



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **“DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA ARQUITECTURA PARA LA RED DE COMUNICACIONES QUE UTILIZA EL SISTEMA SCADA, PARA OPTIMIZAR PROCESOS Y RECURSOS EN UNA EMPRESA PETROLERA”**

**BEATRIZ ELIZABETH VASCONEZ BUÑAY**

Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGISTER EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**Enero 2019**

## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

### CERTIFICACIÓN

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, denominado: “DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA ARQUITECTURA PARA LA RED DE COMUNICACIONES QUE UTILIZA EL SISTEMA SCADA, PARA OPTIMIZAR PROCESOS Y RECURSOS EN UNA EMPRESA PETROLERA.”, de responsabilidad de la Ing. Beatriz Elizabeth Vasconez Buñay ha sido minuciosamente revisado y se autoriza su presentación.

#### Tribunal:

ING. WILSON ZÚÑIGA MSC.

**PRESIDENTE**

---

ING. OSWALDO GEOVANNY MARTÍNEZ GUASHIMA MSC.

**DIRECTOR DE TESIS**

---

ING. PAUL DAVID MORENO AVILÉS PHD.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

ING. MONICA ZABALA MSC.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**Riobamba, Enero 2019**

## **DERECHOS INTELECTUALES**

Yo, Beatriz Elizabeth Vasconez Buñay, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, y el patrimonio intelectual del mismo pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

BEATRIZ ELIZABETH VASCONEZ BUÑAY

No. Cedula: 060336196-5

**©2019, Beatriz Elizabeth Vasquez Buñay.**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

## **DEDICATORIA**

A mi Madre Dolorosa porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mi Madre, quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, por ser ejemplo de arduo trabajo y tenaz lucha en la vida.

A mi hermano Pablo por ser mi motivo de superación. Por ser mi cómplice día a día compartiendo mis triunfos y fracasos.

A Jorge mi esposo, que ha sido fiel amigo y compañero, quien me ha motivado a seguir adelante, gracias por aceptarme como soy, por su amor, comprensión y apoyo para cumplir mis sueños.

A mis compañeros y amigos que me han brindado desinteresadamente su valiosa amistad y me han apoyado a diario.

Y en especial a mis viejitos por sus bendiciones y por haber creído en mí hasta el último momento.

Betty.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.

Al Ing. Oswaldo Martínez, por el soporte brindado para el desarrollo de este proyecto.

Agradecer a Jorge mi esposo por brindarme su apoyo, amor y comprensión.

Para todos ustedes: Muchas gracias y que Dios los Bendiga.

**Betty.**

## CONTENIDO

|   |              |
|---|--------------|
| <b>RESUMEN</b> .....                                      | <b>xvii</b>  |
| <b>SUMMARY</b> .....                                      | <b>xviii</b> |
| <b>INTRODUCCION</b> .....                                 | <b>1</b>     |
| <b>CAPITULO I</b>   |              |
| <b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....                | <b>2</b>     |
| 1.1 Situación Problemática.....                           | 2            |
| 1.2 Justificación de la Investigación .....               | 3            |
| 1.3 Objetivos .....                                       | 3            |
| 1.3.1 <i>Objetivo General</i> .....                       | 3            |
| 1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....                  | 4            |
| 1.4 Hipótesis.....  | 4            |
| <b>CAPÍTULO II</b>  |              |
| <b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....                             | <b>5</b>     |
| 2.1 Sistema SCADA.....                                    | 5            |
| 2.1.1 <i>Generalidades de un sistema SCADA</i> .....      | 5            |
| 2.1.2 <i>Conceptos asociados a un sistema SCADA</i> ..... | 7            |
| 2.1.3 <i>Arquitectura SCADA</i> .....                     | 8            |
| 2.1.4 <i>Jerarquía Funcional</i> .....                    | 9            |
| 2.1.5 <i>Componentes de un Sistema SCADA</i> .....        | 12           |
| 2.1.5.1 <i>Hardware</i> .....                             | 13           |
| 2.1.5.1.1 <i>Unidad terminal maestra (MTU)</i> .....      | 13           |
| 2.1.5.1.2 <i>Unidad remota de telemetría (RTU)</i> .....  | 13           |
| 2.1.5.1.3 <i>Red de comunicación</i> .....                | 14           |
| 2.1.5.1.4 <i>Instrumentación de campo</i> .....           | 14           |
| 2.2 Niveles de Comunicación.....                          | 14           |
| 2.2.1 <i>Elementos de la Comunicación</i> .....           | 15           |

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| <b>2.3</b>   | <b>Tipos de comunicación.....</b>      | <b>17</b> |
| <b>2.3.1</b> | <b>Alámbrica .....</b>                 | <b>17</b> |
| 2.3.1.1      | Par Trenzado.....                      | 18        |
| 2.3.1.2      | Cable Coaxial .....                    | 18        |
| 2.3.1.3      | Fibra Óptica.....                      | 19        |
| <b>2.3.2</b> | <b>Inalámbrica .....</b>               | <b>20</b> |
| 2.3.2.1      | Microondas .....                       | 22        |
| 2.3.2.2      | Comunicaciones por Satélite.....       | 22        |
| 2.3.2.3      | Transmisión de Radio .....             | 23        |
| 2.3.2.4      | Sistemas de Antenas .....              | 24        |
| 2.3.2.4.1    | Antenas de Radio.....                  | 25        |
| 2.3.2.4.1.1  | Antena Omnidireccional .....           | 25        |
| 2.3.2.4.1.2  | Antena Direccional .....               | 26        |
| 2.3.2.4.1.3  | Antena de Microondas .....             | 26        |
| <b>2.4</b>   | <b>Topologías de Red .....</b>         | <b>27</b> |
| <b>2.4.1</b> | <b>Topología de Buses.....</b>         | <b>28</b> |
| <b>2.4.2</b> | <b>Red Anillo .....</b>                | <b>28</b> |
| 2.4.2.1      | Ventajas topología de anillo: .....    | 29        |
| <b>2.4.3</b> | <b>Red Estrella .....</b>              | <b>29</b> |
| <b>2.4.4</b> | <b>Red Árbol.....</b>                  | <b>30</b> |
| <b>2.4.5</b> | <b>Red Malla .....</b>                 | <b>30</b> |
| <b>2.5</b>   | <b>Redes de Comunicaciones.....</b>    | <b>31</b> |
| <b>2.5.1</b> | <b>Redes LAN.....</b>                  | <b>31</b> |
| <b>2.5.2</b> | <b>Redes MAN.....</b>                  | <b>32</b> |
| <b>2.5.3</b> | <b>Redes WAN.....</b>                  | <b>33</b> |
| <b>2.5.4</b> | <b>Redes Industriales .....</b>        | <b>33</b> |
| 2.5.4.1      | Componentes de Redes Industriales..... | 33        |
| 2.5.4.1.1    | Repetidor.....                         | 33        |
| 2.5.4.1.2    | Bridge.....                            | 34        |

|                         |  |           |
|-------------------------|--|-----------|
| 2.5.4.1.3               | <i>Gateway</i> .....   | 35        |
| 2.5.4.1.4               | <i>Enrutador</i> .....   | 35        |
| <b>2.6</b>              | <b>Equipos Networking</b> .....                                | <b>35</b> |
| 2.6.1                   | <i>Router de Core</i> .....                                    | 35        |
| 2.6.2                   | <i>Router de Acceso</i> .....                                  | 36        |
| 2.6.3                   | <i>Switch de Core</i> .....                                    | 36        |
| 2.6.4                   | <i>Access Control Security</i> .....                           | 36        |
| 2.6.5                   | <i>Wireless LAN Controller</i> .....                           | 36        |
| <b>2.7</b>              | <b>Protocolos</b> .....  | <b>37</b> |
| 2.7.1                   | <i>TCP</i> .....   | 37        |
| 2.7.2                   | <i>SNMP</i> .....  | 37        |
| 2.7.3                   | <i>CIP</i> .....   | 38        |
| 2.7.4                   | <i>OSPF</i> .....  | 38        |
| <br><b>CAPÍTULO III</b> |  |           |
| <b>3.</b>               | <b>ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES RED SCADA</b> .....          | <b>40</b> |
| 3.1                     | <b>Sistema SCADA Actual</b> .....                              | <b>40</b> |
| 3.1.1                   | <i>Perfil topográfico</i> .....                                | 41        |
| 3.2                     | <b>Infraestructura Actual</b> .....                            | <b>42</b> |
| 3.3                     | <b>Diagrama Actual</b> .....                                   | <b>49</b> |
| 3.4                     | <b>Políticas Empresa Petrolera</b> .....                       | <b>49</b> |
| 3.4.1                   | <i>Red SCADA</i> .....   | 49        |
| 3.5                     | <b>Procedimiento Para Definir Una Arquitectura</b> .....       | <b>50</b> |
| 3.5.1                   | <i>Criterios Técnicos</i> .....                                | 50        |
| 3.5.1.1                 | <i>Aspectos Generales</i> .....                                | 50        |
| 3.5.1.1.1               | <i>Homogeneidad</i> .....                                      | 51        |
| 3.5.1.1.2               | <i>Facilidad en el Acceso de Datos</i> .....                   | 51        |
| 3.5.1.1.3               | <i>Escalabilidad</i> .....                                     | 51        |
| 3.5.1.1.4               | <i>Sistemas de Auditoría y Administración de Cambios</i> ..... | 51        |
| 3.5.1.1.5               | <i>Garantía de Monitoreo</i> .....                             | 51        |

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| 3.5.1.1.6    | <i>Arquitectura Abierta</i> .....  | 52        |
| 3.5.1.2      | <i>Aspectos Particulares</i> .....   | 52        |
| 3.5.1.2.1    | <i>Comunicación de Datos</i> .....   | 52        |
| 3.5.1.2.2    | <i>Flujo de Información</i> .....  | 54        |
| 3.5.1.2.3    | <i>Virtualización para la Red SCADA</i> .....  | 54        |
| <b>3.6</b>   | <b>Diseño de la Arquitectura</b> .....   | <b>55</b> |
| <b>3.6.1</b> | <b>Diseño Físico</b> .....   | <b>55</b> |
| 3.6.1.1      | <i>Topología</i> .....   | 55        |
| 3.6.1.2      | <i>Medio de transmisión</i> .....  | 56        |
| <b>3.6.2</b> | <b>Diseño Lógico</b> .....   | <b>60</b> |
| 3.6.2.1      | <i>VLAN'S</i> .....  | 60        |
| 3.6.2.2      | <i>Direccionamiento IP</i> .....   | 60        |
| 3.6.2.3      | <i>Protocolo enrutamiento</i> .....  | 61        |
| <b>3.7</b>   | <b>Selección de Dispositivos</b> .....   | <b>62</b> |
| <b>3.8</b>   | <b>Diagrama De Implementación</b> .....  | <b>64</b> |
| <b>3.9</b>   | <b>Propuesta Económica</b> .....   | <b>66</b> |
| <b>3.10</b>  | <b>Análisis de la Arquitectura Propuesta</b> .....   | <b>67</b> |
| 3.10.1       | <i>Análisis de tráfico</i> .....   | 67        |
| 3.10.2       | <i>Análisis Económico</i> .....  | 71        |
| 3.10.2.1     | <i>Análisis de Operación de Extracción de Petróleo con y sin Sistema de Automatización Scada en Condiciones de Contingencia.</i> ..... | 72        |
| 3.10.2.1.1   | <i>Con sistema SCADA redundante</i> .....  | 73        |
| 3.10.2.1.2   | <i>Sin sistema SCADA</i> .....   | 73        |
|              | <b>CONCLUSIONES</b> .....  | <b>78</b> |
|              | <b>RECOMENDACIONES</b> .....   | <b>80</b> |
|              | <b>BIBLIOGRAFÍA</b>  |           |
|              | <b>ANEXOS</b>  |           |

## INDICE DE TABLAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabla 1-2: Rangos de Frecuencia.....</b>   | <b>24</b> |
| <b>Tabla 2-2: Características de Medios para Comunicación Alámbrica e Inalámbrica .....</b> | <b>27</b> |
| <b>Tabla 1-3: Coordenadas Geográficas .....</b>   | <b>41</b> |
| <b>Tabla 2-3: Equipamiento Existentes.....</b>  | <b>43</b> |
| <b>Tabla 3-3: Criterios para uso de Servidores.....</b>                                     | <b>47</b> |
| <b>Tabla 4-3: Tipos de Redes, Criterios de Aplicación .....</b>                             | <b>52</b> |
| <b>Tabla 5-3: Direccionamiento IP y VLAN.....</b>   | <b>61</b> |
| <b>Tabla 6-3: Diferencias protocolos de enrutamiento .....</b>                              | <b>62</b> |
| <b>Tabla 7-3: Equipo seleccionado .....</b>   | <b>64</b> |
| <b>Tabla 8-3: Propuesta económica.....</b>  | <b>66</b> |
| <b>Tabla 9-3: Estudio Estatus actual vs Arquitectura de comunicaciones .....</b>            | <b>69</b> |
| <b>Tabla 10-3: Costo de producción Con SCADA redundante .....</b>                           | <b>74</b> |
| <b>Tabla 11-3: Estado de Flujo Con SCADA redundante.....</b>                                | <b>75</b> |
| <b>Tabla 12-3: Costo de producción Sin SCADA.....</b>                                       | <b>76</b> |
| <b>Tabla 13-3: Estado de Flujo Sin SCADA .....</b>  | <b>77</b> |

## INDICE DE FIGURAS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura 1-2: Componentes SCADA .....</b>                       | <b>6</b>  |
| <b>Figura 2-2: Topología de comunicaciones SCADA .....</b>       | <b>9</b>  |
| <b>Figura 3-2: SCADA dentro de la Jerarquía Funcional .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>Figura 4-2: Esquema del Sistema de Comunicaciones .....</b>   | <b>15</b> |
| <b>Figura 5-2: Elementos del Sistema de Comunicaciones .....</b> | <b>16</b> |
| <b>Figura 6-2: Conectividad de Comunicaciones .....</b>          | <b>16</b> |
| <b>Figura 7-2: Comunicación Inalámbrica .....</b>                | <b>18</b> |
| <b>Figura 8-2: Par Trenzado .....</b>                            | <b>18</b> |
| <b>Figura 9-2: Cable Coaxial .....</b>                           | <b>19</b> |
| <b>Figura 10-2: Fibra Óptica .....</b>                           | <b>20</b> |
| <b>Figura 11-2: Enlace de Microondas de Línea de Vista .....</b> | <b>22</b> |
| <b>Figura 12-2: Comunicación por Satélite .....</b>              | <b>23</b> |
| <b>Figura 13-2: Antena Omnidireccional .....</b>                 | <b>25</b> |
| <b>Figura 14-2: Antena Direccional .....</b>                     | <b>26</b> |
| <b>Figura 15-2: Antena Microondas .....</b>                      | <b>26</b> |
| <b>Figura 16-2: Topología Bus .....</b>                          | <b>28</b> |
| <b>Figura 17-2: Red Anillo .....</b>                             | <b>29</b> |
| <b>Figura 18-2: Red Estrella .....</b>                           | <b>30</b> |
| <b>Figura 19-2: Red Árbol .....</b>                              | <b>30</b> |
| <b>Figura 20-2: Red Malla .....</b>                              | <b>31</b> |
| <b>Figura 21-2: Red LAN .....</b>                                | <b>32</b> |
| <b>Figura 22-2: Red MAN .....</b>                                | <b>32</b> |
| <b>Figura 23-2: Red WAN .....</b>                                | <b>33</b> |
| <b>Figura 24-2: Repetidor .....</b>                              | <b>34</b> |
| <b>Figura 25-2: Bridge .....</b>                                 | <b>34</b> |
| <b>Figura 26-2: Gateway .....</b>                                | <b>35</b> |
| <b>Figura 27-2: Estructura de Route de Core .....</b>            | <b>36</b> |
| <b>Figura 1-3: Ubicación Geográfica Estaciones .....</b>         | <b>40</b> |
| <b>Figura 2-3: Perfil Topográfico Estaciones .....</b>           | <b>41</b> |
| <b>Figura 3-3: Perfil Topográfico Estaciones .....</b>           | <b>42</b> |
| <b>Figura 4-3: PLC Local .....</b>                               | <b>42</b> |
| <b>Figura 5-3: Diagrama Actual .....</b>                         | <b>49</b> |
| <b>Figura 6-3: Flujo de Información entre Redes .....</b>        | <b>54</b> |

|               |  |           |
|---------------|--|-----------|
| <b>Figura</b> | <b>7-3: Topología Anillo que se Implementa en Nuestra Arquitectura .....</b> | <b>56</b> |
| <b>Figura</b> | <b>8-3: Fibra Óptica junto al Oleoducto.....</b>                             | <b>56</b> |
| <b>Figura</b> | <b>9-3: Tasa de Transmisión con Saturación .....</b>                         | <b>58</b> |
| <b>Figura</b> | <b>10-3: Procesamiento de CPU con Saturación.....</b>                        | <b>58</b> |
| <b>Figura</b> | <b>11-3: Tasa de Trasmisión sin Saturación.....</b>                          | <b>59</b> |
| <b>Figura</b> | <b>12-3: Procesamiento de CPU Sin Saturación .....</b>                       | <b>59</b> |
| <b>Figura</b> | <b>13-3: Cuadrante Gartner .....</b>   | <b>63</b> |
| <b>Figura</b> | <b>14-3: Diagrama de Arquitectura de la red de Comunicaciones .....</b>      | <b>65</b> |
| <b>Figura</b> | <b>15-3: Captura de Trafico Nodo 1 en VIVO .....</b>                         | <b>67</b> |
| <b>Figura</b> | <b>16-3: Capturas de Trafico Nodo 1 en 2 Días .....</b>                      | <b>68</b> |
| <b>Figura</b> | <b>17-3: Capturas de Trafico Nodo Principal en Vivo .....</b>                | <b>68</b> |
| <b>Figura</b> | <b>18-3: Capturas de Trafico Nodo Principal en 2 Días.....</b>               | <b>69</b> |

## **INDICE DE ANEXOS**

**Anexo A.** Arquitectura Baja.

**Anexo B.** Arquitectura Media.

**Anexo C.** Arquitectura Alta.

**Anexo D.** Estándar utilizado para la gestión de TI.

**Anexo E.** Configuraciones de nodos.

## INDICE DE ABREVIATURAS

| <b>ACRÓNIMO</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>   |
|-----------------|--|
| <b>AI</b>       | Entrada Analógica (Analog Input).  |
| <b>AO</b>       | Salida Analógica (Analog Output).  |
| <b>ARCH</b>     | Agencia de Regulacion y Control Hidrocarburífero   |
| <b>BPCS</b>     | Sistema Básico de Control de Procesos (Basic Process Control System).  |
| <b>DMZ</b>      | Zona desmilitarizada (Demilitarized Zone). Perímetro de un segmento de red que se ubica entre una red interna y una red externa. Su propósito es reforzar las políticas de las redes internas para intercambio de información. |
| <b>CPU</b>      | Unidad Central de Procesos (Central Processing Unit).  |
| <b>DCS</b>      | Sistema de Control Distribuido (Distributed Control System).   |
| <b>DI</b>       | Entrada Digital (Digital Input).   |
| <b>F&amp;G</b>  | Sistema de detección de fuego y gas (Fire & Gas Detection System).   |
| <b>HMI</b>      | Interfaz Hombre-Máquina (Human Machine Interface).   |
| <b>ISA</b>      | Sociedad Internacional de Automatización (International Society of Automation).  |
| <b>I/O</b>      | Entradas y Salidas (Input/Output).   |
| <b>LAN</b>      | Red de Área Local (Local Área Network).  |
| <b>LDS</b>      | Sistema de Detección de Fugas (Leak Detection System).   |
| <b>LOWIS™</b>   | Aplicación de Información de vida de Pozos (Life of Well Information Software).  |
| <b>OSI</b>      | Interconexión de sistemas abiertos (Open System Interconnection).  |
| <b>OSPF</b>     | Primer Camino Más Corto (Open Shortest Path First)   |

|              |   |
|--------------|---|
| <b>MTU</b>   | Unidad Terminal Maestra (Master Terminal Unit).   |
| <b>PCS</b>   | Sistema de Control de Procesos (Process Control Systems).                               |
| <b>PLC</b>   | Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller).                         |
| <b>PS</b>    | Fuente de Alimentación (Power Supply).  |
| <b>RIO</b>   | Entradas y Salidas Remotas (Remote Input Output).                                       |
| <b>RTU</b>   | Unidad Terminal Remota (Remote Terminal Unit).  |
| <b>RBD</b>   | Diagrama de bloques de confiabilidad (Reliability Block Diagram).                       |
| <b>TI</b>    | Tecnología de la Información  |
| <b>SIS</b>   | Sistema Instrumentado de Seguridad (Safety Instrumented System).                        |
| <b>SCADA</b> | Control Supervisorio y Adquisición de Datos (Supervisory Control and Data Acquisition). |
| <b>UCS</b>   | Unidades de sistema de Control (Unit Control System).<br>Machine Interface).            |
| <b>VLAN</b>  | Red de Área Local Virtual (Virtual Local Área Network).                                 |
| <b>WAN</b>   | Red de Área Amplia (Wide Área Network).   |

## RESUMEN

El objetivo fue diseñar y evaluar una arquitectura para la red de comunicaciones que utiliza el sistema SCADA, para optimizar procesos y recursos en una empresa Petrolera. Se inició realizando un estudio bibliográfico del sistema SCADA para obtener parámetros óptimos de funcionamiento, luego de lo cual se determinó el diseño de un Sistema SCADA con una Arquitectura que utiliza sistemas redundantes (sea cliente-servidor + sistemas independientes de monitoreo) que combinados con sistemas de detección y recuperación de fallos permiten lograr un alto grado de disponibilidad y garantizar el monitoreo. Los elementos que se van utilizar para la implementación tienen compatibilidad con los equipos existentes y de esta manera se optimizará procesos y recursos en la empresa. En vista de la criticidad de la extracción del petróleo en el país y el alto riesgo de contingencias, se concluye que económicamente el proyecto de implementar y operar mediante un sistema de control de automatización SCADA redundante en la explotación del petróleo es más rentable o a su vez produce menos pérdidas que una operación manual. Este estudio se deberá aplicar a todos los campos que involucren sistemas y dispositivos para el control de la producción que se empleen en una empresa de servicios petroleros, ya sean desarrollados en proyectos internos o por terceros. La arquitectura propuesta en este trabajo aplica tanto para facilidades nuevas, como para facilidades que ya se encuentran en operación, y es por ello que se ve necesaria su realización.

**Palabras clave:** <TECNOLOGIA Y CIENCIA DE LA INGENIERIA>, <TELECOMUNICACIONES>, <SISTEMA SCADA>, <INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES>, <AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL>, <ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES>

## **SUMMARY**

The objective was to design and evaluate an architecture for the communications network used by the SCADA system, to optimize processes and resources in an oil company. It was started by carrying out a bibliographic study of the SCADA system to obtain optimal operating parameters, after which the design of a SCADA system was determined with an architecture that uses redundant systems (client-server + independent monitoring systems) combined with systems detection and recovery of failures allow to achieve a high degree of availability and guarantee monitoring. The elements that are going to be used for the implementation have compatibility with the existing equipment and in this way processes and resources in the company will be optimized. In view of the criticality of oil extraction in the country and the high risk of contingencies, it is concluded that economically the project to be implemented and operate through a SCADA automation control system redundant in the exploitation of oil is more profitable or in turn It produces less losses than a manual operation. This study should be applied to all fields that involve systems and devices for the control of production that are used in an oil services company, whether developed in internal projects or by third parties. The architecture proposed in this work applies both to new facilities and to facilities that are already in operation, and that is why it is necessary to carry it out.

**Keywords:** <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <TELECOMMUNICATIONS>, <SCADA SYSTEM>, <ENGINEERING IN TELECOMUNICATIONS>, <INDUSTRIAL AUTOMATION>, <COMMUNICATIONS ARCHITECTURE>.

