------------------|------------------------|----------------------------|------------------|--------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|
| VLAN_DATOS          | 192                    | 254                        | 172.16.0.0       | /24    | 255.255.255.0   | 172.16.0.1 - 172.16.0.254   | 172.16.0.255             |
| VLAN_VOZ            | 152                    | 254                        | 172.16.1.0       | /24    | 255.255.255.0   | 172.16.1.1 - 172.16.1.254   | 172.16.1.255             |
| VLAN_CCTV           | 23                     | 30                         | 172.16.2.0       | /27    | 255.255.255.224 | 172.16.2.1 - 172.16.2.30    | 172.16.2.31              |
| VLAN_IMPRESORAS     | 16                     | 30                         | 172.16.2.32      | /27    | 255.255.255.224 | 172.16.2.33 - 172.16.2.62   | 172.16.2.63              |
| VLAN_WIFI           | 10                     | 14                         | 172.16.2.64      | /28    | 255.255.255.240 | 172.16.2.65 - 172.16.2.78   | 172.16.2.79              |
| VLAN_SERVIDORES     | 10                     | 14                         | 172.16.2.80      | /28    | 255.255.255.240 | 172.16.2.81 - 172.16.2.94   | 172.16.2.95              |
| VLAN_ADMINISTRACION | 10                     | 14                         | 172.16.2.96      | /28    | 255.255.255.240 | 172.16.2.97 - 172.16.2.110  | 172.16.2.111             |
| VLAN_BIOMETRICOS    | 6                      | 6                          | 172.16.2.112     | /29    | 255.255.255.248 | 172.16.2.113 - 172.16.2.118 | 172.16.2.119             |



En la Tabla 23 se resume el rango de direcciones IP disponibles, la máscara de subred y su respectiva VLAN.

### **3.1.4. Seleccionar Protocolos de Capa 2 (Switching) y Capa 3 (Routing)**

Este punto se enfocará en los protocolos usados en la infraestructura de datos más no en la infraestructura de voz y sistema de cámaras IP.

Los protocolos a usarse se los ha clasificado en dos: capa de switching y capa de routing.

#### **3.1.4.1. Protocolos de Switching**

Entre los protocolos de capa dos tenemos los siguientes:

#### **Spanning-Tree Protocol (STP)**

STP permite intercambiar los datos mediante Bridge Protocol Data Units (BPDU por sus siglas en inglés), seleccionando un puente raíz mediante el menor BID (Bridge ID). Esta selección se lo realiza de dos maneras: mediante la dirección MAC o la prioridad puente. (Arigalleno & Barrientos, 2010)

El rediseño presenta redundancia en los enlaces de capa de distribución y capa de acceso, por lo tanto es necesario habilitar STP para evitar que existan bucles. Un mal diseño de red puede causar alta carga de procesamiento de los switches, tráfico innecesario y finalmente puede causar un bajo rendimiento de la red.

La configuración de STP se lo realiza de forma manual en el switch de distribución/núcleo dando la prioridad más baja para todas las VLAN creadas y haciendo que el switch sea considerado como root. Los enlaces redundantes deben operar en estado activo-pasivo, donde STP pasará a funcionar en el momento que los enlaces de respaldo dejen de funcionar.

## **VLAN Trunking Protocol (VTP)**

VTP es necesario para propagar las VLAN creadas en el switch de distribución/núcleo hacia todos los switches de acceso. (Arigalleno & Barrientos, 2010) VTP debe intercambiar la siguiente información:

Switch Distribución/Núcleo: todas las VLAN deben ser creadas en este switch con sus respectivos nombres, además debe presentar las siguientes características:

- Modo: rol de servidor
- Nombre del Dominio: GADTulcan
- Clave de VTP: GAD\_2016
- Versión de VTP: versión 2

Switches de Acceso: las VLAN creadas en el switch de distribución/núcleo deben ser intercambiadas a estos switches mediante la configuración de las siguientes características:

- Modo: rol de cliente
- Nombre del Dominio: GADTulcan
- Clave de VTP: GAD\_2016

### **3.1.4.2. Protocolos de Routing**

La función de capa de núcleo la realiza directamente el router del ISP, es decir que todo el enrutamiento entre VLAN la realiza internamente este equipo.

En la capa de distribución/núcleo de la intranet no es necesario configurar protocolos de capa 3 ya que el enrutamiento hacia el exterior se lo realiza mediante rutas estáticas.

### **Rutas Estáticas (ip route)**

Las rutas estáticas son administradas y configuradas por el administrador, sin embargo esto no es escalable ya que cualquier cambio en la topología es necesario agregar, eliminar rutas de la tabla de enrutamiento de forma manual. (Cisco Networking Academy, 2010)

En el switch de distribución/núcleo no usa protocolos de enrutamiento, sin embargo es necesario configurar rutas estáticas para poder salir al exterior (Internet). La única ruta que debe ser configurada debe indicar que todo el tráfico de la red interna salga a través de router del ISP.

#### **3.1.4.3. Configuración Adicional**

### **Calidad de Servicio (QoS)**

QoS permite dar un mejor trato a un conjunto de usuarios o aplicaciones dentro de una red, además QoS implementa mecanismos para dar prioridades a cierto tipo de tráfico cuando exista saturación o congestión de la red. (Arigalleno & Barrientos, 2010).

La Tabla 24 muestra la asignación de prioridades y clases para las diferentes aplicaciones que se ejecutan en los servidores, esta información es obtenida de la Tabla 4 del Capítulo 1.

Tabla 24. Análisis de Prioridades.

| Aplicaciones     | Puerto        | QoS       |                           |
|------------------|---------------|-----------|---------------------------|
|                  |               | Prioridad | Clase                     |
| Proxy            | 3128          | 2         | Transactional Data        |
| POP3             | 110           | 3         | Business Mission Critical |
| Zimbra - Postfix | 25            | 3         | Business Mission Critical |
| Voz              | 16384 - 32767 | 5         | Voice                     |
| CCTV             | 37777, 37778  | 4         | Signaling                 |
| Datos            | -             | 2         | Transactional Data        |
| HTML             | 80            | 2         | Transactional Data        |
| SQL 2008         | 1433          | 2         | Transactional Data        |
| MySQL Server 5.1 | 3306          | 2         | Transactional Data        |
| POSTGRESQL 9.3   | 5432          | 2         | Transactional Data        |

La más alta prioridad debe ser únicamente aplicada al tráfico de voz, para evitar que en la calidad de las llamadas exista degradación de la señal.

### Virtual LAN (VLAN)

Una VLAN brinda seguridad, segmentación, flexibilidad. Además permite agrupar de manera lógica cada dependencia o departamento del Municipio en grupos de trabajo de interés común independientemente de la ubicación física. (Arigalleno & Barrientos, 2010)

Según la Tabla 21 Segmentación de VLAN, se crearán ocho VLAN, las cuales serán configuradas de forma manual por parte del administrador. Además es necesario eliminar en todos los switches la VLAN 1 debido a problemas de seguridad.

En la configuración de los enlaces troncales no se permitirá el paso de todas las VLAN, se debe configurar de tal manera para que los enlaces sean capaces de transportar la VLAN correspondiente al piso y la dependencia.

### 3.1.5. Diseño del Sistema de Video Vigilancia

Este sistema ofrecerá seguridad física tanto para la edificación así como para los bienes de la Institución. El sistema a implementarse es básico, permitiendo realizar un monitoreo de cada cámara IP en tiempo real y con capacidad de almacenar grabaciones (audio y video) durante un tiempo considerable.

#### 3.1.5.1. Cantidad de Cámaras IP

La cantidad de cámaras IP que deben ser instaladas depende de la cobertura y de la importancia que desempeñan las áreas o departamentos que funcionan en cada uno de los pisos.

La Tabla 25 indica la cantidad de cámaras IP necesarias por cada piso.

*Tabla 25. Asignación de Cámaras IP por Piso.*

| Piso         | Cantidad de Cámaras |
|--------------|---------------------|
| Planta Baja  | 7                   |
| Primer Piso  | 4                   |
| Segundo Piso | 4                   |
| Tercer Piso  | 4                   |
| Cuarto Piso  | 4                   |
| <b>Total</b> | <b>23</b>           |

#### 3.1.5.2. Cobertura y Ubicación de las Cámaras IP

Las cámaras deben ser ubicadas estratégicamente para cubrir la gran mayoría de las áreas, dando mayor cobertura a los departamentos de las principales autoridades.

En el Anexo H se muestra gráficamente la ubicación física de cada una de las cámaras asignadas a cada uno de los pisos de la institución.

### 3.1.5.3. Características de las Cámaras IP

Las cámaras IP a implementarse no presentan características especiales o robustas, al ser un sistema de video vigilancia básico en comparación con otros sistemas como son los bancarios o gubernamentales, los cuales requieren una estricta selección en las características de las cámaras IP, es por eso que el actual rediseño solo contempla cámaras IP con requerimientos mínimos para cubrir las zonas internas (indoor) de la Municipalidad.

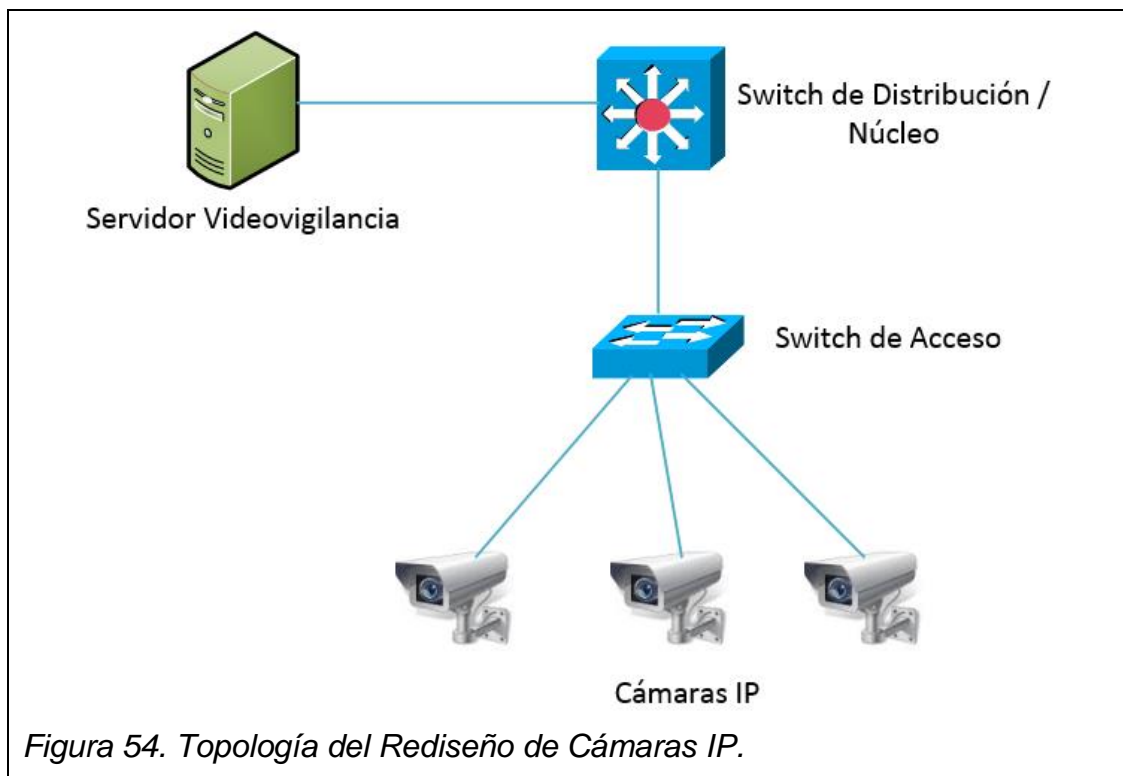
La Tabla 26 muestra las características mínimas que deben tener las cámaras IP (indoor).

Tabla 26. Características de las Cámaras IP.

| Características         | Descripción               |                       |
|-------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Tipo                    | Indoor                    |                       |
| Resolución              | QVGA (SIF)                | 320x240               |
|                         | VGA                       | 640x480 (Recomendada) |
|                         | SVGA                      | 800x600               |
|                         | XVGA                      | 1024x768              |
|                         | 4x VGA                    | 1280x960              |
| IEEE 802.3af            | Power Over Ethernet (PoE) |                       |
| Detección de Movimiento | SI                        |                       |
| Visión Nocturna         | Opcional                  |                       |
| Audio                   | SI                        |                       |
| Acceso Web              | SI                        |                       |

### 3.1.5.4. Topología del Sistema de Video Vigilancia

La Figura 54 indica la infraestructura del sistema de video vigilancia, mostrando un esquema detallado de la ubicación física de cada elemento.



### 3.1.6. Diseño de la Central Telefónica IP

Este rediseño consiste en migrar la red analógica actual hacia una red telefónica IP mediante el uso de soluciones Cisco. Los elementos que forman parte de este rediseño son:

- Call Manager: central telefónica
- Gateway: integra la red telefónica IP local con la red telefónica pública (CNT).

Para la integración con la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN por sus siglas en inglés), la conexión física se la realiza mediante un Gateway de voz, el cual permite entregar recursos como: videoconferencia, conferencia de voz, transcoding y el servicio de telefonía de supervivencia SRST.

Para la salida a la PSTN se contrata un canal digital E1 (2Mbps), además se agrega 2 bases para las salidas a celulares.

De acuerdo a la información obtenida en la Tabla 14 Líneas Telefónicas del Capítulo 2, se necesitan 5 líneas analógicas.

#### **3.1.6.1. Flujo de las Llamadas de Ingreso**

Cuando una llamada ingresa esta será dirigida hacia la contestadora automática, esta contestadora tendrá dos saludos: fines de semana y días laborales.

Cuando se encuentra dentro del horario laboral, la contestadora enunciará las extensiones de capa departamento, permitiendo al usuario marcar la extensión, caso contrario será transferido a la operadora. Cuando una extensión se encuentra ocupada, después de un tiempo determinado será enviada al buzón de voz para poder grabar y dejar un mensaje de voz.

Cuando se encuentra dentro del horario de fines de semana, la contestadora indicará un mensaje de bienvenida y terminará la llamada. La Figura 55 muestra el flujo de llamadas entrantes al Municipio.



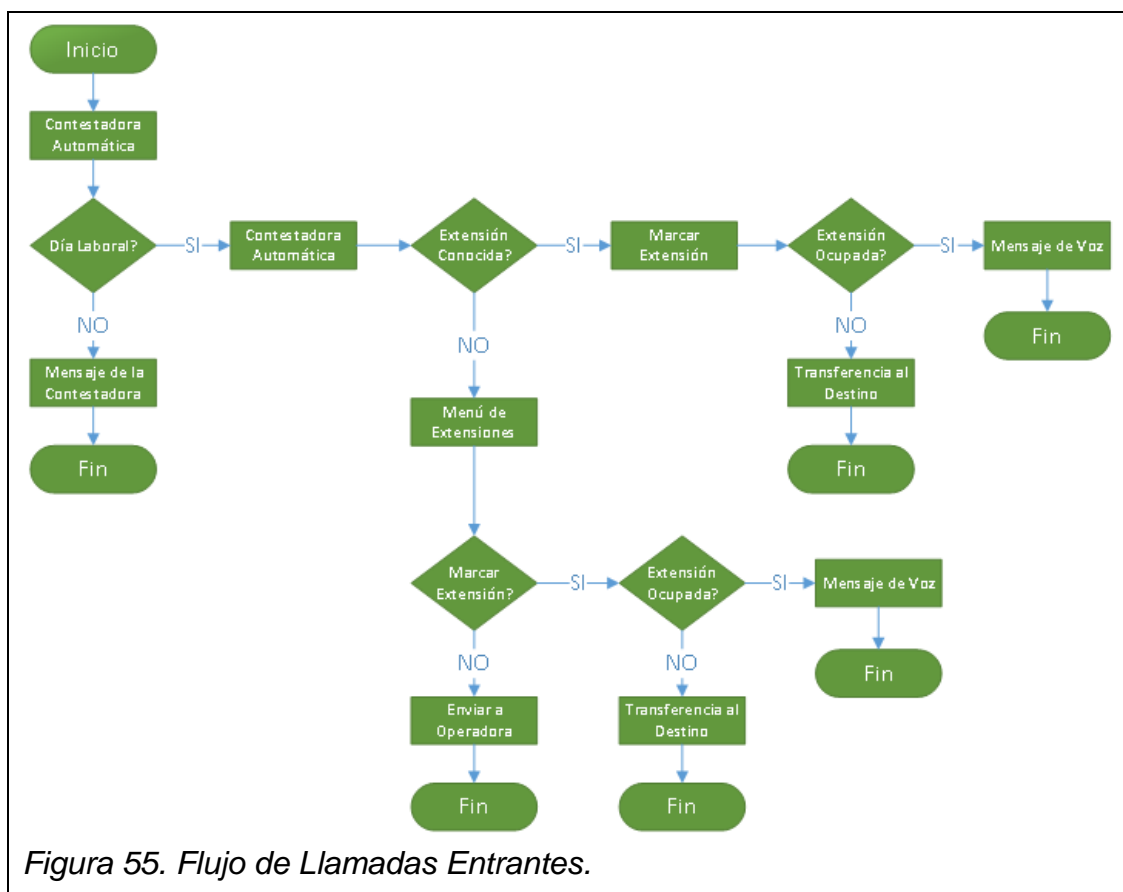


Figura 55. Flujo de Llamadas Entrantes.

### 3.1.6.2. Perfiles de Mercado

Esta característica permite dar un nivel de permisos a los usuarios para que puedan realizar las llamadas. Para esto se deben crear los siguientes niveles de permisos.

El nivel 1 permite realizar llamadas internas y llamadas de emergencia: bomberos, policía, hospital. Este nivel es asignado a las salas y los staff. Si se requiere realizar una llamada con mayores privilegios es necesario solicitar autorización a la operadora.

El nivel 2 permite realizar llamadas internas, llamadas de emergencia y llamadas locales. Las llamadas locales son realizadas dentro de la provincia. Este nivel es asignado a los usuarios operativos de la Institución. Si se requiere realizar una llamada con mayores privilegios es necesario solicitar autorización a la operadora.

El nivel 3 permite realizar llamadas internas, llamadas de emergencia, llamadas locales y llamadas nacionales. Las llamadas nacionales son realizadas dentro del territorio nacional. Este nivel es asignado a las principales autoridades de cada departamento. Si se requiere realizar una llamada con mayores privilegios es necesario solicitar autorización a la operadora.

El nivel 4 permite realizar llamadas internas, llamadas de emergencia, llamadas locales, llamadas nacionales, llamadas internacionales y llamadas a celulares. Este nivel no tiene restricciones y es asignado únicamente al alcalde y a la operadora.

*Tabla 27. Resumen de Perfiles de Mercado.*

| Perfil  | Permisos  | Asignación          |
|---------|---|---------------------|
| Nivel 1 | Internas-Emergencias  | Salas / Staff       |
| Nivel 2 | Internas-Emergencias-Locales                                      | Usuarios            |
| Nivel 3 | Internas-Emergencias-Locales-Nacionales                           | Autoridades         |
| Nivel 4 | Internas-Emergencias-Locales-Nacionales-Celulares-Internacionales | Alcalde / Operadora |

### 3.1.6.3. Opciones de Usuario

Las opciones predeterminadas que pueden realizar los usuarios son las siguientes:

**Buzón de Voz:** Cada buzón debe ser asociado a la extensión correspondiente y los usuarios deberán ingresar una clave de cuatro dígitos para poder acceder a su buzón.

**Conferencia de Llamadas:** Cada usuario podrá iniciar conferencias con 4 extensiones como máximo para poder interactuar en una misma llamada simultánea.

**Reuniones:** Esta característica crea 15 reuniones como máximo para que puedan interactuar con una llamada externa, de igual manera números externos puedan unirse e interactuar en la reunión.

**Parqueo de Llamadas:** Esta opción permite al usuario poner en espera momentáneamente a una llamada en curso.

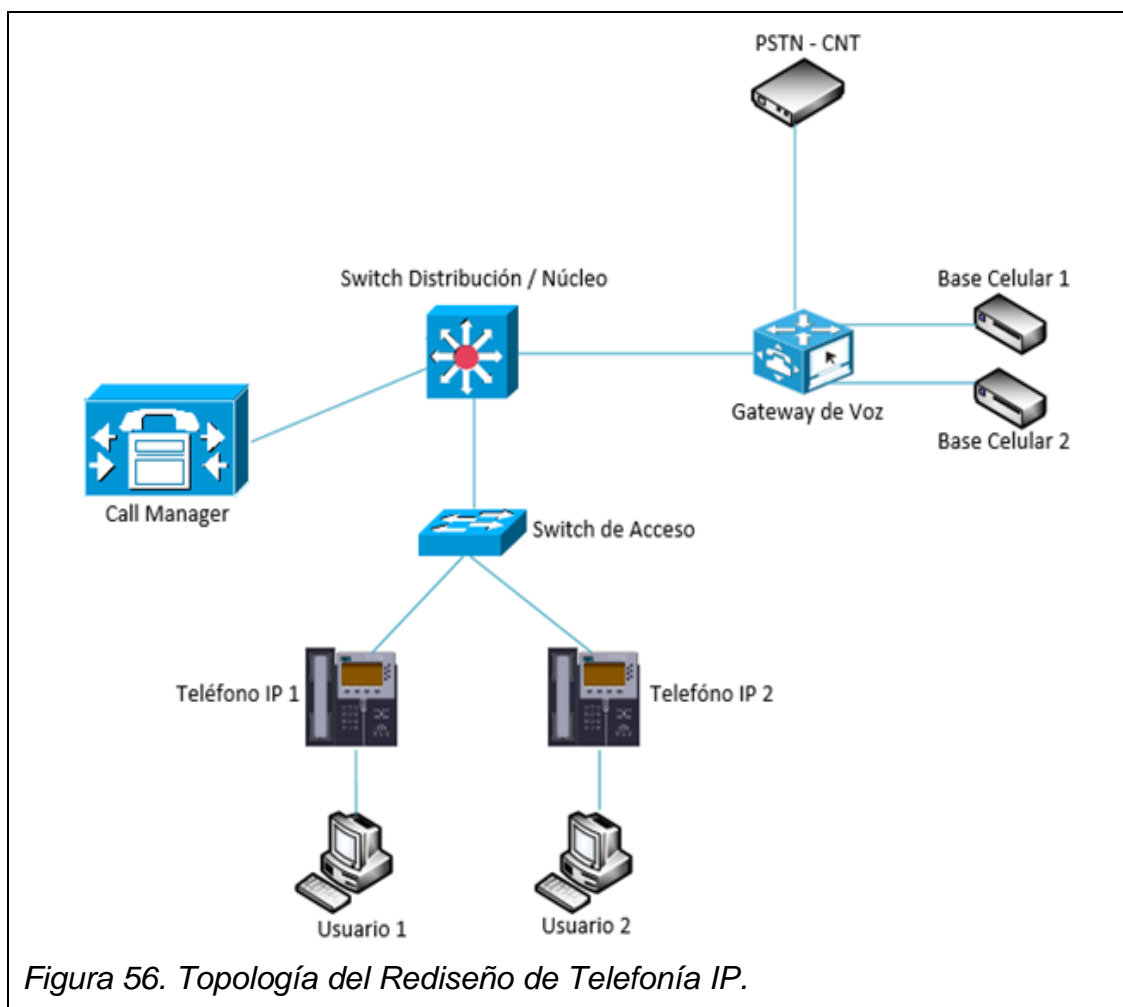
**Registro de Llamadas:** Esta característica almacena un historial de todas las llamadas, lo que facilita al administrador llevar una estadística de las llamadas entrantes y salientes. El registro debe almacenar los siguientes datos:

- Número de origen o extensión
- Número de destino o extensión
- Fecha de de llamada
- Inicio de de llamada
- Fin de la llamada
- Duración de la llamada
- Estado de la llamada

**Transferencia de Llamadas:** Esta característica permite que el usuario pueda realizar la transferencia de una llamada entrante hacia una extensión diferente.

#### **3.1.6.4. Topología de Telefonía IP**

La Figura 56 muestra la propuesta de la topología de telefonía IP, mostrando un esquema detallado de la distribución física de cada dispositivo.



### 3.1.7. Desarrollo de Estrategias de Seguridad de la Red

La red actual no cuenta con un sistema de seguridad eficiente que brinde la protección necesaria ante posibles ataques. Para evitar esto se plantea implementar las siguientes estrategias de seguridad tanto en los servidores como en los equipos de comunicaciones.

#### 3.1.7.1. Zona Desmilitarizada (DMZ)

De acuerdo a la información obtenida en el Capítulo 2 los servidores de correo electrónico y firewall están expuestos al exterior (Internet) sin las debidas seguridades. Las configuraciones realizadas en el Firewall son reglas básicas que únicamente brindan conexión a Internet, por lo tanto es necesario aplicar

las debidas políticas y configuraciones que aseguren la red interna ante potenciales ataques.

Una buena práctica es tener todos los servicios que van a estar expuestos al Internet en un segmento separado de la red interna, para esto se hace uso de las DMZ. En el rediseño de red se consideran los siguientes elementos que intervienen en la DMZ:

- Servidor WEB
- Mail Gateway
- DNS Secundario

El servidor Web tendrá albergada la página web del Municipio, la cual es únicamente informativa sin comprometer información confidencial de la Institución.

El Mail Gateway tiene la función de reenviar los correos que provienen del exterior (Internet) al interior (red local) y viceversa. El envío de correos locales realiza la función el servidor de correo local, si el mail local es dirigido al exterior de la LAN entonces el servidor de correo local lo reenvía al mail Gateway quien realiza la función de reenviarlo al exterior. El proceso es inverso cuando el correo es enviado de la red externa a la red local.

El DNS secundario tiene la función de resolver nombres de dominio para el servicio Web y para el mail Gateway, cabe indicar que el mail Gateway no tiene información de las cuentas de usuarios, únicamente hace un reenvío de los correos.

A continuación se detalla de manera gráfica el diseño de la DMZ.

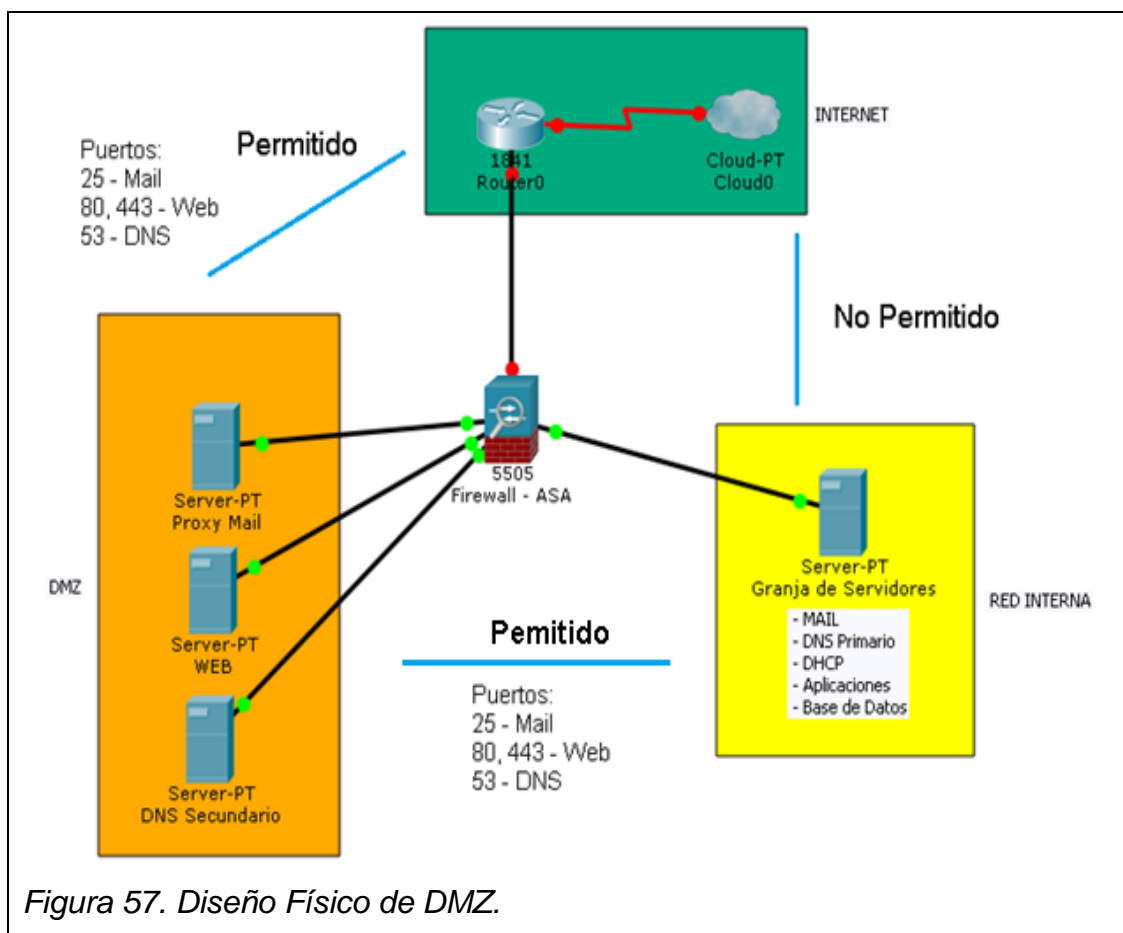


Figura 57. Diseño Físico de DMZ.

### 3.1.7.1.1. Direcccionamiento IP para la DMZ

De acuerdo a la Figura 57 es necesario tres servidores que se ubicarán en la DMZ, por lo tanto se necesitarán cuatro direcciones IP en un rango distinto al de la red local, de las cuales tres direcciones son para los servidores y una dirección IP para la interfaz del Firewall.

Para el direccionamiento IP se plantea el uso de una red Clase C, partiendo el cálculo desde la red 192.168.1.0 con máscara 255.255.255.0, este cálculo se lo realiza mediante la técnica conocida como Máscara de Subred de Longitud Variable (VLSM por sus siglas en inglés).

La Tabla 28 muestra el direccionamiento IP para la DMZ.

*Tabla 28. Direccionamiento IP para la DMZ.*

| Direcciones Necesarias  | Dirección de Red | Sufijo                   | Máscara         | Rango de IP Utilizables   | Dirección de Broadcast |
|-------------------------|------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|------------------------|
| 4                       | 192.168.1.0      | /29                      | 255.255.255.248 | 192.168.1.1 - 192.168.1.6 | 192.168.1.7            |
| SERVIDOR                |                  | DIRECCIÓN IP             |                 |                           | MÁSCARA                |
| Interfaz del Firewall   |                  | 192.168.1.1              |                 |                           | 255.255.255.248        |
| Proxy Mail              |                  | 192.168.1.2              |                 |                           | 255.255.255.248        |
| Servidor WEB            |                  | 192.168.1.3              |                 |                           | 255.255.255.248        |
| DNS Secundario          |                  | 192.168.1.4              |                 |                           | 255.255.255.248        |
| Direcciones Disponibles |                  | 192.168.1.5, 192.168.1.6 |                 |                           | 255.255.255.248        |

### 3.1.7.1.2. Traducción de Direcciones de Red (NAT)

Para que los servidores en el segmento de la DMZ tengan conectividad a Internet deben hacer uso de NAT. NAT consiste en una traducción de direcciones privadas a direcciones públicas, de esta manera el equipo podrá navegar en Internet. El Municipio cuenta con seis direcciones IP públicas, por lo tanto para que los usuarios naveguen en el internet se realiza la traducción de direcciones mediante NAT estático.

De acuerdo a la Tabla 13 Asignación de Direcciones Públicas obtenida en el Capítulo 2, la traducción de direcciones privadas a públicas es la siguiente.

*Tabla 29. Traducción de Direcciones de Red.*

| Servidor              | IP Privada  | IP Pública      |
|-----------------------|-------------|-----------------|
| Interfaz del Firewall | 192.168.1.1 | 190.152.220.198 |
| DNS Secundario        | 192.168.1.4 | 190.152.220.197 |
| Proxy Mail            | 192.168.1.2 | 190.152.220.196 |
| Servidor WEB          | 192.168.1.3 | 190.152.220.195 |

### 3.1.7.2. Listas de Acceso (ACL)

Para asegurar la red local contra posibles ataques provenientes del Internet, es necesario implementar políticas de acceso. Estas reglas pueden aplicarse tanto para el tráfico entrante como saliente. Cada regla puede ser aplicada a un puerto, protocolo, interfaz, usuario o servicio y así asegurar la red de una manera eficiente.

Estas reglas deben ser configuradas en el Firewall o ASA permitiendo así filtrar el tráfico de acuerdo a las políticas o reglas implementadas. La Tabla 30 muestra un resumen de las reglas que deben ser configuradas en el Firewall.