## INTRODUCCION

Las exploraciones en búsqueda de petróleo comenzaron hace muchos años, las perforaciones se realizaban cerca de filtraciones de petróleo lo cual indicaba que el petróleo se encontraba bajo la superficie hoy en día utilizamos técnicas avanzadas para estas perforaciones. La identificación de las oportunidades de mejora es esencial para convertir los procesos internos de una organización en pilares que soportan la eficiencia, efectividad y productividad en el marco del objetivo del negocio y, aportan al crecimiento y expansión. Para mejorar la explotación de petróleo y la eficiencia del trabajo en nuestra empresa se han implementado tecnologías en las locaciones para automatizar la producción de petróleo, y de esta manera tener monitoreo remoto de los mismos, para esta automatización se utiliza el sistema SCADA.

En un principio, la definición de SCADA se basaba en un sistema constituido por equipos como RTU, MTU y sistema de medición. Este concepto con el tiempo ha evolucionado y considera sistemas con prestaciones adicionales y en conceptos más amplios y avanzados como el de BPCS. Los sistemas SCADA se enfocan en el monitoreo y control automático de procesos. Se establece la estructura básica, acorde a los elementos mínimos constitutivo<sup>1</sup> de control y monitoreo, para cumplir con las funciones de automatización de procesos y asegurar el flujo de información entre los diferentes niveles de la jerarquía funcional, es decir, integración transversal y entre niveles.

---

<sup>1</sup> Cuando en este documento se hace referencia a estructura básica y elementos mínimos constitutivos de un determinado sistema, se indica que debe estar conformado por cinco elementos principales: sensores, solucionador lógico, elementos finales de acción, interfaz hombre-máquina, y estación de ingeniería

## CAPITULO I

### 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Situación Problemática

Los sistemas SCADA utilizan la computadora y tecnologías de comunicación para automatizar el monitoreo y control de procesos industriales. Estos sistemas son partes integrales de la mayoría de los ambientes industriales complejos o muy geográficamente dispersos ya que pueden recoger la información de una gran cantidad de fuentes muy rápidamente, y la presentan a un operador en una forma amigable. Los sistemas SCADA mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas.

Estos sistemas ofrecían capacidades muy simples de monitoreo y control, sin proveer funciones de aplicación alguna. Mientras la tecnología se desarrollaba, los ordenadores asumieron el papel de manejar la recolección de datos, disponiendo comandos de control, y una nueva función - presentación de la información sobre una pantalla de CRT. Los ordenadores agregaron la capacidad de programar el sistema para realizar funciones de control más complejas.

El sistema SCADA que se encuentra en operación actualmente cuenta con métodos de comunicación no estandarizados lo cual requiere procedimientos diferentes tanto en mantenimiento, operación y prestaciones técnicas.

Al disponer de una arquitectura estándar para los proyectos de FIC y Automatización lograremos manejar la optimización y estandarización de procesos obteniendo así recursos no explotados al máximo para disponer de lo que hace compleja la administración y gestión.

## **1.2 Justificación de la Investigación**

La tecnología avanza rápidamente obligando a las empresas a unirse a este cambio, debido a que su utilización simplifica el trabajo, reduce costos, obteniendo un trabajo más preciso con un mejor acabado y un menor costo. Los sistemas SCADA<sup>2</sup> en la actualidad constituyen una de las herramientas tecnológicas más utilizadas a nivel mundial, gracias a su información en tiempo real del estado y funcionamiento de equipos y/o sistemas instalados en la planta y/o maquinaria optimizando las respuestas a los problemas que pueda tener el proceso. Los equipos de servicios de pozos petroleros son máquinas mecánicas, hidráulicas y neumáticas, dedicadas al servicio de mantenimiento de pozos petroleros, este estudio se centra en el área de la hidráulica por ser una de las áreas de mayor problemas para los mecánicos - operadores.

Se desea reducir al máximo el gasto económico, paradas no deseadas y generar un óptimo trabajo de los equipos realizando un diseño que se pueda implementar tanto en grandes como en pequeñas empresas, que sea de fácil manejo para el operador y en caso de presentarse alguna avería o emergencia pueda actuar correctamente.

Al realizar el diseño y evaluación de la red de comunicaciones para el sistema SCADA se podrá estandarizar y definir directrices y arquitecturas referenciales para que los proveedores, FIC & Automatización lo tomen en cuenta cuando actualicen o realicen nuevas implementaciones.

Este estudio deberá aplicarse a todos los campos que involucren sistemas y dispositivos para el control de la producción que se empleen en una empresa de servicios petroleros ya sean desarrollados en proyectos internos o por terceros. De igual forma aplica tanto para facilidades nuevas, como para facilidades que ya se encuentran en operación.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo General***

Diseñar y Evaluar una arquitectura para la red de comunicaciones que utiliza el sistema SCADA, para optimizar procesos y recursos en una empresa Petrolera.

---

<sup>2</sup> Supervisión, Control y Adquisición de Datos

### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

- Realizar un estudio bibliográfico del sistema SCADA para obtener parámetros óptimos de funcionamiento.
- Diseñar la arquitectura de la red de comunicaciones para el sistema SCADA cumpliendo estándares de las empresas Petroleras.
- Evaluar parámetros de comunicaciones para optimizar recursos de las empresas petroleras.

### **1.4 Hipótesis**

El diseñar y evaluar una arquitectura para la red de comunicaciones que utiliza el sistema SCADA, que permitirá optimizar procesos y recursos en una empresa Petrolera.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Sistema SCADA

##### 2.1.1 Generalidades de un sistema SCADA

SCADA proviene de las siglas Supervisory Control and Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). Un sistema SCADA realiza un seguimiento y control centralizados para sitios de campo a través de redes de comunicaciones de larga distancia, incluyendo el monitoreo de alarmas y datos del estado del proceso.

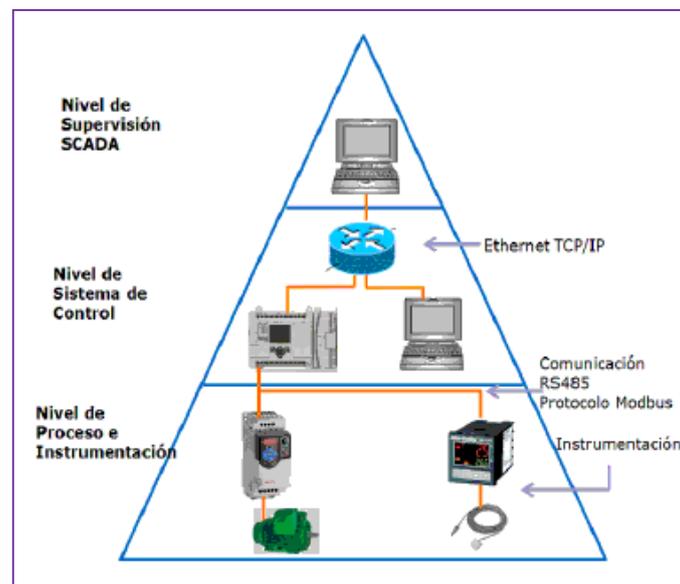
La base de información recibida de las estaciones de manera remota, los comandos automatizados u operador impulsa la supervisión y pueden ser empujados a un dispositivo de control de la estación remota, que a menudo se conocen como dispositivos de campo. Los dispositivos de control en las operaciones locales, tales como la apertura y cierre de válvulas e interruptores, realizan la recolección de datos de los sistemas de sensores y vigilancia del medio local para las condiciones de alarma.

La Figura 1-2 muestra los componentes y la configuración general de un sistema SCADA. El centro de control contiene el servidor SCADA (MTU) y las comunicaciones. Otros componentes del centro de control incluyen la interfaz hombre-máquina (HMI), las estaciones de trabajo de ingeniería, y el histórico de datos, que están todos conectados por una LAN. El centro de control recoge y registra información recogida en campo, muestra información al operador, y pueden generar acciones sobre la base de eventos detectados.

El centro de control es también responsable de una alarma centralizada, realiza análisis de tendencias, y presentación de informes.

Existen locaciones que suelen estar equipados con un acceso remoto están tienen la capacidad de permitir que los operadores de campo realicen diagnósticos remotos y reparaciones por lo general a través de una conexión telefónica móvil separada o una conexión WAN.

Standard y protocolos de comunicación se ejecutan sobre las comunicaciones en serie y son utilizados para transportar información entre el centro de control y el uso de los sitios de campo de telemetría tales como la línea telefónica, cable, fibra, y la frecuencia de radio tal como la radiodifusión, microondas y satélite.



**Figura 1-2: Componentes SCADA**

Fuente: (Cutter, 2014)

Existen diversos tipos de sistemas SCADA, por ello antes de decidir cuál es el más adecuado hay que tener presente si cumple o no ciertos requisitos básicos:

- Todo sistema debe tener arquitectura abierta, es decir, debe permitir su crecimiento y expansión, así como, deben poder adecuarse a las necesidades futuras del proceso y de la planta.
- La programación e instalación no debe presentar mayor dificultad, debe contar con interfaces gráficas que muestren un esquema básico y real del proceso.

## 2.1.2 *Conceptos asociados a un sistema SCADA*

**1. Sistema.** - Es un grupo de elementos que trabajan de manera conjunta para lograr un objetivo.

**2. Sistema de adquisición de datos.** - Es un sistema cuyo fin primario es la recolección y procesamiento de datos para su posterior almacenamiento, despliegue, transmisión o manipulación matemática para la obtención de información adicional.

**3. Control.** - Es la acción de ejercer algún tipo de poder para obligar el comportamiento de cierto elemento con el fin de lograr un objetivo específico. Existen básicamente dos tipos de control industrial:

a) **Control de lazo abierto.** - Es un sistema de control en donde la señal de salida no determina el valor de la señal de entrada, generalmente son sistemas temporizados.

b) **Control de lazo cerrado.** - Es un sistema en donde la señal de salida se retroalimenta y afecta la señal de entrada con la intención de mantener una relación preestablecida entre la entrada y salida.

**4. Control supervisorio.** - Es un sistema en el que la información de diferentes parámetros dispersos se concentra en un lugar para su procesamiento y como criterio para ejecutar alguna acción de control. Se puede definir como el monitoreo y control de procesos. Las acciones de control se pueden clasificar de la siguiente forma:

a) **Manual.** - El usuario decide 100% las acciones a ejecutar.

b) **Semiautomático.** - Algunas actividades se realizan de manera automática y algunas se dejan a discreción del usuario.

c) **Automático.** - Todas las acciones se ejecutan de manera automática.

**5. Señal analógica.** - Está definida como aquella que es continua en el tiempo y que puede tener un valor cualquiera dentro de un rango definido; es generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo en función del tiempo.

**6. Señal digital.** - Está definida como aquella que solamente puede tener dos valores (1 o 0) y es discreta en el tiempo.

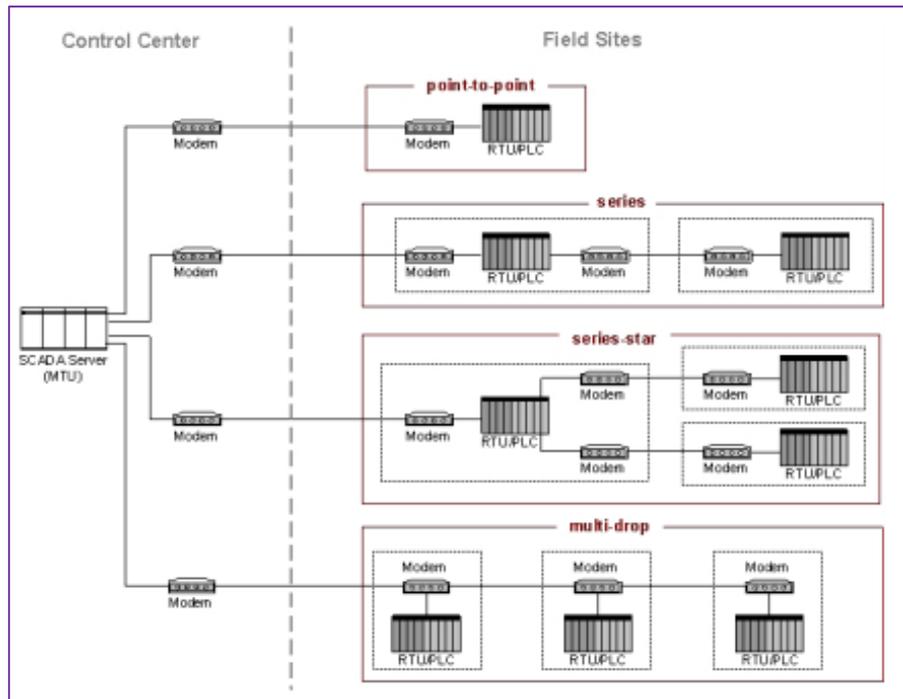
**7. Tiempo real.** - Significa que un dispositivo de medida es capaz de mostrar el valor de una variable en el instante preciso en que la misma efectivamente tiene ese valor. Cuando se emplea computadoras, controladores o cualquier dispositivo que funciona en base a un programa de computación para procesar información de campo, aparece un desfase en el tiempo o un retardo, que puede incidir en la exactitud instantánea del valor mostrado. Esta falta de exactitud puede pasar desapercibida, particularmente en la medición de variables “lentas” o puede ser considerable si se trata de variables “rápidas”.

### **2.1.3 Arquitectura SCADA**

Las arquitecturas de comunicación son diferentes dependiendo de la aplicación.

La figura 2-2 muestra cuatro tipos de arquitectura utilizada las cuales son: point-to-point, series, series-star, y multi-drop.

- Point-to-point: es funcionalmente el tipo más simple; sin embargo, es caro debido a los canales individuales necesarios para cada conexión.
- Series: su configuración reduce el número de canales utilizados; Sin embargo, el intercambio de canal tiene un impacto en la eficiencia y la complejidad de las operaciones SCADA.
- La Arquitectura de Series-Star y la configuración multi-drop utilizan un canal por cada dispositivo que se traduce en disminución de la eficiencia y el aumento de la complejidad del sistema.

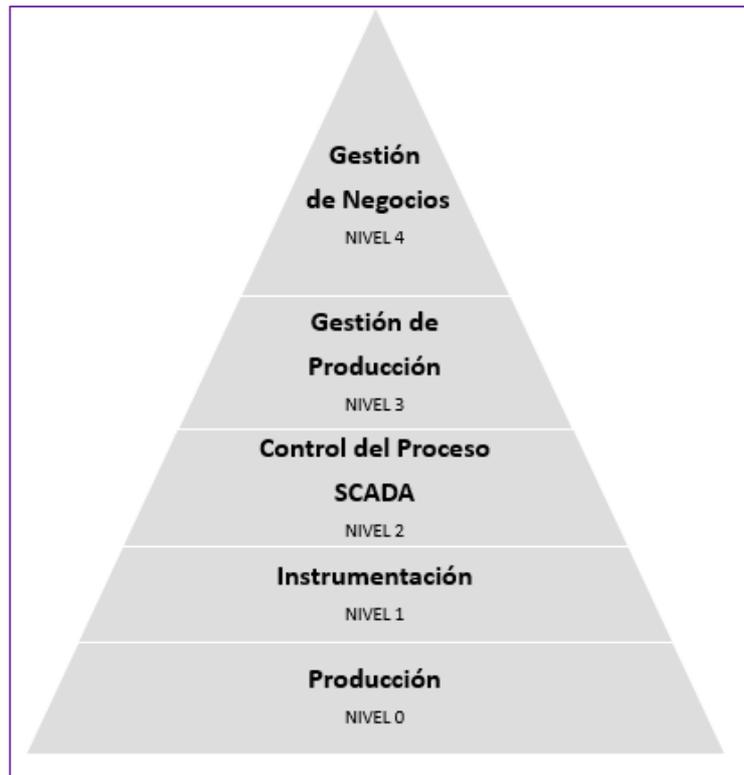


**Figura 2-2: Topología de comunicaciones SCADA**  
Fuente: (Falco, Stouffer, & Scarfone, 2013)

### 2.1.4 Jerarquía Funcional

El sistema SCADA se encuentra en el nivel 2<sup>3</sup> del modelo de jerarquía funcional, y está conformado de manera general como se muestra en la figura 2-2.

<sup>3</sup> Los niveles del modelo de jerarquía de ISA 95 son: Nivel 1 (Instrumentación), Nivel 2 (Monitoreo y control), Nivel 3 (gestión de producción), Nivel 4 (gestión de negocio).



**Figura 3-2: SCADA dentro de la Jerarquía Funcional**  
 Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

El BPCS<sup>4</sup>, al considerarlo como una función de control general, abarca varios conceptos como PCS y UCS.

- El Sistema de Control de Procesos (*Process Control System – PCS*<sup>5</sup>), está relacionado con las necesidades específicas de control y monitoreo de una aplicación en particular, por ejemplo el control avanzado de una sección del proceso que maneja múltiples lazos de control.
- El Sistema De control de Unidades (*Unit Control System – UCS*<sup>6</sup>), provee el control supervisorio y monitoreo de unidades paquete, como por ejemplo un *skid*<sup>7</sup> de aire de instrumentos.

---

<sup>4</sup> Sistema Básico de Control de Procesos.

<sup>5</sup> Sistema de Control de Procesos.

<sup>6</sup> Unidades de sistema de Control.

<sup>7</sup> Equipos o elementos ubicados dentro de una plataforma que cumplen con una función específica.

Tanto el UCS como PCS manejan, aunque en menor grado, respecto al BPCS, los mismos elementos que conforman un sistema SCADA, y forman parte del control central de planta BPCS.

El sistema SCADA se considera como una función de control que engloba a todo un conjunto de sistemas y tecnologías, que comprenden como mínimo:

- Medición / Sensores
- Comunicación de Datos
- Controladores
- Servidores
- Visualizadores
- Dispositivos de Control

A continuación, se describe de forma general lo que engloba cada una de las partes indicadas anteriormente:

- **Medición / Sensores**

En este documento, el sistema de medición corresponde a la medida de las variables del proceso a través de sensores de campo. Se consideran de manera general tres tipos comunes con respecto al tipo de salida electrónica utilizada para la arquitectura SCADA que son: salidas discretas, análogas, y seriales. No obstante, existen otros tipos de salida derivadas de las anteriores con el propósito de dar soluciones más ampliadas, que para objeto del estudio representarán una solución más avanzada a ser considerada en una arquitectura con un alto grado de automatización.

- **Comunicación de Datos**

En este documento, la comunicación de datos se establece como el enlace existente entre los diferentes dispositivos de la arquitectura SCADA, se centraliza en el intercambio de información alrededor del controlador, entre niveles, y dentro de cada nivel de la jerarquía funcional, así como dentro y fuera del sistema SCADA.

- **Solucionador lógico**

Los solucionadores lógicos son el elemento central de la arquitectura SCADA, que ejecuta los algoritmos de control, para que se tomen las acciones deseadas. Además, genera los eventos y alarmas basados en cambios de estado y prepara los datos para los operadores y su información asociada.

- **Servidores**

Los servidores son un conjunto de aplicaciones sobre un computador específico (también llamado Servidor), que forma parte de la arquitectura SCADA, y realiza el procesamiento de datos necesario para la presentación de: información, archivos históricos, procesamiento de alarmas y registros cambios.

- **Visualizadores**

Los visualizadores son considerados como las interfaces Hombre máquina, que pueden formar parte de un panel local de visualización, una estación de monitoreo independiente (PC) o de un sistema supervisorio distribuido, y que forman parte de la arquitectura SCADA, para monitorear y/o supervisar los diferentes procesos. Las Estaciones de Ingeniería por otra parte, son requeridas para la configuración de subsistemas.

- **Dispositivos de Control**

Los dispositivos de control corresponden a los elementos finales de control de la arquitectura SCADA, como los actuadores para válvulas, indicadores, etc., se consideran de manera general tres tipos comunes, con respecto al tipo de señal electrónica recibida por estos dispositivos utilizada en la arquitectura SCADA, que son: entradas discretas, análogas, y seriales. No obstante existen otros tipos de entrada derivadas de las anteriores con el propósito de dar soluciones más amplias o generales, que para objeto del estudio representarán una solución más avanzada a ser considerada en una arquitectura con un alto grado de automatización.

### ***2.1.5 Componentes de un Sistema SCADA***

Se pueden ubicar a los componentes de un SCADA en dos grupos principales:

### *2.1.5.1 Hardware*

Un sistema SCADA necesita ciertos componentes inherentes de hardware en su sistema para poder tratar y gestionar la información captada:

- Unidad terminal maestra (MTU).
- Unidad remota de telemetría (RTU).
- Red de comunicación.
- Instrumentación de campo.

#### *2.1.5.1.1 Unidad terminal maestra (MTU)*

La MTU es el computador principal del sistema, el cual supervisa y recoge la información del resto de las subestaciones; soporta una interfaz hombre-máquina. El sistema SCADA más sencillo es el compuesto por un único computador, el cual es la MTU que supervisa toda la estación.

#### *2.1.5.1.2 Unidad remota de telemetría (RTU)*

Una RTU es un dispositivo instalado en una localidad remota del sistema, está encargado de recopilar datos para luego ser transmitidos hacia la MTU. Esta unidad está provista de canales de entrada para detección o medición de las variables de un proceso y de canales de salida para control o activación de alarmas y un puerto de comunicaciones; físicamente estos computadores son tipo armarios de control. Una tendencia actual es la de dotar a los Controladores Lógicos Programables (PLC's) la capacidad de funcionar como RTU.

---

<sup>8</sup> Partes eléctricas, electrónicas, electromecánicas que forman parte de un SCADA.

<sup>9</sup> Conjunto de módulos lógicos orientados a realizar tareas específicas, que forman parte de un SCADA.

#### 2.1.5.1.3 *Red de comunicación*

El sistema de comunicación es el encargado de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el sistema SCADA, puede ser construida con cables o puede ser inalámbrica, haciendo uso de cualquier protocolo industrial existente en el mercado, como, por ejemplo; CANbus, Fieldbus, Modbus, etc.

#### 2.1.5.1.4 *Instrumentación de campo*

Los instrumentos de campo están constituidos por todos aquellos dispositivos que permiten tanto realizar la automatización o control del sistema (PLC's, controladores de automatización o control procesos industriales, y actuadores en general) y son los encargados de la captación de información del sistema.

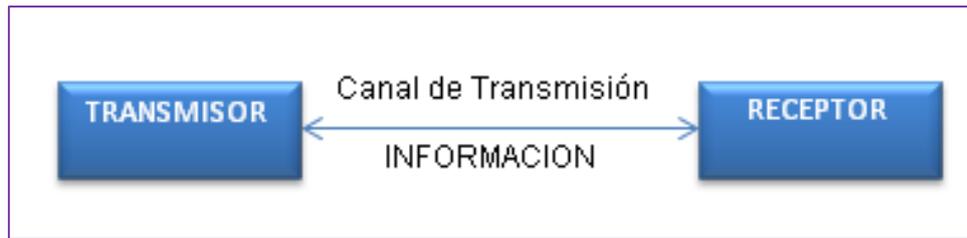
## **2.2 Niveles de Comunicación**

Un sistema de comunicación es una forma de transferir información desde una fuente a otra. Transferencia puede ocurrir entre dos seres humanos, un humano y un animal o un humano y una máquina.

Existen varios tipos de sistemas de comunicación como semidúplex, dúplex, óptica y radio. Los sistemas semidúplex de comunicación implican una comunicación bidireccional. Comunicación de dos vías puede ser llevada a cabo en ambas direcciones simultáneamente o solamente en una dirección a la vez.

Sistemas de radio comunicación es la transferencia de información mediante ondas de radio y comunicación óptica es asistido por luz. Sistemas de comunicación están en constante evolución; tiempo cara-a-cara o video chat está cambiando la manera en que la gente puede conectarse con otras personas diariamente.

A continuación se muestra el modelo básico en un diagrama de bloques del sistema de comunicaciones



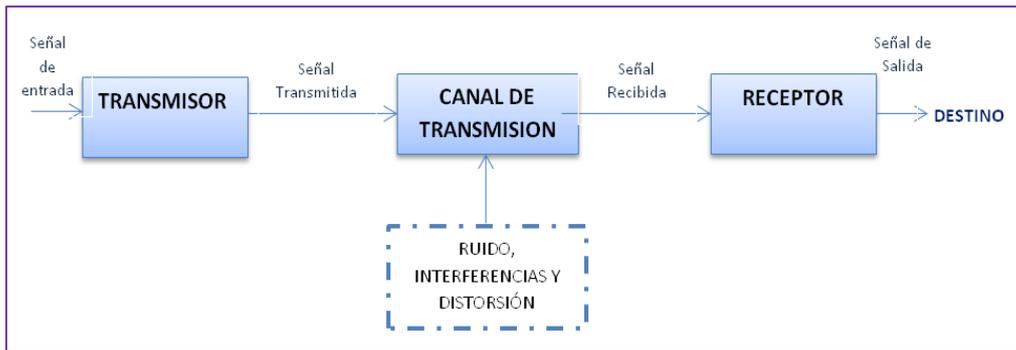
**Figura 4-2: Esquema del Sistema de Comunicaciones**

Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

### 2.2.1 Elementos de la Comunicación

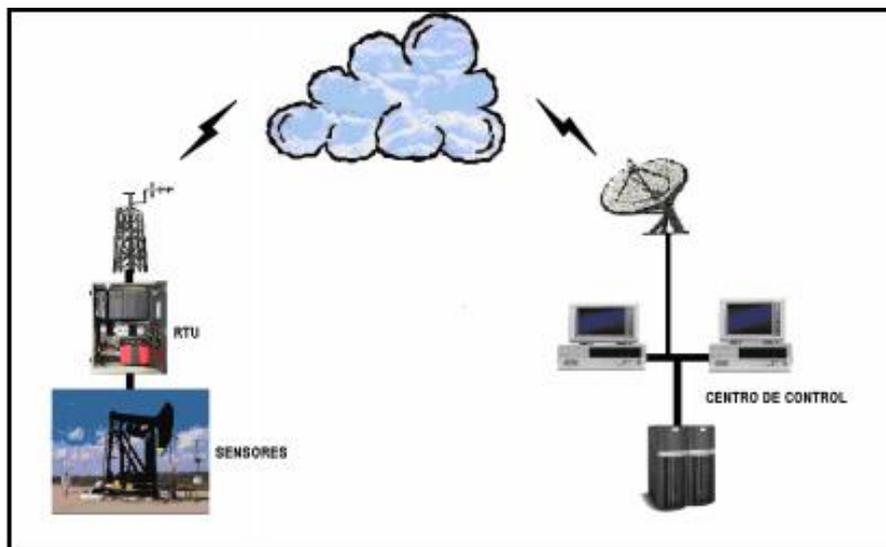
Hay tres partes esenciales de cualquier sistema de comunicación, transmisor, canal de transmisión y receptor. Cada parte desempeña un papel particular en la transmisión de la señal, como sigue:

- El transmisor procesa la señal de entrada para producir una señal transmitida adecuada adaptada a las características de la canal de transmisión. (htt2)
- Procesamiento de señales para las transmisiones casi siempre implica modulación y también puede incluir la codificación.
- El canal de transmisión es el medio eléctrico que llena la distancia entre fuente y destino. Puede ser un par de hilos, un cable coaxial, o una onda de radio o rayo láser. Cada canal presenta cierta cantidad de pérdida de transmisión o atenuación. Por lo tanto, la potencia de la señal disminuye progresivamente al aumentar la distancia.
- El receptor funciona con la señal de salida del canal en preparación para la entrega al transductor en el destino. Receptor las operaciones incluyen amplificación para compensar la pérdida de transmisión. También trata de demodulación y decodificación para revertir la procesión de la señal en el transmisor. El filtrado es otra función importante en el receptor.



**Figura 5-2: Elementos del Sistema de Comunicaciones**  
 Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

Un sistema SCADA maneja voz y datos, posee un nivel de comunicaciones que toma la información de las RTU y la transmite por un medio hasta que llegue a un centro de control.



**Figura 6-2: Conectividad de Comunicaciones**  
 Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

El medio a través del cual los datos se transforman de un lugar a otro se llama medios de transmisión o comunicación. Hay dos categorías de medios de transmisión utilizados en comunicaciones de datos: guiados y no guiados el cual la transmisión se realiza por medio de ondas electromagnéticas. Ambos medios se utilizan para la distancia corta (LANs, MANs) y larga distancia (WAN) comunicación.

## 2.3 Tipos de comunicación

### 2.3.1 Alámbrica

Se comunica a través de cables de datos (generalmente basada en Ethernet. Los cables de datos, conocidos como cables de red de Ethernet o cables con hilos conductores (CAT5), conectan computadoras y otros dispositivos que forman las redes. Las redes alámbricas son mejores cuando usted necesita mover grandes cantidades de datos a altas velocidades.

La velocidad máxima de una red alámbrica es de 100mbps una cifra excelente para su mejor rendimiento

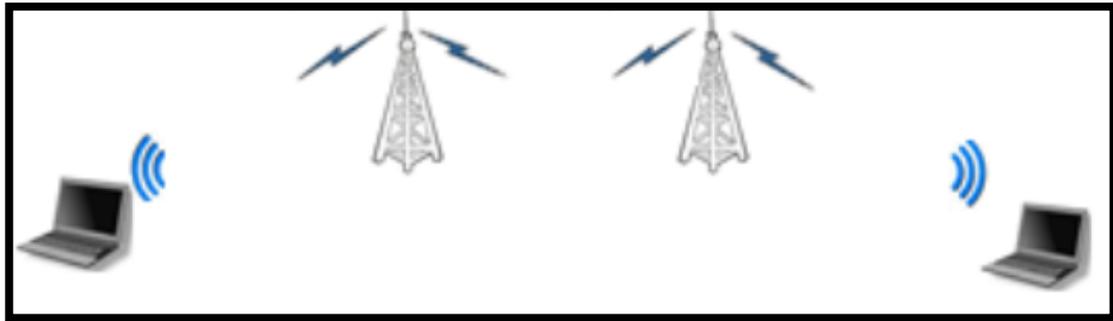
Dentro de la comunicación alámbrica están los tipos de cables los cuales son los siguientes:

- Cable coaxial
- Cable de pares trenzados
- Cable de fibra óptica

En medios Eléctrico/óptico las señales pasan a través de un medio sólido. Como el camino atravesado por las señales se guía por el tamaño, forma y longitud del cable, este tipo de medios se llama medios guiados

En los medios no guiados la información se transmite mediante el envío de señales electromagnéticas a través del espacio libre. Todas las transmisiones por medios no guiados se clasifican como transmisión inalámbrica.

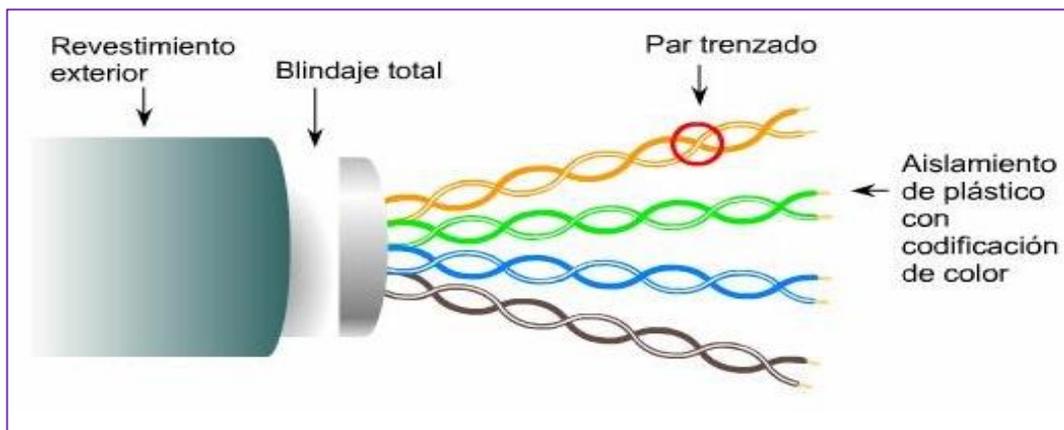
Una transmisión inalámbrica se puede utilizar como el medio en ambos entornos LAN y WAN, como se visualiza en la figura 7-2:



**Figura 7-2: Comunicación Inalámbrica**  
 Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

### 2.3.1.1 Par Trenzado

El cableado de red más popular es cable par trenzado. Es de peso ligero, fácil de instalar, bajo costo y apoyar diferentes tipos de red, soporta la velocidad de 100 Mbps. Cableado de par trenzado está hecha de pares de cobre sólido o trenzado. Los giros se hacen para reducir vulnerabilidad en EMI y diafonía. El número de pares en el cable depende del tipo. La base de cobre es generalmente 22 AWG o 24 AWG, medida del calibre de alambre americano estándar



**Figura 8-2: Par Trenzado**  
 Fuente: (Jimenez, Ferrer, Plana, & Morgado, 2005)

### 2.3.1.2 Cable Coaxial

Los cables de cobre coaxiales tienen un conductor de cobre interno y una pantalla exterior de cobre, separados por un material aislante dieléctrico, para evitar pérdidas de señal. Se utiliza principalmente en redes de TV por cable y como troncales entre equipos de telecomunicación.

Sus características principales son las siguientes:

- Sirve como una línea de acceso a internet desde la página de inicio.
- Soporta medianas a altas tasas de datos
- Posee mejor inmunidad al ruido y por lo tanto se mantiene la intensidad de señal para distancias más largas que en los medios de cobre de par trenzado



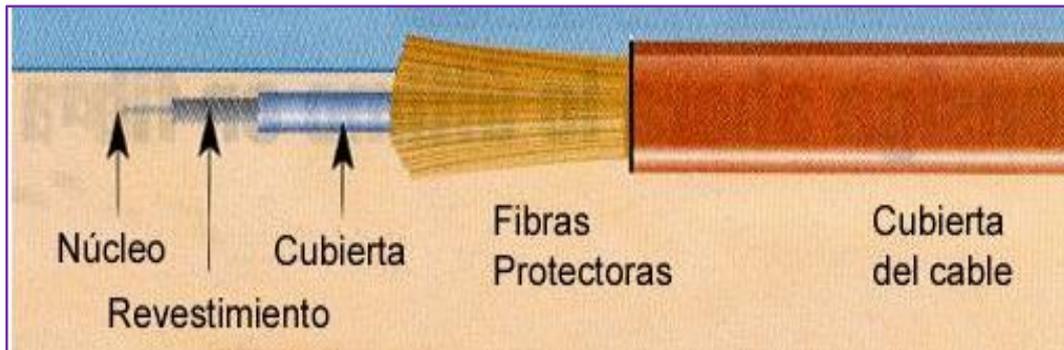
**Figura 9-2: Cable Coaxial**

Fuente: (Skynet Group, 2005)

### 2.3.1.3 Fibra Óptica

Por este medio la información se transmite por propagación de señales ópticas (luz) a través de cables de fibra óptica y no a través de señales eléctricas/electromagnéticas. Por lo tanto, una comunicación de fibra óptica soporta largas distancias ya que no hay ninguna interferencia eléctrica. Como su nombre indica, cables de fibra óptica están hechos de filamentos muy finos de vidrio (sílice). Las fibras ópticas se utilizan como backbone WAN y troncales entre los equipos de intercambio de datos. También se utilizan para acceder a internet desde casa a través de líneas FTTH (fibra hasta el hogar).

Fibra óptica consiste en fibras de vidrio fina que pueden llevar información a frecuencias en el espectro de luz visible y más allá. La fibra óptica típica consta de un filamento muy estrecho de vidrio llamado el núcleo. Alrededor de la base es una capa concéntrica de vidrio llamado el revestimiento. Un diámetro de núcleo típico es 62,5 micrones (1 micrón =  $10^{-6}$  metros). Revestimiento típicamente tiene un diámetro de 125 micras. El revestimiento de la capa es una capa protectora de plástico.



**Figura 10-2: Fibra Óptica**

Fuente: (Skynet Group, 2005)

**Fibras multimodo.** El término multimodo indica que pueden ser guiados muchos modos o rayos luminosos, cada uno de los cuales sigue un camino diferente dentro de la fibra óptica. Este efecto hace que su ancho de banda sea inferior al de las fibras monomodo. Por el contrario, los dispositivos utilizados con las multimodo tienen un costo inferior (LED). Este tipo de fibras son las preferidas para comunicaciones en pequeñas distancias, hasta 10 Km.

**Fibras monomodo.** El diámetro del núcleo de la fibra es muy pequeño y sólo permite la propagación de un único modo o rayo (fundamental), el cual se propaga directamente sin reflexión. Este efecto causa que su ancho de banda sea muy elevado, por lo que su utilización se suele reservar a grandes distancias, superiores a 10 Km, junto con dispositivos de elevado costo (LÁSER).

### 2.3.2 Inalámbrica

Las redes inalámbricas no es más que un conjunto de computadoras, o de cualquier dispositivo informático comunicados entre sí mediante soluciones que no requieran el uso de cables de interconexión. La velocidad típica es solo la mitad: entre 1,5 y 5 Mbps dependiendo de si se transmiten muchos archivos pequeños o unos pocos archivos grandes. No se necesita un soporte físico para transmitir la información, que viaja en forma de ondas.

La revolución de la comunicación inalámbrica está trayendo cambios fundamentales para redes de datos, telecomunicaciones y redes integradas de una realidad. Las redes inalámbricas permiten liberar al usuario de cables. Una red inalámbrica de área local (LAN) utiliza ondas de radio para conectar dispositivos tales como ordenadores portátiles a Internet y a una red de negocio y sus aplicaciones. Cuando se conecta un ordenador portátil a un hotspot de WiFi en un café, hotel, salón del aeropuerto o en otro lugar público, está conectando a la red inalámbrica de la empresa.

Dentro de la comunicación inalámbrica están los medios no guiados los cuales se refieren a la transmisión de datos a través del aire y es comúnmente conocido como inalámbrica. Aquí la información se transmite mediante el envío de señales electromagnéticas a través del espacio libre. Diferentes formas de comunicación inalámbrica en internet varían principalmente en base a los siguientes atributos:

- Distancia que separa las estaciones finales
- Espectro de frecuencia utilizado por las señales electromagnéticas
- Línea técnica de codificación utilizada

De acuerdo con estos atributos, una amplia variedad de PHYs inalámbricas y diferentes tipos de antenas son utilizados en comunicación inalámbrica.

Los diferentes tipos de antenas típicamente utilizados en comunicación inalámbrica son antenas de muchos tamaños y formas. Algunos de ellos son antenas punto a punto mientras que otros son antenas omnidireccionales. Incluso los satélites actúan como antenas gigantes en el cielo, recibiendo y transmitiendo las señales generadas de la tierra.

Este medio de transmisión se utiliza cuando es imposible instalar los cables. Los datos pueden transmitirse por el mundo a través de este medio. Los ejemplos de medios no guiados son:

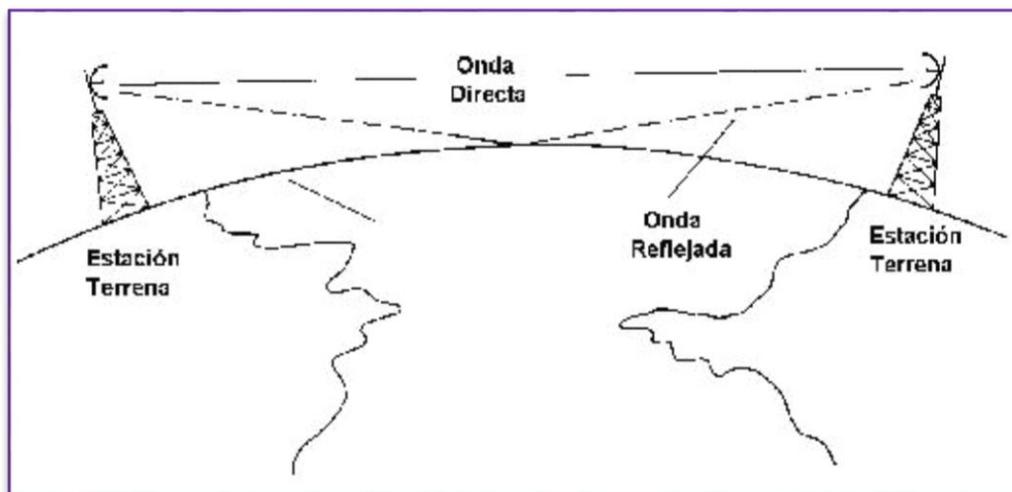
- Microondas
- Comunicaciones por satélite
- Transmisión de Radio

### 2.3.2.1 Microondas

En la transmisión de microondas, los datos se transmiten a través del aire o el espacio, en vez de a través de cables o alambres. Los microondas son ondas de radio de alta frecuencia que utiliza transmisión de línea de vista<sup>10</sup> a través del espacio.

Una estación de microondas también se llama repetidor o amplificador. Una estación de microondas contiene una antena, transmisor, receptor y otros equipos que se requieren para la transmisión de microondas.

Las antenas de microondas se sitúan en las altas torres o edificios. Estos se colocan dentro de 20 a 30 millas de uno al otro, puede haber muchas estaciones de microondas entre el remitente y el receptor. Cada estación de microondas recibe señales de la anterior estación de microondas y transmite a la siguiente estación. De esta forma se transmiten datos sobre distancias más grandes.



**Figura 11-2: Enlace de Microondas de Línea de Vista**  
Fuente: (Skynet Group, 2005)

### 2.3.2.2 Comunicaciones por Satélite

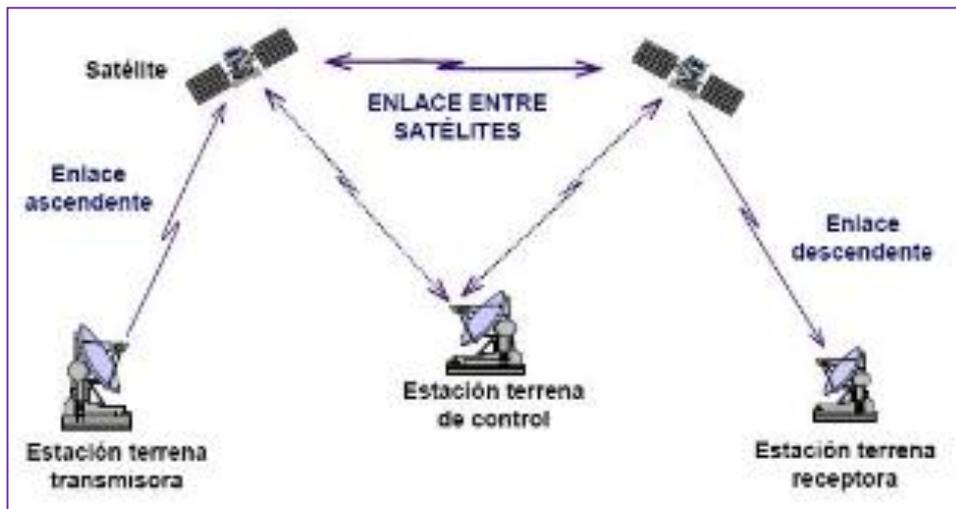
Sistema de comunicaciones por satélite consta de varias estaciones de tierra y un satélite. El satélite de comunicaciones es una estación espacial. Que es aproximadamente 22.300 millas sobre la tierra. Cada estación consta de antena de plato grande. Puede enviar y recibir señales de datos.

---

<sup>10</sup> La línea de vista significa que señales de datos (u ondas) sólo pueden viajar en líneas rectas y no se pueden doblar.

Un satélite recibe las señales de microondas (o mensajes) de la estación de tierra. Amplifica las señales y las envía a otra estación de tierra. De esta manera, los datos se transfieren de un lugar a otro. Velocidad de transmisión de datos de satélite es muy rápido.

- Ventaja: La principal ventaja del sistema de comunicación vía satélite es que una gran cantidad de datos puede ser comunicada de un país a otro.
- Desventaja: La desventaja de la comunicación vía satélite es que el mal tiempo puede afectar la calidad de transmisión por satélite.



**Figura 12-2: Comunicación por Satélite**

Fuente: (Rosado, 2000)

### 2.3.2.3 Transmisión de Radio

Una Transmisión de radio funciona con o sin línea de vista. Si la línea de vista es posible una transmisión esta puede tener lugar entre envío de antena y antena de recepción. Para la colocación de la antena se tiene que tener en cuenta la curvatura de la tierra con la antena que está construyendo más alto en consecuencia. Esto permitirá también distancias de transmisión mayores. Si no se puede implementar la línea de vista entonces señales se transmiten a las capas superiores o en la atmósfera o espacio y transmitidas a la tierra.

El espectro electromagnético utilizado para la comunicación de radio consta de ocho rangos distintos que están regulados por las autoridades:

**Tabla 1-2: Rangos de Frecuencia**

| <b>NOMBRE</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>             | <b>RANGO</b>  |
|---------------|--------------------------------|---------------|
| VLF           | Muy baja frecuencia            | 3 - 30KHz     |
| LF            | Baja frecuencia                | 30 - 300KHz   |
| MF            | Frecuencia media               | 300KHz - 3MHz |
| HF            | Alta frecuencia                | 3 - 30MHz     |
| VHF           | Muy alta frecuencia            | 30- 300MHz    |
| UHF           | Ultra alta frecuencia          | 300MHz - 3GHz |
| SHF           | Súper alta frecuencia          | 3 - 30GHz     |
| EHF           | Extremadamente alta frecuencia | 30 - 300GHz   |

Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

#### *2.3.2.4 Sistemas de Antenas*

Una antena es un componente necesario de cualquier sistema inalámbrico.

La antena surgió cuando nació la existencia de ondas electromagnéticas esto se demostró por primera vez por Heinrich Hertz hace más de 113 años. Desde entonces, se inventaron muchas antenas simples pero eficientes para apoyar el crecimiento de la tecnología de radiofrecuencia (RF).

Las antenas son un componente muy importante de los sistemas de comunicación. Por definición, una antena es un dispositivo utilizado para transformar una señal de RF, viajar en un conductor, en una onda electromagnética en el espacio. Las Antenas tienen una característica conocida como reciprocidad, lo que significa que una antena mantendrá las mismas características sin importar si es transmitiendo o recibiendo. La mayoría de antenas son dispositivos resonantes, que operan eficientemente sobre una banda de frecuencia relativamente estrecha. Una antena debe estar sintonizada en la misma banda de frecuencia del sistema radio a la cual está conectado, de lo contrario la recepción y la transmisión será personas con problemas. Cuando una señal se alimenta en una antena, la antena emitirá radiación distribuida en el espacio de una determinada manera.

#### 2.3.2.4.1 *Antenas de Radio*

##### 2.3.2.4.1.1 *Antena Omnidireccional*

Una antena Omnidireccional se utiliza para crear puntos calientes transmitiendo una señal sobre un área grande en todas las direcciones o recepción de señales en todas direcciones cuando la ubicación de la transmisión es desconocida o muy cerca. Antenas Omni WiFi no necesitan ser señaladas desde su cono de radiación es de 360 grados, trabajando en todas las direcciones. Cada antena específica tiene un grado de Ganancia dBi número que coincide con el rendimiento. Cuanto mayor sea el dBi valorar el más grande el área de la señal cubre.



**Figura 13-2: Antena Omnidireccional**

Fuente: (PIFI Networks, 2017)

#### 2.3.2.4.1.2 Antena Direccional

Antenas direccionales como su nombre lo indica se refiere a la cobertura de la señal en una dirección especificada. A diferencia de antenas omnidireccionales, direccionales deben orientarse en la dirección de la señal transmisor o receptor que puede ser por ejemplo un router o punto de acceso WiFi. A la hora de apuntar la antena, el usuario debe estar en la señal para la mejor resistencia y calidad. La manera para asegurar que su objetivo es mejor es saber el ancho del cono de recepción en la que tiene la antena.



**Figura 14-2: Antena Direccional**

Fuente: (PIFI Networks, 2017)

#### 2.3.2.4.1.3 Antena de Microondas

Antenas de microondas están diseñados para sistemas de microondas de corto y largo plazo en todas las gamas de común frecuencia de 4 GHz y 60 GHz. Las antenas son productos rentables para enlaces de transmisión de microondas punto a punto disponibles en tamaños de 1 ft (0,3 m) hasta 15 diámetros de ft (1,2 m).



**Figura 15-2: Antena Microondas**

Fuente: (PIFI Networks, 2017)

A continuación, una tabla comparativa sobre las características de Medios para comunicación alámbrica e inalámbrica.