Tabla 30. Listas de Acceso aplicadas en el Firewall.

| Listas de Acceso |                |            |            |          |   |
|------------------|----------------|------------|------------|----------|---|
| Origen           | Destino        | Protocolo  | Puerto     | Acción   | Descripción   |
| Mail Interno     | Internet       | SMTP       | TCP 25     | Denegar  | Denegar tráfico SMTP entre Mail Interno e Internet                      |
| Mail Interno     | Mail Gateway   | SMTP       | TCP 25     | Permitir | Permitir tráfico SMTP entre Mail Interno y Mail Gateway y viceversa     |
| Mail Gateway     | Internet       | SMTP       | TCP 25     | Permitir | Denegar tráfico SMTP entre Mail Gateway e Internet                      |
| Red Local        | Servidor Web   | HTTP/HTTPS | TCP 80/443 | Permitir | Permitir tráfico HTTP/HTTPS desde red local al servidor Web             |
| Internet         | Servidor Web   | HTTP/HTTPS | TCP 80/443 | Permitir | Permitir tráfico HTTP/HTTPS desde el Internet al servidor Web           |
| Internet         | Mail Gateway   | HTTPS      | TCP 443    | Permitir | Permitir tráfico HTTPS desde el Internet al Mail Gateway                |
| DNS Primario     | Internet       | DNS        | UDP 53     | Denegar  | Denegar tráfico de dominio desde el DNS Primario al Internet            |
| DNS Primario     | DNS Secundario | DNS        | UDP 53     | Permitir | Permitir tráfico de dominio entre DNS primario y secundario y viceversa |
| DNS Secundario   | Internet       | DNS        | UDP 53     | Permitir | Permitir tráfico de dominio entre DNS secundario e Internet             |
| Red Local        | Internet       | ICMP       | -          | Denegar  | Denegar tráfico ICMP entre la red local e Internet y viceversa          |



### **3.1.7.3. Port Security**

Esta característica de los switch de acceso permite asegurar físicamente la red interna para que los dispositivos finales puedan tener acceso a la red. (Arigalleno & Barrientos, 2010)

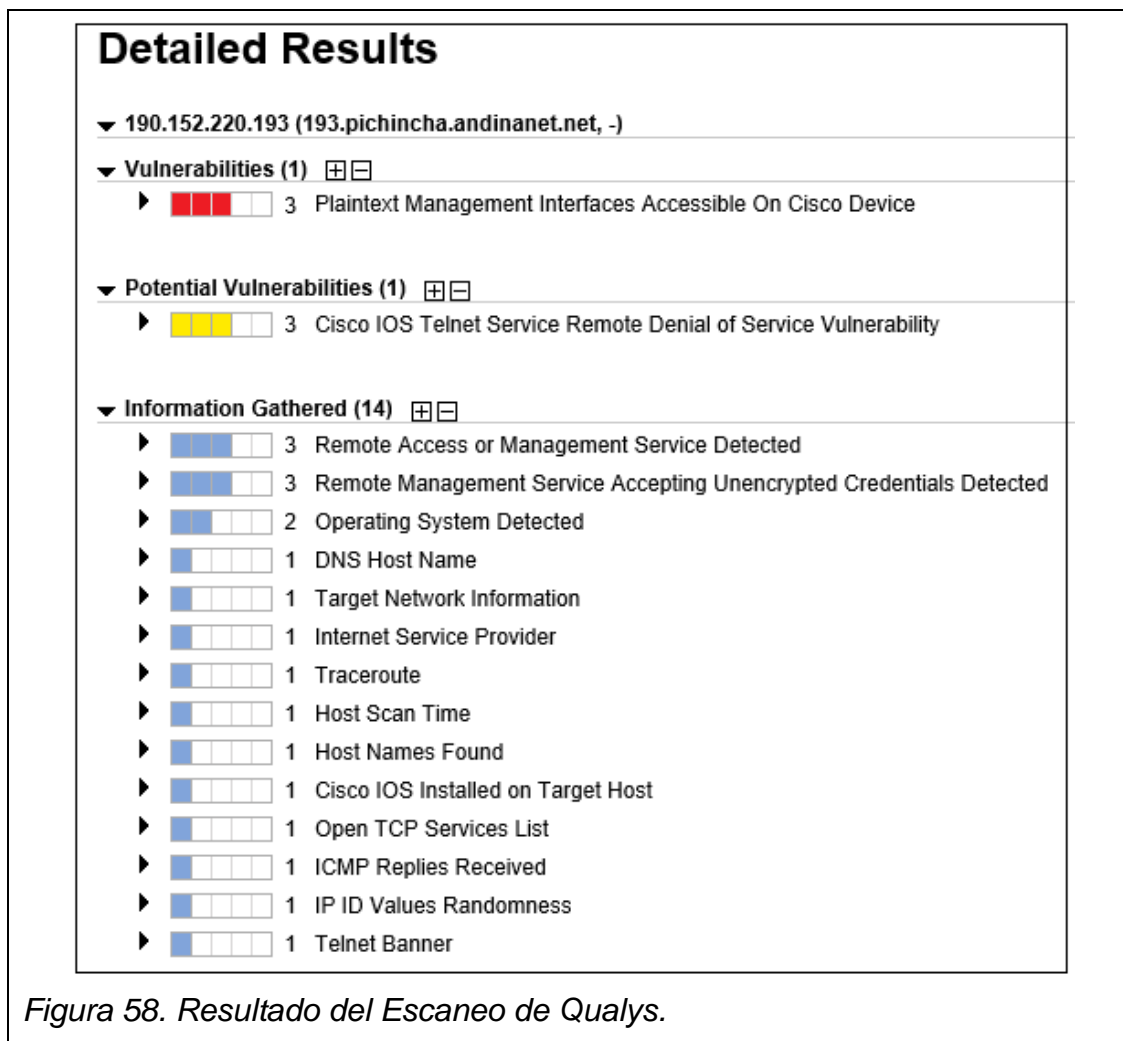
Para evitar que en la red los usuarios puedan conectar equipos de capa 2 sin autorización previa del departamento de sistemas, es necesario habilitar Port Security en los puertos de acceso, limitando la conexión a dos direcciones MAC.

Se habilita un máximo de dos direcciones MAC debido a que existen usuarios que tendrán asignado un teléfono IP, una dirección para la conexión del teléfono y la otra dirección para la conexión del computador. En caso de existir violación a esta regla el puerto se deshabilita.

### **3.1.7.4. Herramienta Qualys**

El análisis de los dispositivos del proveedor también es un punto importante para determinar las vulnerabilidades que pueden comprometer la red interna. Para este análisis se ha usado la herramienta Qualys Express Lite para realizar una escaneo en búsqueda de posibles vulnerabilidades del router Cisco 1941 de CNT, el cual tiene la IP pública 190.152.220.193.

En este análisis se puede observar que CNT mantiene actualizado el equipo ya que solo muestra una vulnerabilidad crítica que puede ser corregida por los técnicos de CNT.



El resultado indica que para establecer la conexión remota hace uso de Telnet, sin embargo este protocolo trabaja en el puerto 23 y transmite el usuario y clave en texto plano, por tal razón se recomienda cambiar a SSH que usa el puerto 22, es más seguro y envía la información encriptada.

### 3.1.8. Desarrollo de Estrategias de Administración de la Red

Este punto consiste en los lineamientos que debe contemplarse para el monitoreo de los equipos.

Se deben definir procedimientos para mantener la red y los equipos operativos, para esto hay que considerar un plan de mantenimiento de cada uno de los componentes de red, incluido UPS y servidores.

Los puntos a monitorear en los servidores son:

- Uso del CPU
- Uso de memoria RAM
- Uso de espacio en el disco duro

Los puntos a monitorear en los equipos de comunicaciones son:

- Monitoreo del trafico
- Consumo de ancho de banda
- Errores en las interfaces

Los puntos a monitorear en UPS son:

- Nivel de temperatura
- Nivel de humedad
- Banco de baterías

El plan de mantenimiento debe ser realizado en periodos de seis meses, definiendo horarios donde la afectación de los servicios sea mínima por ejemplo fines de semana, días festivos.

#### **3.1.8.1. Protocolo de Gestión y Administración**

Para la administración de los equipos de red es necesario implementar el Protocolo Simple de Administración de Red (SNMP por sus siglas en inglés), este protocolo sirve para intercambiar información de administración entre equipos. (Cisco Networking Academy, 2010)

El protocolo SNMP permite la administración de:

- Rendimiento de la red
- Detectar problemas de la red. (Cisco Networking Academy, 2010)

SNMP se encuentra en la mayoría de equipos de red y servidores, por lo tanto es necesario realizar las configuraciones en cada uno de los equipos para poder tener una administración y gestión de red centralizada, esto permitirá reducir los tiempos de respuesta ante posibles fallas o problemas ocasionados en la red.

Además para facilidad del administrador se propone el uso de herramientas de gestión como por ejemplo PRTG que ha sido usado en el Capítulo 2 para obtener el análisis de tráfico, esta herramienta muestra gráficamente y mediante interfaces amigables el estado de los equipos y de la red en general. Este tipo de herramientas de gestión permiten realizar un análisis de tráfico en cada una de las interfaces, estado de los equipos y ancho de banda, con el objetivo de tomar las mejores decisiones para el rendimiento de la red.

#### **3.1.8.2. Envío de Alertas**

El envío de alertas por parte de los equipos es un punto muy importante para el administrador de red, ya que mediante estas alarmas el administrador siempre estará informado del estado actual de cada uno de los equipos a su cargo.

Para definir las alertas se deben tomar en cuenta los umbrales de los equipos y de los aspectos más importantes de cada uno de ellos, por ejemplo:

- Tráfico de red
- Ancho de banda
- Errores en las interfaces
- Nivel de temperatura

- Uso del CPU
- Uso de memoria RAM
- Uso de disco duro
- Equipo fuera de servicio (shutdown)

### **3.2. Selección de Tecnologías y Dispositivos para Redes Empresariales**

El presente rediseño de red requiere de equipos que puedan soportar el tráfico de los nuevos servicios como voz, video y datos, por lo tanto los requisitos de estos nuevos equipos se los describe a continuación.

#### **3.2.1. Características de Dispositivos de Capa de Acceso**

##### **Switches de Acceso**

Los switches de capa 2 deberán contar principalmente con puertos de acceso y dos puertos troncales. Los puertos troncales son necesarios para la conexión al switch de distribución/núcleo.

De acuerdo al cálculo de tráfico de red obtenido en el Capítulo 2 y las especificaciones técnicas de cableado obtenidas en la sección cableado horizontal y vertical, es necesario adquirir switches de capa 2 con velocidades de 10/100Mbps para los puertos de acceso, ya que las actuales aplicaciones y servicios generan un bajo tráfico de red y el cableado horizontal UTP categoría 6 soporta velocidades máximas de 1000Mbps. Para los puertos troncales velocidades de 1/10Gbps debido a las especificaciones técnicas del cableado UTP categoría 6A que soporta velocidades máximas de 10Gbps.

Se contempla UTP categoría 6A para el cableado vertical debido a futuras implementaciones de nuevos servicios que requieran mayor cantidad de ancho de banda y mayores velocidades, y así lograr que no exista saturación de enlaces.

Las características necesarias que deben tener los switches de capa de acceso para el presente rediseño deben cumplir con las siguientes especificaciones técnicas.

*Tabla 31. Características de Switches de Capa de Acceso.*

| <b>Característica</b>  | <b>Descripción</b>               |
|------------------------|----------------------------------|
| IEEE 802.3u            | FastEtehrnet - Puertos de Acceso |
| IEEE 802.3ab           | GigaEthernet - Puertos Troncales |
| IEEE 802.3x            | Control de Flujo                 |
| IEEE 802.1q            | VLAN Trunking                    |
| IEEE 802.1p            | QoS                              |
| IEEE 802.1d            | Spanning-Tree                    |
| IEEE 802.1w            | Rapid Spanning-Tree              |
| IEEE 802.3af           | Power Over Ethernet (PoE)        |
| Puertos Acceso         | Velocidad 10/100 Mbps            |
| Puertos Troncales      | Velocidad 1000 Mbps              |
| Capa                   | 2                                |
| Conmutación            | Store and Forward                |
| Negociación            | full - half Duplex               |
| Seguridad en el Puerto | Port Security                    |
| IOS                    | Versión 12 o superior            |

### **Puntos de Acceso Inalámbricos**

Las características necesarias que deben tener los puntos de acceso inalámbricos para el presente rediseño deben cumplir con las siguientes especificaciones técnicas.

Tabla 32. Características de los Puntos de Acceso Inalámbricos.

| Característica          | Descripción                              |
|-------------------------|--|
| Radio                   | 802.11 a/b/g/n/ac                        |
| Seguridad               | IEEE 802.11i, WPA - WPA2                 |
| Velocidades             | 54Mbps, 11Mbps, 54Mbps, 600Mbps, 1.3Gbps |
| Banda de Frecuencia     | América (FCC) 2,412 a 2,462 GHz          |
| Alcance                 | 100 metros                               |
| IEEE 802.3af (opcional) | Power Over Ethernet (PoE)                |
| IEEE 802.1q             | VLAN Trunking                            |
| IEEE 802.1p             | QoS                                      |
| Acceso Web              | Soporte para HTTP/HTTPS                  |

### 3.2.2. Características del Dispositivo de Capa de Distribución / Núcleo

Los switches de capa 3 deberán contar principalmente con puertos de 1Gbps, estos puertos son necesarios para la conexión a los puertos troncales de los switches de acceso y servidores.

De acuerdo al cálculo de tráfico de red obtenido en el Capítulo 2 y las especificaciones técnicas de cableado obtenidas en la sección cableado vertical, es necesario adquirir switches de capa 3 con velocidades de 1000Mbps ya que el cableado vertical UTP categoría 6A soporta velocidades máximas de 1/10Gbps, esto con el objetivo de necesitar nuevos servicios que requieran gran demanda de velocidad y ancho de banda logrando con esto que no exista saturación en los enlaces troncales.

Las características necesarias que debe tener el switch de capa de distribución/núcleo para el presente rediseño son las siguientes.

Tabla 33. Características de Equipos de Capa de Distribución/Núcleo.

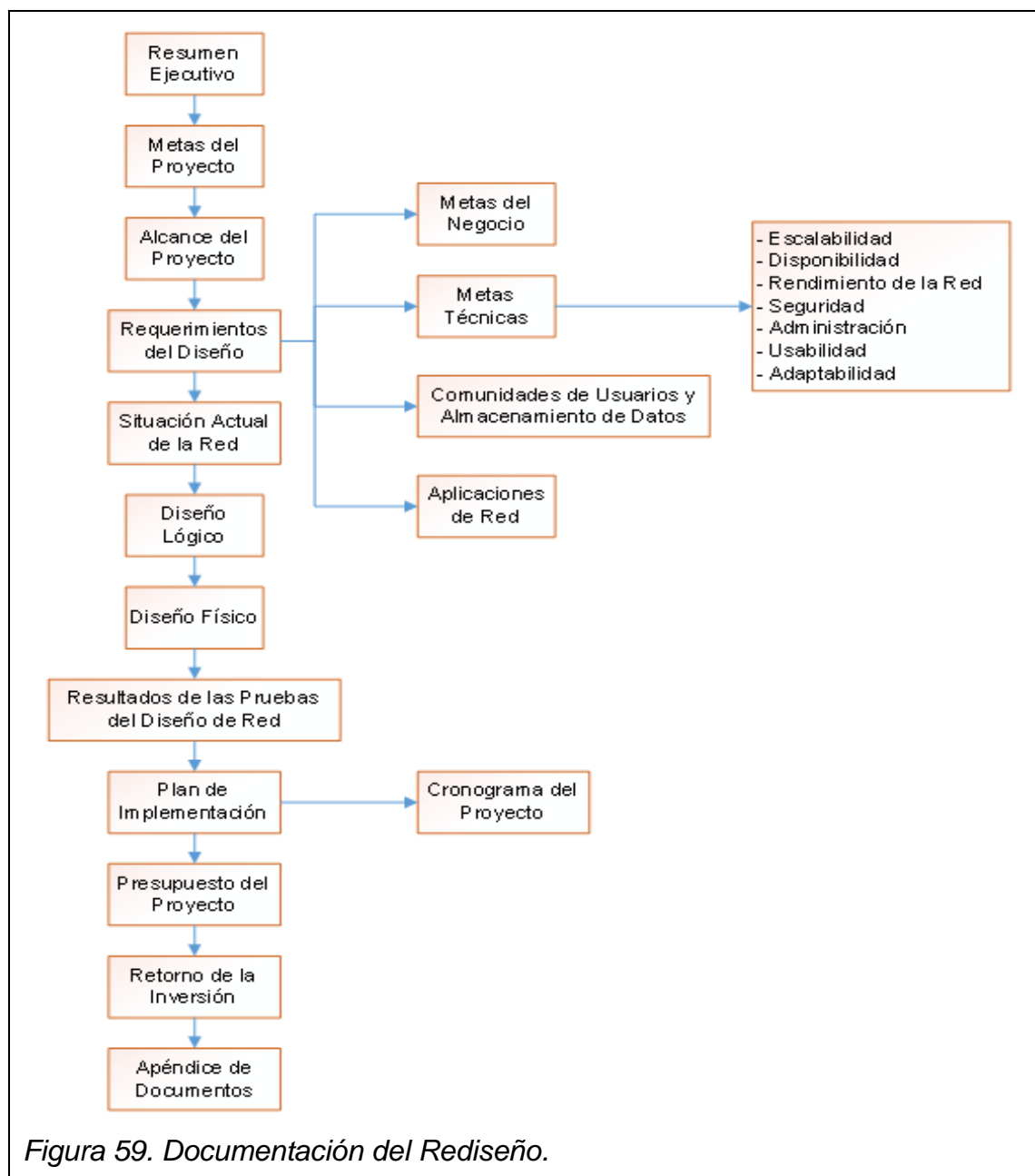
| Característica    | Descripción                      |
|-------------------|----------------------------------|
| IEEE 802.3ab      | GigaEthernet - Puertos Troncales |
| IEEE 802.3x       | Control de Flujo                 |
| IEEE 802.1q       | VLAN Trunking                    |
| IEEE 802.1p       | QoS                              |
| IEEE 802.1d       | Spanning-Tree                    |
| IEEE 802.1w       | Rapid Spanning-Tree              |
| Puertos Troncales | Velocidad 1000 Mbps              |
| Capa              | 3                                |
| Conmutación       | Store and Forward                |
| Negociación       | full - half Duplex               |
| IOS               | versión 12 o superior            |

### 3.3. Documentación del Rediseño

La documentación debe contener las características técnicas de cada una de las fases del rediseño. Esta información es muy importante para el administrador, ya que le muestra cómo se encuentra la red tanto física como lógicamente. La documentación bien realizada y actualizada facilita las tareas de mantenimiento, cambio o actualización en la topología de red.

El siguiente flujograma indica la documentación que debe generarse durante cada fase del rediseño de red.





## **CAPITULO IV. ANÁLISIS DE COSTOS**

### **4. Introducción**

En este capítulo se realiza el análisis de costos del rediseño de la red LAN multiservicios. El análisis del costo referencial se basa en el cálculo de los materiales y equipos que intervienen en la red activa y la red pasiva. Dentro de este análisis únicamente se contempla los costos del cableado estructurado y equipos de comunicaciones.

#### **4.1. Red Pasiva**

La red pasiva contempla el cableado horizontal y vertical, donde intervienen materiales referentes al cableado estructurado. De acuerdo al rediseño realizado en el Capítulo 3, el tendido del cableado por piso se lo realiza mediante el sistema cross-connect, llegando todo el cableado al tercer piso donde se ubica el cuarto de telecomunicaciones.

De acuerdo al rediseño únicamente se consideran puntos de red simples, los teléfonos IP físicos deben tener dos puertos RJ45 (puerto LAN y puerto de la PC), el resto de usuarios usarán softphone.

##### **4.1.1. Requerimientos y Distribución de las Salidas de Telecomunicaciones**

El edificio tiene 5 plantas o niveles, donde se debe considerar el crecimiento futuro del 20%, dando un incremento de 62 salidas de telecomunicaciones según la Tabla 17 obtenida en el Capítulo 3. La distribución de puntos de red por áreas de trabajo se describe a continuación.

Tabla 34. Salidas de Telecomunicaciones.

| Piso            | Salidas      | Puntos de Red |
|-----------------|--------------|---------------|
| PLANTA<br>BAJA  | Impresoras   | 1             |
|                 | Cámaras IP   | 7             |
|                 | Biométrico   | 1             |
|                 | Access Point | 2             |
|                 | Usuarios     | 24            |
|                 | Total        | 35            |
| PRIMER<br>PISO  | Impresoras   | 3             |
|                 | Cámaras IP   | 4             |
|                 | Biométrico   | 1             |
|                 | Access Point | 2             |
|                 | Usuarios     | 47            |
|                 | Total        | 57            |
| SEGUNDO<br>PISO | Impresoras   | 5             |
|                 | Cámaras IP   | 4             |
|                 | Biométrico   | 1             |
|                 | Access Point | 2             |
|                 | Usuarios     | 49            |
|                 | Total        | 61            |
| TERCER<br>PISO  | Impresoras   | 6             |
|                 | Cámaras IP   | 4             |
|                 | Biométrico   | 2             |
|                 | Access Point | 2             |
|                 | Usuarios     | 65            |
|                 | Total        | 79            |
| CUARTO<br>PISO  | Impresoras   | 1             |
|                 | Cámaras IP   | 4             |
|                 | Biométrico   | 1             |
|                 | Access Point | 2             |
|                 | Usuarios     | 7             |
|                 | Salas        | 4             |
|                 | Total        | 19            |

#### 4.1.2. Costo Referencial del Subsistema Horizontal y Vertical

Para realizar el costo referencial del subsistema horizontal y vertical se consideran ciertos factores como la mano de obra, las herramientas y los materiales que se usarán para el rediseño del cableado estructurado.

El costo referencial de cada uno de los elementos que intervienen en el cableado estructurado fue asesorado por R&G Systems, empresa especializada en cableado estructurado.

##### 4.1.2.1. Base Referencial de Personal, Herramientas y Materiales

Tabla 35. Base Referencial de Precios.

| Mano de Obra |   |            |
|--------------|---|------------|
| Código       | Descripción                             | Costo/Hora |
| 1            | Supervisor eléctrico                    | \$3.57     |
| 2            | Electricista                            | \$3.22     |
| 3            | Inspector de obra                       | \$3.57     |
| 4            | Ayudante sin título                     | \$1.94     |
| 5            | Maestro plomero                         | \$1.97     |
| 6            | Fierrero                                | \$2.04     |
| 7            | Operador de maquinaria liviana y tubero | \$1.97     |
| 8            | Soldador                                | \$1.97     |
| 9            | Topógrafo                               | \$1.94     |
| 10           | Instalador                              | \$2.12     |
| 11           | Ductero                                 | \$2.41     |
| 12           | Electromecánico                         | \$3.97     |
| 13           | Ayudante electromecánico                | \$2.12     |
| 14           | Pintor                                  | \$1.94     |
| 15           | Ayudante electricista                   | \$1.94     |
| 16           | Electricista especializado              | \$1.94     |
| 17           | Electrónico especializado               | \$1.94     |

| <b>Herramientas</b> |   |                   |
|---------------------|---|-------------------|
| <b>Código</b>       | <b>Descripción</b>                        | <b>Costo/Hora</b> |
| 101                 | Herramienta manual                        | \$0.20            |
| 102                 | Dobladora de tubo                         | \$1.00            |
| 103                 | Andamios, escaleras                       | \$1.80            |
| 104                 | Amoladora                                 | \$3.00            |
| 105                 | Taladro                                   | \$8.00            |
| 106                 | Pistola de impacto con clavo y fulminante | \$5.00            |
| 107                 | Equipo de certificación nivel 3           | \$5.00            |
| 108                 | Tester con emisión de tonos               | \$15.00           |
| 109                 | Equipo multímetro                         | \$5.00            |
| 110                 | Herramienta ponchadora con punta          | \$10.00           |
| 111                 | Hormigonera 1 saco                        | \$3.50            |
| 112                 | Elevador                                  | \$4.00            |
| 113                 | Compresor y soplete                       | \$3.50            |
| 114                 | Martillo demoledor                        | \$4.50            |
| 115                 | Maquinaria para carpintería               | \$12.00           |
| 116                 | Herramienta carpintería                   | \$2.00            |
| 117                 | Compactador tipo sapo                     | \$4.50            |
| 118                 | Herramienta para plomero                  | \$2.00            |
| 119                 | Bomba de agua                             | \$2.50            |
| 120                 | Vibrador                                  | \$1.50            |
| 121                 | Equipo de topografía                      | \$2.50            |
| 122                 | Montacargas                               | \$8.50            |
| 123                 | Soplete a gas                             | \$2.50            |
| 124                 | Varios: tecles, mesas, pulidoras, etc     | \$4.50            |
| 125                 | Camión 3,5 ton                            | \$13              |

| <b>Materiales</b> |  |               |                   |
|-------------------|--|---------------|-------------------|
| <b>Código</b>     | <b>Descripción</b>                         | <b>Unidad</b> | <b>Costo/Hora</b> |
| 1001              | Patch/Line cord, UTP 4P de 2 metros Cat. 6 | U             | #                 |
| 1002              | Face plate de 1 port                       | U             | #                 |
| 1003              | Jack RJ45, Cat 6                           | U             | #                 |
| 1004              | Cable UTP 4 P, Cat 6                       | Metros        | #                 |

|  |  |        |   |
|--|--|--------|---|
| 1005   | Caja plástica decorativa 40mm, o troquelado de modulares | U      | # |
| 1006   | Caja metálica 10x10 con tapa bisel                       | U      | # |
| 1007   | Rack tipo gabinete de 45U, 100x80                        | U      | # |
| 1008   | Patch panel vacío de 24 puertos angular, 1 RMS           | U      | # |
| 1009   | Organizador de 2 unidades, frontal PANDUIT NM2           | U      | # |
| 1010   | Patch/Line Cord, UTP 4P, 10 pies, Cat. 6                 | U      | # |
| 1011   | Jack RJ45, Cat 6   | U      | # |
| 1012   | Patch panel vacío de 24 puertos angular, 1 RMS           | U      | # |
| 1013   | Jack RJ45, Cat 6A  | U      | # |
| 1014   | Cable UTP 4 P, Cat 6A                                    | Metros | # |
| 1015   | Patch/Line cord, UTP 4P de 2 metros Cat. 6A              | U      | # |
| 1016   | Canaleta metálica TIPO FLEX 15x5                         | Metros | # |
| 1017   | Canaleta metálica TIPO FLEX 30x5                         | Metros | # |
| 1018   | Tubería metálica EMT 3/4" con accesorios                 | U      | # |
| 1019   | Tubería metálica anillada BX 1" con accesorios           | Metros | # |
| 1020   | Certificación y memoria técnica                          | U      | # |
| 1021   | Elementos de sujeción y anclaje 3/4 EMT                  | U      | # |
| #: El costo por cada unidad será calculado en el Análisis de Precios Unitarios A.P.U |  |        |   |

#### 4.1.2.2. Análisis de Precios Unitarios (A.P.U)

El análisis del APU consiste en detallar los equipos, las herramientas y el personal involucrado en cada rubro con el costo referencial de su instalación. Este análisis es importante para poder sacar el costo total de la implementación del cableado estructurado.

Los materiales que se plantean para la solución del cableado es el uso de UTP categoría 6 y 6A marca Pandiut. Los conectores RJ45 y Jacks se sugieren adquirirlos en la misma marca Panduit para mantener un estándar. El gabinete se recomienda adquirir en marca Quest.

Se sugieren estas marcas ya que son ampliamente reconocidas en nuestro medio para la implementación de sistemas de cableado estructurado, además la marca maneja estándares de calidad a nivel internacional.

A continuación se detallan los costos de los 21 rubros involucrados en la implementación.

Tabla 36. APU. Rubro # 1.

|  |          |  |              |             |       |                |
|--|----------|--|--------------|-------------|-------|----------------|
| CONTRATISTA:                               |          | PATRICIO AREVALO                           |              |             |       |                |
| PROYECTO:                                  |          | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO  |              |             |       |                |
|  |          | CATEGORIA 6                                |              |             |       |                |
|  |          | Hoja: 1                                    |              | de: 151     |       |                |
| RUBRO:                                     |          | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS              |              |             |       | UNIDAD: Unidad |
| DETALLE:                                   |          | Patch/Line cord, UTP 4 P de 7 pies Cat. 6, |              |             |       |                |
| <b>EQUIPOS</b>                             |          |  |              |             |       |                |
| DESCRIPCIÓN                                | CANTIDAD | TARIFA                                     | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO |                |
|  | A        | B  | C=A*B        | R           | D=C*R |                |
|  |          |  |              |             |       |                |
| SUBTOTAL M                                 |          |  |              |             |       |                |
| <b>MANO DE OBRA</b>                        |          |  |              |             |       |                |
| DESCRIPCIÓN                                | CANTIDAD | JORNAL/HR                                  | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO |                |
|  | A        | B  | C=A*B        | R           | D=C*R |                |
| ELECTRICISTA                               | 1        | 3.22                                       | 3.220        | 0.100       | 0.32  |                |
|  |          |  |              |             |       |                |
| SUBTOTAL N                                 |          |  |              |             |       |                |
|  |          |  |              |             |       | 0.32           |
| <b>MATERIALES</b>                          |          |  |              |             |       |                |
| DESCRIPCIÓN                                | UNIDAD   | CANTIDAD                                   | PRECIO UNIT. | COSTO       |       |                |
|  |          | A  | B            | C=A*B       |       |                |
| Patch/Line cord, UTP 4 P de 7 pies Cat. 6, | U        | 1.000                                      | 10.00        | 10.00       |       |                |
|  |          |  |              |             |       |                |
| SUBTOTAL O                                 |          |  |              |             |       |                |
|  |          |  |              |             |       | 10.00          |
| <b>TRANSPORTE</b>                          |          |  |              |             |       |                |
| DESCRIPCIÓN                                | UNIDAD   | CANTIDAD                                   | TARIFA       | COSTO       |       |                |
|  |          | A  | B            | C=A*B       |       |                |
|  |          |  |              |             |       |                |
| SUBTOTAL P                                 |          |  |              |             |       |                |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)              |          |  |              |             |       | 10.32          |
| INDIRECTOS Y UTILID %                      |          |  |              |             |       | 1.65           |
| OTROS INDIRECTOS %                         |          |  |              |             |       |                |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                      |          |  |              |             |       | 11.97          |
| VALOR OFERTADO                             |          |  |              |             |       | 11.97          |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.             |          |  |              |             |       |                |
| 02 ENERO DE 2016                           |          |  |              |             |       |                |



Tabla 37. APU. Rubro # 2.

| CONTRATISTA:                         |                        | PATRICIO AREVALO                          |              |             |                |
|--------------------------------------|------------------------|---|--------------|-------------|----------------|
| PROYECTO:                            |                        | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |              |             |                |
|                                      |                        | CATEGORIA 6                               |              | Hoja: 2     | de: 151        |
| <b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b> |                        |   |              |             |                |
| RUBRO:                               | 2                      |   |              |             | UNIDAD: Unidad |
| DETALLE:                             | Face plate de 1 port , |   |              |             |                |
| <b>EQUIPOS</b>                       |                        |   |              |             |                |
| DESCRIPCIÓN                          | CANTIDAD               | TARIFA                                    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO          |
|                                      | A                      | B   | C=A*B        | R           | D=C*R          |
|                                      |                        |   |              | 0.50        |                |
|                                      |                        |   |              | 0.10        |                |
|                                      |                        |   |              | 1.06        |                |
|                                      |                        |   |              | 0.25        |                |
|                                      |                        |   |              | 0.35        |                |
|                                      |                        |   |              | 0.12        |                |
| SUBTOTAL M                           |                        |   |              |             |                |
| <b>MANO DE OBRA</b>                  |                        |   |              |             |                |
| DESCRIPCIÓN                          | CANTIDAD               | JORNAL/HR                                 | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO          |
|                                      | A                      | B   | C=A*B        | R           | D=C*R          |
| ELECTRICISTA                         | 1                      | 3.22                                      | 3.220        | 0.100       | 0.320          |
| SUBTOTAL N                           |                        |   |              |             | 0.32           |
| <b>MATERIALES</b>                    |                        |   |              |             |                |
| DESCRIPCIÓN                          | UNIDAD                 | CANTIDAD                                  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                |
|                                      |                        | A   | B            | C=A*B       |                |
| Face plate de 1 port ,               | u                      | 1.000                                     | 2.25         | 2.25        |                |
| SUBTOTAL O                           |                        |   |              |             | 2.25           |
| <b>TRANSPORTE</b>                    |                        |   |              |             |                |
| DESCRIPCIÓN                          | UNIDAD                 | CANTIDAD                                  | TARIFA       | COSTO       |                |
|                                      |                        | A   | B            | C=A*B       |                |
| SUBTOTAL P                           |                        |   |              |             |                |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)        |                        |   |              |             | 2.57           |
| INDIRECTOS Y UTILID %                |                        |   |              |             | 0.41           |
| OTROS INDIRECTOS %                   |                        |   |              |             |                |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                |                        |   |              |             | 2.98           |
| VALOR OFERTADO                       |                        |   |              |             | 2.98           |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.       |                        |   |              |             |                |
| 02 ENERO DE 2016                     |                        |   |              |             |                |

Tabla 38. APU. Rubro # 3.

|                                |                  |   |           |              |             |       |
|--------------------------------|------------------|---|-----------|--------------|-------------|-------|
| CONTRATISTA:                   |                  | PATRICIO AREVALO                          |           |              |             |       |
| PROYECTO:                      |                  | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |           |              |             |       |
|                                |                  | CATEGORIA 6                               |           | Hoja: 3      | de: 151     |       |
|                                |                  | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS             |           |              |             |       |
| RUBRO:                         | 3                |   |           | UNIDAD:      | Unidad      |       |
| DETALLE:                       | Jack RJ45, Cat 6 |   |           |              |             |       |
| <b>EQUIPOS</b>                 |                  |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                    | A                | CANTIDAD                                  | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO |
|                                |                  |   | B         | C=A*B        | R           | D=C*R |
| HERRAMIENTA MANUAL             |                  | 1.00                                      | 0.200     | 0.200        | 1.00        | 0.200 |
| SUBTOTAL M                     |                  |   |           |              |             | 0.20  |
| <b>MANO DE OBRA</b>            |                  |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                    | A                | CANTIDAD                                  | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO |
|                                |                  |   | B         | C=A*B        | R           | D=C*R |
| ELECTRICISTA                   |                  | 1   | 3.22      | 3.220        | 0.200       | 0.640 |
| SUBTOTAL N                     |                  |   |           |              |             | 0.64  |
| <b>MATERIALES</b>              |                  |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                    |                  | UNIDAD                                    | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |       |
|                                |                  |   | A         | B            | C=A*B       |       |
| Jack RJ45, Cat 6               |                  | U   | 1.000     | 6.00         | 6.00        |       |
| SUBTOTAL O                     |                  |   |           |              |             | 6.00  |
| <b>TRANSPORTE</b>              |                  |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                    |                  | UNIDAD                                    | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |       |
|                                |                  |   | A         | B            | C=A*B       |       |
| SUBTOTAL P                     |                  |   |           |              |             |       |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |                  |   |           |              |             | 6.84  |
| INDIRECTOS Y UTILID %          |                  |   |           |              |             | 1.08  |
| OTROS INDIRECTOS %             |                  |   |           |              |             |       |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO          |                  |   |           |              |             | 7.92  |
| VALOR OFERTADO                 |                  |   |           |              |             | 7.92  |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA. |                  |   |           |              |             |       |
| 02 ENERO DE 2016               |                  |   |           |              |             |       |

Tabla 39. APU. Rubro # 4.