**Tabla 2-2: Características de Medios para Comunicación Alámbrica e Inalámbrica**

| Características              | Medios para comunicación Alámbrica |               |                   |                        | Medios para comunicación Inalámbrica    |  |  |  |
|------------------------------|------------------------------------|---------------|-------------------|------------------------|---|--|--|--|
|                              | Cables de Pares Trenzados          |               | Cables Coaxiales  | Cables de Fibra óptica | Microondas Terrestres                   | Microondas por Satélite                | Ondas de radio                         | Infrarrojos                                |
|                              | UTP                                | STP           |                   |                        |   |  |  |  |
| Rango de frecuencias GHz Hz  | 1 - 100 MHz                        | 1 - 300 MHz   | 0 - 500 MHz       | 180 - 370THz           | 2 - 40 GHz                              | 2 - 40 GHz                             | 30 MHz - 1 GHz                         | $3 \times 10^{11}$ - $2 \times 10^{14}$ Hz |
| Atenuación típica            | ~ 20 dB/100m                       | ~ 10 dB /100m | 7 dB /Km - 10 MHz | 0,2 - 0,5 dB/Km        | $L=10 \cdot \log [4\pi d/\lambda]$ 2 dB | $L=10 \cdot \log [4\pi d/\lambda]$ 2dB | $dB=10 \log(p1/p2)$                    | Bajo                                       |
| Retardo típico               | 5µs/Km                             | 5µs/Km        | 4µs/Km            | 5µs/Km                 | 3µseg/Km<br>$v=c=3 \cdot 10^8$ m/s      | 240mseg/sa lto                         | 5µs/milla                              | Las paredes las bloquean.                  |
| Separación entre repetidores | 2 Km                               | 2 Km          | 1 - 9 Km          | 40 Km                  | 50 - 100 km                             | 36,000 km                              | Ondas milimétricas entre de 1km - 10km | 200 m                                      |
| Velocidad                    | 1 - 100 Mbps                       | 1 - 150 Mbps  | 1 Mbps - 1Gbps    | 10Mbps - 1Gbps         | 1Mbps - 10Gbps                          | 1Mbps - 10Gbps                         | 1 - 10 Mbps                            | 9,6 - 19,2 Kbps                            |
| Precio                       | Bajo                               | Moderado      | Medio             | Alto                   | Alto                                    | Alto                                   | Moderado                               | Alto                                       |

Fuente: (Alvear, Mendieta, & Yanes, 2012)

## 2.4 Topologías de Red

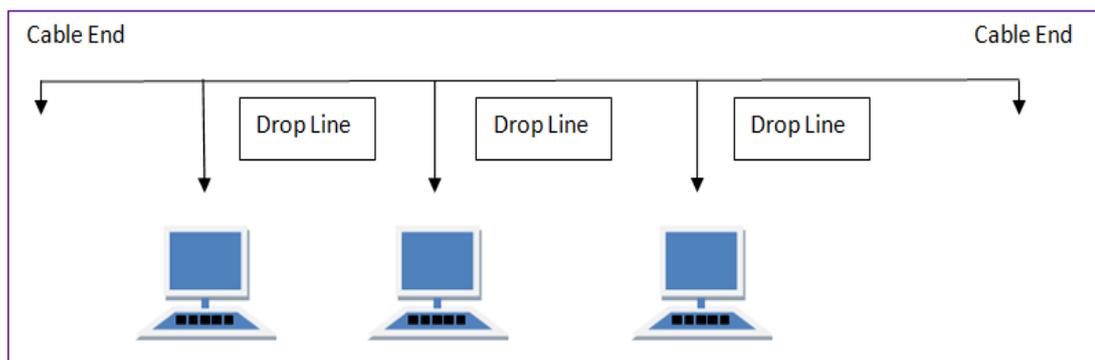
Una topología de red es la disposición de una red, incluyendo sus nodos y líneas de conexión. Hay dos maneras de definir la geometría de la red: la topología física y la topología lógica (o señal). Topologías de red se clasifican en los siguientes tipos básicos:

- Autobuses
- Anillo
- Estrella
- Árbol
- Malla

### 2.4.1 Topología de Buses

Redes de autobús utilizan una estructura común para conectar todos los dispositivos. Un único cable, la columna vertebral funciona como un medio de comunicación compartida de los dispositivos los cuales se acoplan con un conector de interfaz. Un dispositivo para comunicarse con otro dispositivo en la red envía un mensaje de difusión en el cable que todos los demás dispositivos, pero solamente el destinatario realmente acepta y procesa el mensaje.

Las topologías de bus Ethernet son relativamente fáciles de instalar y no requiere mucho cableado en comparación con las alternativas. 10Base-2 ("ThinNet") y 10Base-5 ("ThickNet"). Las redes de autobús funcionan mejor con un número limitado de dispositivos. Sí el cable de backbone falla, toda la red efectivamente se convierte en inutilizable.



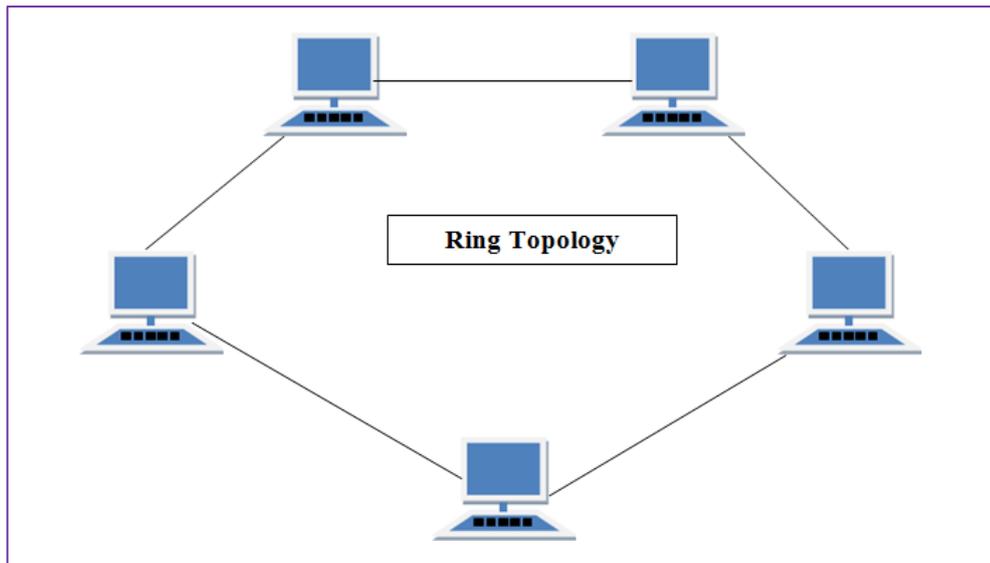
**Figura 16-2: Topología Bus**

Fuente: (Studytonight, 2017)

### 2.4.2 Red Anillo

En una red de anillo, cada dispositivo tiene exactamente dos vecinos para fines de comunicación. Todos los mensajes viajan a través de a anillo en la misma dirección ("derecha" o "izquierda"). Un fracaso en cualquier cable o dispositivo rompe el bucle y puede acabar con toda la red.

Para implementar una red de anillo, por lo general uno utiliza tecnología SONET, FDDI o Token Ring. Topologías de anillo se encuentran en algunos edificios de oficinas o escuelas.



**Figura 17-2: Red Anillo**

Fuente: (Studytonight, 2017)

#### *2.4.2.1 Ventajas topología de anillo:*

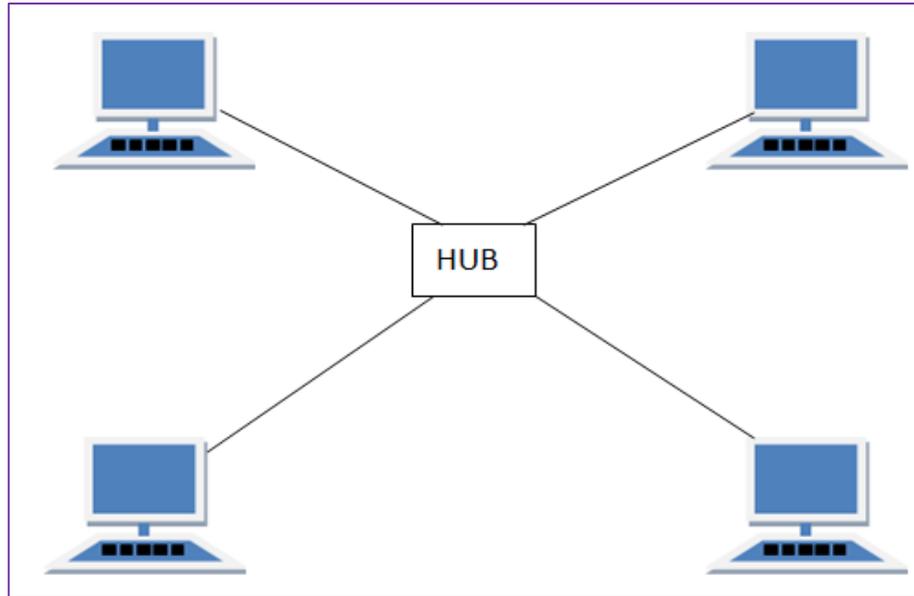
Este tipo de topología de red es muy organizado. Esto ayuda a reducir las posibilidades de colisión. Además, todo el tráfico en una topología de anillo a un flujo de muy alta velocidad en solamente una dirección.

Cuando aumenta la carga de la red, su rendimiento es mejor que una topología de bus. Cada equipo tiene igual acceso a los recursos.

#### **2.4.3 Red Estrella**

La topología de estrella es utilizada en redes domésticas. Una de las características de una red en estrella es que tiene un punto de conexión central llamado un "nodo " que puede ser un switch o router.

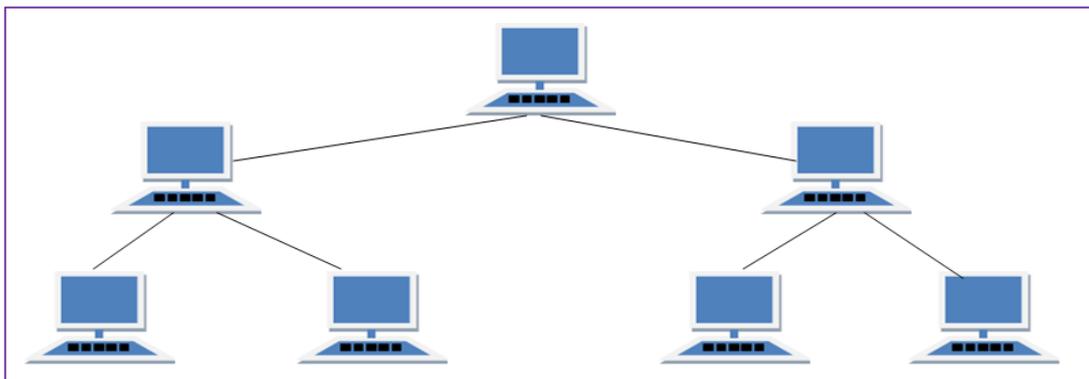
En comparación con la topología de bus, una red en estrella generalmente requiere más cable, pero un fallo en cualquier cable de red en estrella sólo tendrá acceso a la red de una computadora y no la LAN entera.



**Figura 18-2: Red Estrella**  
Fuente: (Studytonight, 2017)

#### 2.4.4 Red Árbol

Tiene un nodo raíz y todos los otros nodos están conectados a él formando una jerarquía. También se llama topología jerárquica. Por lo menos debe tener tres niveles de la jerarquía.

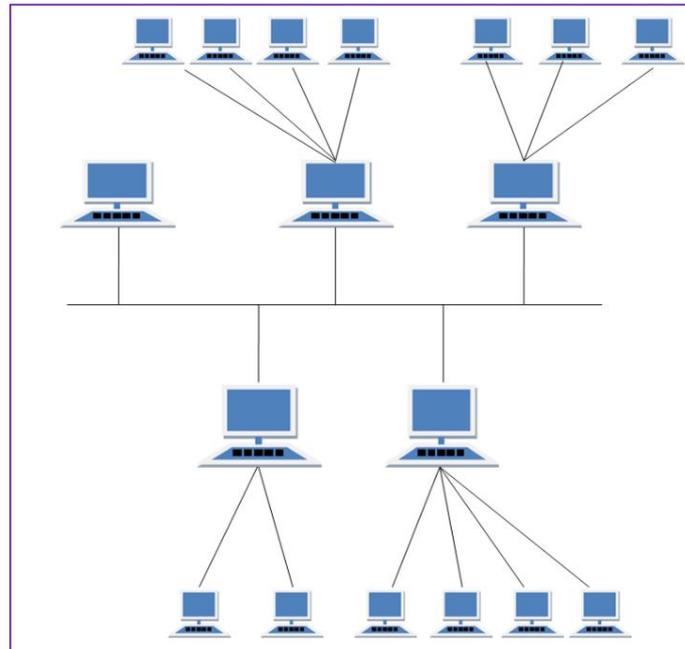


**Figura 19-2: Red Árbol**  
Fuente: (Studytonight, 2017)

#### 2.4.5 Red Malla

Topología de malla introduce el concepto de rutas. A diferencia de cada una de las topologías anteriores, los mensajes enviados en una red de malla pueden tomar cualquiera de varios posibles caminos de fuente a destino. Una red de malla es la que cada dispositivo se conecta a todos los

demás se llama un acoplamiento completo. Como se muestra en la figura 20-2 existen redes de malla parcial en la que algunos dispositivos se conectan indirectamente a los demás.

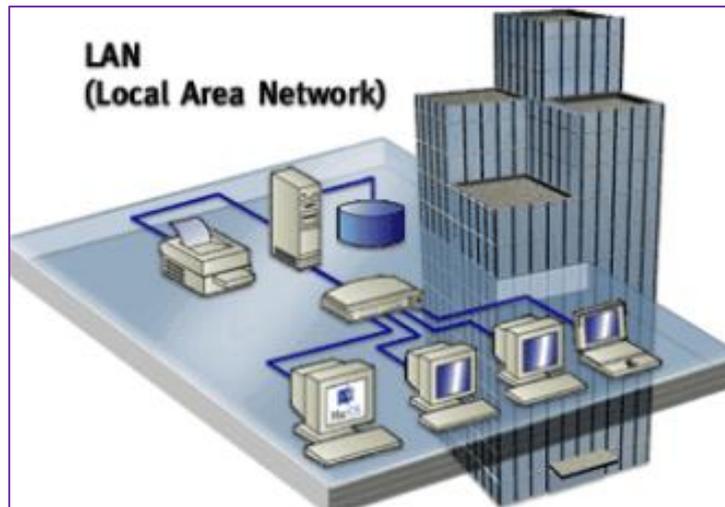


**Figura 20-2: Red Malla**  
Fuente: (Studytonight, 2017)

## 2.5 Redes de Comunicaciones

### 2.5.1 Redes LAN

Una red de área local (LAN) es un grupo de computadoras y dispositivos asociados que comparten una línea común de comunicación o enlace inalámbrico a un servidor. Por lo general, una LAN abarca Computadoras y periféricos conectados a un servidor dentro de un área geográfica distintivo como una oficina o un establecimiento comercial. Computadoras y otros dispositivos móviles utilizan una conexión LAN para compartir recursos como una impresora o un almacenamiento en red.

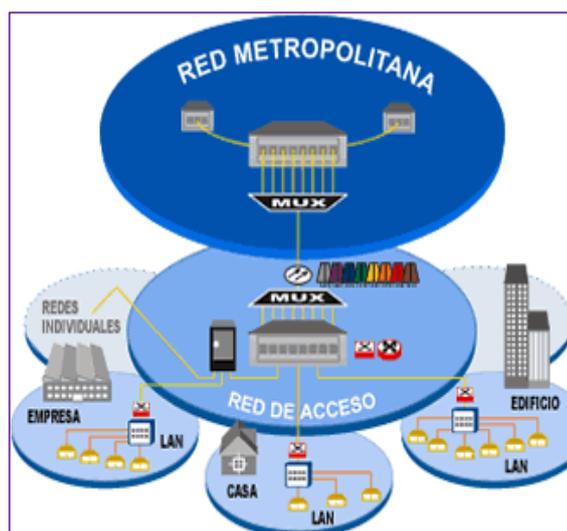


**Figura 21-2: Red LAN**  
Fuente: (Zandbergen, 2017)

### 2.5.2 Redes MAN

Una red de área metropolitana (MAN) es una red que interconecta los usuarios de recursos informáticos en un área geográfica o región más que cubrieron por incluso una gran red de área local (LAN) pero más pequeño que el área cubierta por una red de área amplia (WAN). También se utiliza para la interconexión de varias redes de área local.

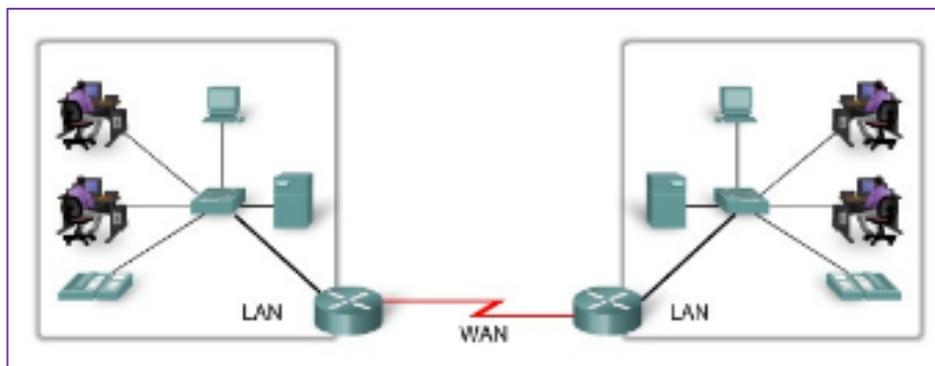
El tamaño de la red cae intermedio entre LANs y WANs. Un hombre por lo general cubre un área de entre 5 y 50 km de diámetro.



**Figura 22-2: Red MAN**  
Fuente: (Zandbergen, 2017)

### 2.5.3 *Redes WAN*

Una red de área amplia (WAN) es una red de telecomunicaciones privada distribuida geográficamente que interconecta varias redes de área local (LAN). En una empresa, una red WAN puede consistir en las conexiones a la sede de la empresa, sucursales, servicios en la nube y otros servicios. Por lo general, un router u otro dispositivo de múltiples funciones se utiliza para conectar una LAN a una WAN. WAN de empresa permiten a los usuarios compartir el acceso a aplicaciones, servicios y otros recursos. Esto elimina la necesidad de instalar el mismo servidor de aplicaciones, firewall u otros recursos en varias ubicaciones. Enlaces de directos de la fibra óptica también se utilizan para conectar una red WAN – y casi siempre ofrecen mayor rendimiento, fiabilidad y seguridad de VPN.



**Figura 23-2: Red WAN**

Fuente: (Fairhurst, 2001)

### 2.5.4 *Redes Industriales*

#### 2.5.4.1 *Componentes de Redes Industriales*

Un cable no es suficiente para conectar todos los nodos de red de una Red Industrial. A continuación, detallaremos componentes que ayudaran a su correcto funcionamiento

##### 2.5.4.1.1 *Repetidor*

Un repetidor conecta dos segmentos de su cable de una red. Regenera las señales de amplitud correcta y envía a los otros segmentos. Los Repetidores requieren una pequeña cantidad de tiempo para regenerar la señal. Esto puede causar un retardo de propagación que puede afectar la comunicación de la red cuando hay varios repetidores en una fila. Muchas arquitecturas de red

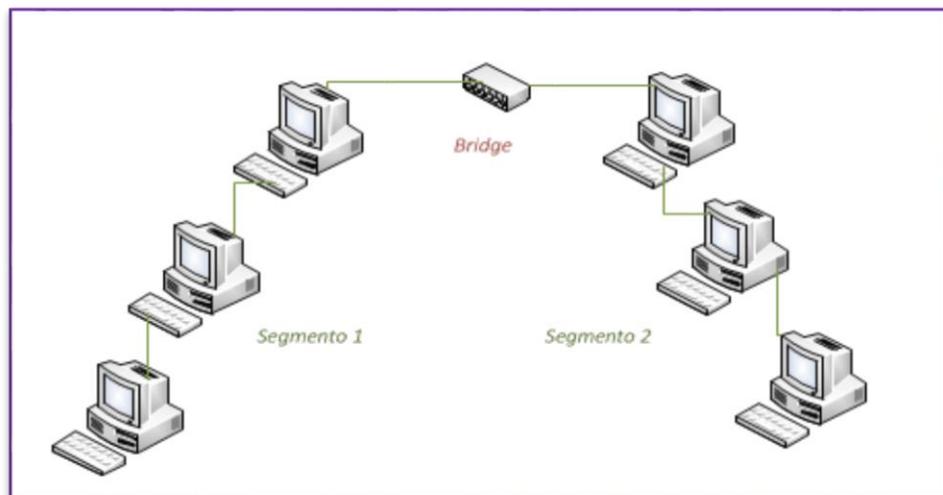
limitan el número de repetidores que puede ser utilizado en una fila. Los repetidores funcionan solamente en la capa física del modelo OSI.



**Figura 24-2: Repetidor**  
Fuente: (Skynet Group, 2005)

#### 2.5.4.1.2 Bridge

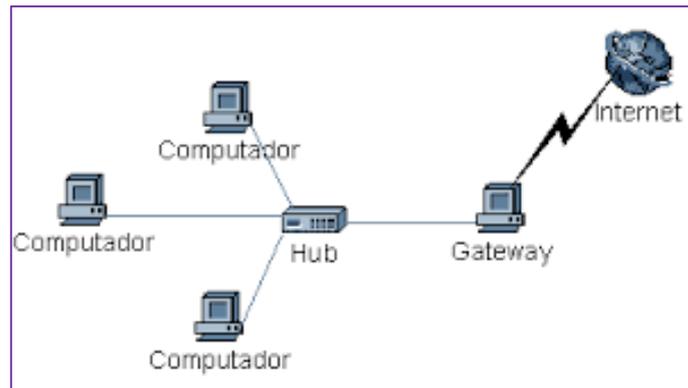
Bridge conocido también como un puente lee la sección más externa de los datos en el paquete de datos, a donde va el mensaje. Reduce el tráfico en otros segmentos de red, ya que no envía todos los paquetes. Pueden ser programados para rechazar los paquetes de redes particulares. Un bridge no puede leer direcciones IP, lee sólo la dirección de hardware exterior del paquete. Un bridge reenvía todos los mensajes de difusión no permiten conexión de redes con arquitecturas distintas.



**Figura 25-2: Bridge**  
Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

### 2.5.4.1.3 Gateway

Un gateway puede traducir información entre redes diferentes formatos o arquitecturas de red. La mayoría operan en la capa de aplicación, pero pueden funcionar en la capa de red o de una sesión del modelo OSI. Gateways comenzará en el nivel inferior y envía información hasta llegar al nivel requerido y volver a empaquetar la información para tomar su camino de regreso hacia la capa de hardware del modelo OSI.



**Figura 26-2: Gateway**  
Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

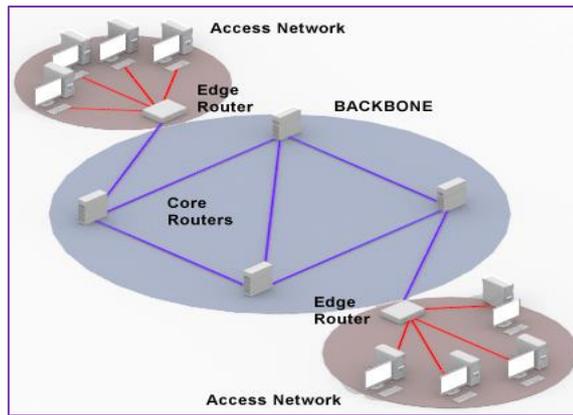
### 2.5.4.1.4 Enrutador

Se utiliza un router para enrutar paquetes de datos entre dos redes. Lee la información en cada paquete a donde va. Enrutamiento se produce en la capa de red del modelo OSI. Pueden conectar redes con arquitecturas diferentes como Ethernet y Token Ring. Aunque puede transformar la información en el nivel de enlace de datos, los routers pueden transformar información de formato de datos como TCP/IP a otro tales como IPX/SPX. Routers no envían paquetes de difusión o paquetes corruptos. Si la tabla de enrutamiento no indica la dirección apropiada de un paquete, el paquete se descarta.