|                                |                      |   |           |              |             |       |
|--------------------------------|----------------------|---|-----------|--------------|-------------|-------|
| CONTRATISTA:                   |                      | PATRICIO AREVALO                          |           |              |             |       |
| PROYECTO:                      |                      | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |           |              |             |       |
|                                |                      | Hoja: 4                                   |           | de: 151      |             |       |
|                                |                      | CATEGORIA 6                               |           |              |             |       |
|                                |                      | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS             |           |              |             |       |
| RUBRO:                         | 4                    |   |           | UNIDAD:      | metros      |       |
| DETALLE:                       | Cable UTP 4 P, Cat 6 |   |           |              |             |       |
| <b>EQUIPOS</b>                 |                      |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                    | A                    | CANTIDAD                                  | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO |
|                                |                      |   | B         | C=A*B        | R           | D=C*R |
| HERRAMIENTA MANUAL             |                      | 1.00                                      | 0.200     | 0.200        | 0.10        | 0.020 |
| SUBTOTAL M                     |                      |   |           |              |             | 0.02  |
| <b>MANO DE OBRA</b>            |                      |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                    | A                    | CANTIDAD                                  | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO |
|                                |                      |   | B         | C=A*B        | R           | D=C*R |
| ELECTRICISTA                   |                      | 1   | 3.22      | 3.220        | 0.100       | 0.320 |
| SUBTOTAL N                     |                      |   |           |              |             | 0.32  |
| <b>MATERIALES</b>              |                      |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                    |                      | UNIDAD                                    | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |       |
|                                |                      |   | A         | B            | C=A*B       |       |
| Cable UTP 4 P, Cat 6           |                      | m   | 1.000     | 0.70         | 0.70        |       |
| SUBTOTAL O                     |                      |   |           |              |             | 0.70  |
| <b>TRANSPORTE</b>              |                      |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                    |                      | UNIDAD                                    | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |       |
|                                |                      |   | A         | B            | C=A*B       |       |
| SUBTOTAL P                     |                      |   |           |              |             |       |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |                      |   |           |              | 1.04        |       |
| INDIRECTOS Y UTILID %          |                      |   |           |              | 0.16        |       |
| OTROS INDIRECTOS %             |                      |   |           |              |             |       |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO          |                      |   |           |              | 1.20        |       |
| VALOR OFERTADO                 |                      |   |           |              | 1.20        |       |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA. |                      |   |           |              |             |       |
| 02 ENERO DE 2016               |                      |   |           |              |             |       |

Tabla 40. APU. Rubro # 5.

|  |  |   |           |              |             |       |
|--|--|---|-----------|--------------|-------------|-------|
| CONTRATISTA:   |  | PATRICIO AREVALO                          |           |              |             |       |
| PROYECTO:  |  | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |           |              |             |       |
|  |  | Hoja: 5                                   |           | de: 151      |             |       |
|  |  | CATEGORIA 6                               |           |              |             |       |
|  |  | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS             |           |              |             |       |
| RUBRO:   | 5  |   |           | UNIDAD:      | Unidad      |       |
| DETALLE:   | Caja plástica decorativa 40mm, o troquelado de modulares |   |           |              |             |       |
| EQUIPOS  |  |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN  | A  | CANTIDAD                                  | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO |
|  |  |   | B         | C=A*B        | R           | D=C*R |
| HERRAMIENTA MANUAL                                       |  | 1.00                                      | 0.200     | 0.200        | 0.10        | 0.020 |
| SUBTOTAL M   |  |   |           |              |             | 0.02  |
| MANO DE OBRA   |  |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN  | A  | CANTIDAD                                  | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO |
|  |  |   | B         | C=A*B        | R           | D=C*R |
| ELECTRICISTA   |  |   | 3.22      |              | 0.200       |       |
| SUBTOTAL N   |  |   |           |              |             |       |
| MATERIALES   |  |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN  |  | UNIDAD                                    | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. |             | COSTO |
|  |  |   | A         | B            |             | C=A*B |
| Caja plástica decorativa 40mm, o troquelado de modulares |  | U   | 1.000     | 2.20         |             | 2.20  |
| SUBTOTAL O   |  |   |           |              |             | 2.20  |
| TRANSPORTE   |  |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN  |  | UNIDAD                                    | CANTIDAD  | TARIFA       |             | COSTO |
|  |  |   | A         | B            |             | C=A*B |
| SUBTOTAL P   |  |   |           |              |             |       |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                            |  |   |           |              |             | 2.22  |
| INDIRECTOS Y UTILID %                                    |  |   |           |              |             | 0.36  |
| OTROS INDIRECTOS %                                       |  |   |           |              |             |       |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                                    |  |   |           |              |             | 2.58  |
| VALOR OFERTADO   |  |   |           |              |             | 2.58  |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.                           |  |   |           |              |             |       |
| 02 ENERO DE 2016   |  |   |           |              |             |       |

Tabla 41. APU. Rubro # 6.

|                                    |                                    |   |              |             |       |
|------------------------------------|------------------------------------|---|--------------|-------------|-------|
| CONTRATISTA:                       |                                    | PATRICIO AREVALO                          |              |             |       |
| PROYECTO:                          |                                    | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |              |             |       |
|                                    |                                    | Hoja: 6                                   |              | de: 151     |       |
|                                    |                                    | CATEGORIA 6                               |              |             |       |
|                                    |                                    | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS             |              |             |       |
| RUBRO:                             | 6                                  | UNIDAD:                                   |              | Unidad      |       |
| DETALLE:                           | Caja metálica 10x10 con tapa bisel |   |              |             |       |
| EQUIPOS                            |                                    |   |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                        | CANTIDAD                           | TARIFA                                    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO |
|                                    | A                                  | B   | C=A*B        | R           | D=C*R |
| SUBTOTAL M                         |                                    |   |              |             |       |
| MANO DE OBRA                       |                                    |   |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                        | CANTIDAD                           | JORNAL/HR                                 | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO |
|                                    | A                                  | B   | C=A*B        | R           | D=C*R |
| ELECTRICISTA                       | 1                                  | 3.22                                      | 3.220        | 0.100       | 0.320 |
| SUBTOTAL N                         |                                    |   |              |             | 0.32  |
| MATERIALES                         |                                    |   |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                        | UNIDAD                             | CANTIDAD                                  | PRECIO UNIT. | COSTO       |       |
|                                    |                                    | A   | B            | C=A*B       |       |
| Caja metálica 10x10 con tapa bisel | U                                  | 1.000                                     | 2.80         | 2.80        |       |
| SUBTOTAL O                         |                                    |   |              |             | 2.80  |
| TRANSPORTE                         |                                    |   |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                        | UNIDAD                             | CANTIDAD                                  | TARIFA       | COSTO       |       |
|                                    |                                    | A   | B            | C=A*B       |       |
| SUBTOTAL P                         |                                    |   |              |             |       |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)      |                                    |   |              |             | 3.12  |
| INDIRECTOS Y UTILID %              |                                    |   |              |             | 0.49  |
| OTROS INDIRECTOS %                 |                                    |   |              |             |       |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO              |                                    |   |              |             | 3.61  |
| VALOR OFERTADO                     |                                    |   |              |             | 3.61  |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.     |                                    |   |              |             |       |
| 02 ENERO DE 2016                   |                                    |   |              |             |       |

Tabla 42. APU. Rubro # 7.

|                                   |                                   |   |            |              |            |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---|------------|--------------|------------|
| NOMBRE DEL PROPONENT              |                                   | PATRICIO AREVALO                          |            |              |            |
| PROYECTO:                         |                                   | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |            |              |            |
|                                   |                                   | CATEGORIA 6                               |            | Hoja: 7      | de: 333    |
|                                   |                                   | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS             |            |              |            |
| RUBRO:                            | 7                                 |   |            | UNIDAD:      | Unidad     |
| DETALLE:                          | Rack tipo gabinete de 45U, 100x80 |   |            |              |            |
| EQUIPOS                           |                                   |   |            |              |            |
| DESCRIPCIÓN                       | CANTIDAD                          | TARIFA                                    | COSTO HORA | RENDIMIENTO  | COSTO      |
|                                   | A                                 | B   | C=A*B      | R            | D=C*R      |
| HERRAMIENTA MANUAL                | 1.00                              | 0.200                                     | 0.200      | 0.50         | 0.100      |
| SUBTOTAL M                        |                                   |   |            |              | 0.10       |
| MANO DE OBRA                      |                                   |   |            |              |            |
| DESCRIPCIÓN                       | CANTIDAD                          | JORNAL/HR                                 | COSTO HORA | RENDIMIENTO  | COSTO      |
|                                   | A                                 | B   | C=A*B      | R            | D=C*R      |
| ELECTRICISTA                      | 1                                 | 3.22                                      | 3.220      | 1.000        | 3.220      |
| SUPERVISOR ELÉCTRICO              | 1                                 | 3.57                                      | 3.570      | 0.100        | 0.380      |
| SUBTOTAL N                        |                                   |   |            |              | 3.58       |
| MATERIALES                        |                                   |   |            |              |            |
|                                   |                                   | UNIDAD                                    | CANTIDAD   | PRECIO UNIT. | COSTO      |
|                                   |                                   |   | A          | B            | C=A*B      |
| Rack tipo gabinete de 45U, 100x80 |                                   | U   | 1.00       | 1200.00      | 1,200.00   |
| SUBTOTAL O                        |                                   |   |            |              | 1,200.00   |
| TRANSPORTE                        |                                   |   |            |              |            |
| DESCRIPCIÓN                       |                                   | UNIDAD                                    | CANTIDAD   | TARIFA       | COSTO      |
|                                   |                                   |   | A          | B            | C=A*B      |
| Flete                             |                                   |   | 1          | 40           | 40.00      |
| SUBTOTAL P                        |                                   |   |            |              |            |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)     |                                   |   |            |              | 1,203.88   |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD %           |                                   |   |            |              | 16% 192.59 |
| OTROS INDIRECTOS %                |                                   |   |            |              |            |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO             |                                   |   |            |              | 1,396.27   |
| VALOR OFERTADO                    |                                   |   |            |              | 1,396.27   |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.    |                                   |   |            |              |            |
| (LUGAR Y FECHA) 02 ENERO DE 2016  |                                   |   |            |              |            |

Tabla 43. APU. Rubro # 8.

|  |  |   |           |              |             |       |
|--|--|---|-----------|--------------|-------------|-------|
| CONTRATISTA:                                   |  | PATRICIO AREVALO                          |           |              |             |       |
| PROYECTO:                                      |  | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |           |              |             |       |
|  |  | CATEGORIA 6                               |           | Hoja: 8      | de: 151     |       |
|  |  | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS             |           |              |             |       |
| RUBRO:   | 8  |   |           | UNIDAD:      | Unidad      |       |
| DETALLE:                                       | Patch panel vacío de 24 puertos angular, 1 RMS |   |           |              |             |       |
| <b>EQUIPOS</b>                                 |  |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                                    | A  | CANTIDAD                                  | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO |
|  |  |   | B         | C=A*B        | R           | D=C*R |
| HERRAMIENTA MANUAL                             |  | 1.00                                      | 0.200     | 0.200        | 0.10        | 0.020 |
| SUBTOTAL M                                     |  |   |           |              |             | 0.02  |
| <b>MANO DE OBRA</b>                            |  |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                                    | A  | CANTIDAD                                  | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO |
|  |  |   | B         | C=A*B        | R           | D=C*R |
| ELECTRICISTA                                   |  | 1   | 3.22      | 3.220        | 0.200       | 0.640 |
| SUBTOTAL N                                     |  |   |           |              |             | 0.64  |
| <b>MATERIALES</b>                              |  |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                                    |  | UNIDAD                                    | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. |             | COSTO |
|  |  |   | A         | B            |             | C=A*B |
| Patch panel vacío de 24 puertos angular, 1 RMS |  | U   | 1.00      | 32.00        |             | 32.00 |
| SUBTOTAL O                                     |  |   |           |              |             | 32.00 |
| <b>TRANSPORTE</b>                              |  |   |           |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                                    |  | UNIDAD                                    | CANTIDAD  | TARIFA       |             | COSTO |
|  |  |   | A         | B            |             | C=A*B |
| SUBTOTAL P                                     |  |   |           |              |             |       |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                  |  |   |           |              |             | 32.66 |
| INDIRECTOS Y UTILID %                          |  |   |           |              |             | 5.23  |
| OTROS INDIRECTOS %                             |  |   |           |              |             |       |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                          |  |   |           |              |             | 37.89 |
| VALOR OFERTADO                                 |  |   |           |              |             | 37.89 |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.                 |  |   |           |              |             |       |
| 02 ENERO DE 2016                               |  |   |           |              |             |       |

Tabla 44. APU. Rubro # 9.

|   |  |          |  |           |  |   |  |              |  |       |  |
|---|--|----------|--|-----------|--|---|--|--------------|--|-------|--|
| NOMBRE DEL PROponent                                    |  |          |  |           |  | PATRICIO AREVALO                          |  |              |  |       |  |
| PROYECTO:   |  |          |  |           |  | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |  |              |  |       |  |
|   |  |          |  |           |  | CATEGORIA 6                               |  |              |  |       |  |
|   |  |          |  |           |  | Hoja: 9                                   |  | de: 151      |  |       |  |
|   |  |          |  |           |  | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS             |  |              |  |       |  |
| RUBRO: 9  |  |          |  |           |  | UNIDAD: Unidad                            |  |              |  |       |  |
| DETALLE: Organizador de 2 unidades, frontal PANDUIT NM2 |  |          |  |           |  |   |  |              |  |       |  |
| EQUIPOS   |  |          |  |           |  |   |  |              |  |       |  |
| DESCRIPCIÓN   |  | CANTIDAD |  | TARIFA    |  | COSTO HORA                                |  | RENDIMIENTO  |  | COSTO |  |
|   |  | A        |  | B         |  | C=A*B                                     |  | R            |  | D=C*R |  |
| HERRAMIENTA MANUAL                                      |  | 1.00     |  | 0.200     |  | 0.200                                     |  | 0.10         |  | 0.020 |  |
| SUBTOTAL M  |  |          |  |           |  |   |  |              |  | 0.02  |  |
| MANO DE OBRA  |  |          |  |           |  |   |  |              |  |       |  |
| DESCRIPCIÓN   |  | CANTIDAD |  | JORNAL/HR |  | COSTO HORA                                |  | RENDIMIENTO  |  | COSTO |  |
|   |  | A        |  | B         |  | C=A*B                                     |  | R            |  | D=C*R |  |
| ELECTRICISTA  |  | 1        |  | 3.22      |  | 3.220                                     |  | 1.000        |  | 3.220 |  |
| SUBTOTAL N  |  |          |  |           |  |   |  |              |  | 3.22  |  |
| MATERIALES  |  |          |  |           |  |   |  |              |  |       |  |
| DESCRIPCIÓN   |  |          |  | UNIDAD    |  | CANTIDAD                                  |  | PRECIO UNIT. |  | COSTO |  |
|   |  |          |  |           |  | A   |  | B            |  | C=A*B |  |
| Organizador de 2 unidades, frontal PANDUIT NM2          |  |          |  | u.        |  | 1.00                                      |  | 67.00        |  | 67.00 |  |
| SUBTOTAL O  |  |          |  |           |  |   |  |              |  | 67.00 |  |
| TRANSPORTE  |  |          |  |           |  |   |  |              |  |       |  |
| DESCRIPCIÓN   |  |          |  | UNIDAD    |  | CANTIDAD                                  |  | TARIFA       |  | COSTO |  |
|   |  |          |  |           |  | A   |  | B            |  | C=A*B |  |
| SUBTOTAL P  |  |          |  |           |  |   |  |              |  |       |  |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                           |  |          |  |           |  |   |  |              |  | 70.24 |  |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD %                                 |  |          |  |           |  |   |  |              |  | 16%   |  |
| OTROS INDIRECTOS %                                      |  |          |  |           |  |   |  |              |  |       |  |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                                   |  |          |  |           |  |   |  |              |  | 81.48 |  |
| VALOR OFERTADO  |  |          |  |           |  |   |  |              |  | 81.48 |  |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.                          |  |          |  |           |  |   |  |              |  |       |  |
| (LUGAR Y FECHA) 02 ENERO DE 2016                        |  |          |  |           |  |   |  |              |  |       |  |



Tabla 45. APU. Rubro # 10.

|  |   |                  |                     |                    |              |
|--|---|------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| <b>NOMBRE DEL PROponent</b> PATRICIO AREVALO               |   |                  |                     |                    |              |
| <b>PROYECTO:</b> MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |   |                  |                     |                    |              |
| CATEGORIA 6  |   |                  |                     |                    |              |
| Hoja: 10 de: 151   |   |                  |                     |                    |              |
| <b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>                       |   |                  |                     |                    |              |
| <b>RUBRO:</b>  | 10                                      |                  |                     | <b>UNIDAD:</b>     | Unidad       |
| <b>DETALLE:</b>  | Patch/Line Cord, UTP 4P, 7 pies, Cat. 6 |                  |                     |                    |              |
| <b>EQUIPOS</b>   |   |                  |                     |                    |              |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>   | <b>CANTIDAD</b>                         | <b>TARIFA</b>    | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO</b> | <b>COSTO</b> |
|  | A                                       | B                | C=A*B               | R                  | D=C*R        |
|  |   |                  |                     | 1.00               |              |
| <b>SUBTOTAL M</b>  |   |                  |                     |                    |              |
| <b>MANO DE OBRA</b>  |   |                  |                     |                    |              |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>   | <b>CANTIDAD</b>                         | <b>JORNAL/HR</b> | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO</b> | <b>COSTO</b> |
|  | A                                       | B                | C=A*B               | R                  | D=C*R        |
| ELECTRICISTA   | 1                                       | 3.22             | 3.220               | 0.160              | 0.520        |
| <b>SUBTOTAL N</b>  |   |                  |                     |                    | 0.52         |
| <b>MATERIALES</b>  |   |                  |                     |                    |              |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>   | <b>UNIDAD</b>                           | <b>CANTIDAD</b>  | <b>PRECIO UNIT.</b> | <b>COSTO</b>       |              |
|  |   | A                | B                   | C=A*B              |              |
| Patch/Line cord, UTP 4 P de 7 pies Cat. 6,                 | U                                       | 1.00             | 10.00               | 10.00              |              |
| <b>SUBTOTAL O</b>  |   |                  |                     |                    | 10.00        |
| <b>TRANSPORTE</b>  |   |                  |                     |                    |              |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>   | <b>UNIDAD</b>                           | <b>CANTIDAD</b>  | <b>TARIFA</b>       | <b>COSTO</b>       |              |
|  |   | A                | B                   | C=A*B              |              |
| <b>SUBTOTAL P</b>  |   |                  |                     |                    |              |
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>                       |   |                  |                     |                    | 10.52        |
| <b>INDIRECTOS Y UTILID %</b>                               |   |                  |                     |                    | 1.66         |
| <b>OTROS INDIRECTOS %</b>                                  |   |                  |                     |                    |              |
| <b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>                               |   |                  |                     |                    | 12.18        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                                      |   |                  |                     |                    | 12.18        |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.                             |   |                  |                     |                    |              |
| 02 ENERO DE 2016   |   |                  |                     |                    |              |

Tabla 46. APU. Rubro # 11.

| NOMBRE DEL PROponent <b>PATRICIO AREVALO</b>               |                  |          |              |            |             |          |
|--|------------------|----------|--------------|------------|-------------|----------|
| PROYECTO: <b>MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO</b> |                  |          |              |            |             |          |
| CATEGORIA <b>6</b>   |                  |          |              |            |             |          |
| Hoja: 11 de: 151   |                  |          |              |            |             |          |
| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS                              |                  |          |              |            |             |          |
| RUBRO:   | 11               |          |              |            | UNIDAD:     | Unidad   |
| DETALLE:   | Jack RJ45, Cat 6 |          |              |            |             |          |
| <b>EQUIPOS</b>   |                  |          |              |            |             |          |
| DESCRIPCIÓN  | A                | CANTIDAD | TARIFA       | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO    |
|  |                  |          | B            | C=A*B      | R           | D=C*R    |
| HERRAMIENTA MANUAL   |                  | 1.00     | 0.200        | 0.200      | 0.10        | 0.020    |
| SUBTOTAL M   |                  |          |              |            |             | 0.02     |
| <b>MANO DE OBRA</b>  |                  |          |              |            |             |          |
| DESCRIPCIÓN  | A                | CANTIDAD | JORNAL/HR    | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO    |
|  |                  |          | B            | C=A*B      | R           | D=C*R    |
| ELECTRICISTA   |                  | 1        | 3.22         | 3.220      | 0.100       | 0.320    |
| SUBTOTAL N   |                  |          |              |            |             | 0.32     |
| <b>MATERIALES</b>  |                  |          |              |            |             |          |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD           | CANTIDAD | PRECIO UNIT. | COSTO      |             |          |
|  |                  | A        | B            | C=A*B      |             |          |
| Jack RJ45, Cat 6   | u.               | 1.00     | 6.00         | 6.00       |             |          |
|  | u.               |          | 0.60         |            |             |          |
|  | u.               |          | 0.60         |            |             |          |
| SUBTOTAL O   |                  |          |              |            |             | 6.00     |
| <b>TRANSPORTE</b>  |                  |          |              |            |             |          |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD           | CANTIDAD | TARIFA       | COSTO      |             |          |
|  |                  | A        | B            | C=A*B      |             |          |
| SUBTOTAL P   |                  |          |              |            |             |          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                              |                  |          |              |            |             | 6.34     |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD %                                    |                  |          |              |            |             | 16% 1.01 |
| OTROS INDIRECTOS %   |                  |          |              |            |             |          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                                      |                  |          |              |            |             | 7.35     |
| VALOR OFERTADO   |                  |          |              |            |             | 7.35     |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.                             |                  |          |              |            |             |          |
| (LUGAR Y FECHA) 02 ENERO DE 2016                           |                  |          |              |            |             |          |

Tabla 47. APU. Rubro # 12.

|  |  |   |           |                       |                |          |
|--|--|---|-----------|-----------------------|----------------|----------|
| NOMBRE DEL PROPONENT                           |  | PATRICIO AREVALO                          |           |                       |                |          |
| PROYECTO:                                      |  | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |           |                       |                |          |
|  |  | CATEGORIA 6                               |           |                       |                |          |
|  |  | Hoja: 12                                  |           | de: 151               |                |          |
|  |  | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS             |           |                       |                |          |
| RUBRO:   | 12   |   |           | UNIDAD:               | Unidad         |          |
| DETALLE:                                       | Patch panel vacío de 24 puertos angular, 1 RMS |   |           |                       |                |          |
| EQUIPOS  |  |   |           |                       |                |          |
| DESCRIPCIÓN                                    | A  | CANTIDAD                                  | TARIFA    | COSTO HORA            | RENDIMIENTO    | COSTO    |
|  |  |   | B         | C=A*B                 | R              | D=C*R    |
| HERRAMIENTA MANUAL                             |  | 1.00                                      | 0.200     | 0.200                 | 0.10           | 0.020    |
| SUBTOTAL M                                     |  |   |           |                       |                | 0.02     |
| MANO DE OBRA                                   |  |   |           |                       |                |          |
| DESCRIPCIÓN                                    | A  | CANTIDAD                                  | JORNAL/HR | COSTO HORA            | RENDIMIENTO    | COSTO    |
|  |  |   | B         | C=A*B                 | R              | D=C*R    |
| ELECTRICISTA                                   |  | 1   | 3.22      | 3.220                 | 0.100<br>2.000 | 0.320    |
| SUBTOTAL N                                     |  |   |           |                       |                | 0.32     |
| MATERIALES                                     |  |   |           |                       |                |          |
| DESCRIPCIÓN                                    |  | UNIDAD                                    | CANTIDAD  | PRECIO UNIT.          | COSTO          |          |
|  |  |   | A         | B                     | C=A*B          |          |
| Patch panel vacío de 24 puertos angular, 1 RMS |  | u   | 1.00      | 32.00<br>0.60<br>0.60 | 32.00          |          |
| SUBTOTAL O                                     |  |   |           |                       |                | 32.00    |
| TRANSPORTE                                     |  |   |           |                       |                |          |
| DESCRIPCIÓN                                    |  | UNIDAD                                    | CANTIDAD  | TARIFA                | COSTO          |          |
|  |  |   | A         | B                     | C=A*B          |          |
| SUBTOTAL P                                     |  |   |           |                       |                |          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                  |  |   |           |                       |                | 32.34    |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD %                        |  |   |           |                       |                | 16% 5.17 |
| OTROS INDIRECTOS %                             |  |   |           |                       |                |          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                          |  |   |           |                       |                | 37.51    |
| VALOR OFERTADO                                 |  |   |           |                       |                | 37.51    |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.                 |  |   |           |                       |                |          |
| (LUGAR Y FECHA) 02 ENERO DE 2016               |  |   |           |                       |                |          |

Tabla 48. APU. Rubro # 13.

| NOMBRE DEL PROPONENT                 |                   | PATRICIO AREVALO                          |              |                |         |
|--------------------------------------|-------------------|---|--------------|----------------|---------|
| PROYECTO:                            |                   | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |              |                |         |
|                                      |                   | CATEGORIA 6                               |              | Hoja: 13       | de: 151 |
| <b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b> |                   |   |              |                |         |
| RUBRO:                               | 13                | UNIDAD:                                   |              | Unidad         |         |
| DETALLE:                             | Jack RJ45, Cat 6A |   |              |                |         |
| <b>EQUIPOS</b>                       |                   |   |              |                |         |
| DESCRIPCIÓN                          | CANTIDAD          | TARIFA                                    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO    | COSTO   |
|                                      | A                 | B   | C=A*B        | R              | D=C*R   |
| HERRAMIENTA MANUAL                   | 1.00              | 0.200                                     | 0.200        | 0.10           | 0.020   |
| SUBTOTAL M                           |                   |   |              |                | 0.02    |
| <b>MANO DE OBRA</b>                  |                   |   |              |                |         |
| DESCRIPCIÓN                          | CANTIDAD          | JORNAL/HR                                 | COSTO HORA   | RENDIMIENTO    | COSTO   |
|                                      | A                 | B   | C=A*B        | R              | D=C*R   |
| ELECTRICISTA                         | 1                 | 3.22                                      | 3.220        | 0.100<br>1.000 | 0.320   |
| SUBTOTAL N                           |                   |   |              |                | 0.32    |
| <b>MATERIALES</b>                    |                   |   |              |                |         |
| DESCRIPCIÓN                          | UNIDAD            | CANTIDAD                                  | PRECIO UNIT. | COSTO          |         |
|                                      |                   | A   | B            | C=A*B          |         |
| Jack RJ45, Cat 6A                    | u.                | 1.00                                      | 13.00        | 13.00          |         |
|                                      | u.                |   | 0.60         |                |         |
|                                      | u.                |   | 0.60         |                |         |
| SUBTOTAL O                           |                   |   |              |                | 13.00   |
| <b>TRANSPORTE</b>                    |                   |   |              |                |         |
| DESCRIPCIÓN                          | UNIDAD            | CANTIDAD                                  | TARIFA       | COSTO          |         |
|                                      |                   | A   | B            | C=A*B          |         |
| SUBTOTAL P                           |                   |   |              |                |         |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)        |                   |   |              |                | 13.34   |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD %              |                   |   |              |                | 16%     |
| OTROS INDIRECTOS %                   |                   |   |              |                |         |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                |                   |   |              |                | 15.47   |
| VALOR OFERTADO                       |                   |   |              |                | 15.47   |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.       |                   |   |              |                |         |
| (LUGAR Y FECHA) 02 ENERO DE 2016     |                   |   |              |                |         |

Tabla 49. APU. Rubro # 14.

| NOMBRE DEL PROponent   |          | PATRICIO AREVALO                          |              |                |          |
|--|----------|---|--------------|----------------|----------|
| PROYECTO:  |          | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |              |                |          |
|  |          | CATEGORIA 6                               |              | Hoja: 14       | de: 151  |
| RUBRO: 14  |          | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS             |              | UNIDAD: metros |          |
| DETALLE: Cable UTP 4 P, Cat 6A                                     |          |   |              |                |          |
| EQUIPOS  |          |   |              |                |          |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA                                    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO    | COSTO    |
|  | A        | B   | C=A*B        | R              | D=C*R    |
| HERRAMIENTA MANUAL   | 1.00     | 0.200                                     | 0.200        | 0.10           | 0.020    |
| SUBTOTAL M   |          |   |              |                | 0.02     |
| MANO DE OBRA   |          |   |              |                |          |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR                                 | COSTO HORA   | RENDIMIENTO    | COSTO    |
|  | A        | B   | C=A*B        | R              | D=C*R    |
| ELECTRICISTA   | 1        | 3.22                                      | 3.220        | 0.100<br>1.000 | 0.320    |
| SUBTOTAL N   |          |   |              |                | 0.32     |
| MATERIALES   |          |   |              |                |          |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD                                  | PRECIO UNIT. | COSTO          |          |
|  |          | A   | B            | C=A*B          |          |
| Cable UTP 4 P, Cat 6A  | u.       | 1.00                                      | 1.60         | 1.60           |          |
|  | u.       |   | 12.85        |                |          |
|  | u.       |   | 0.60         |                |          |
| SUBTOTAL O   |          |   |              |                | 1.60     |
| TRANSPORTE   |          |   |              |                |          |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD                                  | TARIFA       | COSTO          |          |
|  |          | A   | B            | C=A*B          |          |
| SUBTOTAL P   |          |   |              |                |          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                                      |          |   |              |                | 1.94     |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD %  |          |   |              |                | 16% 0.31 |
| OTROS INDIRECTOS %   |          |   |              |                |          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO  |          |   |              |                | 2.25     |
| VALOR OFERTADO   |          |   |              |                | 2.25     |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.<br>(LUGAR Y FECHA) 02 ENERO DE 2016 |          |   |              |                |          |

Tabla 50. APU. Rubro # 15.

|  |          |  |              |             |                |      |
|--|----------|--|--------------|-------------|----------------|------|
| NOMBRE DEL PROPONENT                       |          | PATRICIO AREVALO                           |              |             |                |      |
| PROYECTO:                                  |          | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO  |              |             |                |      |
|  |          | CATEGORIA 6                                |              |             |                |      |
|  |          | Hoja: 15                                   |              |             | de: 333        |      |
| RUBRO:                                     |          | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS              |              |             | UNIDAD: Unidad |      |
| DETALLE:                                   |          | Patch/Line cord, UTP 4 P de 7 pies Cat. 6A |              |             |                |      |
| EQUIPOS                                    |          |  |              |             |                |      |
| DESCRIPCIÓN                                | CANTIDAD | TARIFA                                     | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO          |      |
|  | A        | B  | C=A*B        | R           | D=C*R          |      |
|  |          |  |              | 3.50        |                |      |
|  |          |  |              | 2.00        |                |      |
| SUBTOTAL M                                 |          |  |              |             |                |      |
| MANO DE OBRA                               |          |  |              |             |                |      |
| DESCRIPCIÓN                                | CANTIDAD | JORNAL/HR                                  | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO          |      |
|  | A        | B  | C=A*B        | R           | D=C*R          |      |
| ELECTRICISTA                               | 1        | 3.22                                       | 3.220        | 0.100       | 0.320          |      |
|  |          |  |              | 3.000       |                |      |
| SUBTOTAL N                                 |          |  |              |             |                |      |
| MATERIALES                                 |          |  |              |             |                |      |
| DESCRIPCIÓN                                | UNIDAD   | CANTIDAD                                   | PRECIO UNIT. | COSTO       |                |      |
|  |          | A  | B            | C=A*B       |                |      |
| Patch/Line cord, UTP 4 P de 7 pies Cat. 6A | u        | 1.00                                       | 17.00        | 17.00       |                |      |
|  | u        |  | 20.00        |             |                |      |
|  | u.       |  | 15.00        |             |                |      |
|  | u.       |  | 0.80         |             |                |      |
|  | u        |  | 30.00        |             |                |      |
| SUBTOTAL O                                 |          |  |              |             |                |      |
| TRANSPORTE                                 |          |  |              |             |                |      |
| DESCRIPCIÓN                                | UNIDAD   | CANTIDAD                                   | TARIFA       | COSTO       |                |      |
|  |          | A  | B            | C=A*B       |                |      |
|  |          |  |              |             |                |      |
| SUBTOTAL P                                 |          |  |              |             |                |      |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)              |          |  |              |             | 17.32          |      |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD %                    |          |  |              |             | 16%            | 2.77 |
| OTROS INDIRECTOS %                         |          |  |              |             |                |      |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                      |          |  |              |             | 20.09          |      |
| VALOR OFERTADO                             |          |  |              |             | 20.09          |      |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.             |          |  |              |             |                |      |
| (LUGAR Y FECHA) 02 ENERO DE 2016           |          |  |              |             |                |      |

Tabla 51. APU. Rubro # 16.

| NOMBRE DEL PROPONENT  |   | PATRICIO AREVALO                          |               |                |          |
|---|---|---|---------------|----------------|----------|
| PROYECTO:   |   | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |               |                |          |
|   |   | CATEGORIA 6                               |               |                |          |
|   |   | Hoja: 16                                  |               | de: 333        |          |
| <b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>                                |   |   |               |                |          |
| RUBRO:  | 16  | UNIDAD:                                   |               | Metros         |          |
| DETALLE:  | Canaleta metálica TIPO FLEX 15x5, incluye channel y varilla roscada |   |               |                |          |
| <b>EQUIPOS</b>  |   |   |               |                |          |
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD  | TARIFA                                    | COSTO HORA    | RENDIMIENTO    | COSTO    |
|   | A   | B   | C=A*B         | R              | D=C*R    |
| HERRAMIENTA MANUAL  | 1.00  | 0.200                                     | 0.200         | 0.10           | 0.020    |
| ANDAMIOS, ESCALERAS   | 1.00  | 1.800                                     | 1.800         | 0.50           | 0.900    |
| SUBTOTAL M  |   |   |               |                | 0.92     |
| <b>MANO DE OBRA</b>   |   |   |               |                |          |
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD  | JORNAL/HR                                 | COSTO HORA    | RENDIMIENTO    | COSTO    |
|   | A   | B   | C=A*B         | R              | D=C*R    |
| ELECTRICISTA  | 2   | 3.22                                      | 6.440         | 0.500<br>2.000 | 3.220    |
| SUBTOTAL N  |   |   |               |                | 3.22     |
| <b>MATERIALES</b>   |   |   |               |                |          |
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD  | CANTIDAD                                  | PRECIO UNIT.  | COSTO          |          |
|   |   | A   | B             | C=A*B          |          |
| Canaleta metálica TIPO FLEX 15x5, incluye channel y varilla roscada | u<br>u.   | 1.00                                      | 22.00<br>0.60 | 22.00          |          |
| SUBTOTAL O  |   |   |               |                | 22.00    |
| <b>TRANSPORTE</b>   |   |   |               |                |          |
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD  | CANTIDAD                                  | TARIFA        | COSTO          |          |
|   |   | A   | B             | C=A*B          |          |
| flete   |   | 1   | 0.32          | 0.32           |          |
| SUBTOTAL P  |   |   |               |                |          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                                       |   |   |               |                | 26.14    |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD %   |   |   |               |                | 16% 4.18 |
| OTROS INDIRECTOS %  |   |   |               |                |          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO   |   |   |               |                | 30.32    |
| VALOR OFERTADO  |   |   |               |                | 30.32    |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.                                      |   |   |               |                |          |
| (LUGAR Y FECHA) 02 ENERO DE 2016                                    |   |   |               |                |          |

Tabla 52. APU. Rubro # 17.