## 2.6 Equipos Networking

### 2.6.1 Router de Core

Es un enrutador que reenvía paquetes a los hosts de la computadora dentro de una red (pero no entre redes). Un router de core a veces se contrapone a un enrutador de borde, que encamina paquetes entre una red autónoma y otras redes externas a lo largo de una red troncal. Los enrutadores que componen la columna vertebral de Internet son routers de core.



**Figura 27-2: Estructura de Route de Core**  
Fuente: (PCMag, 2016)

### 2.6.2 Router de Acceso

Este tipo de router permitirá tener conexiones entre las redes WAN de las locaciones a los distintos campamentos.

### 2.6.3 Switch de Core

Un switch de core es un interruptor de alta capacidad, generalmente colocado dentro de la columna vertebral o base física de una red. Interruptores principales sirven como puerta de entrada a una red de área amplia (WAN) o Internet - proporcionan el punto final de la agregación para la red y permiten múltiples módulos de agregación trabajar juntos.

### 2.6.4 Access Control Security

Un Access Control Security es una técnica de seguridad que puede utilizarse para regular quién o lo que pueden ver o utilizar los recursos en un entorno informático.

Hay dos tipos principales de control de acceso: física y lógica. Límites de control de acceso físico acceso a escuelas, edificios, habitaciones y física activos. Acceso lógico limita las conexiones a redes de ordenadores, archivos de sistema y datos.

### 2.6.5 Wireless LAN Controller

Controladores inalámbricos ayudan a reducir gastos de operación global mediante la simplificación despliegue de red, operaciones y administración.

Estos controladores proporcionan seguridad de red única y optimización para clientes móviles habilitados para IPv6 y de punto de acceso de próxima generación desde las sucursales, a las pequeñas empresas, campus principales y proveedores de servicios.

Un Wireless LAN Controller admiten funciones de todo el sistema para entregar:

- Flexibilidad para configurar las opciones de política, gestión o seguridad inalámbricas en cualquier momento centralizado.
- Configuración de punto de acceso estándar para control de versiones de software
- Calidad de servicio (QoS) para voz y video a través de Wi-Fi y por cable.

## **2.7 Protocolos**

### **2.7.1 TCP**

TCP es un protocolo de capa de transporte utilizado por las aplicaciones que requieren de entrega garantizadas. Es un protocolo que proporciona el control de tiempos de espera y retransmisiones. TCP establece una conexión virtual full dúplex entre dos extremos. Cada extremo está definido por una dirección IP y un número de puerto TCP. El funcionamiento de TCP se implementa como una máquina de estados finitos. Se transfiere el flujo de bytes en segmentos. El tamaño de la ventana determina el número de bytes de datos que pueden enviarse antes de un reconocimiento del receptor.

### **2.7.2 SNMP**

SNMP es un protocolo para administración de redes. Se utiliza para recopilar información y configuración, dispositivos de red, como servidores, impresoras, hubs, switches y routers en una red de protocolo de Internet (IP).

Redes grandes con cientos o miles de nodos son difíciles de controlar sin un gran personal para supervisar todos los equipos. SNMP, que es ampliamente utilizado en redes de área local (LAN), que le permite controlar los nodos de la red desde un host de la dirección. Se podrá monitorear dispositivos de red como servidores, estaciones de trabajo, impresoras, enrutadores, puentes y ejes, así como servicios tales como el protocolo de configuración dinámica de Host (DHCP).

Mediante SNMP, se podrá supervisar el rendimiento de la red, auditar el uso de la red, detectar fallas de la red o acceso inadecuado y en algunos casos configurar dispositivos remotos. SNMP está diseñado para implementarse en el mayor número posible de dispositivos de red, para tener un impacto mínimo en los nodos administrados.

### **2.7.3 CIP**

CIP es un protocolo Industrial que abarca un conjunto completo de mensajes y servicios para las aplicaciones de automatización, control, seguridad, sincronización, movimiento, configuración e información. Este protocolo permite a los usuarios integrar aplicaciones con redes Ethernet de nivel empresarial y el Internet.

El protocolo CIP nos permite:

- Integración coherente de control de E/S, configuración de dispositivos y recopilación de datos
- Flujo transparente de información a través de múltiples redes
- Capacidad para implementar redes de múltiples capas
- Minimizada la inversión en sistema de ingeniería, instalación y puesta en marcha
- Libertad para elegir el mejor de raza los productos, con la garantía de precios competitivos y baja integración de costos.

### **2.7.4 OSPF**

El protocolo OSPF es de una familia de protocolos de enrutamiento IP y es un protocolo de Gateway Interior (IGP) para el Internet, utilizado para distribuir la información de enrutamiento de IP a través de un sistema autónomo.

El protocolo OSPF es un protocolo de enrutamiento de link-state, que significa que los routers intercambien información de topología con sus vecinos más cercanos.

La principal ventaja de OSPF es que el conocimiento completo de la topología permite routers calcular rutas que satisfacen los criterios particulares, esto es útil para fines de ingeniería de tráfico donde rutas pueden ser limitadas para satisfacer la calidad particular de los requerimientos de servicio.

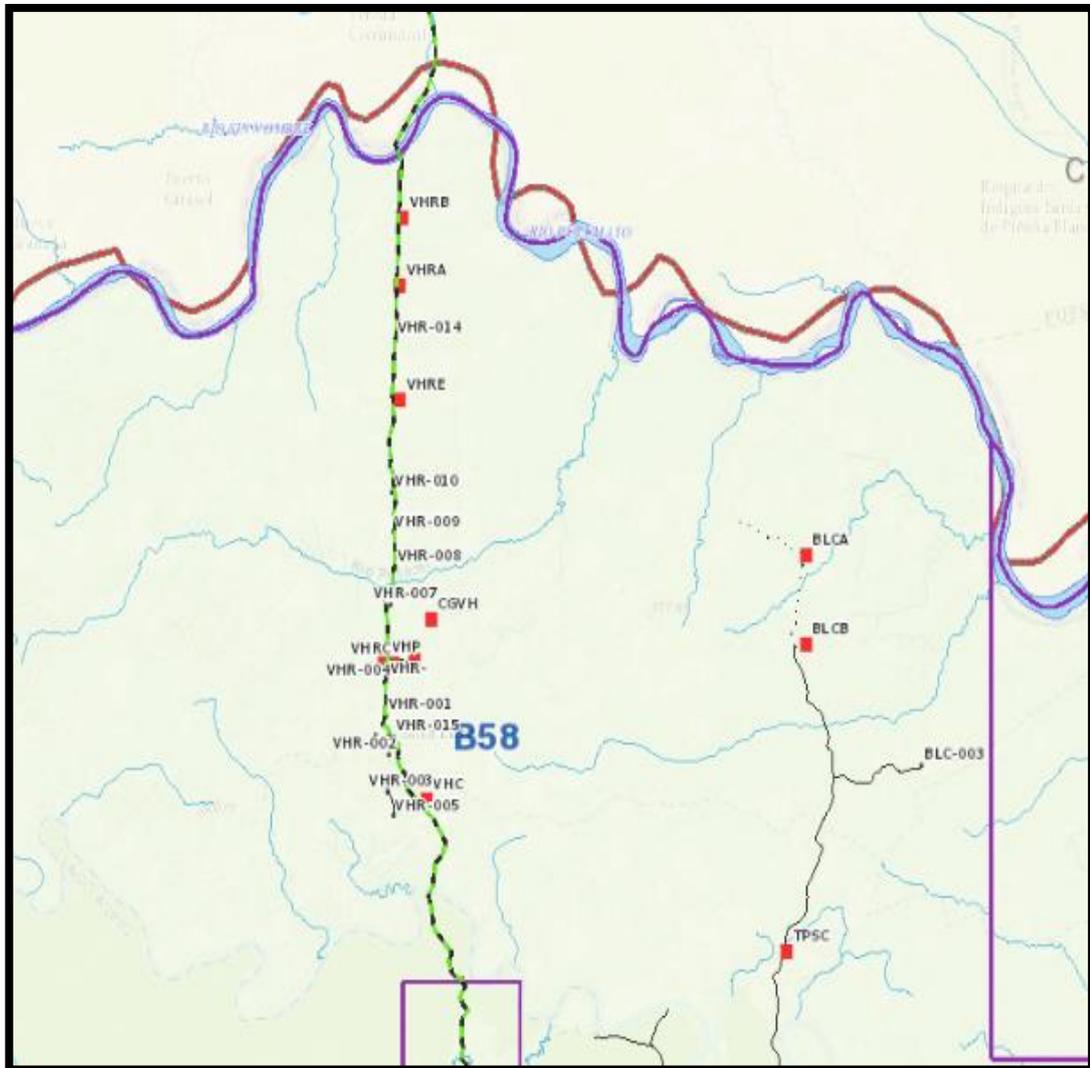
Cada router OSPF distribuye información sobre su estado local (interfaces usables y accesibles vecinos y el costo de uso de cada interfaz) a otros routers usando un mensaje de anuncio de estado de enlace (LSA). Cada router utiliza los mensajes recibidos para construir una base de datos idéntica que describe la topología de la AS.

## CAPÍTULO III

### 3. ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES RED SCADA

#### 3.1 Sistema SCADA Actual

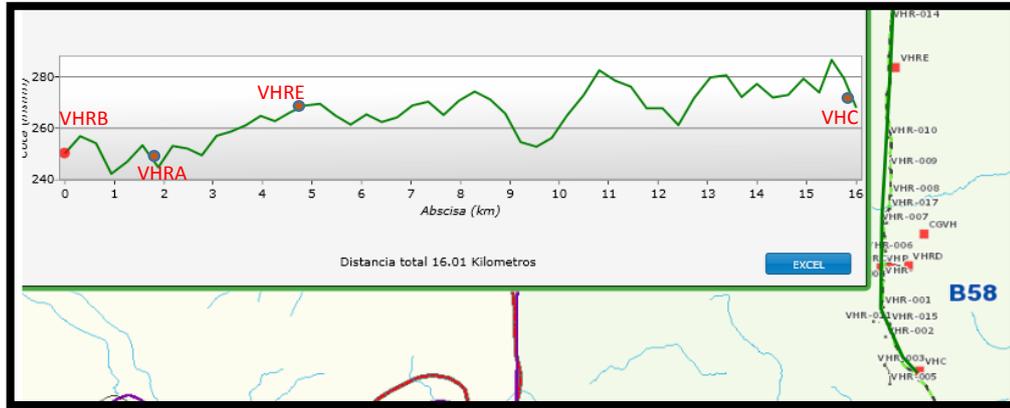
En la Figura 1-3 se detalla ubicación de las estaciones que se analizarán. Ubicación Geográfica



**Figura 1-3: Ubicación Geográfica Estaciones**

Fuente: (PAM, 2017)

### 3.1.1 Perfil topográfico



**Figura 2-3: Perfil Topográfico Estaciones**  
Fuente: (PAM, 2017)

En la Tabla 1-3 se detalla las coordenadas geográficas de las 4 locaciones que se utilizaran para este análisis:

**Tabla 1-3: Coordenadas Geográficas**

| LOCACIONES | COORDENADAS GEOGRÁFICA               |
|------------|--------------------------------------|
| VHRB       | N: 0°24'27.859''<br>W:76°17'30.382'' |
| VHRA       | N: 0°23'27.788''<br>W:76°17'32.817'' |
| VHRE       | N: 0°21'51.187''<br>W:76°17'31.193'' |
| VHC        | N: 0°16'0.339''<br>W:76°17'5.27''    |

Realizado por: VASCONEZ, Beatriz, 2019

### 3.2 Infraestructura Actual

Actualmente se dispone de equipo (hardware) que detallamos a continuación:

- Switch Ntron Industrial modelo 708TX equipo no administrable (Vlan 1)



**Figura 3-3: Perfil Topográfico Estaciones**  
Fuente: (Products for Automation, 2017)

- PLC locales conectados al switch N-Tron



**Figura 4-3: PLC Local**  
Fuente: (SIEMENS, 2017)

- Computador para lectura local con software local WEB para administración del PLC de la estación.
- Los equipos antes mencionados se encuentran conectados por medio de cableado estructurado categoría 5E.

De forma adicional en otras locaciones de la empresa se dispone de los equipos que se detallan a continuación:

**Tabla 2-3: Equipamiento Existentes**

| NOMBRE                  | DETALLE  | MODELO       |
|-------------------------|--|--------------|
| <b>Router de Core</b>   | Equipo de backbone con total redundancia en hardware usado cuando se requiere concentrar más de 16 canales E1´s.<br>Se instala en las oficinas centrales y campamentos.  | CISCO7604    |
|                         | Equipo de backbone con redundancia única en fuente de energía y cuando se requiere hasta 16 canales E1´s. Se instala en campamentos.   | CISCO3925/K9 |
| <b>Router de Acceso</b> | Usado para conexiones WAN por microondas para la interconexión de campamentos con sus locaciones. Dispone de hasta 8 canales E1´s.<br>Es el modelo anterior al Cisco 2911 y se comprará solo en caso de remplazar a un equipo de su misma familia. | CISCO2811/K9 |
|                         | Usado para conexiones WAN por microondas para la interconexión de campamentos con sus locaciones. Dispone de hasta 8 canales E1´s.   | CISCO2911/K9 |
| <b>Switch de Core</b>   | Equipo de backbone con total redundancia en hardware y de alta performance usado en el Data Center principal.  | WS-C6509-E   |

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
|                         | Equipo de backbone con total redundancia en hardware y de alta performance usado en el Data Center de Campamentos.   | WS-C4510R+E   |
| <b>Switch de Acceso</b> | Switch sin fuente integrada POE y utilizado en la red Automatización. Número de puertos: 24.   | WS-C3750X-24T-S<br>WS-C3750G-24T-S<br>→ modelo anterior aun operativo |
|                         | Switch con fuente integrada POE usada para arreglos de switch en modo stack. Además cuando se proyecte una densidad de crecimiento de hasta 9 equipos switch en conexión stack. Numero de puertos: 48.   | WS-C3750X-48P-S<br>WS-C3750G-48T-S<br>→ modelo anterior aun operativo |
|                         | Switch sin fuente integrada POE usada para arreglos de switch en modo stack. Además cuando se proyecte una densidad de crecimiento de hasta 9 equipos switch en conexión stack. Numero de puertos: 48.   | WS-C3750X-48T-S<br>WS-C3750G-48T-S<br>→ modelo anterior aun operativo |
|                         | Switch con fuente integrada POE. Se aplica en conexiones donde no se requiere realizar un arreglo de switch en modo stack. Número de puertos: 48   | WS-C3560X-48P-S<br>WS-C3750G-48P-S<br>→ modelo anterior aun operativo |
|                         | Switch sin fuente integrada POE usada para arreglos de switch en modo stack. Además cuando se proyecte una densidad de crecimiento de hasta 4 equipos switch en conexión stack. Numero de puertos: 48. Se utiliza también para conexiones iLo. | WS-C2960S-48TS-L  |
|                         | Switch con fuente integrada POE usada para arreglos de switch en modo stack. Además cuando se proyecte una densidad de crecimiento de hasta 4 equipos switch en conexión stack. Número de puertos: 48.   | WS-C2960S-48PS-L  |
|                         | Switch sin fuente integrada POE usada para sitios donde se requiere un número máximo de 24 puertos y no es necesario arreglos de stack.  | WS-C2960-24TS-L   |

|                                |  |  |
|--------------------------------|--|--|
|                                | Switch con fuente integrada POE usada para sitios donde se requiere un número máximo de 24 puertos y no es necesario arreglos de stack.  | WS-C2960-24PS-L  |
|                                | Switch sin fuente integrada POE usada para sitios donde se requiere un número máximo de 8 puertos.   | WS-C2960G-8TC-L  |
| <b>Firewall</b>                | Equipo de backbone utilizado para las seguridades perimetrales de la red de SCADA con SISTEMAS DE MONITOREO con proveedores externos.  | ASA5505-SEC-BUN-K9   |
|                                | Equipo de backbone utilizado para las seguridades perimetrales de la red de NEGOCIOS SCADA Y AUTOMATIZACION.   | ASA5510-SEC-BUN-K9   |
|                                | Equipo de backbone utilizado para las seguridades perimetrales de acceso a INTERNET.   | ASA5520-SEC-BUN-K9   |
| <b>Access Control Security</b> | Equipo de backbone.<br>Ya no se comprará este modelo debido a la migración a la plataforma CISCO ISE.  | CISCO SECURE ACS V4.2  |
| <b>Wireless Lan Controller</b> | Equipos de Backbone y se selecciona el modelo en función del número de AP a gestionar.<br>Actualmente se tienen los equipos equivalentes en la familia 4400 pero se está migrando de familia paulatinamente. | AIR-CT2504-25-K9→5AP<br>AIR-CT2504-15-K9→15AP<br>AIR-CT2504-25-K9→25AP |
| <b>Wireless Indoor</b>         | Para accesos wireless de las laptops. Se instala en el interior de las oficinas y campamentos.   | AIR-LAP1142N-A-K9  |
| <b>Access Point Outdoor</b>    | Equipos Wireless con antena integrada. Utilizada para enlaces de corta distancia (1 Km) punto a punto y/o conexiones a sistemas multipunto.  | AIR-BR1310G-A-K9   |
|                                | Equipos Wireless para conexión con antena externa omnidireccionales utilizado en modo ROOT como sistema de acceso multipunto; también se ocupa en enlaces punto a punto de                                   | AIR-BR1310G-A-K9-R   |

|  |  |                |
|--|--|----------------|
|  | mediana distancia (5 Km) con conexión de antenas externas tipo grilla o yagui.   |                |
| <b>Antenas (Para Red Inalámbrica)</b>  | Se utiliza en la banda de 1350 MHz a 1535 MHz, para redes de punto a punto de microondas. Tienen una excelente radiación, rendimiento y fácil instalación. | Mini Grid-MGAR |
| <b>Radios de Última Milla o Acceso</b> | Se utilizara radios con ancho de banda 1 MHz y una capacidad de 2xE1.Servira para dar conectividad a plataformas de producción o exploración.              | LEDR-1400      |
| <b>Radios para backbone</b>            | Se utilizara radios con ancho de banda 2 MHz y una capacidad de 4xE1.Se utilizara para radio enlaces de backbone.  | LEDR-1400      |

Realizado por: VASCONEZ, Beatriz, 2019

- **Servidores**

Se seleccionará un servidor acorde a la aplicación que se requiera manejar. El uso, se considera que pueden ser físicos o virtuales. Se considerará la virtualización de los servidores con el objeto de tener un mejor rendimiento del sistema a un menor costo ya que se aprovecha la capacidad y potencia de los equipos actuales permitiendo alcanzar la máxima eficiencia tecnológica. Los criterios de selección del tipo de servidor (sea este físico o virtual) a utilizar está relacionado con lo que se pretende llegar acorde a la siguiente tabla.

Para definir la redundancia se deberá evaluar si el servidor tiene una alta disponibilidad, consecuentemente una redundancia que podrá ser del tipo físico mediante hardware, virtual mediante software o su combinación, adicional se deberá considerar un sistema informático que permita reiniciar automáticamente los servidores cuando uno falle, sin pérdida de datos o de control de la planta.

**Tabla 3-3: Criterios para uso de Servidores**

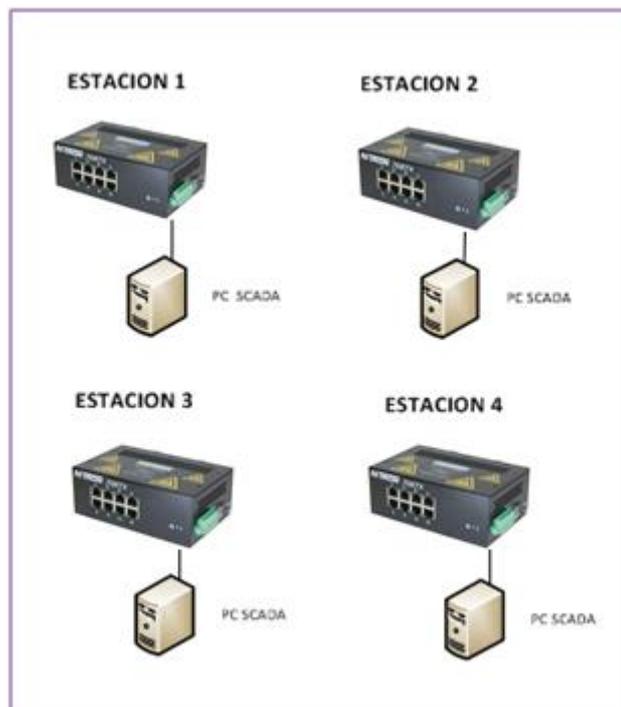
| ARQUITECTURA | CRITERIOS  | TIPO DE SERVIDOR EN NIVEL 2  | TIPO DE SERVIDOR EN NIVEL 3  |
|--------------|--|--|--|
| Alta         | <p>Se establece en general y como mínimo el uso de servidores para: HMI, Datos, OPC, y de Directorio. Además, existirá la posibilidad de almacenamiento de datos en el nivel de gestión de producción (nivel 3), para: Activos e Historiadores. Su utilización se direcciona dentro del control supervisor de la planta, e incluye como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HMI.- Almacenamiento de pantallas de gráficas y alarmas.</li> <li>• Datos.- Enlace entre redes, dispositivos, aplicaciones, clientes HMI, estaciones de operación e ingeniería.</li> <li>• OPC.- Conectividad por interfaz OPC entre los controladores, HMI y un dispositivo externo.</li> <li>• Directorio.- Directorio de recursos para servicio de búsqueda de datos almacenados</li> <li>• Activos.- Manejo de información de activos de automatización, como PLC, instrumentos, etc., para auditorías, notificaciones de cambio, reportes, etc.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Servidor HMI</li> <li>• Servidor de Datos</li> <li>• Servidor OPC</li> <li>• Servidor Directorio</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Servidor master de Históricos (existente)</li> <li>• Servidor de Activos</li> </ul> |

|       |   |  |   |
|-------|---|--|---|
| Media | <p>Se estableció, en general y como mínimo, el uso de servidores para: HMI, Datos, OPC, y de Directorio. Existirá la posibilidad de almacenamiento de datos en el nivel de gestión de producción (nivel 3) para Historiadores, tanto para uso dentro de la gestión de producción como en la gestión de negocios. Su utilización se direcciona dentro del control supervisor de la planta, e incluye como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•HMI: Almacenamiento de pantallas de gráficas y alarmas.</li> <li>•Datos: Enlace entre redes, dispositivos, aplicaciones, clientes HMI, estaciones de operación e ingeniería •</li> <li>•OPC: Conectividad por interfaz OPC entre los controladores, HMI y un dispositivo.</li> <li>•Directorio: Directorio de recursos para servicio de búsqueda de datos, almacenado en cualquier parte del sistema.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Servidor HMI</li> <li>• Servidor de Datos</li> <li>• Servidor OPC</li> <li>•Servidor Directorio</li> </ul> | Servidor master de Históricos   |
| Baja  | <p>Se establece el uso de servidores fuera del nivel 2 de la jerarquía funcional, por lo que no se consideran servidores a nivel local. En caso de haber la necesidad, los datos se podrán almacenar localmente en un computador, para luego ser enviados y almacenados en los servidores ubicados en el nivel de gestión de producción (nivel 3), como respaldo de información del nivel 2 y también para su uso en la</p>   | Sin servidores   | Se podrán usar los servidores de datos e históricos existentes en este nivel sólo si la facilidad lo requiere |

|  |  |
|--|--|
| gestión de negocios, por tal razón los equipos se alojan fuera de la arquitectura del sistema SCADA. |  |
|--|--|

Realizado por: VASCONEZ, Beatriz, 2019

### 3.3 Diagrama Actual



**Figura 5-3: Diagrama Actual**  
Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

### 3.4 Políticas Empresa Petrolera

Definimos esquemas y protocolos de conexión y enrutamiento en función de la capa de operación de los datos referenciados en el modelo OSI, así se tiene:

#### 3.4.1 Red SCADA

- VLAN SCADA de Procesos
- VLAN SCADA Eléctrico

- VLAN SCADA UDS
- VLAN SCADA Administración de equipos de Networking.