| NOMBRE DEL PROponent  |          | PATRICIO AREVALO  |              |                               |          |
|---|----------|---|--------------|-------------------------------|----------|
| PROYECTO:   |          | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO                           |              |                               |          |
|   |          | CATEGORIA 6   |              | Hoja: 17                      | de: 333  |
| RUBRO:  |          | 17  |              | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS |          |
| DETALLE:  |          | Canaleta metálica TIPO FLEX 30x5, incluye channel y varilla roscada |              |                               |          |
| EQUIPOS   |          |   |              |                               |          |
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD | TARIFA  | COSTO HORA   | RENDIMIENTO                   | COSTO    |
|   | A        | B   | C=A*B        | R                             | D=C*R    |
| HERRAMIENTA MANUAL  | 1.00     | 0.200   | 0.200        | 0.10                          | 0.020    |
| ANDAMIOS, ESCALERAS   | 1.00     | 1.800   | 1.800        | 0.50                          | 0.900    |
| SUBTOTAL M  |          |   |              |                               | 0.92     |
| MANO DE OBRA  |          |   |              |                               |          |
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD | JORNAL/HR   | COSTO HORA   | RENDIMIENTO                   | COSTO    |
|   | A        | B   | C=A*B        | R                             | D=C*R    |
| ELECTRICISTA  | 2        | 3.22  | 6.440        | 0.500<br>1.000                | 3.220    |
| SUBTOTAL N  |          |   |              |                               | 3.22     |
| MATERIALES  |          |   |              |                               |          |
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO                         |          |
|   |          | A   | B            | C=A*B                         |          |
| Canaleta metálica TIPO FLEX 30x5, incluye channel y varilla roscada | m.       | 1.00  | 27.00        | 27.00                         |          |
|   | u.       |   | 1.50         |                               |          |
|   | u.       |   | 0.60         |                               |          |
|   | u.       |   | 0.28         |                               |          |
|   | u.       |   | 0.60         |                               |          |
|   | u.       |   | 0.10         |                               |          |
|   | u.       |   | 1.20         |                               |          |
|   | u.       |   | 3.50         |                               |          |
|   | u.       |   | 0.28         |                               |          |
| SUBTOTAL O  |          |   |              |                               | 27.00    |
| TRANSPORTE  |          |   |              |                               |          |
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO                         |          |
|   |          | A   | B            | C=A*B                         |          |
| flete   | u        | 1   | 0.12         | 0.12                          |          |
| SUBTOTAL P  |          |   |              |                               |          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                                       |          |   |              |                               | 31.14    |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD %   |          |   |              |                               | 16% 4.98 |
| OTROS INDIRECTOS %  |          |   |              |                               |          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO   |          |   |              |                               | 36.12    |
| VALOR OFERTADO  |          |   |              |                               | 36.12    |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.<br>(LUGAR Y FECHA) 02 ENERO DE 2016  |          |   |              |                               |          |



Tabla 53. APU. Rubro # 18.

| NOMBRE DEL PROPONENT                     |        | PATRICIO AREVALO                          |              |            |                |          |
|--|--------|---|--------------|------------|----------------|----------|
| PROYECTO:                                |        | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |              |            |                |          |
|  |        | CATEGORIA 6                               |              |            |                |          |
|  |        | Hoja: 18                                  |              | de: 151    |                |          |
| RUBRO:                                   |        | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS             |              |            | UNIDAD: Tubos  |          |
| DETALLE:                                 |        | Tubería metálica EMT 3/4" con accesorios  |              |            |                |          |
| <b>EQUIPOS</b>                           |        |   |              |            |                |          |
| DESCRIPCIÓN                              | A      | CANTIDAD                                  | TARIFA       | COSTO HORA | RENDIMIENTO    | COSTO    |
|  |        |   | B            | C=A*B      | R              | D=C*R    |
| HERRAMIENTA MANUAL                       |        | 2.00                                      | 0.200        | 0.400      | 0.10           | 0.040    |
| ANDAMIOS, ESCALERAS                      |        | 2.00                                      | 1.800        | 3.600      | 0.10           | 0.360    |
| DOBLADORA DE TUBO                        |        | 2.00                                      | 1.000        | 2.000      | 0.30           | 0.600    |
| TALADRO                                  |        | 2.00                                      | 8.000        | 16.000     | 0.10           | 1.600    |
| SUBTOTAL M                               |        |   |              |            |                | 2.60     |
| <b>MANO DE OBRA</b>                      |        |   |              |            |                |          |
| DESCRIPCIÓN                              | A      | CANTIDAD                                  | JORNAL/HR    | COSTO HORA | RENDIMIENTO    | COSTO    |
|  |        |   | B            | C=A*B      | R              | D=C*R    |
| ELECTRICISTA                             |        | 2   | 3.22         | 6.440      | 1.000<br>1.100 | 6.440    |
| SUBTOTAL N                               |        |   |              |            |                | 6.44     |
| <b>MATERIALES</b>                        |        |   |              |            |                |          |
| DESCRIPCIÓN                              | UNIDAD | CANTIDAD                                  | PRECIO UNIT. | COSTO      |                |          |
|  |        | A   | B            | C=A*B      |                |          |
| Tubería metálica EMT 3/4" con accesorios | m.     | 1.00                                      | 9.00         | 9.00       |                |          |
| Elementos de sujecion y anclaje 3/4 EMT  | m.     | 0.33                                      | 3.00         | 0.99       |                |          |
|  | u.     |   | 1.50         |            |                |          |
|  | u.     |   | 0.60         |            |                |          |
|  | u.     |   | 0.28         |            |                |          |
|  | u.     |   | 0.60         |            |                |          |
|  | u.     |   | 0.10         |            |                |          |
|  | u.     |   | 0.30         |            |                |          |
|  | u.     |   | 2.00         |            |                |          |
|  | u.     |   | 3.50         |            |                |          |
|  | u.     |   | 0.28         |            |                |          |
|  |        |   |              |            |                | 9.99     |
| <b>TRANSPORTE</b>                        |        |   |              |            |                |          |
| DESCRIPCIÓN                              | UNIDAD | CANTIDAD                                  | TARIFA       | COSTO      |                |          |
|  |        | A   | B            | C=A*B      |                |          |
| flete                                    | u      | 1   | 0.02         | 0.02       |                |          |
| SUBTOTAL P                               |        |   |              |            |                |          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)            |        |   |              |            |                | 19.03    |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD %                  |        |   |              |            |                | 16% 3.04 |
| OTROS INDIRECTOS %                       |        |   |              |            |                |          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                    |        |   |              |            |                | 22.07    |
| VALOR OFERTADO                           |        |   |              |            |                | 22.07    |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.           |        |   |              |            |                |          |
| (LUGAR Y FECHA) 02 ENERO DE 2016         |        |   |              |            |                |          |

Tabla 54. APU. Rubro # 19.

| NOMBRE DEL PROPONENT                           |  | PATRICIO AREVALO                          |           |              |            |             |       |
|--|--|---|-----------|--------------|------------|-------------|-------|
| PROYECTO:                                      |  | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |           |              |            |             |       |
|  |  | CATEGORIA 6                               |           |              |            |             |       |
|  |  | Hoja:                                     | 19        | de:          | 151        |             |       |
|  |  | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS             |           |              |            |             |       |
| RUBRO:   | 19   | UNIDAD:                                   | Metros    |              |            |             |       |
| DETALLE:                                       | Tubería metálica anillada BX 1" con accesorios |   |           |              |            |             |       |
| <b>EQUIPOS</b>                                 |  |   |           |              |            |             |       |
| DESCRIPCIÓN                                    | A  | CANTIDAD                                  | TARIFA    | B            | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
|  |  |   |           |              | C=A*B      | R           | D=C*R |
| HERRAMIENTA MANUAL                             |  | 1.00                                      |           | 0.200        | 0.200      | 0.20        | 0.040 |
|  |  | 1.00                                      |           |              |            | 0.10        |       |
| SUBTOTAL M                                     |  |   |           |              |            |             | 0.04  |
| <b>MANO DE OBRA</b>                            |  |   |           |              |            |             |       |
| DESCRIPCIÓN                                    | A  | CANTIDAD                                  | JORNAL/HR | B            | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
|  |  |   |           |              | C=A*B      | R           | D=C*R |
| ELECTRICISTA                                   |  |   | 1         | 3.22         | 3.220      | 0.200       | 0.640 |
|  |  |   | 2         |              |            | 0.200       |       |
| SUBTOTAL N                                     |  |   |           |              |            |             | 0.64  |
| <b>MATERIALES</b>                              |  |   |           |              |            |             |       |
| DESCRIPCIÓN                                    | UNIDAD   | CANTIDAD                                  | A         | PRECIO UNIT. | B          | COSTO       |       |
|  |  |   |           |              |            | C=A*B       |       |
| Tubería metálica anillada BX 1" con accesorios | m  | 1.00                                      |           | 4.50         |            | 4.50        |       |
|  |  |   |           |              |            | 0.10        |       |
| SUBTOTAL O                                     |  |   |           |              |            |             | 4.50  |
| <b>TRANSPORTE</b>                              |  |   |           |              |            |             |       |
| DESCRIPCIÓN                                    | UNIDAD   | CANTIDAD                                  | A         | TARIFA       | B          | COSTO       |       |
|  |  |   |           |              |            | C=A*B       |       |
| SUBTOTAL P                                     |  |   |           |              |            |             |       |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                  |  |   |           |              |            |             | 5.18  |
| INDIRECTOS Y UTILID %                          |  |   |           |              |            |             | 0.83  |
| OTROS INDIRECTOS %                             |  |   |           |              |            |             |       |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                          |  |   |           |              |            |             | 6.01  |
| VALOR OFERTADO                                 |  |   |           |              |            |             | 6.01  |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.                 |  |   |           |              |            |             |       |
| 02 ENERO DE 2016                               |  |   |           |              |            |             |       |

Tabla 55. APU. Rubro # 20.

| NOMBRE DEL PROPONENT             |   | PATRICIO AREVALO                          |              |             |       |
|----------------------------------|---|---|--------------|-------------|-------|
| PROYECTO:                        |   | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |              |             |       |
|                                  |   | CATEGORIA 6                               |              |             |       |
|                                  |   | Hoja:                                     | 20           | de:         | 333   |
|                                  |   | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS             |              |             |       |
| RUBRO:                           | 20  | UNIDAD:                                   |              | Unidad      |       |
| DETALLE:                         | PUNTOS DE INSTALACION DE CABLEADO ESTRUCTURADO CAT. 6 |   |              |             |       |
| EQUIPOS                          |   |   |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                      | CANTIDAD  | TARIFA                                    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO |
|                                  | A   | B   | C=A*B        | R           | D=C*R |
| HERRAMIENTA MANUAL               | 4.00  | 0.200                                     | 0.800        | 1.00        | 0.800 |
| TESTER CON EMISION DE T          | 2.00  | 15.000                                    | 30.000       | 0.20        | 6.000 |
| HERRAMIENTA PONCHADO             | 1.00  | 10.000                                    | 10.000       | 0.05        | 0.500 |
| TALADRO                          | 1.00  | 8.000                                     | 8.000        | 0.05        | 0.400 |
| AMOLADORA                        | 1.00  | 3.000                                     | 3.000        | 0.10        | 0.300 |
| PISTOLA DE IMPACTO CON           | 2.00  | 5.000                                     | 10.000       | 0.10        | 1.000 |
| SUBTOTAL M                       |   |   |              |             | 9.00  |
| MANO DE OBRA                     |   |   |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                      | CANTIDAD  | JORNAL/HR                                 | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO |
|                                  | A   | B   | C=A*B        | R           | D=C*R |
| MAESTRO ELÉCTRICO                | 1   | 3.57                                      | 3.570        | 1.000       | 3.570 |
| SUPERVISOR ELÉCTRICO             | 1   | 3.57                                      | 3.570        | 1.000       | 3.570 |
| ELECTRICISTA                     | 2   | 3.22                                      | 6.440        | 1.000       | 6.440 |
| INSPECTOR DE OBRA                | 1   | 3.57                                      | 3.570        | 2.000       | 7.140 |
| SUBTOTAL N                       |   |   |              |             | 20.72 |
| MATERIALES                       |   |   |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                      | UNIDAD  | CANTIDAD                                  | PRECIO UNIT. | COSTO       |       |
|                                  |   | A   | B            | C=A*B       |       |
|                                  |   | 1.00                                      |              |             |       |
|                                  |   | 1.00                                      |              |             |       |
| SUBTOTAL O                       |   |   |              |             |       |
| TRANSPORTE                       |   |   |              |             |       |
| DESCRIPCIÓN                      | UNIDAD  | CANTIDAD                                  | TARIFA       | COSTO       |       |
|                                  |   | A   | B            | C=A*B       |       |
| SUBTOTAL P                       |   |   |              |             |       |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)    |   |   |              |             | 29.72 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD %          |   |   |              |             | 13.37 |
| OTROS INDIRECTOS %               |   |   |              |             |       |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO            |   |   |              |             | 43.09 |
| VALOR OFERTADO                   |   |   |              |             | 43.09 |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.   |   |   |              |             |       |
| (LUGAR Y FECHA) 02 ENERO DE 2016 |   |   |              |             |       |

Tabla 56. APU. Rubro # 21.

|                                 |                                 |   |           |              |             |        |
|---------------------------------|---------------------------------|---|-----------|--------------|-------------|--------|
| NOMBRE DEL PROPONENT            |                                 | PATRICIO AREVALO                          |           |              |             |        |
| PROYECTO:                       |                                 | MUNICIPIO DE TULCAN CABLEADO ESTRUCTURADO |           |              |             |        |
|                                 |                                 | CATEGORIA 6                               |           | Hoja: 21     | de: 151     |        |
|                                 |                                 | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS             |           |              |             |        |
| RUBRO:                          | 21                              | UNIDAD:                                   |           | Lote         |             |        |
| DETALLE:                        | Certificación y memoria técnica |   |           |              |             |        |
| <b>EQUIPOS</b>                  |                                 |   |           |              |             |        |
| DESCRIPCIÓN                     | A                               | CANTIDAD                                  | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO  |
|                                 |                                 |   | B         | C=A*B        | R           | D=C*R  |
| EQUIPO DE CERTIFICACION         |                                 | 1.00                                      | 5.000     | 5.000        | 1.00        | 5.000  |
| TESTER CON EMISION DE T         |                                 | 1.00                                      | 15.000    | 15.000       | 1.00        | 15.000 |
| SUBTOTAL M                      |                                 |   |           |              |             | 20.00  |
| <b>MANO DE OBRA</b>             |                                 |   |           |              |             |        |
| DESCRIPCIÓN                     | A                               | CANTIDAD                                  | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO  |
|                                 |                                 |   | B         | C=A*B        | R           | D=C*R  |
| SUPERVISOR ELÉCTRICO            |                                 | 1   | 3.57      | 3.570        | 0.360       | 1.290  |
| ELECTRICISTA                    |                                 | 2   | 3.22      | 6.440        | 0.500       | 3.220  |
| SUBTOTAL N                      |                                 |   |           |              |             | 4.51   |
| <b>MATERIALES</b>               |                                 |   |           |              |             |        |
| DESCRIPCIÓN                     |                                 | UNIDAD                                    | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |        |
|                                 |                                 |   | A         | B            | C=A*B       |        |
| Certificación y memoria técnica |                                 | U   | 192.00    | 1.33         | 255.36      |        |
|                                 |                                 |   | 0.10      |              |             |        |
| SUBTOTAL O                      |                                 |   |           |              |             | 255.36 |
| <b>TRANSPORTE</b>               |                                 |   |           |              |             |        |
| DESCRIPCIÓN                     |                                 | UNIDAD                                    | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |        |
|                                 |                                 |   | A         | B            | C=A*B       |        |
| SUBTOTAL P                      |                                 |   |           |              |             |        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)   |                                 |   |           |              |             | 279.87 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD %         |                                 |   |           |              |             | 44.78  |
| OTROS INDIRECTOS %              |                                 |   |           |              |             |        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO           |                                 |   |           |              |             | 324.65 |
| VALOR OFERTADO                  |                                 |   |           |              |             | 324.65 |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.  |                                 |   |           |              |             |        |
| 02 ENERO DE 2016                |                                 |   |           |              |             |        |

### 4.1.2.3. Oferta Final

Con los valores obtenidos del APU se puede elaborar la propuesta final del costo total del rediseño del cableado estructurado. En la Tabla 57 se detalla el valor de cada elemento que interviene en el sistema de cableado estructurado.

Tabla 57. Oferta Final.

| Cod | Descripción   | Unid.  | Cant | A.P.U      | Total              |
|-----|---|--------|------|------------|--------------------|
|     | <b>Sistema de area de trabajo</b>                   |        |      |            |                    |
| 1   | Patch/Line cord, UTP 4 P de 2 metros Cat. 6,        | Unidad | 251  | \$11.97    | \$3004.47          |
|     | <b>Sistema horizontal</b>                           |        |      |            |                    |
| 2   | Face plate de 1 port ,                              | Unidad | 251  | \$2.98     | \$747.98           |
| 3   | Jack RJ45, Cat 6                                    | Unidad | 251  | \$7.92     | \$1987.92          |
| 4   | Cable UTP 4 P, Cat 6                                | Metros | 8845 | \$1.20     | \$10614            |
| 5   | Caja plástica decorativa 40mm                       | Unidad | 251  | \$2.58     | \$647.58           |
| 6   | Caja metálica 10x10 con tapa bisel                  | Unidad | 8    | \$3.61     | \$28.88            |
|     | <b>Sistema de centro de computo</b>                 |        |      |            |                    |
| 7   | Rack tipo gabinete de 45U, 100x80                   | Unidad | 3    | \$1,396.27 | \$4188.81          |
| 8   | Patch panel vacío de 24 puertos angular, 1 RMS      | Unidad | 9    | \$37.89    | \$341.01           |
| 9   | Organizador de 2 unidades, frontal NM2              | Unidad | 8    | \$81.48    | \$651.84           |
| 10  | Patch/Line Cord, UTP 4P, 2 metros, Cat. 6           | Unidad | 251  | \$12.18    | \$3057.18          |
| 11  | Jack RJ45, Cat 6                                    | Unidad | 251  | \$7.35     | \$1844.85          |
|     | <b>Sistema vertical</b>                             |        |      |            |                    |
| 12  | Patch panel vacío de 24 puertos angular, 1 RMS      | Unidad | 3    | \$37.51    | \$112.53           |
| 13  | Jack RJ45, Cat 6A                                   | Unidad | 72   | \$15.47    | \$1113.84          |
| 14  | Cable UTP 4 P, Cat 6A                               | Metros | 456  | \$2.25     | \$1026             |
| 15  | Patch/Line cord, UTP 4 P de 2 metros Cat. 6A        | Unidad | 72   | \$20.09    | \$1446.48          |
|     | <b>Medios de conducción</b>                         |        |      |            |                    |
| 16  | Canaleta metálica TIPO FLEX 15x5                    | Metros | 183  | \$30.32    | \$5548.56          |
| 17  | Canaleta metálica TIPO FLEX 30x5                    | Metros | 46   | \$36.12    | \$1661.52          |
| 18  | Tubería metálica EMT 3/4" con accesorios            | Tubos  | 100  | \$22.07    | \$2207             |
| 19  | Tubería metálica anillada BX 1" con accesorios      | Metros | 20   | \$6.01     | \$120.2            |
|     | <b>Instalación y mano de obra</b>                   |        |      |            |                    |
| 20  | Puntos de red                                       | Unidad | 251  | \$43.09    | \$10815.59         |
| 21  | Certificación y memoria técnica                     | Lote   | 1    | \$756.95   | \$756.95           |
| 22  | <b>Total del Rediseño del Cableado Estructurado</b> |        |      |            | <b>\$51.923,19</b> |

Hay que considerar que los precios indicados en el presente proyecto pueden estar sujetos a variaciones, “Precios vigentes a la fecha de culminación de este trabajo de tesis”

## 4.2. Red Activa

### 4.2.1. Diagrama de Elevación

De acuerdo a la Figura 45 obtenida en el Capítulo 3, existen tres racks de piso, dos de los cuales corresponden a los switches de acceso y a los equipos de comunicaciones.

A continuación se elaboran los dos diagramas de elevación.

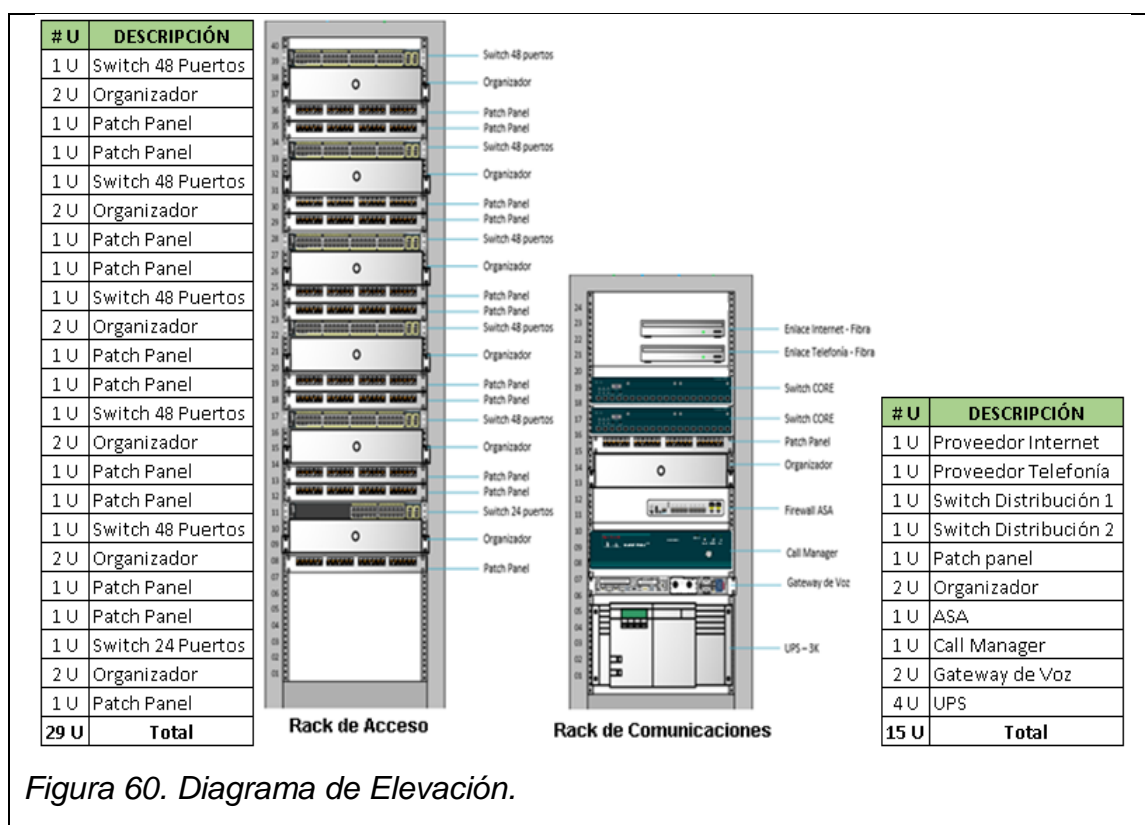


Figura 60. Diagrama de Elevación.

Para el diagrama del rack de acceso se requieren 29 U para instalar todos los switches de acceso, por lo tanto es necesario adquirir un rack de piso de 40 U.

Para el diagrama del rack de comunicaciones se requieren 15 U para instalar todos los equipos de comunicaciones, por lo tanto es necesario adquirir un rack de 24 U.

#### **4.2.2. Alternativas para la Selección de los Equipos de Conmutación**

El rediseño de red involucra principalmente los equipos de la capa de acceso y distribución, por lo tanto el alcance para la selección de la mejor alternativa en cuanto a marca de fabricante se refiere únicamente se consideran los equipos de conmutación como son los switches y puntos de acceso inalámbrico, el resto de servicios como telefonía IP y sistema de video vigilancia no se consideran para este estudio.

A continuación se presentan dos alternativas para la adquisición de los equipos de capa de acceso y capa de distribución.

##### **4.2.2.1. Alternativa CISCO**

En el Anexo D se puede observar la cotización con los costos de los equipos de capa de acceso y capa de distribución en marca Cisco.

Los precios fueron cotizados por la empresa Telcombas ([www.telcombas.com](http://www.telcombas.com)) el 19 de marzo del 2016, sus principales instalaciones están ubicadas en la ciudad de Guayaquil.

##### **4.2.2.1.1. Equipos de Capa de Acceso y Capa de Distribución / Núcleo**

La descripción y el costo de los equipos de capa de acceso y distribución / núcleo se describen a continuación.

Tabla 58. Costos de los Equipos de Conmutación.

| Equipo                        | Puertos | Cantidad | Valor Unitario | Costo              |
|-------------------------------|---------|----------|----------------|--------------------|
| Catalyst 2960-X 24 SFP capa2  | 24      | 1        | \$2,430.93     | \$2,430.93         |
| Garantía 8x5xNBD por 1 año    | -       | 1        | \$235.62       | \$235.62           |
| Catalyst 2960-X 48 SFP capa 2 | 48      | 5        | \$4,257.93     | \$21,289.65        |
| Garantía 8x5xNBD por 1 año    | -       | 5        | \$431.97       | \$2,159.85         |
| Cisco Catalyst 3650 48 capa 3 | 48      | 1        | \$8,018.50     | \$8,018.50         |
| Garantía 8x5xNBD por 1 año    | -       | 1        | \$814.85       | \$814.85           |
| Access Point AC CAP           | -       | 10       | \$705.43       | \$7,054.30         |
| Garantía 8x5xNBD por 1 año    | -       | 10       | \$45.82        | \$458.20           |
|                               |         |          | <b>Total</b>   | <b>\$42,461.90</b> |

#### 4.2.2.1.1.1. Switch Catalyst 2960-X 24 SFP

El Switch Catalyst 2960-X de 24 puertos presenta las siguientes características técnicas.



Figura 61. Switch de Acceso 2960-X 24 SFP.

Tomado de: (Router-Switch. Ltd, 2016)

#### Especificaciones Técnicas

Tabla 59. Especificaciones Técnicas Switch 2960-X 24 SFP.

|            |  |
|------------|--|
| Estándares | <ul style="list-style-type: none"> <li>● IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol</li> <li>● IEEE 802.1p CoS Prioritization</li> <li>● IEEE 802.1Q VLAN</li> <li>● IEEE 802.1s</li> <li>● IEEE 802.1w</li> <li>● IEEE 802.1X</li> <li>● IEEE 802.1ab (LLDP)</li> <li>● IEEE 802.3ad</li> </ul> |
|------------|--|



|                  |   |
|------------------|---|
|                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● IEEE 802.3af and IEEE 802.3at</li> <li>● IEEE 802.3ah (100BASE-X single/multimode fiber only)</li> <li>● IEEE 802.3x full duplex on 10BASE-T, 100BASE-TX, and 1000BASE-T ports</li> </ul>  |
| Características  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● RPS Support</li> <li>● Jumbo Frames</li> <li>● VLANs</li> <li>● Voice Vlan</li> <li>● VTPv2</li> <li>● CDPv2</li> <li>● LLDP</li> <li>● 802.3ad LACP</li> <li>● PVST/PVST+</li> <li>● 802.1W/802.1S</li> <li>● Port Fast/Uplink Fast</li> <li>● Port CoS Trust and Override</li> <li>● Trusted Boundary</li> <li>● ACL Classification</li> <li>● Ingress Policing</li> <li>● Auto QoS</li> <li>● 802.1p queues</li> <li>● Scheduling</li> <li>● Priority Queuing</li> <li>● Configure CoS Priority Queues</li> <li>● Configure Queue Weights</li> <li>● Configure Buffers and Thresholds</li> <li>● Class &amp; Policy Maps</li> <li>● Modify CoS and DSCP Mapping</li> <li>● Weighted Tail Drop</li> <li>● DSCP transparency</li> </ul> |
| MTBF             | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 232,610 hour (s)</li> </ul>  |
| Conmutación      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 108 Gbps</li> </ul>  |
| Seguridad de Red | <ul style="list-style-type: none"> <li>● SSH, SSL and SCP</li> <li>● RADIUS and TACACS+</li> <li>● SNMPv3 crypto</li> </ul>   |

|  |  |
|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 802.1x</li> <li>● 802.1x Accounting / MIB</li> <li>● 802.1x w/ port security</li> <li>● 802.1x w/Voice VLAN</li> <li>● 802.1x Guest VLAN</li> <li>● 802.1x VLAN assignment</li> <li>● 802.1x Auth-Fail VLAN</li> <li>● 802.1x AAA Fail Open</li> <li>● 802.1x WOL</li> <li>● 802.1x MAC-Auth Bypass</li> <li>● 802.1x Web-Auth</li> <li>● 802.1x Multi-Domain Auth</li> <li>● IPv6 First-Hop Security</li> <li>● Layer 2-4 ACLs (Port, Time, and DSCP-based)</li> <li>● DHCP Snooping</li> <li>● DHCP Option 82</li> <li>● DHCP Server</li> <li>● IPv6 Host, MLD Snooping</li> <li>● MVR</li> <li>● BPDU/Root Guard</li> <li>● Port Security</li> <li>● Private VALN Edge</li> <li>● Storm Control</li> <li>● Block unknown unicast and multicast</li> <li>● IGMP Snooping</li> <li>● IGMP Filter/Throttle</li> </ul> |
|--|--|

Tomado de: (Router-Switch. Ltd, 2016)

#### **4.2.2.1.1.2. Swtich Catalyst 2960-X 48 SFP**

El Swtich Catalyst 2960-X de 48 puertos presenta las siguientes características técnicas.



*Figura 62. Switch de Acceso 2960-X 48 SFP.*

Tomado de: (Router-Switch. Ltd, 2016)

## Especificaciones Técnicas

*Tabla 60. Especificaciones Técnicas Switch 2960-X 48 SFP.*

|                 |   |
|-----------------|---|
| Estándares      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol</li> <li>● IEEE 802.1p CoS Prioritization</li> <li>● IEEE 802.1Q VLAN</li> <li>● IEEE 802.1s</li> <li>● IEEE 802.1w</li> <li>● IEEE 802.1X</li> <li>● IEEE 802.1ab (LLDP)</li> <li>● IEEE 802.3ad</li> <li>● IEEE 802.3af and IEEE 802.3at</li> <li>● IEEE 802.3ah (100BASE-X single/multimode fiber only)</li> <li>● IEEE 802.3x full duplex on 10BASE-T, 100BASE-TX, and 1000BASE-T ports</li> <li>● IEEE 802.3 10BASE-T</li> <li>● IEEE 802.3u 100BASE-TX</li> <li>● IEEE 802.3ab 1000BASE-T</li> <li>● IEEE 802.3z 1000BASE-X</li> <li>● RMON I and II standards</li> <li>● SNMP v1, v2c, and v3</li> <li>● IEEE 802.3az</li> <li>● IEEE 802.3ae 10Gigabit Ethernet</li> <li>● IEEE 802.1ax</li> <li>● IEEE 802.3af and IEEE 802.3at</li> </ul> |
| Características | <ul style="list-style-type: none"> <li>● RPS Support</li> <li>● Jumbo Frames</li> </ul>   |

|                  |   |
|------------------|---|
|                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● VLANS</li> <li>● Voice Vlan</li> <li>● VTPv2</li> <li>● CDPv2</li> <li>● LLDP</li> <li>● 802.3ad LACP</li> <li>● PVST/PVST+</li> <li>● 802.1W/802.1S</li> <li>● Port Fast/Uplink Fast</li> <li>● Port CoS Trust and Override</li> <li>● Trusted Boundary</li> <li>● ACL Classification</li> <li>● Ingress Policing</li> <li>● Auto QoS</li> <li>● 802.1p queues</li> <li>● Scheduling</li> <li>● Priority Queuing</li> <li>● Configure CoS Priority Queues</li> <li>● Configure CoS Priority Queues</li> <li>● Configure Queue Weights</li> <li>● Configure Buffers and Thresholds</li> <li>● Class &amp; Policy Maps</li> <li>● Modify CoS and DSCP Mapping</li> <li>● Weighted Tail Drop</li> <li>● DSCP transparency</li> </ul> |
| MTBF             | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 232,610 hour (s)</li> </ul>  |
| Conmutación      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 108 Gbps</li> </ul>  |
| Seguridad de Red | <ul style="list-style-type: none"> <li>● SSH, SSL and SCP</li> <li>● RADIUS and TACACS+</li> <li>● SNMPv3 crypto</li> <li>● 802.1x</li> <li>● 802.1x Accounting / MIB</li> <li>● 802.1x w/ port security</li> <li>● 802.1x w/Voice VLAN</li> <li>● 802.1x Guest VLAN</li> </ul>   |

|  |  |
|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>● 802.1x VLAN assignment</li><li>● 802.1x Auth-Fail VLAN</li><li>● 802.1x AAA Fail Open</li><li>● 802.1x WOL</li><li>● 802.1x MAC-Auth Bypass</li><li>● 802.1x Web-Auth</li><li>● 802.1x Multi-Domain Auth</li><li>● Layer 2-4 ACLs (Port, Time, and DSCP-based)</li><li>● DHCP Snooping</li><li>● DHCP Option 82</li><li>● DHCP Server</li><li>● IPv6 Host, MLD Snooping, First-Hop Security</li><li>● MVR</li><li>● BPDU/Root Guard</li><li>● Port Security</li><li>● Private VLAN Edge</li><li>● Storm Control</li><li>● Block unknown unicast and multicast</li><li>● IGMP Snooping</li><li>● IGMP Filter/Throttle</li></ul> |
|--|--|

Tomado de: (Router-Switch. Ltd, 2016)

#### 4.2.2.1.1.3. Switch Catalyst 3650 48 Puertos

El Switch Catalyst 3650 de 48 puertos presenta las siguientes características técnicas.