Los protocolos aprobados para la red de SCADA son:

**REP** → En todos los equipos con IOS que lo permita se activa REP.

**RSTP** → Para equipos Cisco donde el IOS no es desarrollado para REP por lo cual se utiliza éste protocolo.

En la red SCADA se ha definido el uso de una red metro Ethernet capa 3 con asignación de VRF para cada uno de los sistemas existentes así:

- VRF SCADA de Procesos
- VRF SCADA Eléctrico.
- VRF SCADA de UDS

### **3.5 Procedimiento Para Definir Una Arquitectura**

Para seleccionar una arquitectura específica se deberán realizar las siguientes consideraciones para la selección de dispositivos o equipos.

#### **3.5.1 Criterios Técnicos**

Para el diseño de la arquitectura SCADA se deben tomar en consideración los siguientes aspectos generales y particulares:

##### **3.5.1.1 Aspectos Generales**

Los criterios generales enunciados a continuación, están encaminados a dar facilidad de acceso a los datos de producción de la planta, y reducir costos de mantenimiento.

#### *3.5.1.1.1 Homogeneidad*

En el diseño de la arquitectura se enfatiza en soluciones homogéneas que permitan reducir el inventario.

Por ejemplo, se tratará de mantener la menor diversidad en protocolos de comunicación, asegurará menor cantidad de dispositivos, menor variedad de materiales en bodega.

#### *3.5.1.1.2 Facilidad en el Acceso de Datos*

La arquitectura permitirá una fácil recopilación y análisis de datos, de manera transparente y segura. Esto dependerá mucho del fabricante, los dispositivos y la tecnología implementada, por lo que el diseñador deberá asegurar, apoyándose en el fabricante, la capacidad del sistema para poder acceder a la información de distintos dispositivos.

#### *3.5.1.1.3 Escalabilidad*

En el diseño de la arquitectura tendrá la posibilidad de ampliación o reducción de los dispositivos, tomando en consideración factores que puedan determinar la proyección de la facilidad.

Por ejemplo, en instalaciones nuevas con un alto grado de automatización, el implementar una red de control con protocolo Ethernet/IP garantiza la escalabilidad de equipos sin detener el flujo de información.

#### *3.5.1.1.4 Sistemas de Auditoría y Administración de Cambios*

El diseño de la arquitectura permitirá consolidar los cambios a nivel de todo el sistema en una base de datos central, con el fin de acelerar la identificación y resolución de problemas inesperados en todo el sistema.

#### *3.5.1.1.5 Garantía de Monitoreo*

Se garantizara el monitoreo, especialmente en casos donde este sea imprescindible para el correcto funcionamiento y control de la planta.

Se utilizara sistemas redundantes en monitoreo (sea cliente-servidor + sistemas independientes de monitoreo) que combinados con sistemas de detección y recuperación de fallos permiten lograr un alto grado de disponibilidad y garantizar el monitoreo.

#### 3.5.1.1.6 *Arquitectura Abierta*

En el diseño de la arquitectura se mantendrá la capacidad de integración con otras plataformas, considerando los criterios descritos para las Topologías de Sistemas de Control indicados en la directriz de Automatización de Procesos. En función de la aplicación y la complejidad del sistema se puede optar por implementar una red, combinar dos redes diferentes o diseñar un sistema de redes.

#### 3.5.1.2 *Aspectos Particulares*

En el diseño de la Arquitectura SCADA se deberán tomar en cuenta los siguientes criterios para selección de las diferentes partes de la arquitectura.

##### 3.5.1.2.1 *Comunicación de Datos*

Se implementará la comunicación de datos considerando: distancia, necesidades de control, velocidad de respuesta y la topología del sistema. Estos criterios se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 4-3: Tipos de Redes, Criterios de Aplicación**

| CRITERIOS DE APLICACIÓN   | CLASE DE RED                               | NIVEL DE APLICACIÓN | NIVEL DE APLICACIÓN |
|---|--|---------------------|---------------------|
| Se identificó las siguientes necesidades: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transferencia de datos a altas velocidades<sup>11</sup> entre servidores y sistemas de información.</li> <li>• Conexión Internet/Intranet.</li> <li>• Altas tasas de información,</li> </ul> | Red de Negocios<br>/ Red de Automatización | 2, 3, 4             | Ethernet            |

<sup>11</sup> Cuando se hace referencia a altas velocidades se considera que son mayores a 10 Mbits/s (Megabytes por segundo) o en el orden de los Gbit/s (Gigabytes por segundo).

|  |              |   |   |
|--|--------------|---|---|
| Intercambio de datos con programas de Gestión de Activos, Mantenimiento y con la red SCADA   |              |   |   |
| Se identificó si existen las siguientes necesidades:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Transferencia de datos en tiempo crítico<sup>12</sup> a altas velocidades entre controladores.</li> <li>• Entrega de datos determinista y repetible.</li> <li>• Redundancia de medios.</li> </ul> | Red SCADA    | 2 | Ethernet I/P <sup>13</sup>  |
| Se identificó si existen las siguientes necesidades:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión de dispositivos a nivel de campo.</li> </ul> Exigencias de menor cableado, reducción de tiempo de Puesta en marcha.  | Red de Campo | 1 | Fieldbus<br>Modbus<br>TCP/IP <sup>14</sup><br>Modbus RTU<br>Devicenet |

Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

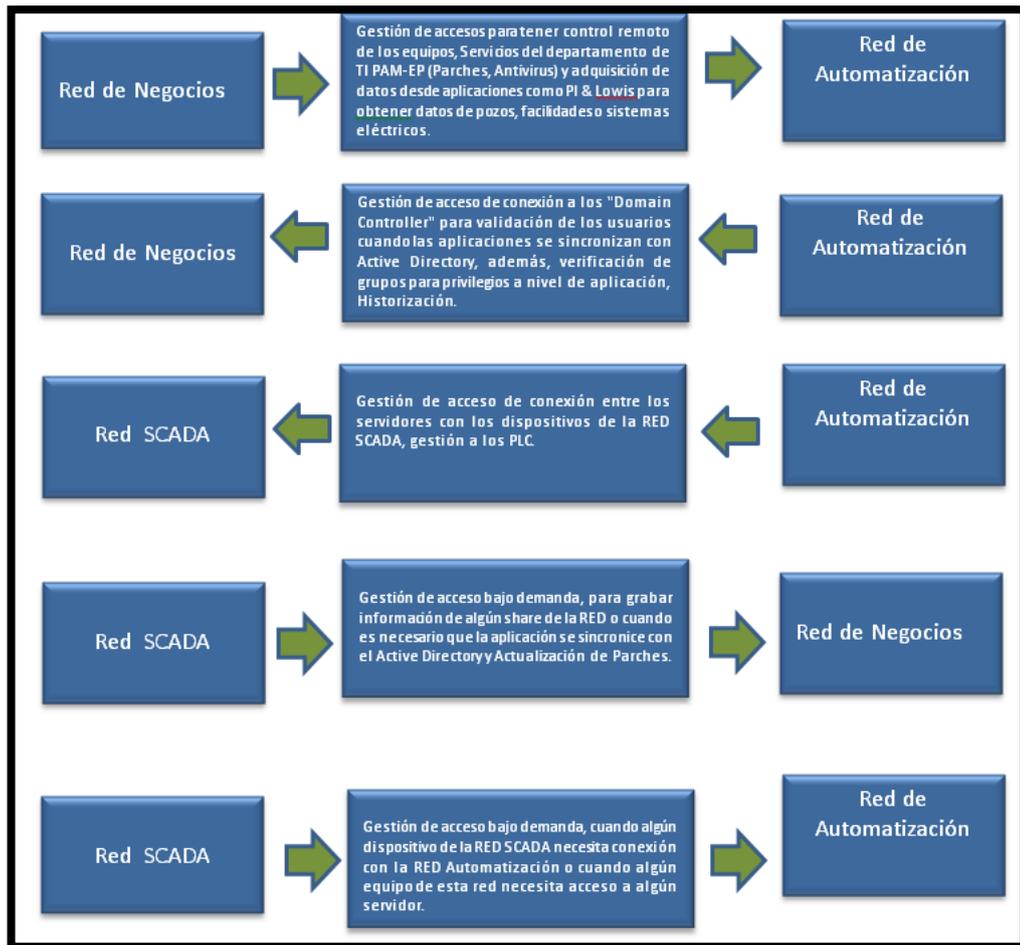
<sup>12</sup> Los tiempos críticos, están orientados al manejo de datos en tiempo real, por ejemplo, los criterios a considerar en tiempos de respuesta de hardware y de ejecución de un programa en un solucionador lógico se dan en la Directriz de Automatización de Procesos, así como las consideraciones para la especificación de equipos que manejarán adquisición de datos en tiempo real.

<sup>13</sup> Se debe considerar que la aplicación Ethernet I/P es para control del proceso y de tipo industrial, se deberá cumplir con las recomendaciones indicadas por el fabricante de los equipos para la implementación correcta de la red.

<sup>14</sup> Modbus en general, se utilizará para comunicación con elementos de baja gama donde solo se disponga de este tipo de protocolo.

### 3.5.1.2.2 Flujo de Información

Como se muestra en la Tabla anterior, existen cuatro clases de redes, de las cuales, la red de Negocios, la de Automatización y SCADA, tienen una relación estrecha en cuanto a los datos que estas pueden intercambiar entre sí como se detalla a continuación:



**Figura 6-3: Flujo de Información entre Redes**  
Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

### 3.5.1.2.3 Virtualización para la Red SCADA

Se analizará los diferentes usos de la red SCADA para implementar redes virtuales, que funcionen independientemente como una red local. Los diferentes tipos de redes SCADA que se podrán utilizar se indican a continuación:

- VLAN SCADA de Procesos. Orientado a todos los equipos que forman parte del control de proceso y que están ubicados en campo (Tanques, medidores de flujo, presiones en la línea, MLVs, etc).
- VLAN SCADA de Producción. Orientado a los equipos que forman parte de la gestión de producción. Dispositivos Lantronics (UDS), en locaciones donde se toman los datos de los Pozos (Variadores & Sensores de fondo) desde el Panel TOAS y no desde los PLCs.
- VLAN para WAN. Orientada a las redes WAN consideradas únicamente para las redes de instrumentos inalámbricas utilizados para monitorización en arquitecturas de nivel alto.
- VLAN SCADA de Administración → Para que los Especialistas TI se conecte y gestionen los dispositivos de la RED SCADA

### **3.6 Diseño de la Arquitectura**

#### **3.6.1 Diseño Físico**

Con este diseño realizaremos el control de como la información se transmitirá entre nodos

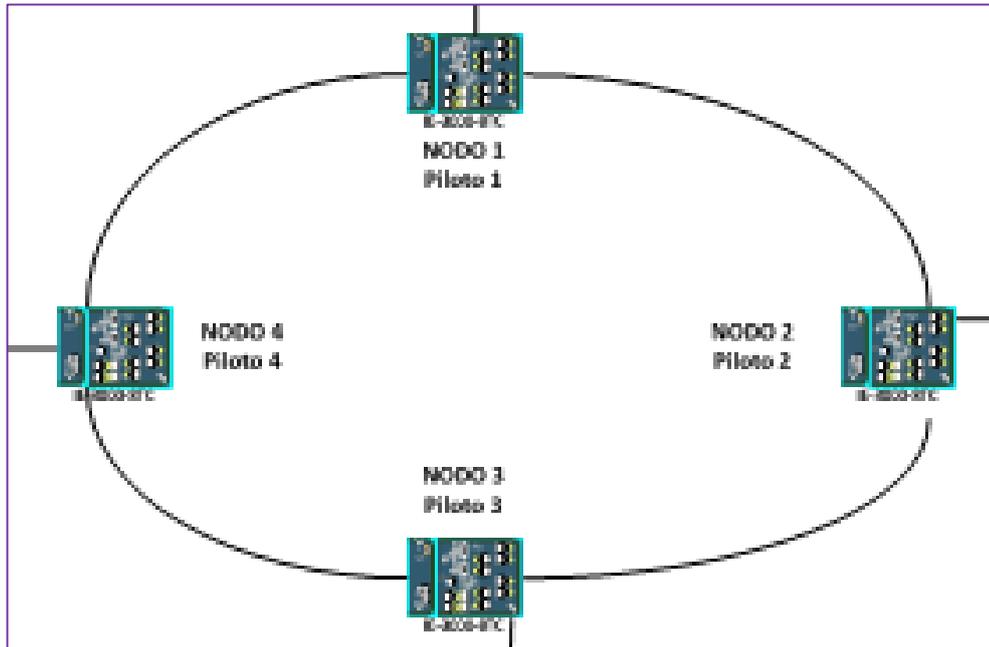
##### *3.6.1.1 Topología*

Para la implementación de nuestra red seleccionaremos la topología anillo la cual se adapta a los requerimientos de la empresa.

Se seleccionó esta topología porque:

- Garantizamos una arquitectura muy compacta. El rendimiento no se declina cuando hay muchos usuarios conectados a la red, cuando aumenta la carga de red.
- Se puede cubrir largas distancias respecto a otras topologías.
- Utilizan menos cable que la topología estrella. Se puede operar a grandes velocidades, y los mecanismos para evitar colisiones son sencillos.

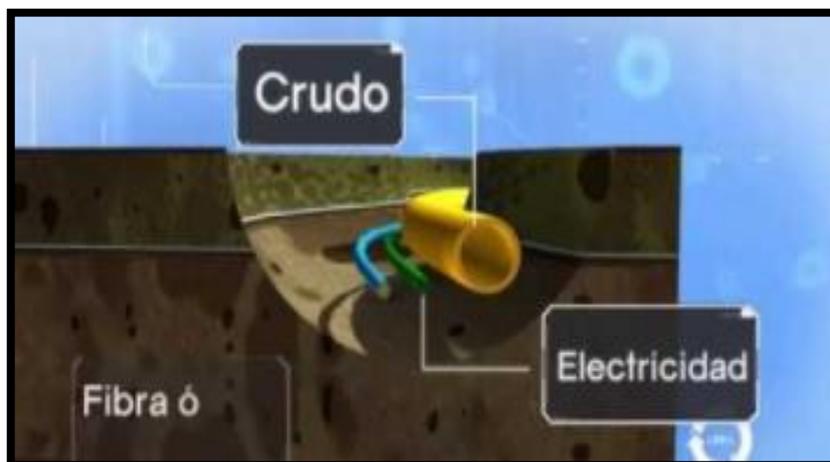
- Con una topología anillo garantizamos la continuidad de los servicios independientemente de las contingencias que pueda pasar en una determinada locación.



**Figura 7-3: Topología Anillo que se Implementa en Nuestra Arquitectura**  
Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

### 3.6.1.2 Medio de transmisión

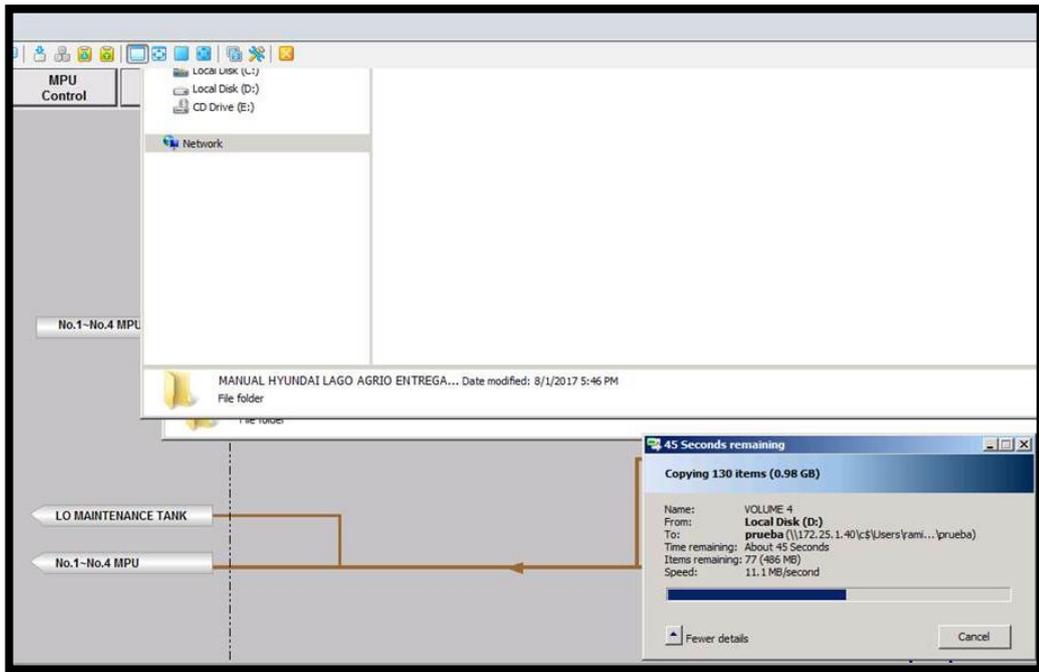
Para esta arquitectura utilizaremos fibra monomodo la cual será instalada junto a la línea del oleoducto. Se utilizará este medio de transmisión por las siguientes razones:



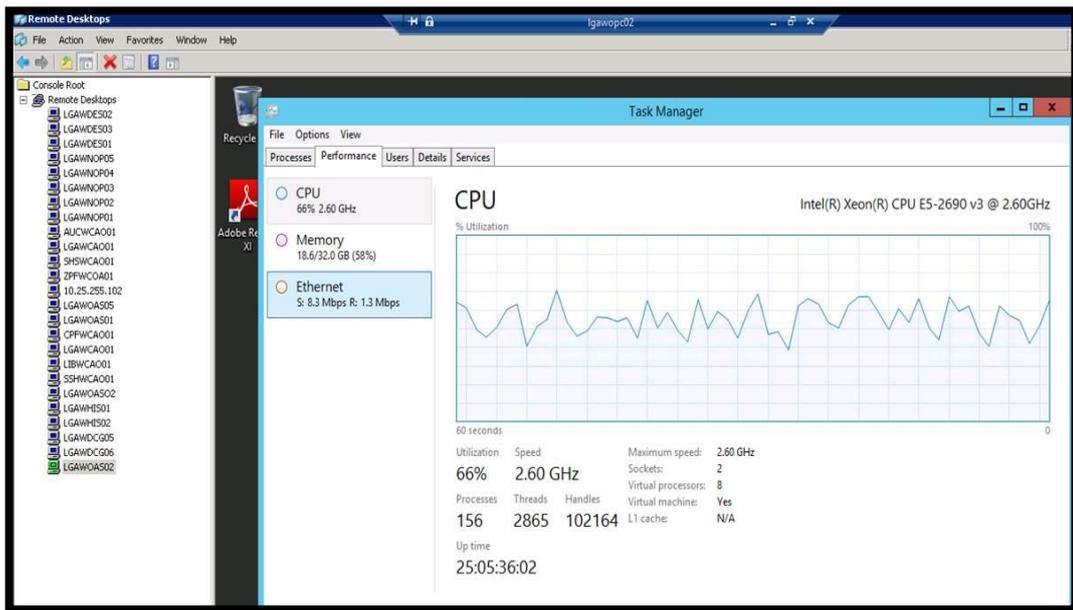
**Figura 8-3: Fibra Óptica junto al Oleoducto**  
Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

- El haz de luz permite alcázar mayores distancias que dependiendo del equipo terminal (TRANSCEIVER O SFPS) se puede llegar a tener distancias de hasta 70 Km en plataforma Cisco.
- Una fibra multimodo tiene varios haces de luz lo cual hace que alcance distancias máximas de 2 Km.
- Comercialmente las empresas fabricantes de fibra óptica generan “FIBRA ARMADA” con todas las protecciones para fibra monomodo.
- La velocidad de conexión en plataforma Cisco con SFP de fibra óptica multimodo puede ser de 1 Gbps o 10 Gbps, para nuestro caso la velocidad de conexión es de 1 Gbps.
- Inmunidad total ante interferencias electromagnéticas. La FO no produce ningún tipo de interferencias electromagnéticas y no se ve afectada por las radiaciones.
- No existe el riesgo de cortocircuito o daños de origen eléctrico.
- La FO presente una mayor resistencia a los ambientes y líquidos corrosivos. Son apropiados para utilizar en una amplia gama de temperaturas.
- La tasa de transferencia dependerá de los equipos terminales y específicamente de los servidores de la red SCADA.
- Para nuestro caso se ha realizado mediciones de tasa de transferencia con plataforma SCADA y se tienen los siguientes resultados:

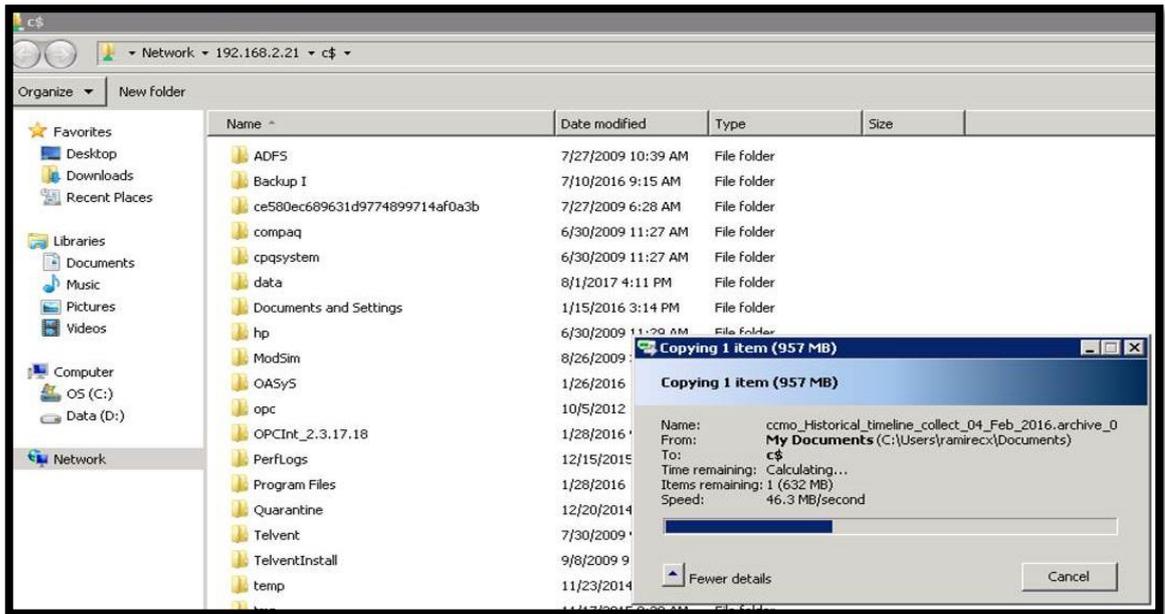
Horas Pico →



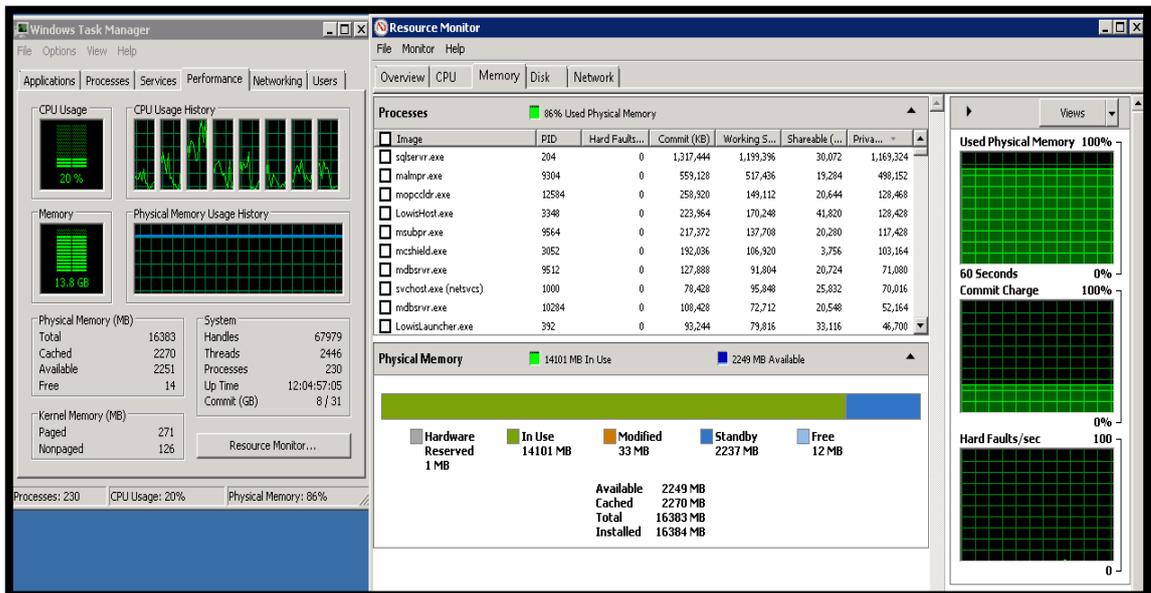
**Figura 9-3: Tasa de Transmisión con Saturación**  
 Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019



**Figura 10-3: Procesamiento de CPU con Saturación**  
 Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019



**Figura 11-3: Tasa de Trasmisión sin Saturación**  
 Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019



**Figura 12-3: Procesamiento de CPU Sin Saturación**  
 Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

### **3.6.2 Diseño Lógico**

#### **3.6.2.1 VLAN'S**

Se realizará la implementación de VLAN'S. Una VLAN es un conjunto de estaciones finales y los puertos del switch que los conectan. El requisito físico sólo es que la estación final y el puerto al que están conectados ambos pertenecen a la misma VLAN.