*Figura 63. Switch de Distribución 3650 de 48 Puertos.*

Tomado de: (Router-Switch.Ltd, 2016)

## Especificaciones Técnicas

Tabla 61. Especificaciones Técnicas Switch 3650 de 48 Puertos.

|                        |  |
|------------------------|--|
| Estándares             | <ul style="list-style-type: none"> <li>● IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol</li> <li>● IEEE 802.1p CoS Prioritization</li> <li>● IEEE 802.1Q VLAN</li> <li>● IEEE 802.1s</li> <li>● IEEE 802.1w</li> <li>● IEEE 802.1X</li> <li>● IEEE 802.1X-Rev</li> <li>● IEEE 802.11</li> <li>● IEEE 802.1ab (LLDP)</li> <li>● IEEE 802.3ad</li> <li>● IEEE 802.3x full duplex on 10BASE-T, 100BASE-TX, and 1000BASE-T ports</li> <li>● IEEE 802.3 10BASE-T</li> <li>● IEEE 802.3u 100BASE-TX</li> <li>● IEEE 802.3ab 1000BASE-T</li> <li>● IEEE 802.3z 1000BASE-X</li> <li>● RMON I and II standards</li> <li>● SNMP v1, v2c, and v3</li> </ul> |
| Licencias Access Point | <ul style="list-style-type: none"> <li>● L-LIC-CT3650-UPG: Primary upgrade license SKU for Cisco 3650 wireless controller (e-delivery)</li> <li>● L-LIC-CTIOS-1A: 1 access point adder license for Cisco IOS Software based wireless controller (e-delivery)</li> <li>● L-LIC-CTIOS-1A: 1 access point adder license for Cisco IOS Software based wireless controller (e-delivery)</li> <li>● LIC-CTIOS-1A: 1 access point adder license for the Cisco IOS Software based wireless controller (paper license)</li> </ul>   |
| Características        | <ul style="list-style-type: none"> <li>● SVIs</li> <li>● RPS Support</li> <li>● Jumbo Frames</li> <li>● VLANS</li> <li>● Voice Vlan</li> <li>● VTPv2,V3</li> </ul>   |

|                  |   |
|------------------|---|
|                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● CDPv2</li> <li>● LLDP</li> <li>● 802.3ad LACP</li> <li>● Ingress policing</li> <li>● SPAN &amp; RSPAN</li> <li>● PVST/PVST+</li> <li>● 802.1W/802.1S</li> <li>● Port Fast/Uplink Fast</li> <li>● Port CoS Trust and Override</li> <li>● IP address DHCP</li> <li>● Trusted Boundary</li> <li>● ACL Classification</li> <li>● PAGP+ for VSS</li> <li>● 802.1p queues</li> <li>● Port Cos Trust and Override</li> <li>● Per-Vlan policy</li> <li>● Scheduling</li> <li>● Ingress policing</li> <li>● Storm control</li> <li>● Configure CoS Priority Queues</li> <li>● Configure CoS Priority Queues</li> <li>● Priority Queuing</li> <li>● AutoQoS</li> <li>● Configure Queue Weights</li> <li>● Configure Buffers and Thresholds</li> <li>● Class &amp; Policy Maps</li> <li>● Modify CoS and DSCP Mapping</li> <li>● Weighted Tail Drop</li> <li>● DSCP transparency</li> <li>● DSCP trust</li> </ul> |
| MTBF             | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 189,704 hour(s)</li> </ul>   |
| Conmutación      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 64 Gbps</li> </ul>   |
| Seguridad de Red | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Port security</li> <li>● DHCP snooping</li> <li>● Dynamic ARP inspection (DAI)</li> </ul>  |

|  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>● IP source guard</li><li>● The Unicast Reverse Path Forwarding (uRPF)</li><li>● Bidirectional data support on a SPAN</li><li>● User authentication</li><li>● Multidomain authentication</li><li>● MAC address notification</li><li>● IGMP filtering</li><li>● Cisco security VLAN ACL</li><li>● Secure Shell (SSH) Protocol, SSL, HTTPS SCP</li><li>● Kerberos, and Simple Network Management Protocol Version 3 (SNMPv3)</li><li>● Port-based ACLs</li><li>● Private Vlans edge</li><li>● TACACS+ and RADIUS authentication</li><li>● Bridge protocol data unit (BPDU) Guard and Root Guard</li><li>● Spanning Tree Root Guard (STRG)</li><li>● DHCP server</li></ul> |
|--|---|

Tomado de: (Router-Switch.Ltd, 2016)

#### 4.2.2.1.1.4. Access Point AC CAP

El punto de acceso inalámbrico cuenta con las siguientes características.



*Figura 64. Punto de Acceso Inalámbrico AC CAP.*

Tomado de: (Router-Switch-Ltd, 2016)



## Especificaciones Técnicas

Tabla 62. Especificaciones Técnicas del Punto Inalámbrico AC CAP.

|                    |  |
|--------------------|--|
| Opciones de Módulo | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cisco Aironet Wireless Security Module</li> <li>● Cisco Aironet IEEE 802.11ac Wave 1 Module</li> <li>● Cisco Universal Small Cell 5310</li> </ul>                 |
| Estándares         | <ul style="list-style-type: none"> <li>● IEEE 802.11a/b/g, 802.11n, 802.11h, 802.11d</li> <li>● IEEE 802.11ac</li> </ul>   |
| Seguridad          | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 802.11i, Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2), WPA</li> <li>● 802.1X</li> <li>● Advanced Encryption Standards (AES), Temporal Key Integrity Protocol (TKIP)</li> </ul> |

Tomado de: (Router-Switch-Ltd, 2016)

## 4.2.2.2. Costo Total de la Red Activa y Red Pasiva - Alternativa CISCO

En la Tabla 42 se tiene el costo total para el rediseño de la red mediante la alternativa Cisco.

Tabla 63. Costo Total Referencial Alternativa Cisco.

| Descripción  | Costo       |
|--|-------------|
| <b>Cableado Estructurado</b>   |             |
| Costo Total del Cableado Estructurado                                | \$51,923.19 |
| <b>Equipos de Conmutación</b>  |             |
| Costo Total de Equipos de Acceso, Distribución y Puntos Inalámbricos | \$42,461.90 |

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Subtotal     | \$94,385.09         |
| IVA 12%      | \$11,326.21         |
| <b>TOTAL</b> | <b>\$105,711.30</b> |

### 4.2.2.3. Alternativa Hewlett-Packard (HP)

En el Anexo D se puede observar la cotización con los costos de los equipos de capa de acceso y capa de distribución en marca HP.

Los precios fueron cotizados por la empresa Ibros (info@ibros.com) el 21 de marzo del 2016, sus instalaciones se encuentran ubicadas en la ciudad de Quito.

#### 4.2.2.3.1. Equipos de Capa de Acceso y Capa de Distribución / Núcleo

La descripción y el costo de los equipos de capa de acceso y distribución / núcleo se describen a continuación.

*Tabla 64. Costos de los Equipos de Conmutación.*

| Equipo                    | Puertos | Cantidad | Valor Unitario | Costo              |
|---------------------------|---------|----------|----------------|--------------------|
| Switch HP 1910 24 capa 2  | 24      | 1        | \$984.99       | \$984.99           |
| Switch HP 1620 48 capa 2  | 48      | 5        | \$1,229.99     | \$6,149.95         |
| Switch HP 1950 48 capa 3  | 48      | 1        | \$2,500.00     | \$2,500.00         |
| Access Point Aruba AP-205 | -       | 10       | \$695.00       | \$6,950.00         |
|                           |         |          | <b>Total</b>   | <b>\$16,584.94</b> |

Tomado de: (Hewlett Packard Enterprise, 2016)

#### 4.2.2.3.1.1. Swtich HP 1910 24 Capa 2

El Swtich HP 1910 de 24 puertos presenta las siguientes características técnicas.



Figura 65. Switch de Acceso HP 1910.

Tomado de: (Hewlett Packard Enterprise, 2016)

## Especificaciones Técnicas

Tabla 65. Especificaciones Técnicas Switch HP 1910.

|                 |   |
|-----------------|---|
| Características | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Switch Administrable vía Web, CLI y SNMP</li> <li>● Velocidad de 10/100Mbps y 2 Puertos Gigabit</li> <li>● Puertos PoE</li> <li>● Memoria de 128 MB de SDRAM, y 32 MB de Flash</li> <li>● Puertos MDIX automático, dúplex medio o completo</li> <li>● Capacidad de conmutación 8,8 Gbps</li> <li>● Capacidad de envío 6,6 Mpps</li> <li>● Actualización de MAC Automática Auto-Aprendizaje</li> <li>● Soporta Vlans</li> <li>● Agregación de enlaces troncales</li> <li>● Soporte del protocolo Rapid Spanning Tree (RSTP)</li> <li>● Permite Store-and-Forward</li> <li>● Panel de diagnóstico frontal</li> </ul> |
| Estándares      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● IEEE 802.3</li> <li>● IEEE 802.3u</li> <li>● IEEE 802.3ab</li> <li>● IEEE 802.3x</li> <li>● IEEE 802.1p</li> <li>● IEEE 802.3at</li> <li>● IEEE 802.1af</li> <li>● IEEE 802.1Q</li> <li>● IEEE 802.1w</li> <li>● IEEE 802.1z</li> </ul>  |

Tomado de: (Hewlett Packard Enterprise, 2016)

#### 4.2.2.3.1.2. Switch HP 1620 48 Capa 2

El Switch HP 1620 de 48 puertos presenta las siguientes características técnicas.



*Figura 66. Switch de Acceso HP 1620.*

Tomado de: (Hewlett Packard Enterprise, 2016)

#### Especificaciones Técnicas

*Tabla 66. Especificaciones Técnicas Switch HP 1620.*

|                 |  |
|-----------------|--|
| Características | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Switch Administrable vía Web y SNMP</li> <li>● Velocidad de 10/100/1000Mbps</li> <li>● Memoria de 128 MB de SDRAM, y 32 MB de Flash</li> <li>● Puertos MDIX automático, dúplex medio o completo</li> <li>● Capacidad de conmutación 96 Gbps</li> <li>● Capacidad de envío 71.4 Mpps</li> <li>● Actualización de MAC Automática Auto-Aprendizaje</li> <li>● Soporta Vlans</li> <li>● Agregación de enlaces troncales</li> <li>● Soporte del protocolo Rapid Spanning Tree (RSTP)</li> <li>● Permite Store-and-Forward</li> <li>● Panel de diagnóstico frontal</li> </ul> |
| Estándares      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● IEEE 802.3</li> <li>● IEEE 802.3u</li> <li>● IEEE 802.3ab</li> <li>● IEEE 802.3x</li> <li>● IEEE 802.1p</li> </ul>  |

Tomado de: (Hewlett Packard Enterprise, 2016)

#### 4.2.2.3.1.3. Switch HP 1950 48 Capa 3

El Switch HP 1950 de 48 puertos presenta las siguientes características técnicas.



*Figura 67. Switch de Distribución HP 1950.*

Tomado de: (Hewlett Packard Enterprise, 2016)

#### Especificaciones Técnicas

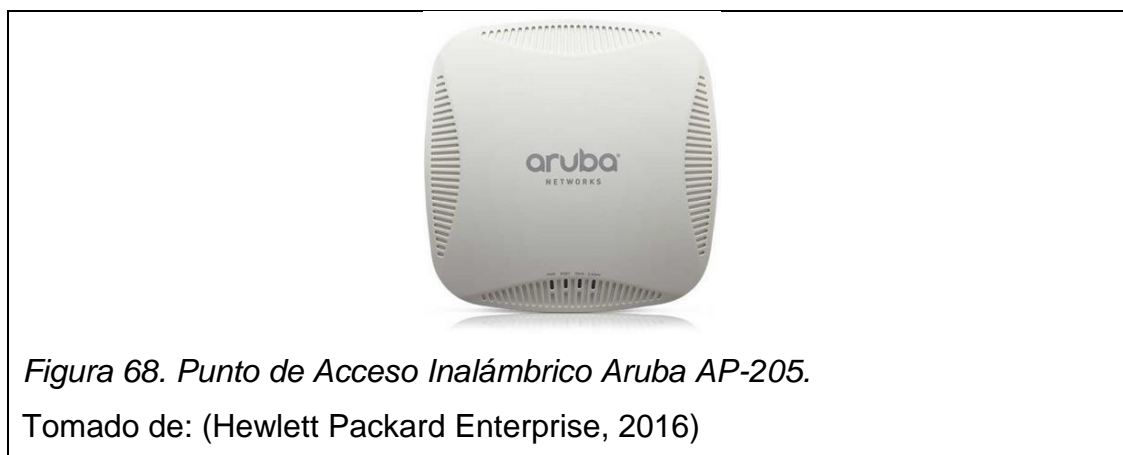
*Tabla 67. Especificaciones Técnicas Switch HP 1950.*

|                 |  |
|-----------------|--|
| Características | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Switch Administrable vía Web, CLI y SNMP</li> <li>● Velocidad de 10/100/1000Mbps</li> <li>● Gigabit de fibra basado en SFP</li> <li>● Memoria de 128 MB de SDRAM, y 32 MB de Flash</li> <li>● Puertos MDIX automático, dúplex medio o completo</li> <li>● Capacidad de conmutación 104 Gbps</li> <li>● Capacidad de envío 77.4 Mpps</li> <li>● Actualización de MAC Automática Auto-Aprendizaje</li> <li>● Soporta Vlans</li> <li>● Agregación de enlaces troncales</li> <li>● Soporte del protocolo Rapid Spanning Tree (RSTP)</li> <li>● Permite Store-and-Forward</li> <li>● Panel de diagnóstico frontal</li> </ul> |
| Estándares      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● IEEE 802.3</li> <li>● IEEE 802.3u</li> <li>● IEEE 802.3ab</li> <li>● IEEE 802.3x</li> <li>● IEEE 802.1p</li> </ul>  |

Tomado de: (Hewlett Packard Enterprise, 2016)

#### 4.2.2.3.1.4. Access Point Aruba AP-205

El Access point Aruba AP-205 cuenta con las siguientes características.



#### Especificaciones Técnicas

*Tabla 68. Especificaciones Técnicas Access Point Aruba AP-205.*

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Características              | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 2.4-GHz (300 Mbps max rate)</li> <li>● 5-GHz (867 Mbps max rate)</li> <li>● Four integrated omni-directional downtilt antennas.</li> </ul> |
| Estándares                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 802.11 a/b/g/n/ac</li> <li>● 803.3af (PoE)</li> </ul>  |
| Máximo BSS                   | 16  |
| Número de Usuarios por Radio | 255   |

Tomado de: (Hewlett Packard Enterprise, 2016)

#### 4.2.2.4. Costo Total de la Red Activa y Red Pasiva - Alternativa HP

En la Tabla 69 se tiene el costo total para el rediseño de la red mediante la alternativa HP.

Tabla 69. Costo Total Referencial Alternativa HP.

| Descripción  | Costo              |
|--|--------------------|
| <b>Cableado Estructurado</b>   |                    |
| Costo Total del Cableado Estructurado                                | \$51,923.19        |
| <b>Equipos de Conmutación</b>  |                    |
| Costo Total de Equipos de Acceso, Distribución y Puntos Inalámbricos | \$16,584.94        |
| Subtotal   | \$68,508.13        |
| IVA 12%  | \$8,220.98         |
| <b>TOTAL</b>   | <b>\$76,729.11</b> |

#### 4.2.3. Cuadros Comparativos de Costo, Características Técnicas, Ventajas y Desventajas de cada Fabricante

De acuerdo a las características de cada marca y modelo se realizan los siguientes cuadros comparativos para identificar la mejor opción para la adquisición de los equipos de conmutación.

##### 4.2.3.1. Costo

En la Tabla 70 muestra la alternativa más económica para la adquisición de los equipos de conmutación.

Tabla 70. Cuadro Comparativo de Costos.

| Marca | Costo       |
|-------|-------------|
| HP    | \$16,584.94 |
| CISCO | \$42,461.90 |

La Tabla 70 indica que la alternativa más económica es la ofrecida por la marca HP, sin embargo para la selección de equipos no solo se debe considerar el costo sino las características de cada uno de los dispositivos en base a las necesidades y requerimientos técnicos del rediseño, por ejemplo: escalabilidad,

rendimiento, seguridad de la red, entre otras, además hay que considerar las necesidades del negocio.

#### **4.2.3.2. Características Técnicas Dispositivos de Conmutación**

En la Tabla 71 se puede determinar las características de cada dispositivo y cuál es la mejor alternativa para cumplir la función de cada capa del modelo jerárquico.



Tabla 71. Características Técnicas de los Dispositivos de Capa de Acceso y Distribución.

| CAPA         | MARCA      | PUERTOS | CONMUTACIÓN | MTBF/horas | IEEE   |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         | Stackwise | VTP | ACL | Port Security |        |
|--------------|------------|---------|-------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----|-----|---------------|--------|
|              |            |         |             |            | 802.1d | 802.1p | 802.1q | 802.1s | 802.1w | 802.1x | 802.1u | 802.1ab | 802.3ad | 802.3af | 802.3ah | 802.3ae |           |     |     |               | 802.3x |
| ACCESO       | CISCO 2960 | 24      | 108 Gbps    | 232.61     | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      | ✗      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✗       | ✓         | ✗   | ✓   | ✓             | ✓      |
|              | CISCO 2960 | 48      | 108 Gbps    | 232.61     | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✓         | ✗   | ✓   | ✓             | ✓      |
|              | HP 1910    | 24      | 8.8 Gbps    | N/A        | ✗      | ✓      | ✓      | ✗      | ✓      | ✓      | ✓      | ✓       | ✗       | ✓       | ✗       | ✗       | ✓         | ✗   | ✗   | ✗             | ✗      |
|              | HP 1620    | 48      | 96 Gbps     | N/A        | ✗      | ✓      | ✓      | ✗      | ✓      | ✓      | ✓      | ✓       | ✗       | ✗       | ✗       | ✗       | ✓         | ✗   | ✗   | ✗             | ✗      |
| DISTRIBUCIÓN | CISCO 3650 | 48      | 64 Gbps     | 189.704    | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      | ✓       | ✓       | ✗       | ✗       | ✗       | ✓         | ✓   | ✓   | ✓             | ✓      |
|              | HP 1950    | 48      | 104 Gbps    | N/A        | ✗      | ✓      | ✓      | ✗      | ✓      | ✓      | ✓      | ✓       | ✗       | ✗       | ✓       | ✗       | ✓         | ✗   | ✗   | ✗             | ✗      |

Según la Tabla 71 se concluye que las dos alternativas cumplen las necesidades básicas requeridas en el rediseño, sin embargo la alternativa Cisco ofrece características adicionales que pueden ser consideradas para futuras implementaciones de nuevos servicios, por ejemplo soporte de fibra óptica, sistema de video conferencia, entre otros.

- Los equipos Cisco ofrecen la característica MTBF, esto quiere decir que cada equipo tendrá un determinado número de horas en las que podría fallar durante su vida útil.
- El swtich de distribución marca Cisco tiene tecnología stackwise, que consiste en un conjunto de switches que funcionan como un sistema unificado.

- La velocidad de conmutación en ambas alternativas sobrepasa la velocidad requerida para el rediseño, esto es debido a que no existen dispositivos que se ajusten técnicamente a las necesidades del presente proyecto, ya que en la actualidad existen una gran cantidad de equipos con tecnología que exceden estas velocidades.
- Los equipos Cisco soportan VTP para facilidad de propagación de las VLAN creadas.
- Los equipos Cisco soportan configurar ACL y port-security para brindar seguridad en la red tanto lógica como físicamente.
- Los switches Cisco capa 2 soporta conexiones basados en Fibra.
- Los switches Cisco capa 2 y capa 3 soportan la tecnología Etherchannel, que consiste en la agrupación de varios enlaces físicos y funcionar como un único enlace con la ventaja de sumar la velocidad de cada puerto y obtener un enlace troncal de alta velocidad.

A continuación se describen las características técnicas de los puntos de acceso inalámbricos. Según la Tabla 72 se puede determinar cuál es la mejor opción para el acceso inalámbrico.

*Tabla 72. Características Técnicas de los Puntos de Acceso Inalámbricos.*

| CAPA         | MARCA             | IEEE   |             |         |         |         |         |         |        | SEGURIDAD |     |      |     |      |
|--------------|-------------------|--------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|-----------|-----|------|-----|------|
|              |                   | 802.1q | 802.11a/b/g | 802.11n | 802.11h | 802.11d | 802.11i | 803.3af | 802.1X | TPM       | WPA | WPA2 | AES | TKIP |
| ACCESS POINT | CISCO AC-CAP      | ✓      | ✓           | ✓       | ✓       | ✓       | ✓       | ✗       | ✓      | ✗         | ✓   | ✓    | ✓   | ✓    |
|              | HP - Aruba AP-205 | ✗      | ✓           | ✓       | ✗       | ✗       | ✗       | ✓       | ✗      | ✓         | ✗   | ✗    | ✗   | ✗    |

Según la Tabla 72 se concluye que las dos alternativas cumplen las necesidades básicas requeridas en el rediseño, sin embargo la alternativa Cisco ofrece mayores características.

- El punto de acceso marca Cisco presenta alternativas de seguridad lógica para proteger la red.
- El punto de acceso marca HP trabaja con un controlador, mientras que el dispositivo marca Cisco puede o no trabajar con un controlador inalámbrico.
- El dispositivo HP protege la red mediante un microcontrolador TPM donde se almacenan las credenciales del usuario.

#### **4.2.3.3. Ventajas y Desventajas de cada Fabricante**

A continuación se realiza un cuadro comparativo de las principales fortalezas y debilidades de cada una de las alternativas ofrecidas.

Tabla 73. Ventajas y Desventajas de los Fabricantes.

| Marca | Ventajas  | Desventajas  |
|-------|---|--|
| CISCO | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Presenta una constante actualización del IOS mejorando las funciones actuales de los equipos</li> <li>● Cisco ofrece una variedad de equipos para cubrir las diferentes capas del modelo jerárquico. Además brinda una gama de opciones en telefonía y seguridades. Esto permite mantener un estándar en la infraestructura con la misma marca de equipos del fabricante.</li> <li>● Los equipos Cisco ofrecen una garantía Smartnet, esto quiere decir que tendrá soporte especializado, atención inmediata y reemplazo de partes en el menor tiempo posible, brindando un mayor nivel de servicio</li> <li>● Cisco brinda un sinnúmero de información de sus equipos en el Internet, también brinda cursos especializados para cada una de sus líneas de productos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● El costo de los equipos es elevado en comparación con otras marcas del mercado.</li> <li>● Se debe contar con personal capacitado para administrar los equipos.</li> <li>● Usa estándares propietarios para su tecnología.</li> </ul> |
| HP    | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Fácil de instalar y configurar.</li> <li>● Precios económicos.</li> <li>● Usa estándares abiertos en su tecnología.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● No ofrece una gama de productos para cubrir necesidades de telefonía y seguridades.</li> </ul>  |

La única desventaja considerable de Cisco con la alternativa HP es el costo, sin embargo las características técnicas de la marca Cisco permiten tener escalabilidad, seguridad, disponibilidad, administración y calidad de servicio de la red.

### **4.3. Selección de la Mejor Alternativa**

Las dos alternativas cumplen las necesidades del rediseño, sin embargo la alternativo Cisco es óptima técnicamente para la implementación del presente proyecto. De acuerdo al análisis de costo la marca Cisco tiene un costo elevado, pero la vida útil y funcionalidad a largo plazo de los equipos reducirá significativamente el gasto de mantenimiento logrando un mejor retorno de la inversión para la Institución.

Cisco ofrece una constante innovación de sus productos, permitiendo al Municipio posicionarse estratégicamente y tecnológicamente en el actual mercado de forma competitiva.

## **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

#### **Rediseño de Red**

De acuerdo al estudio del rediseño realizado en el Capítulo 3 se concluye que:

- El rediseño físico y lógico de la red logra un mejor rendimiento, escalabilidad, seguridad y administración de la red, mejorando la infraestructura de comunicación del Municipio.

#### **Cableado Estructurado e Infraestructura**

De acuerdo al análisis de la situación actual del Municipio obtenido en el Capítulo 2 se concluye que:

- El actual cableado estructurado de datos y de voz no cuenta con una debida identificación mediante el uso de etiquetas, además no tiene un estándar de colores para identificar la red de datos de la red de voz, en la sección 3.1.1.7 de etiquetado del Capítulo 3 se indica el tipo de etiquetas a implementar, tamaños, espacios y rutas. Además se propone un modelo de etiquetado para los patch cords y patch panels.
- No existe redundancia en los enlaces de datos, por lo tanto en caso de daño físico o ante una eventual caída del enlace se pierde conectividad total hacia dicho piso, en la sección 3.1.1.6 del rediseño del cableado vertical del Capítulo 3 se muestra gráficamente el esquema de redundancia que deben tener los enlaces troncales.
- El análisis de tráfico de red de la sección 2.4.4.1 realizado en el Capítulo 2 indica que no existe saturación en los enlaces, sin embargo para el rediseño de la red son necesarios mayores recursos debido a que debe soportar más servicios como: tráfico de voz, datos, video vigilancia,

inalámbricas, etc., por lo tanto es necesario cambiar el actual cableado estructurado categoría 5e a cable UTP categoría 6 de acuerdo a las características obtenidas en la sección 3.1.1.1 de la selección del medio de transmisión del Capítulo 3, además adquirir nuevos equipos según la sección 3.2 características técnicas de los dispositivos de acceso y distribución obtenidas en el Capítulo 3 y así brindar el servicio a los usuarios.

- Los patch cords presentan un estado de deterioro y en algunos casos presentan roturas tanto en el cable UTP o en los conectores RJ45, por lo tanto es necesario el reemplazo total de dichas partes por patch cords y RJ45 categoría 6 para evitar problemas de conectividad.

### **Cuarto de Equipos**

De acuerdo al análisis de la situación actual del Municipio obtenido en el Capítulo 2 se concluye que:

- El Municipio no dispone de un adecuado cuarto de telecomunicaciones, algunos equipos de comunicaciones y servidores se encuentran sobre escritorios sin la debida protección física. Además no poseen un sistema de enfriamiento para evitar que los dispositivos se sobrecalienten, en la sección 3.1.1.4 rediseño del cuarto de telecomunicaciones del Capítulo 3 se indican las medidas necesarias, consideraciones y recomendaciones para tener un espacio óptimo para implementar un cuarto de telecomunicaciones.
- El acceso al área de sistemas tiene un escaso esquema de seguridad físico y todos los equipos están expuestos, con el rediseño del cuarto de telecomunicaciones del Capítulo 3 se logra asegurar de forma física los principales elementos que conforman la red. Además con la implementación de lectores de huellas se da una mayor restricción a que personal no autorizado tenga acceso al área de sistemas, de esta forma se logra dar mayor restricción al cuarto de telecomunicaciones.

- No hay un estándar de fabricantes en los equipos activos, para lograr un mejor rendimiento y facilidad de administración de la red se plantea que todo el equipamiento sea marca Cisco debido a las ventajas, bondades y características técnicas de los equipos según la sección 4.2.2.1 del Capítulo 4.
- No existe un registro de llamadas para determinar los costos generados por cada línea telefónica, para esto se plantea un registro que incluya: número de origen, numero destino, fecha de la llamada, inicio y fin de la llamada y duración de la llamada según el análisis realizado en la sección 3.1.6.3 del Capítulo 3.

## **Servidores**

De acuerdo al análisis de la situación actual del Municipio obtenido en el Capítulo 2 se concluye que:

- Existe un potencial riesgo de seguridad en los servidores Proxy y Mail, al estar conectados directamente con IP's públicas al router del proveedor no cuentan con un nivel de seguridad óptimo para protegerlos contra ataques externos, para esto se define el diseño de una DMZ según la sección 3.1.7.1 zona desmilitarizada del Capítulo 3 asegurando la red interna y servicios de posibles ataques.
- No dispone de una bitácora de respaldos de cada uno de los servidores e información importante, en el Anexo F se encuentra el formato para llevar el registro de los respaldos realizados.
- No cuenta con un cronograma de mantenimiento físico y lógico de los equipos para evitar posibles daños, en el Anexo E se encuentra el formato para llevar el registro de los mantenimientos.
- El rediseño jerárquico de red propuesto la sección 3.1.2 del Capítulo 3 permite distribuir de mejor manera la carga de procesamiento de los equipos, los cuales cumplen funciones específicas dentro de la red optimizando el rendimiento y la escalabilidad de la red.



## Tráfico

De acuerdo al análisis de la situación actual del Municipio obtenido en el Capítulo 2 se concluye que:

- Lógicamente la red no tiene configurado un esquema de Vlan para la segmentación de tráfico y dominios de broadcast, así como listas de acceso que aseguren lógicamente la red. La mayoría de los equipos se encuentran operando con sus funciones básicas o predeterminadas, por lo tanto no cuentan con ninguna configuración adicional para optimizar el rendimiento de la red, en la sección 3.1.3.1 segmentación de la red del Capítulo 3 se plantea la creación de ocho Vlan con el fin de optimizar el tráfico de red generado por cada servicio y así mejorar el rendimiento de la red.
- El direccionamiento privado se lo realiza de forma estática, esta tarea conlleva tener un registro o bitácora actualizada lo que implica una pérdida de tiempo para el administrador de la red, en la sección 3.1.3.2 direccionamiento IP del Capítulo 3 se indican las subredes que se configuran para cada servicio mediante el uso de un servidor DHCP, de esta manera la asignación de direcciones IP se realicen de manera dinámica.
- No cuenta con configuraciones de calidad de servicio para poder clasificar y priorizar cada uno de los servicios y aplicaciones existentes. En la sección 3.1.4.3 calidad de servicio del Capítulo 3 se establecen las prioridades y clases que son asignadas a cada aplicación o servicio, permitiendo optimizar el envío y recepción de la información mediante la gestión de ancho de banda.
- Según las capturas de las gráficas del tráfico de red y broadcast obtenidas en la sección 2.4.4.1 del Capítulo 2, se verifica que el tráfico que circula en toda la red es bajo por lo que no se ve saturación en los puertos del switch de distribución/núcleo, a pesar que existe broadcast según las mismas capturas este tráfico es mínimo por lo tanto no hay consumo innecesario de recursos de red.

## **Administración**

De acuerdo al análisis de la situación actual del Municipio obtenido en el Capítulo 2 se concluye que:

- Cuenta con una básica administración de los dispositivos de red y carecen de herramientas de gestión óptimas para resolver problemas de hardware o software de manera eficiente, según la sección 3.1.8 desarrollo de las estrategias de administración del Capítulo 3 se definen protocolos de gestión, herramientas y alertas que faciliten la administración y detección de posibles problemas físicos o lógicos de los equipos.

## **Costo**

De acuerdo al análisis de costos obtenido en el Capítulo 2 se concluye que:

- Existe una variedad de opciones a la hora de adquirir los equipos de networking, sin embargo las alternativas analizadas en la sección 4.2.2 del Capítulo 4 satisfacen y cumplen los objetivos y necesidades tecnológicas que requiere el Municipio.
- Los equipos marca Cisco según la sección 4.2.2.1.1 características técnicas obtenidas en el Capítulo 4 permiten implementar un modelo jerárquico basado en capas, ofreciendo capacidad de crecimiento en número de usuarios sin la necesidad de realizar grandes cambios físicos o lógicos en la infraestructura de red.

## **Metodología**

De acuerdo al estudio de la metodología de red obtenido en el Capítulo 1 se concluye que:

- La metodología que mejor se adapta al rediseño de la red es la metodología Top-Down, según el análisis realizado en la sección 1.8.2 del Capítulo 1 esta metodología cumple con las necesidades, objetivos y requerimientos técnicos que requiere el Municipio.

## **5.2. Recomendaciones**

### **Rediseño de Red**

De acuerdo al estudio del rediseño realizado en el Capítulo 3 se recomienda que:

- El rediseño físico y lógico se lo realice usando equipos Cisco debido a las características técnicas de los equipos obtenidas en la sección 4.2.2.1 del Capítulo 4, que brindan una infraestructura de comunicaciones robusta y permitiendo disponibilidad de servicios.

### **Cableado Estructurado e Infraestructura**

De acuerdo al estudio del rediseño realizado en el Capítulo 3 se recomienda:

- Contar con un plano físico actualizado de las instalaciones, en el cual deben constar: ubicación de puntos de red, ubicación de tomas eléctricas, ubicación de ductos, ubicación de las canaletas, medidas de la edificación para poder identificar los problemas de cableado estructurado de manera eficiente.
- Realizar un nuevo tendido de cableado horizontal mediante UTP categoría 6 según el análisis de la sección 3.1.1.5 cableado horizontal del Capítulo 3, para que el rediseño pueda soportar el tráfico de los nuevos servicios como telefonía IP, sistema de video vigilancia, inalámbricas, entre otros servicios.

- Colocar canaletas, tuberías y bandejas por todo el recorrido del cableado para evitar daños ocasionados accidentalmente por los usuarios, esto permitirá una mejor organización y estética en la edificación.

### **Cuarto de Equipos**

De acuerdo al estudio del rediseño realizado en el Capítulo 3 se recomienda:

- Mantener una misma marca de fabricante de acuerdo a la sección 4.2.2.1 las ventajas y características de los equipos obtenidas en el Capítulo 4, fabricante que permite cubrir todas las capas del modelo jerárquico para mantener el mismo formato en las configuraciones lógicas, facilitando la administración y mantenimiento de la red.
- Crear perfiles de marcado para la telefonía IP según la sección 3.1.6.2 del Capítulo 3. Estos perfiles se crean de acuerdo a las necesidades de los usuarios finales, esto con el objetivo de reducir los gastos innecesarios de telefonía.
- Solicitar al proveedor de internet mantener siempre actualizado el equipo (router) para eliminar las posibles vulnerabilidades de seguridad, como se observa la captura de la Figura 60 obtenida en el Capítulo 3.

### **Servidores**

De acuerdo al estudio del rediseño realizado en el Capítulo 3 se recomienda:

- Realizar mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos de red y servidores al menos dos veces al año para asegurar la disponibilidad de servicios, el formato de mantenimientos se propone en el Anexo E.
- Implementar una zona desmilitarizada para aislar los servidores de Mail, DNS y Web y evitar ataques desde el Internet hacia los servicios internos, el diseño de la DMZ propuesto en la sección 3.1.7.1 del Capítulo 3 brinda un nivel de seguridad perimetral ante posibles ataques.

- Realizar constantes respaldos de la información de los servidores de bases de datos y aplicaciones, ya que esto permitirá la restauración de la información de manera eficaz en caso de existir pérdida de información, el formato de respaldos se propone en el Anexo F.
- Llevar una bitácora de cambios, en este registro debe constar la fecha del cambio, el equipo involucrado y la configuración realizada, así como la asignación de un responsable para dichas tareas, según el formato realizado en el Anexo G. El historial de configuraciones permite revertir los cambios en caso de presentar un funcionamiento no deseado de la red.

### **Tráfico**

De acuerdo al estudio del rediseño realizado en el Capítulo 3 se recomienda:

- Segmentar la red mediante VLAN para separar el tráfico de red, según el análisis realizado en la sección 3.1.3.1 del Capítulo 3 se plantean ocho Vlan que permitirán segmentar el tráfico de red de los diferentes servicios mejorando el rendimiento y seguridad lógica de la red.
- Implementar políticas internas como por ejemplo políticas de acceso a páginas web, uso de los recursos de red, conexión de dispositivos personales, etc., para asegurar la seguridad de la red.

### **Administración**

De acuerdo al estudio del rediseño realizado en el Capítulo 3 se recomienda:

- Se recomienda mantener actualizado las versiones del IOS de cada uno de los dispositivos de red (switch de acceso y distribución deben tener la versión 12 o superior según las características necesarias obtenidas en la sección 3.2 del Capítulo 3), para evitar posibles riesgos de seguridad como bugs.

- Capacitar al personal de tecnología para contar con personal técnico certificado en equipos y tecnología marca Cisco para facilitar la administración y monitoreo de la red, estas capacitaciones deben ser de manera continua.
- Instalar herramientas de monitoreo según la sección 3.1.8 estrategias de administración del Capítulo 3, para obtener estadísticas de los recursos como memoria RAM, procesamiento de CPU, espacio en disco duro, ancho de banda, saturación de enlaces, etc. y de esta manera prever posibles fallas en los dispositivos de red o servidores.

### **Metodología**

De acuerdo al estudio de la metodología de red obtenido en el Capítulo 1 se recomienda:

Usar la metodología Top-Down, ya que esta metodología se encuentra mejor documentada que el resto de metodologías de diseño de redes, además al estar desarrollada por fases las tareas de mantenimiento es más sencillas de realizar según la selección 1.8.2 obtenida en el Capítulo 1.

## REFERENCIAS

- Arigalleno, E., & Barrientos, E. (2010). *Redes Cisco CCNP a Fondo*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor.
- Barranco, J. (2001). *Metodología del análisis estructurado de sistemas*. Madrid. Blackdesign. (s.f.). *Estándar EIA/TIA cableado estructurado*. Recuperado el 24 de marzo de 2015 de: <http://www.blackdesign.cl/icel/2%20SEMESTRE/INSTALACION%20Y%20CERTIFICACION%20DE%20REDES/Clase%201.pdf>.
- Bruno, A., y Jordan, S. (2011). *CCDA 640-864 Official Cert Guide*. Cisco Press.
- Butler, J., Pietrosemoli, E., y Zennaro, M. (2013). *Redes inalámbricas en los países en desarrollo*. (3a. Ed.). Copenhagen.
- Cadena, C. (2010). *Control de Tráfico en Redes TCP/IP fundamentado en procedimientos y técnicas de calidad de servicio a lo largo de una infraestructura de telecomunicaciones*. Recuperado el 12 de junio de 2015 de: <http://docplayer.es/14503953-Escuela-politecnica-del-ejercito-departamento-de-electrica-y-electronica-carrera-de-ingenieria-en-electronica-y-telecomunicaciones.html>.
- Callisaya, E. (2014). *Metodologías para el diseño de redes*. Recuperado el 16 de marzo de 2015 de: [http://www.academia.edu/8893403/METODOLOGIAS\\_PARA\\_EL\\_DISEÑO\\_DE\\_REDES\\_Contentido](http://www.academia.edu/8893403/METODOLOGIAS_PARA_EL_DISEÑO_DE_REDES_Contentido).
- Cisco Networking Academy. (s.f.). *CCNA 1 and 2*. Recuperado el 11 de enero de 2015 de: <http://www.ie.itcr.ac.cr/acotoc/CISCO/Discovery%201/12.pdf>.
- Cisco Networking Academy. (s.f.). *Fundamentos de enrutamiento y conmutación (Routing and Switching Essentials)*. Recuperado el 18 de febrero de 2015 de: [https://julioestrepo.files.wordpress.com/2015/03/pdf\\_ccna2\\_v5.pdf](https://julioestrepo.files.wordpress.com/2015/03/pdf_ccna2_v5.pdf).
- Cisco Systems. (s.f.). *Enterprise QoS Solution Reference Network Design Guide*. Recuperado el 22 de marzo de 2015 de:

[http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/WAN\\_and\\_MAN/QoS\\_SRND/QoS-SRND-Book/QoSIntro.html](http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/WAN_and_MAN/QoS_SRND/QoS-SRND-Book/QoSIntro.html).

Cisco Systems. (s.f.). *Resumen de diseño de la red LAN cableada del campus*. Recuperado el 17 de enero de 2015 de: [http://www.cisco.com/c/dam/r/es/la/internet-of-everything-ioe/assets/pdfs/en-05\\_campus-wireless\\_wp\\_cte\\_es-xl\\_42333.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/r/es/la/internet-of-everything-ioe/assets/pdfs/en-05_campus-wireless_wp_cte_es-xl_42333.pdf).

Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT. (s.f.). *CNT Speed Test*. Recuperado el 07 de junio de 2015 de: <http://speedtest.cnt-grms.com.ec>.

GAD Tulcán. (2012). *Misión institucional*. Recuperado el 10 de enero de 2015 de: <http://www.gmtulcan.gob.ec/index.php/2012-06-06-13-04-36/2012-06-06-13-07-18>.

GAD Tulcán. (2015). *Objetivos. Reglamento orgánico funcional por procesos del gobierno autónomo descentralizado municipal de Tulcán*. Recuperado el 15 de mayo de 2015 de: <http://www.gmtulcan.gob.ec>

GAD Tulcán. (2015). *Visión institucional. Reglamento orgánico funcional por procesos del gobierno autónomo descentralizado municipal de Tulcán*. Recuperado el 16 de mayo de 2015 de: <http://www.gmtulcan.gob.ec>.

García Alfaro, J. (2004). *Ataques contra redes TCP/IP*. Recuperado el 21 de mayo de 2015 de: [http://www.sw-computacion.f2s.com/Linux/012.1-Aspectos\\_avanzados\\_en\\_seguridad\\_en\\_redes\\_modulos.pdf](http://www.sw-computacion.f2s.com/Linux/012.1-Aspectos_avanzados_en_seguridad_en_redes_modulos.pdf).

García Alfaro, J. (2004). *Mecanismos de prevención*. Recuperado el 21 de mayo de 2015 de: [http://www.sw-computacion.f2s.com/Linux/012.1-Aspectos\\_avanzados\\_en\\_seguridad\\_en\\_redes\\_modulos.pdf](http://www.sw-computacion.f2s.com/Linux/012.1-Aspectos_avanzados_en_seguridad_en_redes_modulos.pdf).

Guerra, D., Irigaray, I., & Casas, P. (2005). *Calidad de servicio percibida en servicios de voz y video sobre IP*. Recuperado el 02 de febrero de 2015 de: <http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/artes/pqos/pqos.pdf>.

Hewlett Packard Enterprise. (s.f.). *Hewlett Packard Enterprise Support Center*. Recuperado el 27 de octubre de 2015 de: <http://www8.hp.com>.

Huerta, M. (2012). *Metodología de diseño de red Top-Down*. Recuperado el 16 de marzo de 2015 de: <http://es.slideshare.net/jesusct16/metodologia-topdownespaol>.



- Joskowicz, J. (2013). *Cableado Estructurado*. Recuperado el 06 de mayo de 2015 de: <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf>.
- Joskowicz, J. (2013). *Voz, Video y Telefonía sobre IP*. Recuperado el 11 de junio de 2015 de: <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Voz%20Video%20y%20Telefonia%20sobre%20IP.pdf>
- Mieres, J. (2009). *Debilidades de seguridad comúnmente explotadas*. Recuperado el 17 de mayo de 2015 de: [https://www.evilmfingers.com/publications/white\\_AR/01\\_Atques\\_informaticos.pdf](https://www.evilmfingers.com/publications/white_AR/01_Atques_informaticos.pdf).
- Morales, M. (2005). *El cableado estructurado: una más de las instalaciones especiales dentro del desarrollo sistemático de la arquitectura moderna*. Recuperado el 07 de abril de 2015 de: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02\\_1363.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_1363.pdf).
- Moro, M. (2013). *Infraestructura de redes de datos y sistemas de telefonía*. España .
- Oppenheimer, P. (2011). *Top-Down Network Design*. (3a. Ed). Indianapolis: Cisco Press.
- Perramon, X. (2004). *Mecanismos de protección*. Recuperado el 20 de diciembre de 2015 de: [http://www.sw-computacion.f2s.com/Linux/012.1-Aspectos\\_avanzados\\_en\\_seguridad\\_en\\_redes\\_modulos.pdf](http://www.sw-computacion.f2s.com/Linux/012.1-Aspectos_avanzados_en_seguridad_en_redes_modulos.pdf).
- Recalde, A., & Rodríguez, M. (2007). *Redes inalámbricas*. Recuperado el 22 de abril de 2015 de: [https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba06\\_07/trabajos/resumenes/gr01-RedesInalambricas.pdf](https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba06_07/trabajos/resumenes/gr01-RedesInalambricas.pdf).
- Remmers, V. (2009). *Top-Down Design Tools Managing Complex Assemblies*. Recuperado el 28 de agosto de 2015 de: [http://moodle2.unid.edu.mx/dts\\_cursos\\_md/lic/IC/EA/AM/06/Metodologias\\_de\\_diseno.pdf](http://moodle2.unid.edu.mx/dts_cursos_md/lic/IC/EA/AM/06/Metodologias_de_diseno.pdf).

- Router-Switch. Ltd. (s.f.). *WS-C2960X-24PS-L*. Recuperado el 19 de noviembre de 2015 de: <http://www.router-switch.com/ws-c2960x-24ps-l-p-5265.html>.
- Router-Switch. Ltd. (s.f.). *WS-C2960X-48FPS-L*. Recuperado el 22 de noviembre de 2015 de: <http://www.router-switch.com/ws-c2960x-48fps-l-p-5267.html>.
- Router-Switch.Ltd. (s.f.). *WS-C3750X-24T-L*. Recuperado el 22 de noviembre de 2015 de: <http://www.router-switch.com/ws-c3750x-24t-l-p-1529.html>.
- Router-Switch-Ltd. (s.f.). *Stock Clearance*. Recuperado el 25 de noviembre de 2015 de: <http://www.router-switch.com/>.
- Siemon. (s.f.). *Manual de Capacitación del Sistema de Cableado Siemon*. Recuperado el 10 de marzo de 2015 de: [http://www.siemon.com/ally/recertification/pdf/spanish/07-Espacios\\_de\\_Telecomunicaciones\\_Rev\\_M.pdf](http://www.siemon.com/ally/recertification/pdf/spanish/07-Espacios_de_Telecomunicaciones_Rev_M.pdf).
- Terán, D. (2011). *Redes Convergentes: Diseño e Implementación*. (1a. Ed.). Barcelona: Marcombo S.A.
- Varela, C., & Domínguez, L. (2002). *Redes Inalámbricas*. Recuperado el 26 de mayo de 2015 de: <http://www.blyx.com/public/wireless/redesInalambricas.pdf>.
- Wikipedia. (s.f.). *Top-down y bottom-up*. Recuperado el 26 de enero de 2015 de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Top-down\\_y\\_bottom-up](https://es.wikipedia.org/wiki/Top-down_y_bottom-up).

## **ANEXOS**

## ANEXO A. Configuración de la Red de Datos

A continuación se realiza las configuraciones necesarias en los equipos de capa de acceso y capa de distribución.

### a) Configuración de Nombres Host

```
Switch>enable
Switch#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#hostname sw_access_#1
sw_access_#1(config)#
```

Tabla 74. Asignación de Nombres de Host.

| Switches de Acceso     |                   |                 |
|------------------------|-------------------|-----------------|
| Cantidad               | Puertos de Acceso | Nombre de Host  |
| Switch 1               | 48                | sw_access_#1    |
| Switch 2               | 48                | sw_access_#2    |
| Switch 3               | 48                | sw_access_#3    |
| Switch 4               | 48                | sw_access_#4    |
| Switch 5               | 48                | sw_access_#5    |
| Switch 6               | 24                | sw_access_#6    |
| Switch de Distribución |                   |                 |
| Cantidad               | Puertos Troncales | Nombre de Host  |
| Switch 1               | 48                | sw_distribution |

### b) Configuración de Claves de Acceso

```
sw_access_#1(config)#
sw_access_#1(config)#enable secret GAD_2016 //Asignar clave a el modo privilegiado
sw_access_#1(config)#line console 0 //Asignar clave a la línea de consola
sw_access_#1(config-line)#password GAD_2016
sw_access_#1(config-line)#login
sw_access_#1(config-line)#exit
sw_access_#1(config)#line vty 0 4 //Asignar clave a las líneas virtuales
sw_access_#1(config-line)#password GAD_2016
sw_access_#1(config-line)#transport input ssh //Conexión remota mediante SSH
sw_access_#1(config-line)#login local
sw_access_#1(config-line)#exit
sw_access_#1(config)#
```

Aplicar la misma configuración para todos los switches de acceso y distribución.

### **c) Encriptar todas las claves de acceso**

Es necesario aplicar un cifrado a todas las claves de acceso para mayor seguridad.

```
sw_access_#1(config)#  
sw_access_#1(config)#service password-encryption
```

Aplicar la misma configuración para todos los switches de acceso y distribución.

### **d) Acceso Web**

Deshabilitar el acceso web en todos los equipos para evitar problemas de seguridad.

```
sw_access_#1(config)#no ip http server  
sw_access_#1(config)#no ip http secure-server
```

Aplicar la misma configuración para todos los switches de acceso y distribución.

### **e) Configuración de SSH**

```
sw_access_#1(config)#username admin privilege 15 password Admin  
sw_access_#1(config)#ip domain-name GADTulcan  
sw_access_#1(config)#crypto key generate rsa  
The name for the keys will be: sw_access_#1.GADTulcan.com  
Choose the size of the key modulus in the range of 360 to 2048 for your  
General Purpose Keys. Choosing a key modulus greater than 512 may take a few  
minutes.  
How many bits in the modulus [512]: 1024  
% Generating 1024 bit RSA keys, keys will be non-exportable...[OK]  
sw_access_#1(config)#ip ssh authentication-retries 3
```

Aplicar la misma configuración para todos los switches de acceso y distribución.

#### f) Configuración de los Switches de Distribución Modo Stack

Esta configuración se la realizará dependiendo del número de switches de capa 3, el equipo a adquirir es un switch de 48 puertos, por lo tanto no es necesario realizar dicha configuración. En caso de no contar con un switch de 48 puertos se puede optar por dos switches de 24 puertos en donde si será necesario realizar la configuración en modo Stack, la cantidad de puertos necesarios para conectar todos los equipos al switch de distribución es de 31 puertos disponibles según la Tabla 20 obtenida en el Capítulo 3.

```
sw_distribution(config)#switch 1 priority 1
sw_distribution(config)#switch 2 priority 2
sw_distribution(config)#
```

| sh_distribution1#sh switch stack-ports |          |        |        |
|--|----------|--------|--------|
|  | Switch # | Port 1 | Port 2 |
|  | -----    | -----  | -----  |
|  | 1        | Ok     | Down   |
|  | 2        | Down   | Ok     |

*Figura 69. Resultado del Comando show switch stack-ports.*

#### g) Creación de las Vlan en el Switch de Distribución

```
sw_distribution(config)#
sw_distribution(config)#vlan 10
sw_distribution(config-vlan)#name VLAN_DATOS
sw_distribution(config-vlan)#vlan 20
sw_distribution(config-vlan)#name VLAN_VOZ
sw_distribution(config-vlan)#vlan 30
sw_distribution(config-vlan)#name VLAN_CCTV
sw_distribution(config-vlan)#vlan 40
sw_distribution(config-vlan)#name VLAN_WIFI
sw_distribution(config-vlan)#vlan 50
sw_distribution(config-vlan)#name VLAN_IMPRESORAS
```

```

sw_distribution(config-vlan)#vlan 60
sw_distribution(config-vlan)#name VLAN_BIOMETRICOS
sw_distribution(config-vlan)#vlan 180
sw_distribution(config-vlan)#name VLAN_SERVIDORES
sw_distribution(config-vlan)#vlan 190
sw_distribution(config-vlan)#name VLAN_ADMINISTRACION
sw_distribution(config-vlan)#

```

```

sw_distribution#show vlan brief

VLAN Name                Status    Ports
-----
1    default                active    Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4
                                           Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8
                                           Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12
                                           Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16
                                           Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
                                           Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24
                                           Gig0/1, Gig0/2

10   VLAN_DATOS              active
20   VLAN_VOZ                active
30   VLAN_CCTV               active
40   VLAN_WIFI               active
50   VLAN_IMPRESORAS         active
60   VLAN_BIOMETRICOS        active
180  VLAN_SERVIDORES          active
190  VLAN_ADMINISTRACION      active
1002 fddi-default           active
1003 token-ring-default    active
1004 fddinet-default        active
1005 trnet-default          active
sw_distribution#

```

Figura 70. Resultado del Comando show vlan brief.

### h) Deshabilitar la VLAN 1

```

sw_distribution(config)#interface vlan 1
sw_distribution(config-if)#no ip address
sw_distribution(config-if)#shutdown
sw_distribution(config-if)#

```

Aplicar la misma configuración para todos los switches de acceso

### i) Creación del Dominio VTP

Creación del dominio VTP en el switch de distribución.

```

sw_distribution(config)#vtp domain GADTulcan

```

```

Changing VTP domain name from NULL to GADTulcan
sw_distribution(config)#vtp password GAD_2016
Setting device VLAN database password to GAD_2016
sw_distribution(config)#vtp mode server
Device mode already VTP SERVER.
sw_distribution(config)#vtp version 2
sw_distribution(config)#

```

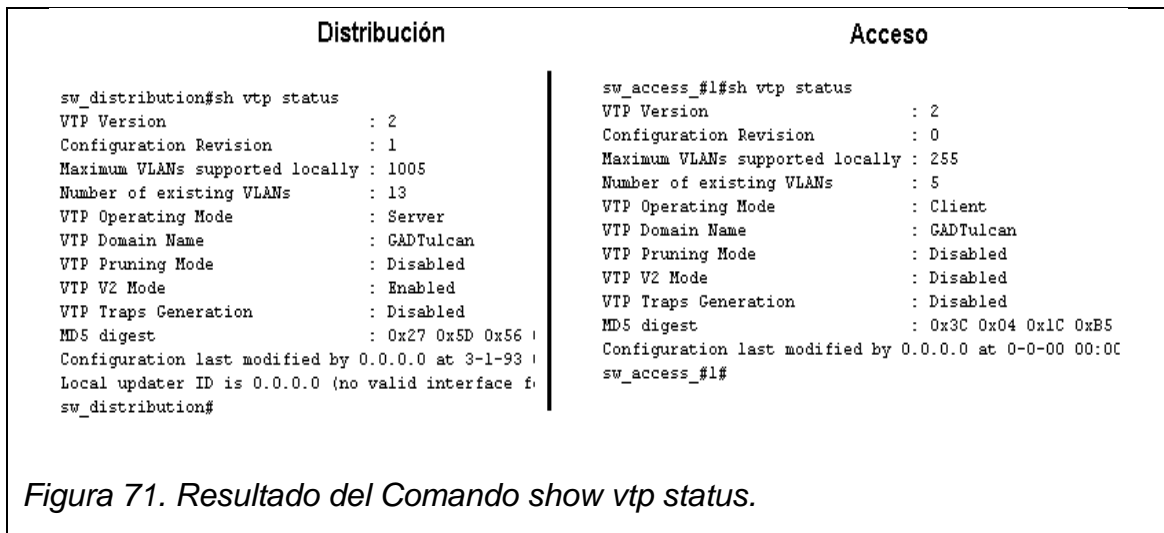
Creación del dominio VTP en los switches de acceso.

```

sw_access_#1(config)#vtp domain GADTulcan
Changing VTP domain name from NULL to GADTulcan
sw_access_#1(config)#vtp password GAD_2016
Setting device VLAN database password to GAD_2016
sw_access_#1(config)#vtp mode client
Setting device to VTP CLIENT mode.
sw_access_#1(config)#

```

Aplicar la misma configuración para todos los switches de acceso.



### j) Asignación de Direcciones IP a las Interfaces VLAN en el Switch de Distribución

```

sw_distribution(config)#interface vlan 10
sw_distribution(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Vlan10, changed state to up
sw_distribution(config-if)#ip address 172.16.0.1 255.255.255.0
sw_distribution(config-if)#no shutdown

```



```

sw_distribution(config-if)#description Datos
sw_distribution(config-if)#ip helper-address 172.16.2.82
sw_distribution(config-if)#

```

*Tabla 75. Asignación de IP y Máscara a las Interfaces VLAN.*

| Interfaz           | Dirección IP | Máscara         | Descripción    | IP Helper_Address |
|--------------------|--------------|-----------------|----------------|-------------------|
| interface vlan 10  | 172.16.0.1   | 255.255.255.0   | Datos          | 172.16.2.82       |
| interface vlan 20  | 172.16.1.1   | 255.255.255.0   | Voz            | 172.16.2.82       |
| interface vlan 30  | 172.16.2.1   | 255.255.255.224 | Cctv           | 172.16.2.82       |
| interface vlan 40  | 172.16.2.65  | 255.255.255.240 | Wifi           | 172.16.2.82       |
| interface vlan 50  | 172.16.2.33  | 255.255.255.224 | Impresoras     | 172.16.2.82       |
| interface vlan 60  | 172.16.2.113 | 255.255.255.248 | Biometricos    | 172.16.2.82       |
| interface vlan 190 | 172.16.2.97  | 255.255.255.240 | Administracion | 172.16.2.82       |

La asignación de IP se la realiza en base a la Tabla 23 obtenida en el Capítulo 3, donde se asigna a la interfaz de cada VLAN la primera dirección IP válida.

El comando ip helper-address permite que los dispositivos de los usuarios finales obtengan la dirección IP de manera automática.

No se configura la interfaz para la VLAN de servidores ya que todos los servidores se configuran con IP fija.

*Tabla 76. Asignación de Direcciones IP para los Servidores.*

| Dirección IP | Servicio              |
|--------------|-----------------------|
| 172.16.2.81  | Interfaz LAN Firewall |
| 172.16.2.82  | DHCP - SNMP           |
| 172.16.2.83  | DNS Primario          |
| 172.16.2.84  | Mail                  |
| 172.16.2.85  | Aplicaciones          |
| 172.16.2.86  | Base de Datos         |
| 172.16.2.87  | Disponibile           |
| 172.16.2.88  | Disponibile           |
| 172.16.2.89  | Disponibile           |
| 172.16.2.90  | Disponibile           |
| 172.16.2.91  | Disponibile           |
| 172.16.2.92  | Disponibile           |
| 172.16.2.93  | Disponibile           |
| 172.16.2.94  | Disponibile           |

### **k) Configuración de los Puertos Troncales en el Switch de Distribución**

```
sw_distribution(config)#interface range GigabitEthernet 1/0/1-12
sw_distribution(config-if-range)#switchport trunk encapsulation dot1q
sw_distribution(config-if-range)#switchport mode trunk
sw_distribution(config-if-range)#switchport trunk allowed vlan
10,20,30,40,50,60,180,190
sw_distribution(config-if-range)#
```

### **l) Configuración de los Puertos Troncales en los Switches de Acceso**

```
sw_access_#1(config)#interface range GigabitEthernet 0/1-2
sw_access_#1(config-if-range)#switchport mode trunk
sw_access_#1(config-if-range)#mls qos trust cos
sw_access_#1(config-if-range)#
```

Aplicar la misma configuración para todos los switches de acceso

### **m) Asignación de Puertos para Servidores, Puntos de Acceso Inalámbricos, Central Telefónica, Gateway de Voz, Firewall y Conexión al Router del ISP**

Según la Tabla 20 obtenida en el Capítulo 3, la asignación de puertos con sus respectivas VLAN es la siguiente:

```
sw_distribution(config)#int range GigabitEthernet 1/0/13-22 //Puntos Acceso
Inalámbricos
sw_distribution(config-if-range)#switchport access vlan 40
sw_distribution(config-if-range)#switchport mode access
sw_distribution(config-if-range)#
```

```
sw_distribution(config)#int GigabitEthernet 1/0/23 //Conexión al ISP
sw_distribution(config-if-range)#switchport access vlan 180
sw_distribution(config-if-range)#switchport mode access
sw_distribution(config-if-range)#
```

```
sw_distribution(config)#int GigabitEthernet 1/0/24 //Conexión de la Central IP
sw_distribution(config-if-range)#switchport access vlan 20
sw_distribution(config-if-range)#switchport mode access
```

```
sw_distribution(config-if-range)#
```

```
sw_distribution(config)#int GigabitEthernet 1/0/25 //Conexión del Gateway Voz  
sw_distribution(config-if-range)#switchport access vlan 20  
sw_distribution(config-if-range)#switchport mode access  
sw_distribution(config-if-range)#
```

```
sw_distribution(config)#int GigabitEthernet 1/0/26 //Conexión del Firewall  
sw_distribution(config-if-range)#switchport access vlan 180  
sw_distribution(config-if-range)#switchport mode access  
sw_distribution(config-if-range)#
```

```
sw_distribution(config)#int GigabitEthernet 1/0/27 //Servidor Físico - CCTV  
sw_distribution(config-if-range)#switchport access vlan 30  
sw_distribution(config-if-range)#switchport mode access  
sw_distribution(config-if-range)#
```

```
sw_distribution(config)#int range GigabitEthernet 1/0/28-31//Servidor Físico - Virtuales  
sw_distribution(config-if-range)#switchport access vlan 180  
sw_distribution(config-if-range)#switchport mode access  
sw_distribution(config-if-range)#
```

#### **n) Configuración EtherChannel en Puertos del Servidor Físico – Virtuales**

```
sw_distribution(config)#int range GigabitEthernet 1/0/28-31  
sw_distribution(config-if-range)#channel-group 1 mode on  
sw_distribution(config-if-range)#  
Creating a port-channel interface Port-channel 1
```

#### **o) Definir Switch Root para STP**

```
sw_distribution(config)#spanning-tree vlan 10,20,30,40,50,60,180,190 priority 0  
sw_distribution(config)#
```

```

sw_distribution#show spanning-tree vlan 10
VLAN0010
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    10
           Address    000C.CF22.A215
           This bridge is the root
           Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

Bridge ID  Priority    10 (priority 0 sys-id-ext 10)
           Address    000C.CF22.A215
           Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
           Aging Time 20

```

*Figura 72. Resultado del Comando show spanning-tree vlan 10.*

### **p) Habilitar Enrutamiento en el Switch de Distribución**

```

sw_distribution(config)#
sw_distribution(config)#ip routing
sw_distribution(config)#

```

### **q) Configurar una Ruta por Defecto para Salida del Internet en el Switch de Distribución**

```

sw_distribution(config)#
sw_distribution(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.2.81
sw_distribution(config)#

```

### **r) Configurar Port-Security en los Switches de Acceso**

```

sw_access_#1(config)#interface range fastEthernet 0/1-48
sw_access_#1(config-if-range)#switchport port-security
Command rejected: FastEthernet0/1 is a dynamic port.
Command rejected: FastEthernet0/2 is a dynamic port.
Command rejected: FastEthernet0/3 is a dynamic port.
Command rejected: FastEthernet0/4 is a dynamic port.
Command rejected: FastEthernet0/5 is a dynamic port.
Command rejected: FastEthernet0/6 is a dynamic port.
Command rejected: FastEthernet0/7 is a dynamic port.
Command rejected: FastEthernet0/8 is a dynamic port.
Command rejected: FastEthernet0/9 is a dynamic port.
Command rejected: FastEthernet0/10 is a dynamic port.
Command rejected: FastEthernet0/11 is a dynamic port.
Command rejected: FastEthernet0/12 is a dynamic port.
Command rejected: FastEthernet0/13 is a dynamic port.
Command rejected: FastEthernet0/14 is a dynamic port.

```

Command rejected: FastEthernet0/15 is a dynamic port.  
Command rejected: FastEthernet0/16 is a dynamic port.  
Command rejected: FastEthernet0/17 is a dynamic port.  
Command rejected: FastEthernet0/18 is a dynamic port.  
Command rejected: FastEthernet0/19 is a dynamic port.  
Command rejected: FastEthernet0/20 is a dynamic port.  
Command rejected: FastEthernet0/21 is a dynamic port.  
Command rejected: FastEthernet0/22 is a dynamic port.  
Command rejected: FastEthernet0/23 is a dynamic port.  
Command rejected: FastEthernet0/24 is a dynamic port.

...

Command rejected: FastEthernet0/48 is a dynamic port.  
sw\_access\_#1(config-if-range)#switchport port-security maximum 2  
sw\_access\_#1(config-if-range)#switchport port-security violation shutdown  
sw\_access\_#1(config-if-range)#switchport port-security mac-address sticky  
sw\_access\_#1(config-if-range)#

Aplicar la misma configuración para todos los switches de acceso.

### s) Asignación de Puertos en los Switches de Acceso

```
sw_access_#1(config)#interface range fastEthernet 0/1-48
sw_access_#1(config-if-range)#switchport access vlan 10           //VLAN de Datos
sw_access_#1(config-if-range)#switchport mode access
sw_access_#1(config-if-range)#switchport voice vlan 20           //VLAN de Voz
sw_access_#1(config-if-range)#mls qos trust cos
sw_access_#1(config-if-range)#
```

Aplicar la misma configuración para todos los switches de acceso.

Para la asignación de las VLAN de impresoras (16 puntos), biométricos (6 puntos) y cctv (23 puntos) se usará el switch #3 de 48 puertos para la configuración de estos 45 puntos de red. En este switch no tendrá asignado ningún teléfono, por lo tanto no se configura la VLAN de voz.

```
sw_access_#3(config)#interface range fastEthernet 0/1-23
sw_access_#3(config-if-range)#switchport access vlan 30           //VLAN de CCTV
sw_access_#3(config-if-range)#switchport mode access
sw_access_#3(config-if-range)#mls qos trust cos
sw_access_#3(config-if-range)#
sw_access_#3(config)#interface range fastEthernet 0/24-39
sw_access_#3(config-if-range)#switchport access vlan 50           //VLAN de Impresoras
```

```
sw_access_#3(config-if-range)#switchport mode access
sw_access_#3(config-if-range)#mls qos trust cos
sw_access_#3(config-if-range)#
sw_access_#3(config)#interface range fastEthernet 0/40-45
sw_access_#3(config-if-range)#switchport access vlan 60 //VLAN de Biométricos
sw_access_#3(config-if-range)#switchport mode access
sw_access_#3(config-if-range)#mls qos trust cos
sw_access_#3(config-if-range)#
```

## **t) Configurar la VLAN de Administración en todos los Switches**

### Switch de Distribución

```
sw_distribution(config)#int vlan 190
sw_distribution(config-if)#ip address 172.16.2.97 255.255.255.240
sw_distribution(config-if)#no ip route-cache
sw_distribution(config-if)#
```

### Switch de Acceso # 1

```
sw_access_#1(config)#int vlan 190
sw_access_#1(config-if)#ip address 172.16.2.98 255.255.255.240
sw_access_#1(config-if)#no ip route-cache
sw_access_#1(config-if)#
```

### Switch de Acceso # 2

```
sw_access_#2(config)#int vlan 190
sw_access_#2(config-if)#ip address 172.16.2.99 255.255.255.240
sw_access_#2(config-if)#no ip route-cache
sw_access_#2(config-if)#
```

### Switch de Acceso # 3

```
sw_access_#3(config)#int vlan 190
sw_access_#3(config-if)#ip address 172.16.2.100 255.255.255.240
sw_access_#3(config-if)#no ip route-cache
sw_access_#3(config-if)#
```

### Switch de Acceso # 4

```
sw_access_#4(config)#int vlan 190
sw_access_#4(config-if)#ip address 172.16.2.101 255.255.255.240
sw_access_#4(config-if)#no ip route-cache
sw_access_#4(config-if)#
```

#### Switch de Acceso # 5

```
sw_access_#5(config)#int vlan 190
sw_access_#5(config-if)#ip address 172.16.2.102 255.255.255.240
sw_access_#5(config-if)#no ip route-cache
sw_access_#5(config-if)#
```

#### Switch de Acceso # 6

```
sw_access_#6(config)#int vlan 190
sw_access_#6(config-if)#ip address 172.16.2.103 255.255.255.240
sw_access_#6(config-if)#no ip route-cache
sw_access_#6(config-if)#
```

### **u) Habilitar QoS en el Switch Distribución**

```
sw_distribution(config)#
sw_distribution(config)#mls qos
sw_distribution(config)#
```

Aplicar la misma configuración para todos los switches de acceso.