Los principales beneficios de utilizar VLAN son los siguientes:

- Usaremos diferentes redes y aplicaciones.
- Lograremos independencia entre VLAN de Procesos, Gestión y Eléctrico
- La VLAN de Procesos, Gestión y Eléctrico que tienen datos sensibles se separan del resto de la red, disminuyendo las posibilidades de que ocurran violaciones de información confidencial.
- Se reducirá costos: el ahorro en el costo resulta de la poca necesidad de actualizaciones de red caras y más usos eficientes de enlaces y ancho de banda existente.
- Tendremos un mejor rendimiento al eliminar Broadcast de Capa 2, al dividir una red en las VLAN se reduce la cantidad de dispositivos que pueden participar en una tormenta de broadcast.
- Mayor eficiencia del personal de TI: las VLAN facilitan el manejo de la red debido a que los usuarios con requerimientos similares de red comparten la misma VLAN.

#### **3.6.2.2 Direccionamiento IP**

Una dirección IP es un direccionamiento usado para identificar únicamente un dispositivo en una red del IP. Como empresa petrolera se tiene como proyección de hasta 200 locaciones, por lo tanto se definió usar una clase C.

Las direcciones de la clase C se utilizan con un primer octeto a partir del 192 al 223. Esto significa que hay 2, 097,152 (221) redes de la clase C con 254 ( $2^8 - 2$ ) anfitriones posibles cada uno para un total de 536, 870,912 (229) direcciones únicas del IP.

**Tabla 5-3: Direccionamiento IP y VLAN**

|               | VLAN WAN                  |                            |                |
|---------------|---------------------------|----------------------------|----------------|
|               | 10                        | 11                         | 12             |
| <b>VRF</b>    | <b>SCADA<br/>PROCESOS</b> | <b>SCADA<br/>ELECTRICO</b> | <b>GESTION</b> |
| <b>NODO 1</b> | 192.168.8.0               | 192.168.0.0                | 192.168.16.0   |
| <b>NODO 2</b> | 192.168.9.0               | 192.168.1.0                | 192.168.17.0   |
| <b>NODO 3</b> | 192.168.10.0              | 192.168.2.0                | 192.168.18.0   |
| <b>NODO 4</b> | 192.168.11.0              | 192.168.3.0                | 192.168.19.0   |

Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

En caso de crecimientos futuros, se debería migrar a rangos clase B o clase A.

### 3.6.2.3 Protocolo enrutamiento

Se definió OSPF por las siguientes razones:

- Es un protocolo que permite compatibilidad con diferentes marcas. Por lo tanto los protocolos propietarios de fabricantes no fueron considerados. Como empresa petrolera tiene interconexiones gubernamentales con entidades de control (ARCH) las mismas que se realizan por protocolos estándares como OSPF.
- OSPF tiene tiempos de conmutación menores a los otros protocolos en momentos de contingencia.

- Facilidades y flexibilidad en la configuración. A diferencia de RIP, OSPF es apropiado para redes grandes escalables.
- OSPF nos permite ofrecer un sistema libre de bucles de enrutamiento.
- Mejor selección de canal mediante el vector LINK STATES.

**Tabla 6-3: Diferencias protocolos de enrutamiento**

| CARACTERÍSTICA             | RIP              | OSPF             | IGRP             | EIGRP            |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| TIPO                       | Vector Distancia | Estado de Enlace | Vector Distancia | Vector Distancia |
| Tiempo de Convergencia     | Lento            | Rápido           | Lento            | Rápido           |
| Soporta VLSM               | No               | Si               | No               | Si               |
| Consumo de A.B             | Alto             | Bajo             | Alto             | Bajo             |
| Consumo de Recursos        | Bajo             | Alto             | Bajo             | Bajo             |
| Mejor Escalamiento         | No               | Si               | Si               | Si               |
| De libre uso o propietario | Libre Uso        | Libre Uso        | Propietario      | Propietario      |

Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

### 3.7 Selección de Dispositivos

Luego de seleccionar un modelo de arquitectura acorde al nivel de automatización, tenemos un modelo de arquitectura definido, en este punto se seleccionará de una manera adecuada el equipo.

Para realizar la selección de equipos para esta arquitectura nos basamos en el Cuadrante Mágico de Gartner la cual es una representación gráfica de la situación del mercado de un producto tecnológico en un momento determinado.



**Figura 13-3: Cuadrante Gartner**

Fuente: (SIAG Consulting, 2016)

Adicional se seleccionó un equipo con el cual garantizaremos una tecnología técnica y comercial que al menos tenga soporte técnico de 10 años.

Seleccionamos equipos de marca CISCO por las siguientes razones:

Un Cisco 3000 industrial (IE 3000) proporciona una infraestructura de conmutación robusta y segura para ambientes hostiles.

Al utilizar switch industrial tendremos seguridad en la red basada en estándares abiertos, ideal para aplicaciones de Ethernet Industrial, incluyendo la automatización industrial, sistemas de transporte inteligente (SPI), subestaciones y otros despliegues en entornos difíciles.

Reduciremos tiempo de configuración y administración mediante la interfaz web de Cisco Administrador de dispositivos y herramientas de soporte, incluyendo Auxiliar y Cisco Works red Cisco.

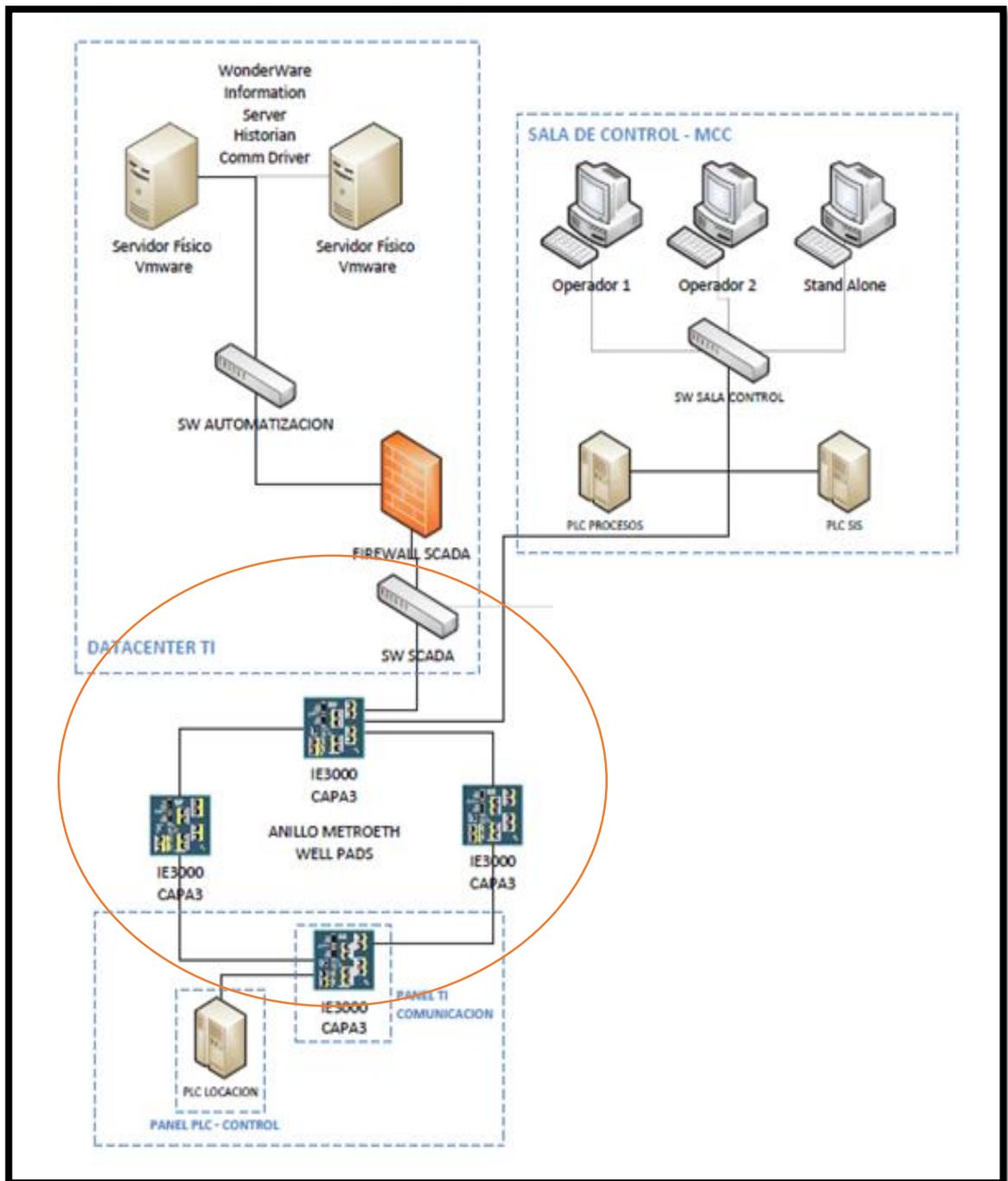
**Tabla 7-3: Equipo seleccionado**

| NOMBRE                   | DETALLE  | MODELO          |
|--------------------------|--|-----------------|
| <b>Switch Industrial</b> | Switch industrial para conexión física. Es un switch de acceso que tiene IOS de capa 3 usado para conexión de backbone de fibra óptica y activación de protocolo OSPF. | IE-3000-8TC – E |

Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

### 3.8 Diagrama De Implementación

Al definir los equipos, medio de transmisión, topología y enrutamiento que utilizaremos en nuestra arquitectura tendremos el siguiente diagrama:



**Figura 14-3: Diagrama de Arquitectura de la red de Comunicaciones**  
 Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

### 3.9 Propuesta Económica

**Tabla 8-3: Propuesta económica**

| DESCRIPCIÓN               | CANTIDAD | UNIDAD | DETALLE  | COSTO UNITARIO  | COSTO TOTAL            |
|---------------------------|----------|--------|--|-----------------|------------------------|
| Fibra Óptica              | 16       | Km.    | 4 pozos x 4 Km promedio e incluye material y mano de obra. La fibra ira junto al oleoducto | \$40,000.00     | \$640,000.00           |
| Equipos de comunicaciones | 4        | Unidad | Equipos Cisco Industriales incluido paneles de comunicación tipo HIMA                      | \$15,000.00     | \$60,000.00            |
| Sistema de control PLC    | 4        | Unidad | Equipos SIEMENS incluye Paneles de control   | \$25,000.00     | \$100,000.00           |
| Hardware sistema SCADA    | 4        | Unidad | Infraestructura SCADA  | \$30,000.00     | \$120,000.00           |
|                           |          |        |  | <b>SUBTOTAL</b> | <b>\$ 2,657,000.00</b> |

Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

### 3.10 Análisis de la Arquitectura Propuesta

#### 3.10.1 Análisis de tráfico

Para confirmar el éxito de la arquitectura que proponemos se realizó un laboratorio con el direccionamiento IP que se detalla en la tabla 15 con el cual se configuró en los Cisco IE3000 el enrutamiento dinámico OSPF como se indica en el Anexo F.

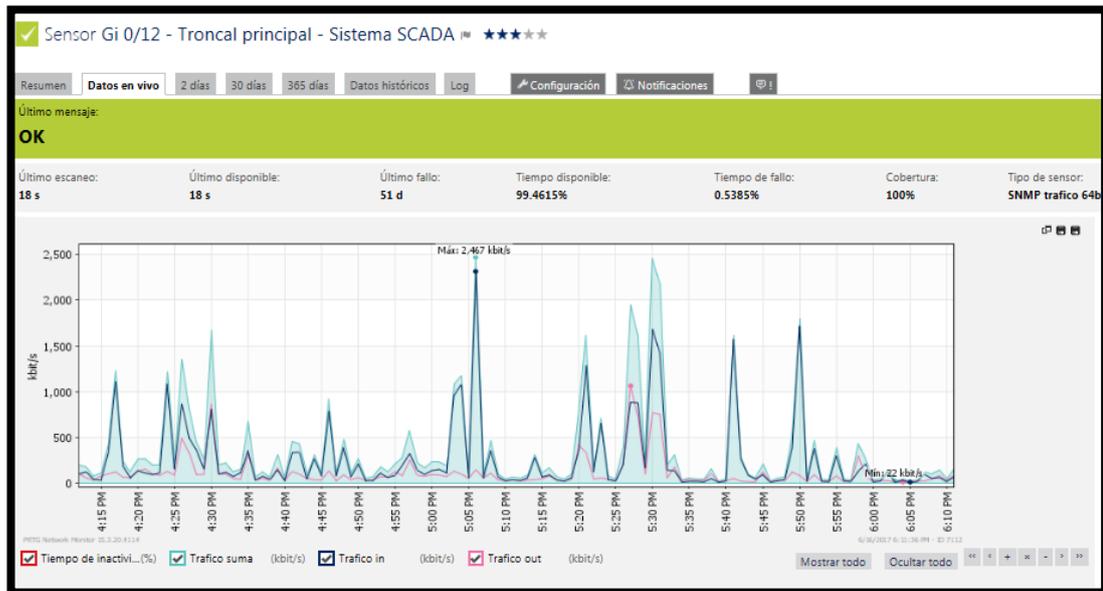
A continuación, se indica capturas del tráfico en tiempo real de nuestra red SCADA con la arquitectura que se propone.



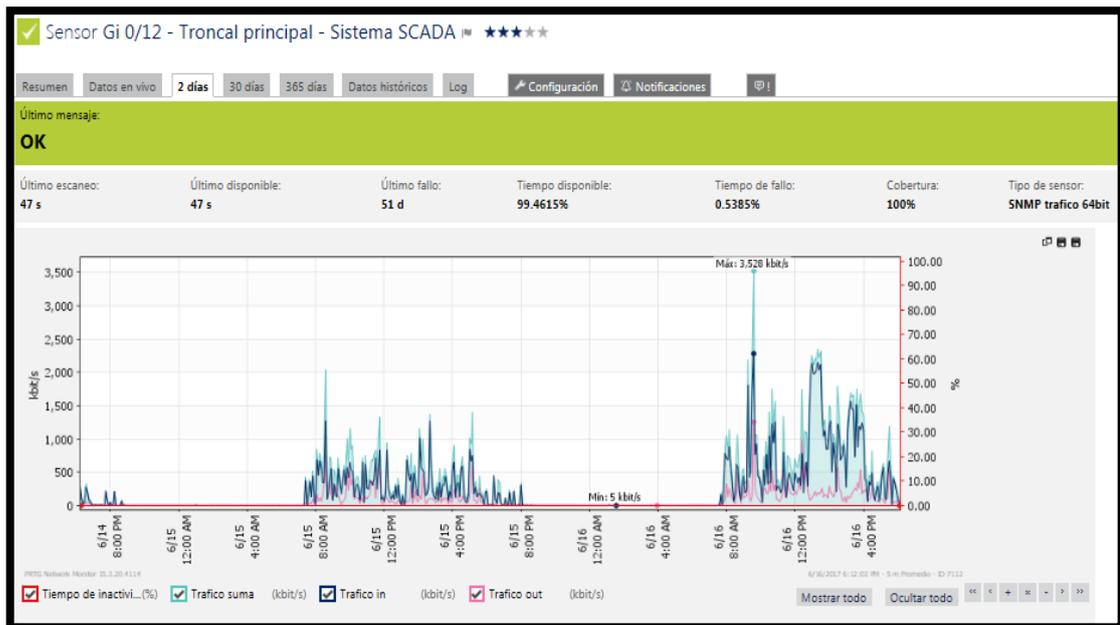
**Figura 15-3: Captura de Tráfico Nodo 1 en VIVO**  
Fuente: (Capturas PRTG)



**Figura 16-3: Capturas de Trafico Nodo 1 en 2 Días**  
Fuente. Capturas PRTG



**Figura 17-3: Capturas de Trafico Nodo Principal en Vivo**  
Fuente. Capturas PRTG



**Figura 18-3: Capturas de Trafico Nodo Principal en 2 Días**  
Fuente. Capturas PRTG

El sistema SCADA como se encuentra actualmente implementado no garantiza disponibilidad y redundancia en el servicio por tal motivo en la tabla 11 se realiza un estudio de los parámetros a ser afectados si tenemos una red SCADA con un sistema de comunicaciones redundantes.

**Tabla 9-3: Estudio Estatus actual vs Arquitectura de comunicaciones**

| PARAMETROS                   | VARIABLES                        | SCADA CON COMUNICACIONES REDUNDANTES | SCADA SIN REDUNDANCIA | COMENTARIO                                   |
|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--|
| Operativas<br>Automatización | LECTURA DE DATOS DE POZOS REMOTA | SI                                   | NO                    | ES NECESARIO QUE EL OPERADOR ACUDA A SITIO   |
|                              | MONITOREO DE POZOS               | SI                                   | NO                    | ES NECESARIO UN OPERADOR PERMANENTE EN SITIO |

|            |  |                         |                                   |  |
|------------|--|-------------------------|-----------------------------------|--|
|            | ACCIONES DE CONTROL EN LINEA                 | SI                      | NO                                | ES NECESARIO UN OPERADOR PERMANENTE EN SITIO                           |
|            | ACCIONES DE EMERGENCIA (DERRAME)             | SI                      | NO                                | ES NECESARIO UN OPERADOR PERMANENTE EN SITIO                           |
| Tecnología | MONITOREO EN SISTEMAS DE COMPUTO DE LOS PLCS | SI                      | NO                                | MONITOREO MANUAL   |
|            | ESTADISTICAS DE TRAFICO                      | SI                      | NO                                | COLOCAR POR SITIO HERRMANIENTAS DE MONITOREO DE RED                    |
|            | INDICIES DE DISPONIBILIDAD DE SERVICIO       | SI                      | NO                                | NO SE PUEDE GARANTIZAR SLAS  |
|            | EQUIPAMIENTO DISTRIBUIDOS (COMPUTADORA)      | NO                      | SI                                | EN CADA SITIO DEBE HABER UNA COMPUTADORA Y EL SISTEMA DE CONTROL SCADA |
| Recursos   | LICENCIAS DE CONTROL                         | CENTRALIZADO 1 LICENCIA | DISTRIBUIDO (UNA PARA CADA SITIO) |  |

|  |                     |                         |  |  |
|--|---------------------|-------------------------|--|--|
|  | TALENTO HUMANDO     | CENTRALIZADO 1 LICENCIA | SE REQUIERE UNO EN CADA SITIO O POR GRUPOS DE SITIOS |  |
|  | TRANSPORTE          | CENTRALIZADO 1 LICENCIA | SE REQUIER DE TRASLADO DE PERSONAL                   |  |
|  | ALIMENTACIÓN        | CENTRALIZADO 1 LICENCIA | SE REQUIERE EN CADA SITIO                            |  |
| Eficiencia empresarial (reportar ARCH) | PRODUCCION EN LINEA | SI                      | NO   |  |

Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

### 3.10.2 Análisis Económico

El análisis económico del presente proyecto se enmarca en el análisis de la extracción del petróleo en el Ecuador y se consideran datos estadísticos y costos de producción reales de la empresa de exploración y producción de petróleo.

Para el efecto se tendrán las siguientes premisas:

- El análisis económico se enfoca en la producción y extracción de petróleo con el uso de tecnologías de automatización del sistema SCADA.
- El análisis económico incluye los costos de extracción y operación de cuatro (4) locaciones o pozos petroleros de acuerdo al prototipo de laboratorio de comunicaciones indicado en el presente proyecto.
- Los costos de inversión incluyen datos reales obtenidos de información técnica y económica de la empresa de exploración y producción de petróleo; así mismo, información estadística y económica de organismos de control de hidrocarburos nacionales e internacionales.

- Se considera como punto de referencia el costo de producción de un barril de petróleo en el Ecuador es de 23,49 USD según EP Petroecuador.
- El análisis económico considera la extracción del petróleo. No toma en cuenta costos de actividades previas a la extracción como sísmica, exploración y perforación.

Se estima los siguientes datos técnicos:

- Distancia geográfica de separación entre pozos: 4 Km a través de acceso terrestre en vías de tercer orden.
- Se considera instalación de fibra óptica directamente al suelo y junto al oleoducto de transporte de petróleo.
- Producción promedio y sostenida de cada pozo de 500 barriles diarios.
- Se estima un precio de venta internacional del barril de 44,74 USD según cifras del Banco Central del Ecuador correspondientes al 18 de junio del 2017. Adicionalmente, se mantiene constante este precio por los cinco años de análisis en vista que no existe un patrón estadístico que pueda predecir variaciones en el precio provocado por la crisis petrolera mundial.
- Se estima una inflación anual del 1,10 según reporte del Banco Central del Ecuador correspondiente al 31 de mayo del 2017.

Con los antecedentes expuestos se tiene el siguiente escenario:

### ***3.10.2.1 Análisis de Operación de Extracción de Petróleo con y sin Sistema de Automatización Scada en Condiciones de Contingencia.***

Se entiende por condiciones de contingencia que en la operación se presentan contingencias o emergencias como derrames, cortes de tuberías, pinchazos, etc. que puedan provocar daños ambientales.

- La posibilidad a presentarse estos daños es inminente dado la geografía de la zona, posibles fenómenos naturales o accidentes provocados.
- Estadísticamente al presentarse un derrame en un sistema con operación SCADA redundante, los tiempos de repuesta tiende a cerrar las tuberías y válvulas en tiempos menores a los quince minutos.
- En forma contraria al presentarse un derrame en un sistema con operación manual (sin SCADA) el cierre de tuberías y válvulas depende de la reacción del operador en sitio y

del riesgo de seguridad en el cual el técnico pueda cerrar manualmente las válvulas. Estadísticamente se estima que se puede actuar en tiempos no menores a 1 hora.

- El daño inminente ante un derrame es el ambiental y su reparación tiene costos naturales, humanos y económicos incalculables dependiendo de la magnitud del derrame; este costo es directamente proporcional al tiempo de reacción en la operación automatizada (SCADA) u manual.
- Según la OPEP en el reporte anual del año 2015, el daño ambiental promedio en un derrame menor corresponde a un valor aproximado de 5.000 USD por cada barril. Adicionalmente se debe considerar costos de reparación y recuperación de producción que dependerá de la criticidad del daño.

Para nuestro análisis vamos a considerar un derrame de 1 barril por minuto y un costo de remediación de 5.000 USD/barril

#### *3.10.2.1.1 Con sistema SCADA redundante*

- Se tiene un derrame de 15 barriles antes del cierre de válvulas en los 15 minutos provistos por el sistema SCADA redundante.
- Se presenta un valor actual neto negativo de - \$ 1, 488,462.71 que corresponde a la posible pérdida para la operación, producto del derrame.

#### *3.10.2.1.2 Sin sistema SCADA*

- Se tiene un derrame de 60 barriles antes del cierre de válvulas en los 60 minutos que se realizaría manualmente.
- Se presenta un valor actual neto negativo de \$ 17, 869,713.24 USD que corresponde a la posible pérdida para la operación, producto del derrame.