### **v) Crear Listas de Acceso para los diferentes Servicios**

```
sw_distribution(config)#ip access-list extended voip //Telefonía
sw_distribution(config-ext-nacl)#permit udp any any range 16384 32767
sw_distribution(config-ext-nacl)#exit
sw_distribution(config)#ip access-list extended cctv //Sistema de Video vigilancia
sw_distribution(config-ext-nacl)#permit tcp any any range 37777 37778
sw_distribution(config-ext-nacl)#exit
sw_distribution(config)#ip access-list extended mail //Servidor de Correos
sw_distribution(config-ext-nacl)#permit tcp any host 172.16.2.84 eq 25
sw_distribution(config-ext-nacl)#exit
sw_distribution(config)#ip access-list extended internet //Navegación al Internet
sw_distribution(config-ext-nacl)#permit tcp any host 172.16.2.81 eq 80
sw_distribution(config-ext-nacl)#exit
```

```
sw_distribution(config)#ip access-list extended bases //Servidor de Bases de Datos
sw_distribution(config-ext-nacl)#permit tcp any host 172.16.2.86 eq 1433
sw_distribution(config-ext-nacl)#permit tcp any host 172.16.2.86 eq 3306
sw_distribution(config-ext-nacl)#permit tcp any host 172.16.2.86 eq 5432
sw_distribution(config-ext-nacl)#
```

```
sw_distribution#sh access-lists
Extended IP access list voip
  10 permit udp any any range 16384 32767
Extended IP access list cctv
  10 permit tcp any any range 37777 37778
Extended IP access list mail
  10 permit tcp any host 172.16.2.84 eq smtp
Extended IP access list internet
  10 permit tcp any host 172.16.2.81 eq www
Extended IP access list bases
  10 permit tcp any host 172.16.2.86 eq 1433
  20 permit tcp any host 172.16.2.86 eq 3306
  30 permit tcp any host 172.16.2.86 eq 5432
sw_distribution#
```

*Figura 73. Resultado del Comando show access-lists.*

### **w) Creación de las Clases para asignar a las ACL**

```
sw_distribution(config)#class-map match-all voip
sw_distribution(config-cmap)#match access-group name voip
sw_distribution(config-cmap)#exit
```

```
sw_distribution(config)#class-map match-all cctv
sw_distribution(config-cmap)#match access-group name cctv
sw_distribution(config-cmap)#exit
```

```
sw_distribution(config)#class-map match-all mail
sw_distribution(config-cmap)#match access-group name mail
sw_distribution(config-cmap)#exit
```

```
sw_distribution(config)#class-map match-all internet
sw_distribution(config-cmap)#match access-group name internet
sw_distribution(config-cmap)#exit
```

```
sw_distribution(config)#class-map match-all bases
sw_distribution(config-cmap)#match access-group name bases
sw_distribution(config-cmap)#exit
sw_distribution(config)#
```



```

sw_distribution#show class-map
Class Map match-any class-default (id 0)
  Match any
Class Map match-all voip (id 1)
  Match access-group name voip
Class Map match-all cctv (id 2)
  Match access-group name cctv
Class Map match-all mail (id 3)
  Match access-group name mail
Class Map match-all internet (id 4)
  Match access-group name internet
Class Map match-all bases (id 5)
  Match access-group name bases
sw_distribution#

```

*Figura 74. Resultado del Comando show class-map.*

## x) Creación de la Políticas de QoS

```

sw_distribution(config)#policy-map politicas_qos
sw_distribution(config-pmap)#class voip
sw_distribution(config-pmap-c)#set ip dscp ef
sw_distribution(config-pmap-c)#exit
sw_distribution(config-pmap)#class cctv
sw_distribution(config-pmap-c)#set ip dscp af41
sw_distribution(config-pmap-c)#exit
sw_distribution(config-pmap)#class mail
sw_distribution(config-pmap-c)#set ip dscp af31
sw_distribution(config-pmap-c)#exit
sw_distribution(config-pmap)#class internet
sw_distribution(config-pmap-c)#set ip dscp af21
sw_distribution(config-pmap-c)#exit
sw_distribution(config-pmap)#class bases
sw_distribution(config-pmap-c)#set ip dscp af21
sw_distribution(config-pmap-c)#exit
sw_distribution(config-pmap)#

```

```

sw_distribution#show policy-map politicas_qos
Policy Map politicas_qos
  Class voip
    set ip dscp ef
  Class cctv
    set ip dscp af41
  Class mail
    set ip dscp af31
  Class internet
    set ip dscp af21
  Class bases
    set ip dscp af21
sw_distribution#

```

*Figura 75. Resultado del Comando show policy-map políticas\_qos.*

**y) Aplicar las Políticas a las Interfaces del Switch de Distribución / Núcleo**

```
sw_distribution(config)#int range GigabitEthernet 1/0/1-32
sw_distribution(config-if-range)#service-policy input politicas_qos
sw_distribution(config-if-range)#exit
sw_distribution(config)#
```

**z) Configuración de SNMP en Switch de Distribución**

```
sw_distribution(config)#snmp-server community GADTulcan ro
%SNMP-5-WARMSTART: SNMP agent on host sw_distribution is undergoing a warm
start
sw_distribution(config)#snmp-server host 172.16.2.82 version 2c GADTulcan
sw_distribution(config)#snmp-server contact Departamento de IT
sw_distribution(config)#snmp-server enable traps
sw_distribution(config)#
```

Aplicar la misma configuración para todos los switches de acceso

**aa) Guardar las Configuraciones**

```
sw_distribution(config)#wr
```

## **ANEXO B. Configuración del Firewall - ASA**

A continuación se realizan las configuraciones necesarias del equipo de seguridad para asegurar la red interna.

### **a) Configuración de la Interfaz de Entrada**

```
Firewall>enable
Firewall#configure terminal
Firewall(config)#interface vlan1
Firewall(config)#nameif inside
Firewall(config)#security-level 100
Firewall(config)#ip address 172.16.2.81 255.255.255.240
```

### **b) Configuración de la Interfaz de Salida**

```
Firewall>enable
Firewall#configure terminal
Firewall(config)#interface vlan2
Firewall(config)#nameif outside
Firewall(config)#security-level 0
Firewall(config)#ip address 190.152.220.198 255.255.255.248
```

### **c) Configuración de la Interfaz para la DMZ**

```
Firewall>enable
Firewall#configure terminal
Firewall(config)#interface vlan3
Firewall(config)#nameif dmz
Firewall(config)#security-level 50
Firewall(config)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.248
```

### **d) Asociar la Interfaz Inside con la Interfaz Eth0/0**

```
Firewall(config)#interface Ethernet0/0
Firewall(config-if)#switchport access vlan 2
```

### **e) Crear Ruta de Salida**

```
Firewall(config)#route outside 0.0.0.0 0.0.0.0 190.152.220.198 1
```

## **f) Acceso vía Web**

```
Firewall(config)#http server enable
Firewall(config)#http 190.152.220.198 255.255.255.255 outside
Firewall(config)#http 192.168.1.0 255.255.255.248 inside
```

## **g) Creación de los Objetos**

```
Firewall(config)#object network proxy-mail
Firewall(config-network-object)#host 192.168.1.2
```

```
Firewall(config)#object network proxy-mail-pop
Firewall(config-network-object)#host 192.168.1.2
```

```
Firewall(config)#object network web-server
Firewall(config-network-object)#host 192.168.1.3
```

```
Firewall(config)#object network web-server-https
Firewall(config-network-object)#host 192.168.1.3
```

```
Firewall(config)#object network dns-secundario
Firewall(config-network-object)#host 192.168.1.4
```

## **h) Salida a Internet de los segmentos de la red Interna y DMZ**

```
Firewall(config)#object network segment-dmz
Firewall(config-network-object)#subnet 192.168.1.0 255.255.255.0
Firewall(config-network-object)#nat (dmz,outside) dynamic interface
```

```
Firewall(config)#object network segment-inside
Firewall(config-network-object)#subnet 172.16.0.0 255.255.0.0
Firewall(config-network-object)#nat (inside,outside) dynamic interface
```

## **i) Configuración NAT**

```
Firewall(config)#nat (dmz,outside) static web-server service tcp 80 80
Firewall(config)#nat (dmz,outside) static web-server-https service tcp 443 443
Firewall(config)#nat (dmz,outside) static proxy-mail service tcp 25 25
Firewall(config)#nat (dmz,outside) static proxy-mail-pop service tcp 110 110
Firewall(config)#nat (dmz,outside) static dns-secundario service tcp 53 53
```

### **j) ACL para acceder al servidor Web**

```
Firewall(config)#access-list access_web1 extended permit tcp any object web-server eq www
```

```
Firewall(config)#access-list access_web1 extended permit tcp any object web-server-https eq 443
```

```
Firewall(config)#access-list access_web1 extended deny ip any any
```

```
Firewall(config)#access-group access_web1 in interface outside
```

```
Firewall(config)#access-list access_web2 extended permit tcp any object web-server eq www
```

```
Firewall(config)#access-list access_web2 extended permit tcp any object web-server-https eq 443
```

```
Firewall(config)#access-list access_web2 extended deny ip any any
```

```
Firewall(config)#access-group access_web2 in interface inside
```

### **k) ACL para acceder al servidor DNS**

```
Firewall(config)#access-list access_dns1 extended permit udp any object dns-secundario eq domain
```

```
Firewall(config)#access-list access_dns1 extended deny ip any any
```

```
Firewall(config)#access-group access_dns1 in interface outside
```

```
Firewall(config)#access-list access_dns2 extended permit udp any object dns-secundario eq domain
```

```
Firewall(config)#access-list access_dns2 extended deny ip any any
```

```
Firewall(config)#access-group access_dns2 in interface inside
```

### **l) ACL para acceder al servidor Mail**

```
Firewall(config)#access-list access_mail1 extended permit tcp any object proxy-mail eq smtp
```

```
Firewall(config)#access-list access_mail1 extended permit tcp any object proxy-mail-pop eq 110
```

```
Firewall(config)#access-list access_mail1 extended deny ip any any
```

```
Firewall(config)#access-group access_mail1 in interface outside
```

```
Firewall(config)#access-list access_mail2 extended permit tcp any object proxy-mail eq smtp
```

```
Firewall(config)#access-list access_mail2 extended permit tcp any object proxy-mail-pop eq 110
```

```
Firewall(config)#access-list access_mail2 extended deny ip any any
```

```
Firewall(config)#access-group access_mail2 in interface inside
```

## ANEXO C. Configuración de Telefonía IP

### CISCO UNIFIED CALL MANAGER – CENTRAL IP

A continuación se realizan las configuraciones necesarias para la central telefónica IP, Cisco Unified Call Manager (CUCM).

#### a) Crear la Región

Crear en el CUCM la región para el manejo de los códec de audio y ancho de banda.

| Region     | Max Audio Bit Rate     | Max Video Call Bit Rate (Includes Audio) | Link Loss Type     |
|------------|------------------------|--|--------------------|
| GAD Tulcan | 64 kbps (G.722, G.711) | Use System Default                       | Use System Default |

Figura 76. Creación de la Región.

#### b) Configuración de Supervivencia SRST

Este modo de SRST permite tener características básicas de telefonía en caso de que el CUCM deje de funcionar.

SRST Reference Configuration

Save

Status  
Status: Ready

SRST Reference Status  
SRST Reference: New

SRST Reference Information

Name\* SRST\_GADTulcan

Port\* 2000

IP Address\* 172.16.1.2

SIP Network/IP Address 172.16.1.2

SIP Port\* 5060

SRST Certificate Provider Port\* 2445

Is SRST Secure?

Save

Figura 77. Creación de SRST.

Para que el modo de supervivencia SRST entre en funcionamiento es necesario agregar las siguientes líneas de código al Gateway de voz.

```
ccm-manager fallback-mgcp
application
global
service alternate Default
```

### c) Media Resource Configuration

Para la gestión de llamadas que se registran a través del Gateway de voz y los recursos de transcoding, conferencia de voz y video, es necesario configurar Media Resource Group (MRG) y Media Resource Group List (MRGL) para asociar los diferentes recursos a los clientes.

**Media Resource Group (MRG):** MRG contiene los recursos de Hardware y recursos nativos del CUCM.

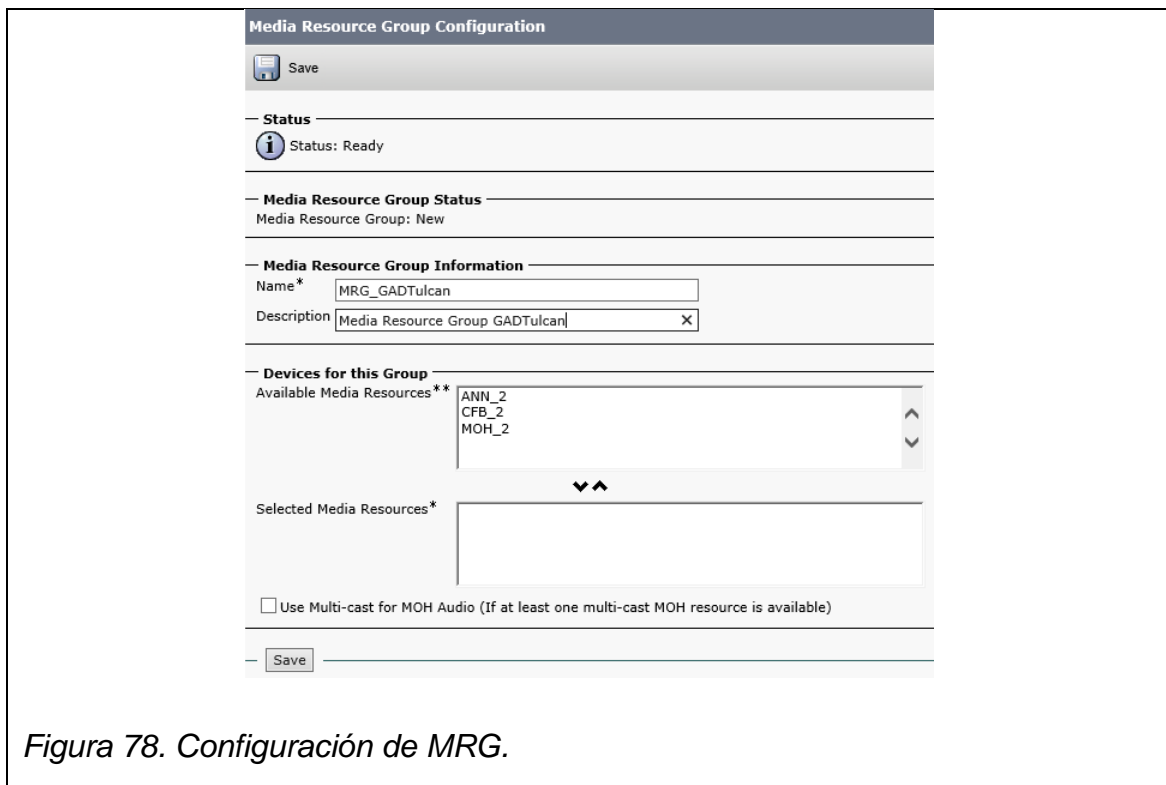


Figura 78. Configuración de MRG.

**Media Resource Group List (MRGL):** En el MRGL se asociado el correspondiente MRG.

**Media Resource Group List Configuration**

Save

**Status**  
Status: Ready

**Media Resource Group List Status**  
Media Resource Group List: New

**Media Resource Group List Information**  
Name\* MRGL\_GADTulcan

**Media Resource Groups for this List**

Available Media Resource Groups: MRG\_GADTulcan

Selected Media Resource Groups:

Save

Figura 79. Configuración de MRGL.

#### d) Configuración de Device Pool

Para la asignación de los Media Resources, SRST, Regiones, se ha configurado Device Pool para asignar estos recursos a los dispositivos de audio.



**Device Pool Configuration**

Save

**Device Pool Information**  
Device Pool: New

**Device Pool Settings**

|   |              |
|---|--------------|
| Device Pool Name*                           | DP_GADTulcan |
| Cisco Unified Communications Manager Group* | Default      |
| Calling Search Space for Auto-registration  | < None >     |
| Adjunct CSS                                 | < None >     |
| Reverted Call Focus Priority                | Default      |
| Local Route Group                           | < None >     |
| Intercompany Media Services Enrolled Group  | < None >     |

**Roaming Sensitive Settings**

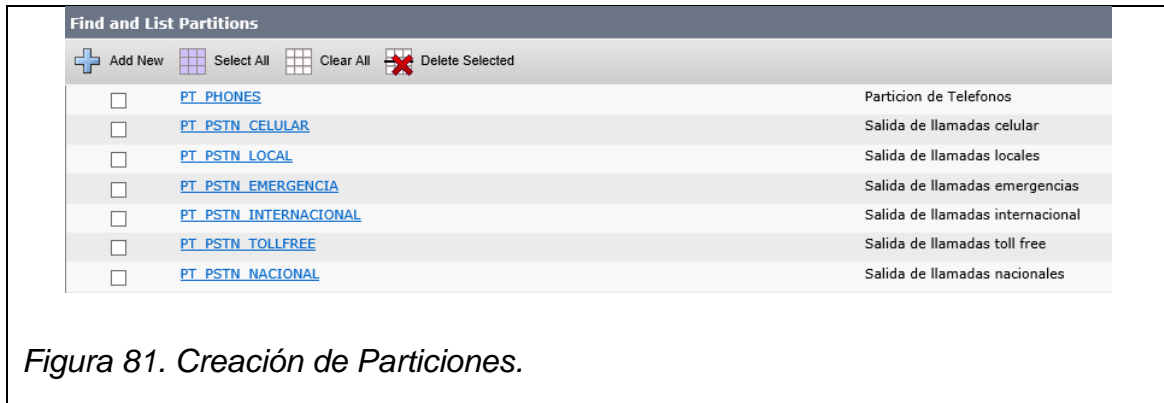
|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| Date/Time Group*               | CMLocal        |
| Region*                        | GAD Tulcan     |
| Media Resource Group List      | MRGL_GADTulcan |
| Location                       | < None >       |
| Network Locale                 | < None >       |
| SRST Reference*                | SRST_GADTulcan |
| Connection Monitor Duration*** |                |
| Single Button Barge*           | Default        |
| Join Across Lines*             | Default        |
| Physical Location              | < None >       |
| Device Mobility Group          | < None >       |

*Figura 80. Configuración de Device Pool.*

### e) Configuración de Call Routing

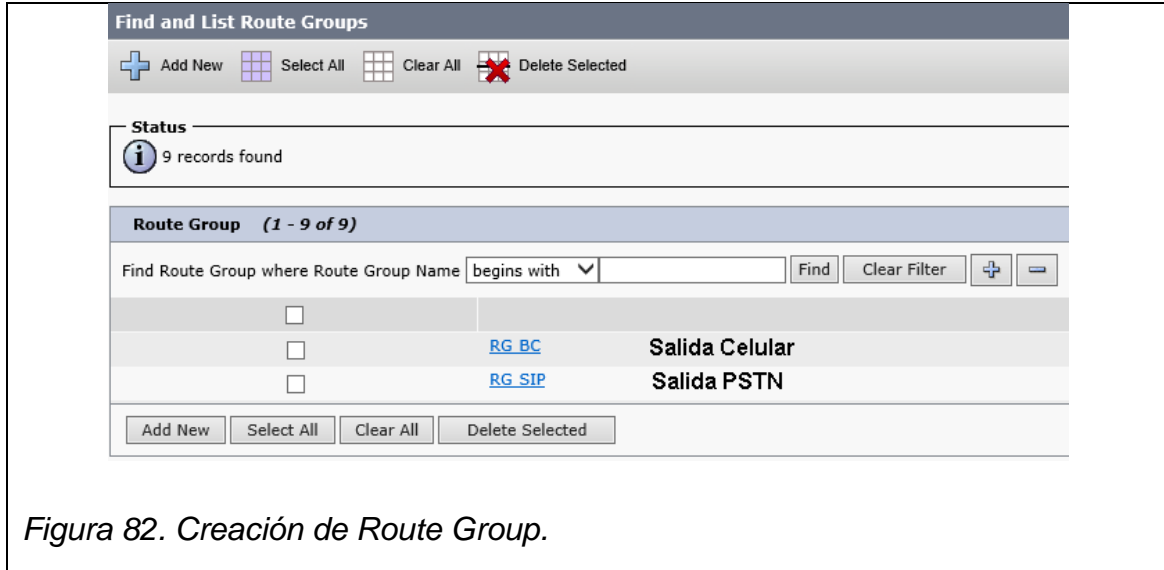
Para el manejo, control, enrutamiento y restricción de las llamadas se ha usado el concepto “Llaves/Candado” utilizando la terminología del CUCM “Calling Search Space (CSS)/Partition”.

**Particiones:** Las particiones a crearse son para las llamadas de emergencia, locales, nacionales, celulares e internacionales.

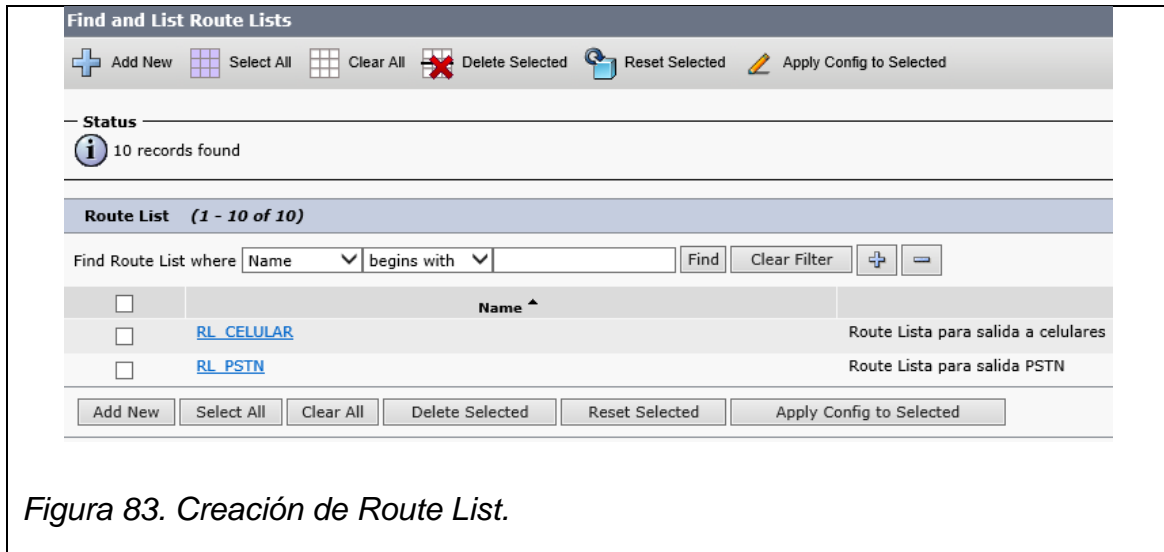


Para el enrutamiento de todas las llamadas y de los recursos, se deben crear las siguientes rutas.

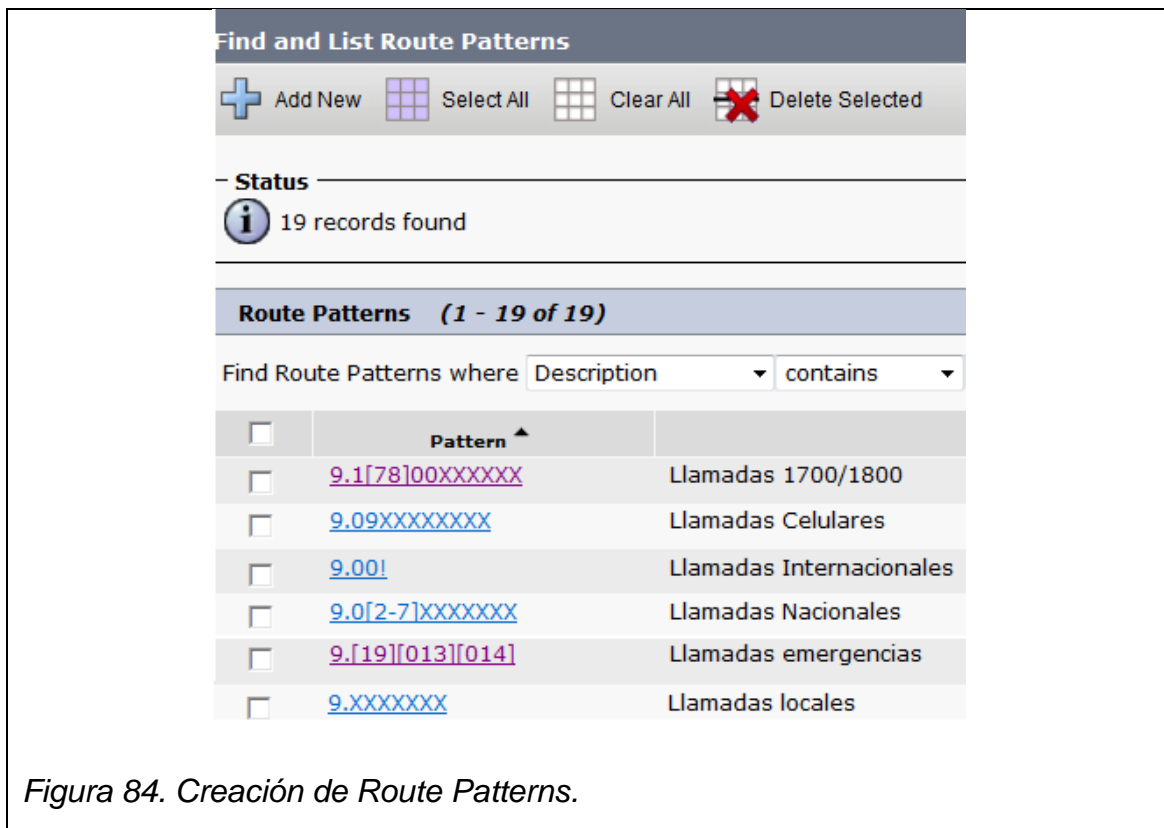
**Route Groups (RG):** Estas rutas se crean para el enrutamiento de llamadas. Se crean dos RG uno para la salida a la PSTN utilizando el E1 (2 Mbps) y las líneas analógicas y otro RG para salidas Celulares, para esto se usa como medio las 2 bases celulares.



**Route List (RL):** En el RL es donde se asocian los RG creados para ser utilizados en el enrutamiento de los diferentes tipos de llamadas.

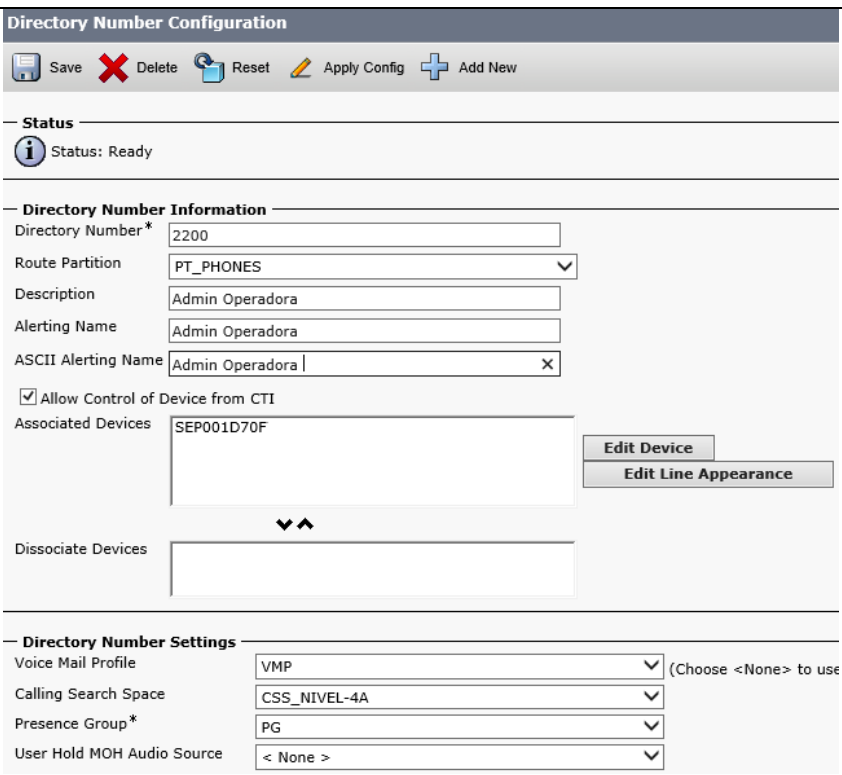


**Route Patterns:** Son las rutas o patrones de marcado que definen los diferentes tipos de llamadas.



## f) Configuración de los Teléfonos IP

Para la configuración de los teléfonos es necesario completar la información como el número de extensión, el nombre del usuario y el nivel de permiso de las llamadas.



The screenshot displays the 'Directory Number Configuration' page. At the top, there is a toolbar with icons for Save, Delete, Reset, Apply Config, and Add New. Below this is a 'Status' section showing 'Status: Ready'. The main configuration area is divided into two sections: 'Directory Number Information' and 'Directory Number Settings'. In the 'Directory Number Information' section, fields include Directory Number\* (2200), Route Partition (PT\_PHONES), Description (Admin Operadora), Alerting Name (Admin Operadora), and ASCII Alerting Name (Admin Operadora |). There is a checkbox for 'Allow Control of Device from CTI' which is checked, and an 'Associated Devices' list containing 'SEP001D70F'. Below this are 'Edit Device' and 'Edit Line Appearance' buttons. The 'Dissociate Devices' field is empty. The 'Directory Number Settings' section includes dropdown menus for Voice Mail Profile (VMP), Calling Search Space (CSS\_NIVEL-4A), Presence Group\* (PG), and User Hold MOH Audio Source (< None >).

Figura 85. Configuración de la Extensión del Teléfono IP.

## g) Creación de un Usuario

Para la creación de los usuarios es necesario completar la información solicitada como asignar una clave, un PIN y los datos del usuario.

Estos usuarios son los que se van a importar desde el Cisco Unity Express – Buzón de Voz.

The screenshot displays the 'End User Configuration' window. At the top, there is a 'Save' button. Below it, the 'Status' section shows 'Status: Ready' with an information icon. The 'User Information' section contains the following fields:

|                            |                |
|----------------------------|----------------|
| User ID*                   | operadora      |
| Password                   | ••••••         |
| Confirm Password           | ••••••         |
| PIN                        | ••••••         |
| Confirm PIN                | ••••••         |
| Last name*                 | Operadora      |
| Middle name                |                |
| First name                 | Operadora      |
| Telephone Number           | 2200           |
| Mail ID                    |                |
| Manager User ID            |                |
| Department                 | Administrativo |
| User Locale                | < None >       |
| Associated PC              |                |
| Digest Credentials         |                |
| Confirm Digest Credentials |                |

*Figura 86. Creación de Usuarios.*

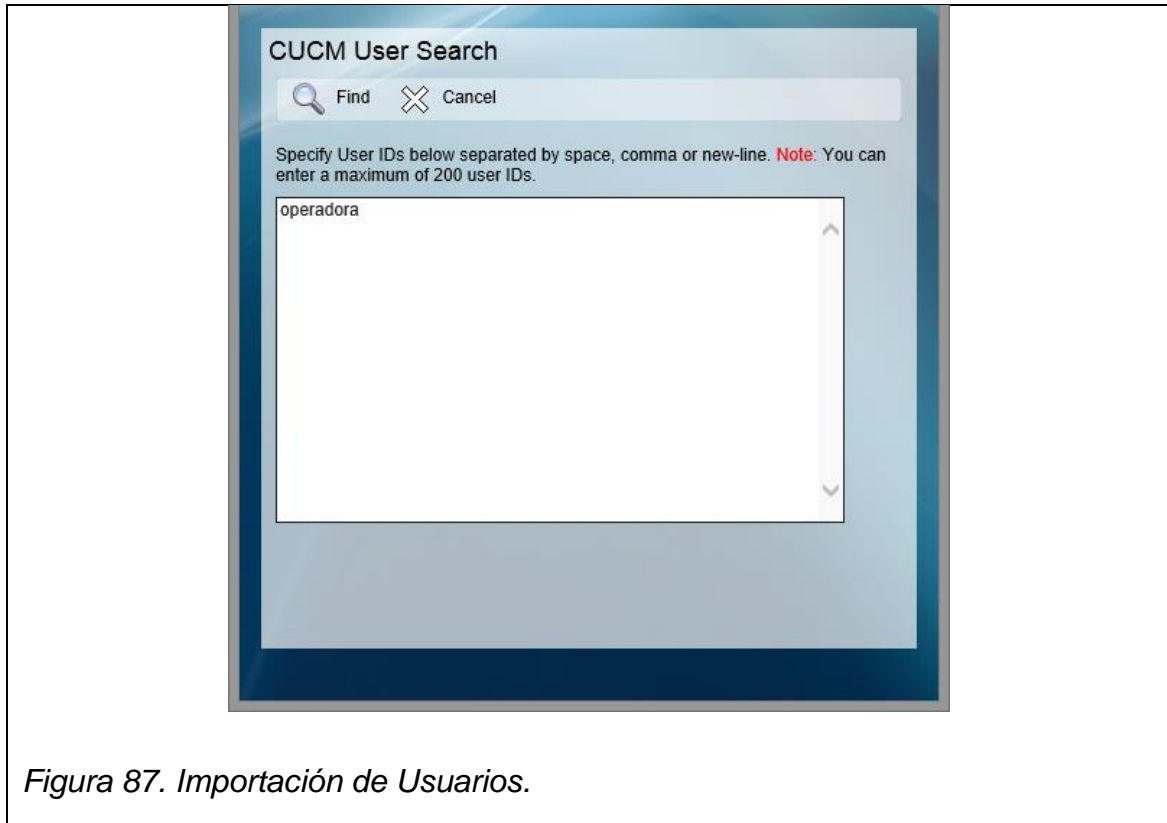
## CISCO UNITY EXPRESS – BUZÓN DE VOZ

A continuación se realizan las configuraciones necesarias para el buzón de VOZ.

### a) Buzones de Voz y Auto Attendant

En una plataforma de Unified Communications (UC) es importante tener mensajes de Bienvenida conocidos como Auto Attendant, para la interacción de los usuarios externos en las llamadas entrantes que no pueden ser atendidas. Poseer un buzón de voz para la recepción de mensajes amplía la funcionalidad de la plataforma de VoIP.

Los usuarios creados en el CUCM son importados al Cisco Unity Express, mediante la opción de importar usuarios.



*Figura 87. Importación de Usuarios.*

## **GATEWAY DE VOZ**

A continuación se realizan las configuraciones necesarias para el Gateway de VOZ.

### **a) Habilitar la Funcionalidad Básica**

Esta opción termina una llamada VoIP entrante y vuelve a iniciarla mediante el uso de un dial-peer de VoIP saliente. Las llamadas pueden ser H.323 a SIP o SIP a SIP.

```
voice service voip
address-hiding
allow-connections h323 to h323
allow-connections h323 to sip
allow-connections sip to h323
```

allow-connections sip to sip

## **b) Configuración de los Dial-Peers**

```
dial-peer voice 10 voip
description Conexión a CUCM
preference 1
destination-pattern 2...$
rtp payload-type cisco-codec-fax-ack 98
rtp payload-type nte 97
session protocol sipv2
session target ipv4:172.16.1.1
incoming called-number 9.T
voice-class codec 100 offer-all
voice-class sip dtmf-relay force rtp-nte
dtmf-relay rtp-nte
no vad
```

```
dial-peer voice 150 voip
description Conexión a PSTN-CNT
translation-profile incoming callback-sip
translation-profile outgoing pre-sip-CNT
destination-pattern 9T
session protocol sipv2
session target ipv4:x.x.x.x (por definir)
incoming called-number xxxxxx.. (por definir)
voice-class codec 100 offer-all
voice-class sip dtmf-relay force rtp-nte
voice-class sip early-offer forced
dtmf-relay rtp-nte
no vad
```

```
dial-peer voice 20 voip
description Local CUE-AA-VoiceMail
preference 2
destination-pattern 28..
session protocol sipv2
session target ipv4:172.16.1.3
dtmf-relay sip-notify
codec g711ulaw
no vad
```

```
dial-peer voice 152 pots
trunkgroup TRK-2xFXO
description Llamadas Internacionales
destination-pattern 900T
translate-outgoing called 900
forward-digits all
```

```
dial-peer voice 25 voip
description Llamadas a Celulares
translation-profile incoming callback-sip
translation-profile outgoing pre-sip-CNT
destination-pattern 909.....
session protocol sipv2
session target ipv4: x.x.x.x (por definir)
voice-class codec 100
voice-class sip dtmf-relay force rtp-nte
no voice-class sip early-offer forced
dtmf-relay rtp-nte
no vad
```

### **c) Configuración de Interfaces**

```
interface GigabitEthernet0/0
description Interfaz de Administración
ip address 172.16.1.2 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
```

```
interface ISM0/0
description Conexión al Cisco Unity Express
ip unnumbered GigabitEthernet0/0
service-module ip address 172.16.1.3 255.255.255.0
!Application: CUE Running on ISM
service-module ip default-gateway 172.16.1.2
```

```
interface GigabitEthernet0/1
description Conexión a la PSTN-CNT
ip address x.x.x.x x.x.x.x (por definir)
duplex auto
speed auto
```

### **d) Prioridad de Codecs**

```
voice class codec 100
codec preference 1 g711ulaw
codec preference 2 g711alaw
codec preference 3 g729br8
codec preference 4 g729r8
```

### **e) Supervivencia SRST**

```
voice register pool 1
translation-profile incoming srst-pre-sip-CNT
id network 172.16.0.0 mask 255.255.0.0
```



```
proxy 172.16.1.2
dtmf-relay rtp-nte
codec g711ulaw
```

## **f) Transcodificación**

```
sccp ccm group 1
associate ccm 1 priority 1
associate profile 1 register TRANS
associate profile 2 register CONF
associate profile 3 register MTP
connect interval 1200
```

```
dspfarm profile 1 transcode
codec g711ulaw
codec g711alaw
codec g729ar8
codec g729abr8
codec g729br8
codec g729r8
maximum sessions 40
associate application SCCP
```

```
dspfarm profile 2 conference
codec g711ulaw
codec g711alaw
codec g729ar8
codec g729abr8
codec g729r8
codec g729br8
maximum sessions 4
associate application SCCP
```

```
dspfarm profile 3 mtp
codec g711ulaw
codec pass-through
maximum sessions software 100
associate application SCCP
```

## **g) Creación de Rutas**

```
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.1.1
ip route 172.16.1.1 255.255.255.255 ISM0/0
```

## ANEXO D. Cotización Equipos de Comunicaciones

- Marca: Cisco

Empresa: TELCOMBAS

|              |                       |
|--------------|-----------------------|
| OFERTA PARA: | Patricio Arevalo      |
| ATENCION:    | Patricio Arevalo      |
| FECHA:       | 19 de Marzo de 2016   |
| ASUNTO:      | Cotización de Equipos |



| Condiciones de Comercialización |   |
|---------------------------------|---|
| Precios:                        | Precios descritos en Dólares, no contienen I.V.A. |
| Forma de Pago:                  | 70% anticipo y 30% contra entrega                 |
| Plazo de Entrega:               | 30 días después de entrega de anticipo            |
| Validez de la Oferta:           | 30 días   |

| Equipos                     |  |     |              |                    |
|-----------------------------|--|-----|--------------|--------------------|
| NRO PARTE                   | DESCRIPCION  | QTY | V. UNITARIO  | V. TOTAL           |
| Switch de 24 puertos capa 2 | Catalyst 2960-X 24 GigE, 4 x 1G SFP, LAN Base                | 1   | \$2.430,93   | \$2.430,93         |
| Garantía Cisco              | Formato 8x5xNBD por 1 año                                    | 1   | \$235,62     | \$235,62           |
| Switch de 48 puertos capa 2 | Catalyst 2960-X 48 GigE, 4 x 1G SFP, LAN Base                | 5   | \$4.257,93   | \$21.289,63        |
| Garantía Cisco              | Formato 8x5xNBD por 1 año                                    | 5   | \$431,97     | \$2.159,85         |
| Switch de 48 puertos capa 3 | Cisco Catalyst 3650 48 Port Data 4x1G Uplink IP Base         | 1   | \$8.018,50   | \$8.018,50         |
| Garantía Cisco              | Formato 8x5xNBD por 1 año                                    | 1   | \$814,85     | \$814,85           |
| Access Point                | 802.11ac CAP; 3x3:2SS; Int Ant; A Reg Domain                 | 10  | \$705,43     | \$7.054,25         |
| Garantía Cisco              | Formato 8x5xNBD por 1 año                                    | 10  | \$45,82      | \$458,15           |
| Central Telefonica          | Cisco Business Edition 6000M Svr (M4), Export Restricted SW  | 1   | \$9.541,00   | \$9.541,00         |
| Garantía Cisco              | Formato 8x5xNBD por 1 año                                    | 1   | \$515,43     | \$515,43           |
| Gateway de Voz              | Cisco 2901 Voice Bundle, PVD3-16, UC License PAK, FL-CUBE10  | 1   | \$2.938,43   | \$2.938,43         |
| Garantía Cisco              | Formato 8x5xNBD por 1 año                                    | 1   | \$513,78     | \$513,78           |
| Licenciamiento Telefonía    | Cisco Business Edition 6000-Electronic SW Delivery-Top Level | 1   | \$0,00       | \$0,00             |
|                             | BE 6000 - UCL Starter Bundle with 35 Enh and 35 VM Licenses  | 1   | \$507,50     | \$507,50           |
|                             | Cisco Business Edition 6000 - Enhanced User Connect License  | 15  | \$213,15     | \$3.197,25         |
|                             | BE6000 Unity Connection 11x Basic Voicemail License          | 35  | \$0,00       | \$0,00             |
|                             | SWSS UPGRADES BE6K - Unity Connect                           | 35  | \$12,32      | \$431,20           |
|                             | BE6K UCM 11X Enhanced User Connect Lic - Single Fulfillment  | 50  | \$0,00       | \$0,00             |
|                             | SWSS UPGRADES BE6K UCM 10X Enhance                           | 50  | \$32,85      | \$1.642,38         |
|                             | Cisco Business Edition 6000 - Essential User Connect License | 10  | \$40,60      | \$406,00           |
| Telefono IP                 | Cisco Unified SIP Phone 3905, Charcoal, Standard Handset     | 10  | \$100,49     | \$1.004,85         |
| Garantía Cisco              | Formato 8x5xNBD por 1 año                                    | 10  | \$18,36      | \$183,63           |
| Firewall ASA                | ASA 5515-X with FirePOWER Services, 6GE, AC, 3DES/AES, SSD   | 1   | \$5.374,43   | \$5.374,43         |
| Garantía Cisco              | Formato 8x5xNBD por 1 año                                    | 1   | \$1.097,93   | \$1.097,93         |
|                             |  |     | <b>TOTAL</b> | <b>\$69.795,57</b> |

Observaciones.- No se incluye instalación ni configuración de los equipos

- **Marca: Hewlett Packard HP**

**Empresa: Ibros**

**I B R O S**

**COTIZACION**

|                           |                                      |
|---------------------------|--------------------------------------|
| <b>ATENCION:</b>          | Patricio Arévalo                     |
| <b>FECHA:</b>             | 21 de Marzo del 2016                 |
| <b>CIUDAD:</b>            | Quito                                |
| <b>PRECIOS:</b>           | Los precios NO incluyen IVA          |
| <b>FORMA DE PAGO:</b>     | 70% de Anticipo y 30% contra entrega |
| <b>VALIDEZ DE OFERTA:</b> | 30 días                              |



| Equipo             | Código | Puertos | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total       |
|--------------------|--------|---------|----------|-----------------|--------------------|
| Switch HP 1910 24  | JG920A | 24      | 1        | \$984.99        | \$984.99           |
| Switch HP 1620 48  | JG914A | 48      | 5        | \$1,229.99      | \$6,149.95         |
| Switch HP 1950 48  | JG927A | 48      | 1        | \$2,500.00      | \$2,500.00         |
| Access Point Aruba | JL184A | -       | 10       | \$695.00        | \$6,950.00         |
|                    |        |         |          | <b>Total</b>    | <b>\$16,584.94</b> |

**NOTA:**

\* El precio puede variar sin previo aviso, por aplicación de reformas arancelarias aplicadas a productos tecnológicos decretados por el Gobierno.

\* No se incluye instalación ni configuración de equipos

## ANEXO E. Ficha de Mantenimiento de Equipos

A continuación se propone la ficha para la realización del mantenimiento preventivo o correctivo de equipos.

| INFORMACIÓN DEL EQUIPO   | Fecha: dd/MM/aaaa                       |
|--|---|
| Fecha del Mantenimiento: dd/MM/aaaa  | # de Mantenimiento <input type="text"/> |
| Responsable: <input type="text"/>  |   |
| Nombre de Equipo: <input type="text"/>   |   |
| Dirección IP: <input type="text"/>   |   |
| Dirección MAC: <input type="text"/>  |   |
| Marca: <input type="text"/>  |   |
| Modelo: <input type="text"/>   |   |
| Prioridad: <input type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> Baja |   |
| Observaciones: <input type="text"/>  |   |
| Inicio del Mantenimiento: hh-mm-ss   | Fin del Mantenimiento: hh-mm-ss         |
| <hr/> Firma del Responsable  | <hr/> Firma del Jefe de Sistemas        |

Figura 88. Ficha de Mantenimiento de Equipos.

## ANEXO F. Bitácora de Respaldos

A continuación se propone la ficha para la realización de respaldos de los servidores.

### Bitácora de Respaldos

**Nombre del Servidor:** \_\_\_\_\_

**Tipo de Respaldo:** Diario  Semanal  Mensual  Anual

| Inicio del Respaldo<br>(dd/mm/aaaa) | Fin del Respaldo<br>(dd/mm/aaaa) | Nombre del Archivo | Tamaño | Observaciones |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------|---------------|
|                                     |                                  |                    |        |               |
|                                     |                                  |                    |        |               |
|                                     |                                  |                    |        |               |
|                                     |                                  |                    |        |               |
|                                     |                                  |                    |        |               |
|                                     |                                  |                    |        |               |
|                                     |                                  |                    |        |               |
|                                     |                                  |                    |        |               |
|                                     |                                  |                    |        |               |
|                                     |                                  |                    |        |               |
|                                     |                                  |                    |        |               |
|                                     |                                  |                    |        |               |
|                                     |                                  |                    |        |               |
|                                     |                                  |                    |        |               |
|                                     |                                  |                    |        |               |

\_\_\_\_\_  
Nombre Elaboró

\_\_\_\_\_  
Nombre Recibió

Figura 89. Bitácora de Respaldos.



## ANEXO H. Cobertura y Ubicación de las Cámaras IP

A continuación se muestra la ubicación física de cada una de las cámaras IP.

- **Planta Baja**

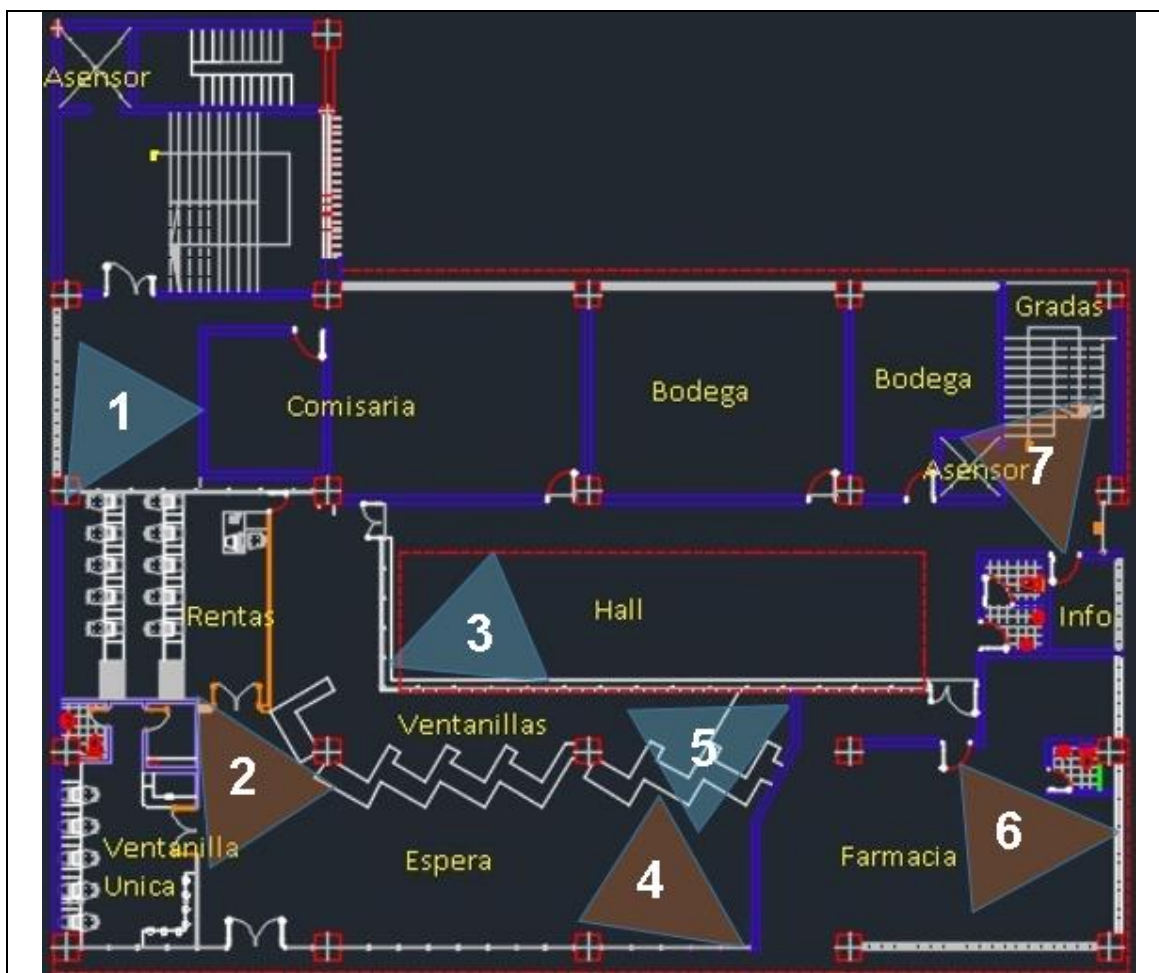


Figura 91. Cobertura de Cámaras - Planta Baja.

- Primer Piso

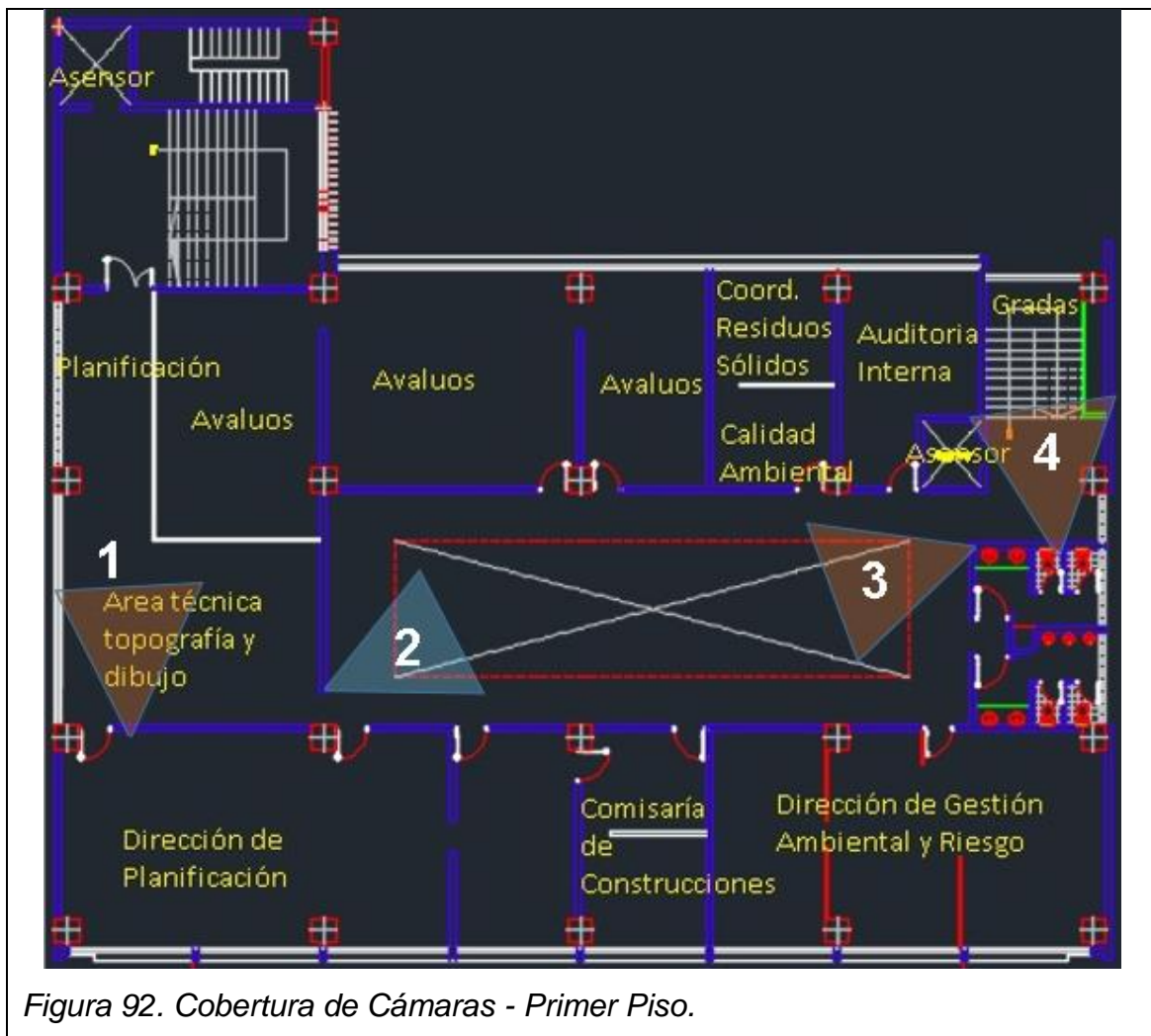


Figura 92. Cobertura de Cámaras - Primer Piso.



- Segundo Piso

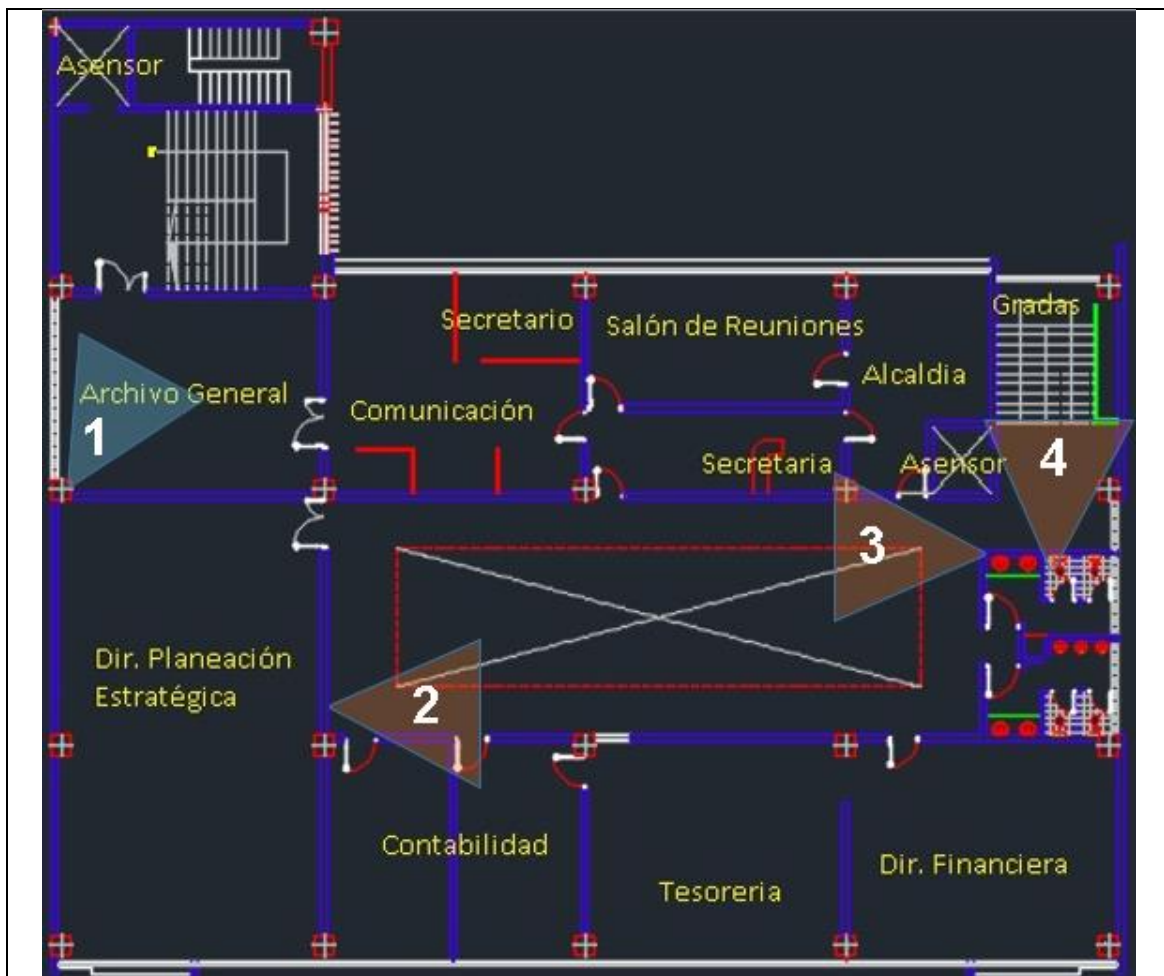


Figura 93. Cobertura de Cámaras - Segundo Piso.

- Tercer Piso

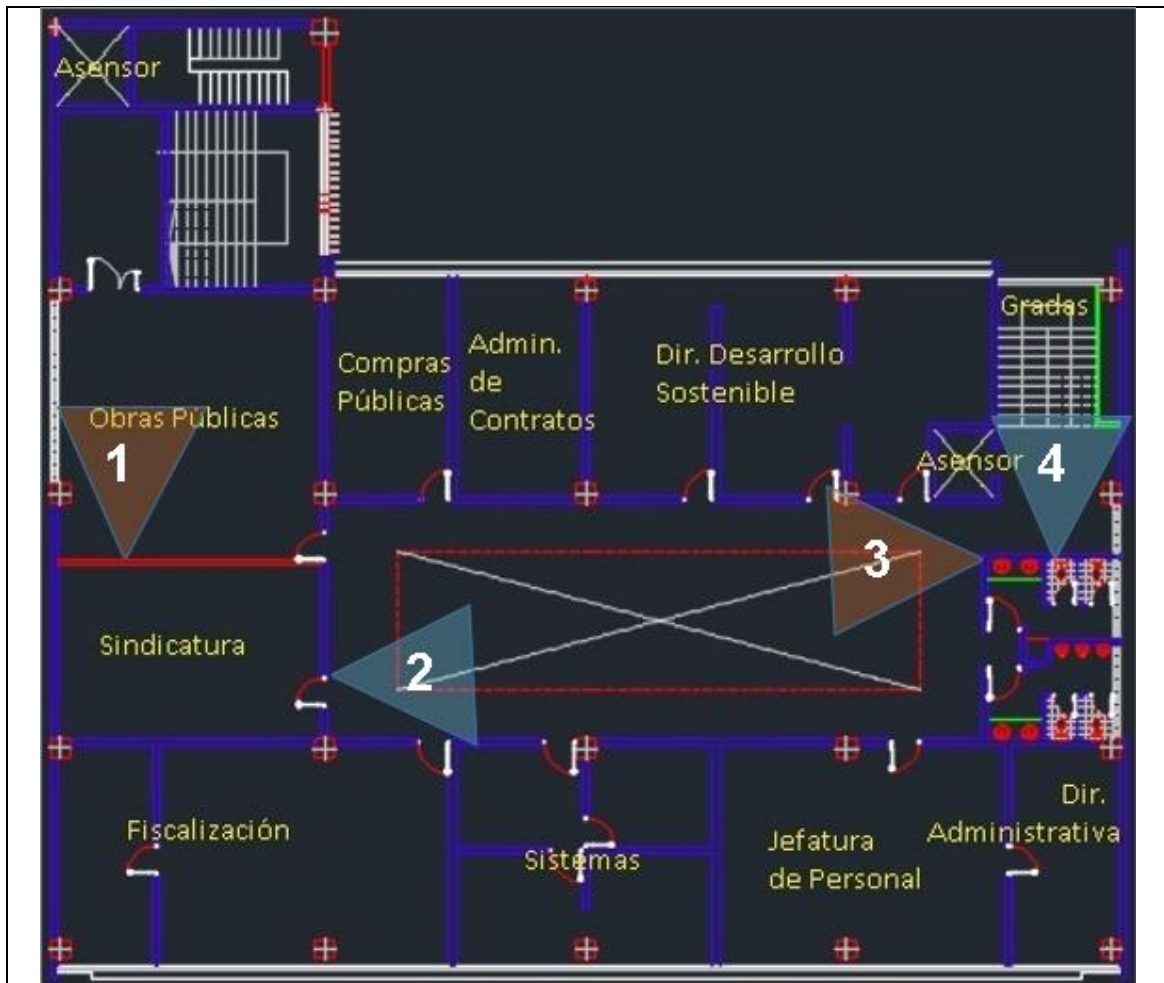


Figura 94. Cobertura de Cámaras - Tercer Piso.

- Cuarto Piso

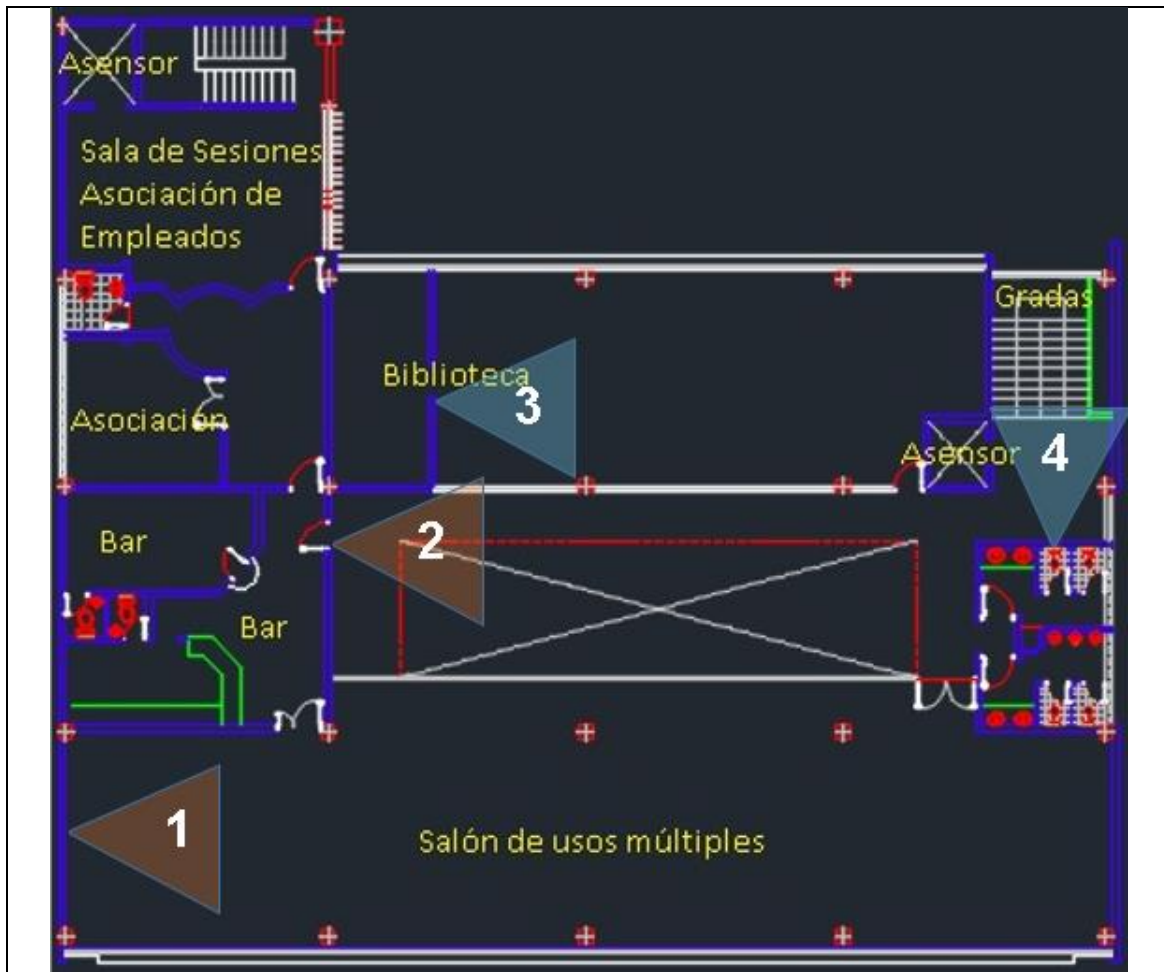


Figura 95. Cobertura de Cámaras - Cuarto Piso.

## **ANEXO I. Definiciones y Nomenclaturas**

**LAN.-** Son redes que vinculan computadoras o dispositivos que se encuentran en un espacio físico pequeño, como una oficina o un edificio. La interconexión se realiza por medio de un cable o de ondas de radio.

**UTP.-** Son cables de pares trenzados sin blindar, se usan en diferentes tipos de tecnologías de redes LAN. Son de bajo costo y de fácil uso.

**ACL.-** El principal objetivo es filtrar tráfico, permitiendo o rechazando el tráfico de red, además permite controlar el flujo del tráfico en equipos como enrutadores.

**VLAN.-** Son redes lógicas que permiten reducir el tamaño del dominio de difusión, dividiendo segmentos lógicos de una red LAN.

**FDDI.-** Se emplea como backbone usando comunicación tipo dúplex y se basa en la arquitectura Token Ring.

**QoS.-** La calidad de servicio es el rendimiento promedio de una red, mide la calidad de los servicios como tasas de errores, ancho de banda, rendimiento, retraso en la transmisión, disponibilidad, jitter, etc.

**ISP.-** El ISP permite conectar a los usuarios finales a Internet mediante tecnologías como cable módem, DSL, etc.

**RTP.-** Es un protocolo confiable usado para la transmisión de voz y video a través de Internet.

**RTCP.-** Es un protocolo usado para enviar datos de control entre el emisor y receptor, los paquetes RTCP contienen información que ayudan a validar las condiciones en la transmisión del extremo remoto.

**SIP.-** Es un protocolo de señalización usado para la iniciación, modificación y finalización de sesiones de voz sobre IP.

**UDP.-** Es un protocolo de capa 4 del modelo OSI (capa de transporte), se basa en el intercambio de datagramas. Este protocolo permite el envío sin que se haya establecido previamente una conexión, tampoco tiene confirmación ni control de flujo.

**TCP.-** Este protocolo garantiza que los datos sean entregados a su destino de forma confiable, sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron.

**H.323.-** Es utilizado para voz y videoconferencia basadas en IP. H.323 no garantiza QoS, y en el transporte de voz o vídeo nunca es fiable. Además permite usar más de un canal de voz, vídeo o datos al mismo tiempo.

**IP.-** Funciona en la capa de red del modelo OSI, su función principal es transmitir datos mediante el protocolo no orientado a la conexión.

**RSVP.-** Es un protocolo diseñado para reservar recursos de red. RSVP define cómo debe hacerse las reservas cada una de las aplicaciones y cómo liberar los recursos reservados una vez que han finalizado.

**VoIP.-** Son recursos que permiten que la señal de voz viaje a través de Internet en forma digital en lugar de enviarla en forma analógica a través de la PSTN.

**DoS.-** Son ataques a un sistema o red que causa que un servicio o recurso sea inaccesible a los usuarios legítimos.

**TCP/IP.-** Es un conjunto de protocolos de red específicos para permitir que un equipo pueda comunicarse de extremo a extremo en una red.

**DNS.-** Es un sistema de nomenclatura jerárquica para dispositivos conectados a Internet o a una red privada. Su función más importante es traducir nombres de direcciones IP a nombres de dominio.

**FTP.-** Es un protocolo que se usa para la transferencia de archivos, basado en una arquitectura cliente-servidor.

**HTTP.-** Es un protocolo orientado a transacciones y sigue el esquema cliente servidor para las transferencias de información en la Web.

**DHCP.-** Es un servidor que usa un protocolo tipo cliente servidor, el cual posee una lista de direcciones IP para la asignación dinámica a los usuarios.

**TELNET.-** Sirve para acceder a una terminal remota en modo consola. Transmite el usuario y clave en texto plano.

**VPN.-** Es una red privada que permite una conexión segura a una red LAN sobre una red pública.

**NAT.-** Es un mecanismo utilizado por enrutadores IP para intercambiar paquetes entre redes diferentes, es decir NAT permite la traducción de direcciones IP privadas en direcciones IP públicas.

**DMZ.-** Una red desmilitarizada se usa para colocar servidores que necesitan ser accedidos desde fuera (internet), como servidores de Mail, Web y DNS. La DMZ se ubica entre la red interna y una red externa.

**IDS.-** Es un software o hardware que permite proteger a los sistemas o redes de computadoras de ataques desde una red externa.

**OSI.-** Es una normativa formada por siete capas por la que los datos deben pasar para viajar de un dispositivo a otro sobre una red de datos.

**UPS.-** Es un dispositivo que usa baterías u otros elementos almacenadores de energía, puede proporcionar energía eléctrica por un tiempo limitado.

**SDF.-** Es una estructura de distribución secundaria de señales para conectar equipo de redes y telecomunicaciones con los MDF.

**MDF.-** Es una estructura de distribución principal de señales para conectar equipo de redes y telecomunicaciones a los cables y equipos que corresponden al proveedor de servicios de telefonía, Internet, etc.

**IOS.-** Es el software utilizado en la gran mayoría de equipos de capa 2 y capa 3 de Cisco Systems.

**SQUID.-** Permite mejorar el rendimiento de las conexiones a Internet guardando en caché peticiones recurrentes a servidores web y DNS, además acelerar el acceso a un servidor web y agrega seguridad realizando filtrados de tráfico.

**IPTABLES.-** Es una herramienta que permite realizar filtrado del tráfico que circula por la red.

**PROXY.-** Un servidor proxy tiene la función de intermediario en las peticiones de recursos que realiza un cliente hacia un servidor.

**SNMP.-** Es un protocolo que funciona en la capa de aplicación y facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red.

**VLSM.-** Es una de las soluciones que se implementaron para evitar el agotamiento de direcciones IP.

**STP.-** El protocolo Spanning-Tree permite gestionar la presencia de bucles en topologías de red debido a la existencia de enlaces redundantes.

**BPDU.-** Son tramas que contienen información del protocolo Spanning tree (STP). Los switches mandan BPDUs usando una única dirección MAC de su puerto como MAC de origen y una dirección de multicast como MAC de destino.

**MAC.-** La dirección física MAC es un identificador único de 48 bits que corresponde a una tarjeta o dispositivo de red.

**VTP.-** Es un protocolo de mensajes de nivel 2 usado para configurar y administrar VLANs. Permite centralizar y simplificar la administración en un dominio de VLANs, permitiendo crear, borrar y renombrar las mismas.

**E1.-** Un E1 equivale a 2048 kilobits. Una trama E1 consiste de 30 líneas telefónicas digitales para realizar las comunicaciones en una empresa.

**SSH.-** Este protocolo utiliza técnicas de cifrado para que la información viaje de manera no legible y segura.

**STACKWISE.-** Es una pila o un conjunto de swtiches que funcionan como un sistema unificado.

**MTBF.-** (Medium Time Between Failures) es el promedio del tiempo de fallos de un sistema.