En la Tabla 10-3 se presenta el costo de producción utilizando un sistema SCADA redundante

**Tabla 10-3: Costo de producción Con SCADA redundante**

| <b>PETROLERA</b>                                     |                     |                     |                     |                     |                     |                      |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| <b>COSTOS DE PRODUCCIÓN ANUAL</b>                    |                     |                     |                     |                     |                     |                      |
| <b>EXPRESADO EN DOLARES AMERICANOS</b>               |                     |                     |                     |                     |                     |                      |
| <b>Año</b>   | <b>1</b>            | <b>2</b>            | <b>3</b>            | <b>4</b>            | <b>5</b>            | <b>TIPO DE COSTO</b> |
| Cantidades a Producir                                | 144,000.00          | 144,000.00          | 144,000.00          | 144,000.00          | 144,000.00          |                      |
| <b>MATERIA PRIMA</b>                                 | <b>288,000.00</b>   | <b>291,168.00</b>   | <b>291,168.00</b>   | <b>291,168.00</b>   | <b>291,168.00</b>   |                      |
| Otros elementos                                      | 144,000.00          | 145,584.00          | 145,584.00          | 145,584.00          | 145,584.00          | Variable             |
| Elementos  | 144,000.00          | 145,584.00          | 145,584.00          | 145,584.00          | 145,584.00          | Variable             |
| <b>MANO DE OBRA</b>                                  | <b>61,008.00</b>    | <b>65,723.09</b>    | <b>83,057.55</b>    | <b>83,971.19</b>    | <b>101,873.84</b>   |                      |
| Operario   | 61,008.00           | 65,723.09           | 83,057.55           | 83,971.19           | 101,873.84          | Variable             |
| <b>COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN</b>              | <b>2,968,811.81</b> | <b>3,002,502.28</b> | <b>3,032,519.35</b> | <b>3,062,866.61</b> | <b>3,093,547.68</b> |                      |
| Jefe de Producción                                   | 60,420.00           | 65,128.62           | 65,845.03           | 66,569.33           | 67,301.59           | Fijo                 |
| Energía  | 2,565,000.00        | 2,593,215.00        | 2,621,740.37        | 2,650,579.51        | 2,679,735.88        | Variable             |
| Guardiana  | 9,600.00            | 9,705.60            | 9,812.36            | 9,920.30            | 10,029.42           | Fijo                 |
| Internet   | 450.00              | 454.95              | 459.95              | 465.01              | 470.13              | Fijo                 |
| Limpieza   | 2,400.00            | 2,426.40            | 2,453.09            | 2,480.07            | 2,507.36            | Fijo                 |
| Mantenimiento  | 8,544.00            | 8,637.98            | 8,733.00            | 8,829.06            | 8,926.18            | Variable             |
| Seguros  | 48,000.00           | 48,528.00           | 49,061.81           | 49,601.49           | 50,147.10           | Fijo                 |
| Teléfono   | 720.00              | 727.92              | 735.93              | 744.02              | 752.21              | Variable             |
| Amortizaciones                                       | 141.14              | 141.14              | 141.14              | 141.14              | 141.14              | Fijo                 |
| Depreciaciones                                       | 273,536.67          | 273,536.67          | 273,536.67          | 273,536.67          | 273,536.67          | Fijo                 |
| <b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>                           | <b>3,317,819.81</b> | <b>3,359,393.37</b> | <b>3,406,744.90</b> | <b>3,438,005.79</b> | <b>3,486,589.53</b> |                      |
| <b>COSTO UNITARIO</b>                                | <b>23.04</b>        | <b>23.33</b>        | <b>23.66</b>        | <b>23.88</b>        | <b>24.21</b>        |                      |
| <b>COSTO DE PRODUCCION ANTES DEPRECIAR/AMORTIZAR</b> | <b>3,044,142.00</b> | <b>3,085,715.56</b> | <b>3,133,067.10</b> | <b>3,164,327.99</b> | <b>3,212,911.72</b> |                      |
| <b>Costo Variables</b>                               | <b>2,923,272.00</b> |                     |                     |                     |                     |                      |
| <b>Costo Fijos</b>                                   | <b>44,536.19</b>    |                     |                     |                     |                     |                      |
| <b>Total</b>   | <b>2,967,808.19</b> |                     |                     |                     |                     |                      |
| <b>Costo Uniatrío Variable</b>                       | <b>20.30</b>        |                     |                     |                     |                     |                      |

Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

Tabla 11-3: Estado de Flujo Con SCADA redundante

| ESTADO DE FLUJO DE EFECTIVO PROYECTADO<br>EXPRESADO EN DOLARES AMERICANOS |                       |                                   |                     |                     |                     |                     |
|---|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| CONCEPTO  | 0                     | 1                                 | 2                   | 3                   | 4                   | 5                   |
| <b>ENTRADAS DE EFECTIVO</b>   |                       |                                   |                     |                     |                     |                     |
| <b>Actividades de Operación</b>   |                       | <b>5,368,800.00</b>               | <b>6,442,560.00</b> | <b>6,442,560.00</b> | <b>6,442,560.00</b> | <b>6,442,560.00</b> |
| Ventas Anuales  |                       | 6,442,560.00                      | 6,442,560.00        | 6,442,560.00        | 6,442,560.00        | 6,442,560.00        |
| Ventas a Credito  |                       | 1,073,760.00                      | 1,073,760.00        | 1,073,760.00        | 1,073,760.00        | 1,073,760.00        |
| Ventas al Contado   |                       | 5,368,800.00                      | 5,368,800.00        | 5,368,800.00        | 5,368,800.00        | 5,368,800.00        |
| Recuperación de Cartera   |                       | 0.00                              | 1,073,760.00        | 1,073,760.00        | 1,073,760.00        | 1,073,760.00        |
| <b>Actividades de Financiamiento</b>                                      |                       | <b>0.00</b>                       | <b>0.00</b>         | <b>0.00</b>         | <b>0.00</b>         | <b>0.00</b>         |
| Préstamo Bancario   |                       | 0.00                              | 0.00                | 0.00                | 0.00                | 0.00                |
| <b>Total Entradas de Efectivo</b>   |                       | <b>5,368,800.00</b>               | <b>6,442,560.00</b> | <b>6,442,560.00</b> | <b>6,442,560.00</b> | <b>6,442,560.00</b> |
| <b>SALIDAS DE EFECTIVO</b>  |                       |                                   |                     |                     |                     |                     |
| <b>Actividades de Operación</b>   |                       | <b>6,045,738.00</b>               | <b>6,219,962.53</b> | <b>6,271,523.33</b> | <b>6,307,309.98</b> | <b>6,366,490.93</b> |
| Costo de Producción y Ventas  |                       | 3,044,142.00                      | 3,085,715.56        | 3,133,067.10        | 3,164,327.99        | 3,212,911.72        |
| Sueldos y Salarios de Administración                                      |                       | 210,294.00                        | 212,607.23          | 214,945.91          | 217,310.32          | 219,700.73          |
| Servicios Básicos   |                       | 1,776,030.00                      | 1,795,566.33        | 1,815,317.56        | 1,835,286.05        | 1,855,474.20        |
| Mantenimiento y Limpieza  |                       | 5,736.00                          | 5,799.10            | 5,862.89            | 5,927.38            | 5,992.58            |
| Seguros   |                       | 12,000.00                         | 12,132.00           | 12,265.45           | 12,400.37           | 12,536.78           |
| Transporte  |                       | 7,200.00                          | 7,279.20            | 7,359.27            | 7,440.22            | 7,522.07            |
| Sueldos y Salarios de Ventas  |                       | 90,336.00                         | 97,395.70           | 98,467.05           | 99,550.19           | 100,645.24          |
| Publicidad  |                       | 900,000.00                        | 909,900.00          | 919,908.90          | 930,027.90          | 940,258.20          |
| 15% Participación Trabajadores  |                       | -                                 | 38,717.55           | 26,618.98           | 14,499.13           | 4,737.69            |
| 25% de Impuesto a la Renta  |                       | -                                 | 54,849.86           | 37,710.22           | 20,540.44           | 6,711.72            |
| <b>Total de Salidas de Flujo de Efectivo</b>                              |                       | <b>6,045,738.00</b>               | <b>6,219,962.53</b> | <b>6,271,523.33</b> | <b>6,307,309.98</b> | <b>6,366,490.93</b> |
| Incremento de Flujo de Efectivo   | -1,307,650.00         | -676,938.00                       | 222,597.47          | 171,036.67          | 135,250.02          | 76,069.07           |
| Saldo Inicial   |                       | 1,274,778.50                      | 597,840.50          | 820,437.97          | 991,474.64          | 1,126,724.65        |
| <b>Saldo Final</b>  |                       | <b>597,840.50</b>                 | <b>820,437.97</b>   | <b>991,474.64</b>   | <b>1,126,724.65</b> | <b>1,202,793.73</b> |
| <b>INVERSIÓN</b>  | <b>-1,307,650.00</b>  |                                   |                     |                     |                     |                     |
| <b>VNA</b>  | <b>\$ -180,812.71</b> |                                   |                     |                     |                     |                     |
| <b>VAN</b>  | <b>-1,488,462.71</b>  | <b>Resultado inferior a cero.</b> |                     |                     |                     |                     |
| <b>Tasa de Descuento</b>  | <b>13%</b>            |                                   |                     |                     |                     |                     |
| <b>TIR</b>  | <b>-33%</b>           |                                   |                     |                     |                     |                     |

Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

**Tabla 12-3: Costo de producción Sin SCADA**

| COSTOS DE PRODUCCIÓN ANUAL                           |                     |                     |                     |                     |                     |               |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|
| Año  | 1                   | 2                   | 3                   | 4                   | 5                   | TIPO DE COSTO |
| Cantidades a Producir                                | 144,000.00          | 144,000.00          | 144,000.00          | 144,000.00          | 144,000.00          |               |
| <b>MATERIA PRIMA</b>                                 | <b>288,000.00</b>   | <b>291,168.00</b>   | <b>291,168.00</b>   | <b>291,168.00</b>   | <b>291,168.00</b>   |               |
| Otros elementos                                      | 144,000.00          | 145,584.00          | 145,584.00          | 145,584.00          | 145,584.00          | Variable      |
| 0.00   | 0.00                | 0.00                | 0.00                | 0.00                | 0.00                | Variable      |
| 0.00   | 0.00                | 0.00                | 0.00                | 0.00                | 0.00                | Variable      |
| Elementos  | 144,000.00          | 145,584.00          | 145,584.00          | 145,584.00          | 145,584.00          | Variable      |
| 0.00   | 0.00                | 0.00                | 0.00                | 0.00                | 0.00                | Variable      |
| 0.00   | 0.00                | 0.00                | 0.00                | 0.00                | 0.00                | Variable      |
| <b>MANO DE OBRA</b>                                  | <b>244,032.00</b>   | <b>262,892.35</b>   | <b>332,230.21</b>   | <b>335,884.74</b>   | <b>407,495.37</b>   |               |
| Operario   | 244,032.00          | 262,892.35          | 332,230.21          | 335,884.74          | 407,495.37          | Variable      |
| <b>COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN</b>              | <b>2,756,723.45</b> | <b>2,790,413.93</b> | <b>2,820,430.99</b> | <b>2,850,778.25</b> | <b>2,881,459.33</b> |               |
| Jefe de Producción                                   | 60,420.00           | 65,128.62           | 65,845.03           | 66,569.33           | 67,301.59           | Fijo          |
| Energía  | 2,565,000.00        | 2,593,215.00        | 2,621,740.37        | 2,650,579.51        | 2,679,735.88        | Variable      |
| Guardianía   | 9,600.00            | 9,705.60            | 9,812.36            | 9,920.30            | 10,029.42           | Fijo          |
| Internet   | 450.00              | 454.95              | 459.95              | 465.01              | 470.13              | Fijo          |
| Limpieza   | 2,400.00            | 2,426.40            | 2,453.09            | 2,480.07            | 2,507.36            | Fijo          |
| Mantenimiento  | 8,544.00            | 8,637.98            | 8,733.00            | 8,829.06            | 8,926.18            | Variable      |
| Seguros  | 48,000.00           | 48,528.00           | 49,061.81           | 49,601.49           | 50,147.10           | Fijo          |
| Teléfono   | 720.00              | 727.92              | 735.93              | 744.02              | 752.21              | Variable      |
| Amortizaciones                                       | 1,317.79            | 1,317.79            | 1,317.79            | 1,317.79            | 1,317.79            | Fijo          |
| Depreciaciones                                       | 60,271.67           | 60,271.67           | 60,271.67           | 60,271.67           | 60,271.67           | Fijo          |
| <b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>                           | <b>3,288,755.45</b> | <b>3,344,474.28</b> | <b>3,443,829.20</b> | <b>3,477,830.99</b> | <b>3,580,122.70</b> |               |
| <b>COSTO UNITARIO</b>                                | <b>22.84</b>        | <b>23.23</b>        | <b>23.92</b>        | <b>24.15</b>        | <b>24.86</b>        |               |
| <b>COSTO DE PRODUCCION ANTES DEPRECIAR/AMORTIZAR</b> | <b>3,227,166.00</b> | <b>3,282,884.83</b> | <b>3,382,239.75</b> | <b>3,416,241.54</b> | <b>3,518,533.25</b> |               |
| <b>Costo Variables</b>                               | <b>3,106,296.00</b> |                     |                     |                     |                     |               |
| <b>Costo Fijos</b>                                   | <b>44,536.19</b>    |                     |                     |                     |                     |               |
| <b>Total</b>   | <b>3,150,832.19</b> |                     |                     |                     |                     |               |
| <b>Costo Uniatrío Variable</b>                       | <b>21.57</b>        |                     |                     |                     |                     |               |

Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

Tabla 13-3: Estado de Flujo Sin SCADA

| ESTADO DE FLUJO DE EFECTIVO PROYECTADO<br>EXPRESADO EN DOLARES AMERICANOS |                          |                      |                      |                       |                       |                       |
|---|--------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| CONCEPTO  | 0                        | 1                    | 2                    | 3                     | 4                     | 5                     |
| <b>ENTRADAS DE EFECTIVO</b>   |                          |                      |                      |                       |                       |                       |
| <b>Actividades de Operación</b>   |                          | <b>5,368,800.00</b>  | <b>6,442,560.00</b>  | <b>6,442,560.00</b>   | <b>6,442,560.00</b>   | <b>6,442,560.00</b>   |
| Ventas Anuales  |                          | 6,442,560.00         | 6,442,560.00         | 6,442,560.00          | 6,442,560.00          | 6,442,560.00          |
| Ventas a Crédito  |                          | 1,073,760.00         | 1,073,760.00         | 1,073,760.00          | 1,073,760.00          | 1,073,760.00          |
| Ventas al Contado   |                          | 5,368,800.00         | 5,368,800.00         | 5,368,800.00          | 5,368,800.00          | 5,368,800.00          |
| Recuperación de Cartera   |                          | 0.00                 | 1,073,760.00         | 1,073,760.00          | 1,073,760.00          | 1,073,760.00          |
| <b>Total Entradas de Efectivo</b>   |                          | <b>5,368,800.00</b>  | <b>6,442,560.00</b>  | <b>6,442,560.00</b>   | <b>6,442,560.00</b>   | <b>6,442,560.00</b>   |
| <b>SALIDAS DE EFECTIVO</b>  |                          |                      |                      |                       |                       |                       |
| <b>Actividades de Operación</b>   |                          | <b>12,550,362.00</b> | <b>10,476,285.51</b> | <b>10,619,817.18</b>  | <b>10,685,084.68</b>  | <b>10,843,072.70</b>  |
| Costo de Producción y Ventas  |                          | 3,227,166.00         | 3,282,884.83         | 3,382,239.75          | 3,416,241.54          | 3,518,533.25          |
| Sueldos y Salarios de Administración                                      |                          | 210,294.00           | 212,607.23           | 214,945.91            | 217,310.32            | 219,700.73            |
| Servicios Básicos   |                          | 1,776,030.00         | 1,795,566.33         | 1,815,317.56          | 1,835,286.05          | 1,855,474.20          |
| Mantenimiento y Limpieza  |                          | 5,736.00             | 5,799.10             | 5,862.89              | 5,927.38              | 5,992.58              |
| Seguros   |                          | 12,000.00            | 12,132.00            | 12,265.45             | 12,400.37             | 12,536.78             |
| Transporte  |                          | 28,800.00            | 29,116.80            | 29,437.08             | 29,760.89             | 30,088.26             |
| Sueldos y Salarios de Ventas  |                          | 90,336.00            | 97,395.70            | 98,467.05             | 99,550.19             | 100,645.24            |
| Publicidad  |                          | 7,200,000.00         | 7,279,200.00         | 7,359,271.20          | 7,440,223.18          | 7,522,065.64          |
| 15% Participación Trabajadores  |                          | -                    | -926,241.30          | -950,892.30           | -981,358.03           | -1,002,191.99         |
| 12% de Impuesto a la Renta  |                          | -                    | -1,312,175.18        | -1,347,097.42         | -1,390,257.22         | -1,419,771.98         |
| <b>Total de Salidas de Flujo de Efectivo</b>                              |                          | <b>12,550,362.00</b> | <b>10,476,285.51</b> | <b>10,619,817.18</b>  | <b>10,685,084.68</b>  | <b>10,843,072.70</b>  |
| Incremento de Flujo de Efectivo   | -392,200.00              | -7,181,562.00        | -4,033,725.51        | -4,177,257.18         | -4,242,524.68         | -4,400,512.70         |
| Saldo Inicial   |                          | 1,816,830.50         | -5,364,731.50        | -9,398,457.01         | -13,575,714.19        | -17,818,238.86        |
| <b>Saldo Final</b>  |                          | <b>-5,364,731.50</b> | <b>-9,398,457.01</b> | <b>-13,575,714.19</b> | <b>-17,818,238.86</b> | <b>-22,218,751.56</b> |
| <b>INVERSIÓN</b>  | <b>-392,200.00</b>       |                      |                      |                       |                       |                       |
| VNA   | <b>\$ -17,477,513.24</b> |                      |                      |                       |                       |                       |
| YAN   | <b>-17,869,713.24</b>    |                      |                      |                       |                       |                       |
| Tasa de Descuento   | <b>13%</b>               |                      |                      |                       |                       |                       |

Realizado por: VASCONEZ Beatriz, 2019

## CONCLUSIONES

- Al utilizar una Arquitectura con topología de Anillo obtenemos una red que no es propensa a bucles de enrutamiento, reduciendo la posibilidad de colisión e incrementando la disponibilidad de información.
- Los elementos que se van utilizar para la implementación tienen compatibilidad con los equipos ya existentes, lo que ayuda a optimizar procesos y recursos en la empresa. La automatización que existe en cada Bloque analizado es una inversión rentable porque ayuda a la empresa a reducir costos y aprovechar la producción diaria.
- Utilizando OSPF tendremos compatibilidad con diferentes marcas, ya que como empresa petrolera; se tiene interconexiones gubernamentales con entidades de control (ARCH) las mismas que se realizarán por protocolos estándares como OSPF.
- La solución planteada es una solución integral tanto en hardware como en software para tener de esta manera una mayor compatibilidad de los equipos.
- Al obtener un Sistema SCADA con una Arquitectura que garantice redundancia se puede tener Servicios de calidad.
- Se utilizarán sistemas redundantes (sea cliente-servidor + sistemas independientes de monitoreo) que combinados con sistemas de detección y recuperación de fallos permiten lograr un alto grado de disponibilidad y garantizar el monitoreo.
- Ante una contingencia, en un sistema SCADA redundante las pérdidas económicas son de 1, 488,462.71 USD versus 17, 869,713.24 de un sistema que opera manualmente, bajo este escenario, económicamente la mejor opción es la operación con sistema SCADA redundante.
- En vista de la criticidad de la extracción del petróleo en el país y el alto riesgo de contingencias, se concluye que económicamente el proyecto de implementar y operar mediante un sistema de control de automatización SCADA redundante en la explotación del petróleo es más rentable o a su vez produce menos pérdidas que una operación manual.

- Para el diseño de la Arquitectura de Comunicaciones la empresa no sólo busca el router más potente busca el mejor sistema en el que se ejecute todos los servicios de red y comunicaciones: un sistema de red que responda a las necesidades de todos los empleados y de la producción.

## **RECOMENDACIONES**

- En los proyectos nuevos, facilidades nuevas o en proyectos de mejoras se recomienda realizar la configuración de redundancia y con la consideración de tener separada la RED Negocios, MetroScada & Red Automatización, para tener una red con mayor disponibilidad.
- Los ingenieros que vayan a implementar esta arquitectura deberán tener la capacidad de encontrar la mejor solución para que pueda ir acorde la normativa interna de la empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

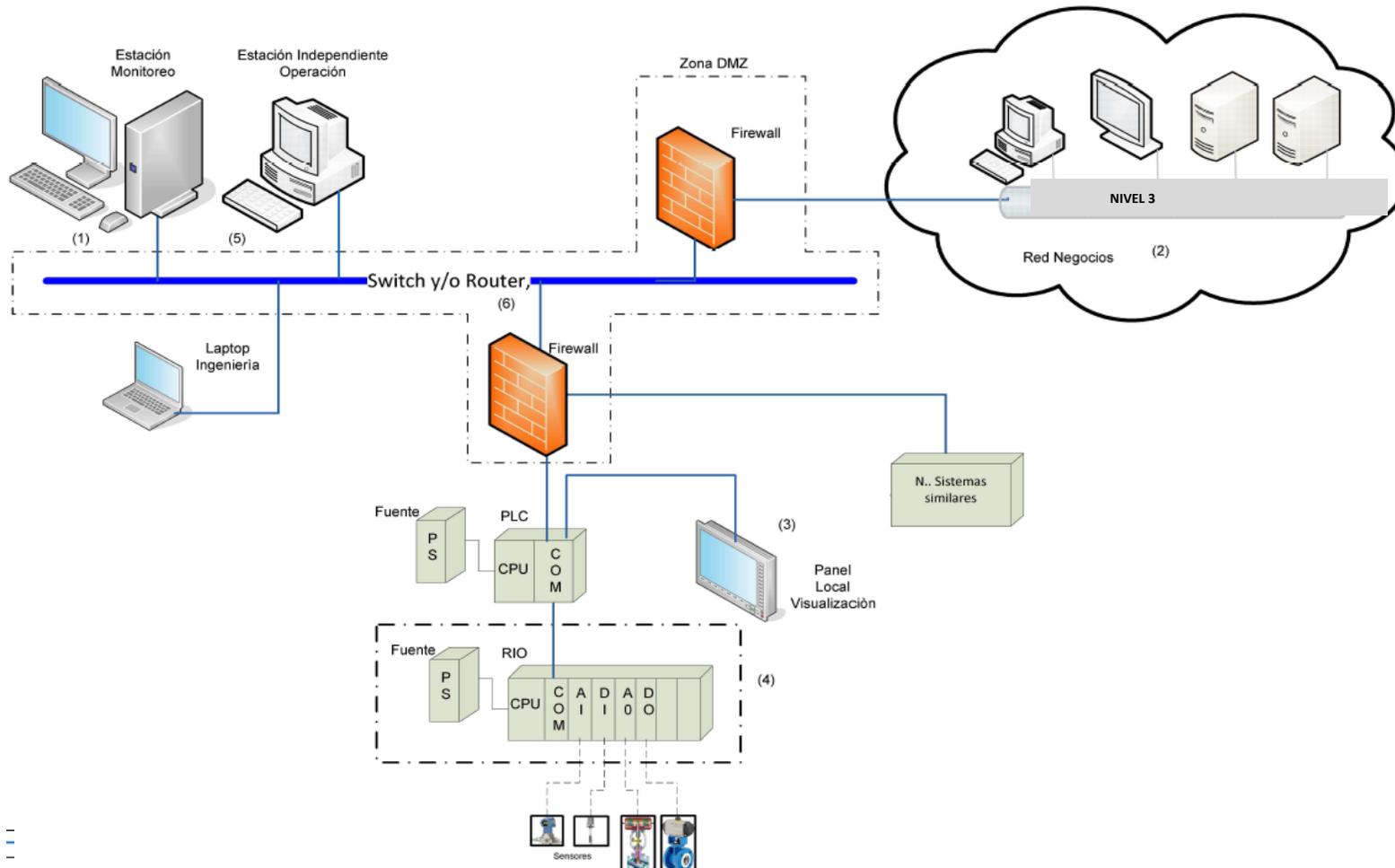
- **Alvear, A. & Mendieta, S. & Yanes, B.** (2012). *Blogspot*. Obtenido de <http://belencita1848.blogspot.com/p/comunicacion-alambrica-e-inalambrica.html>
- **Baribaud, G.** (1997). *Recommendations for the Use of Fieldbuses at CERN in the LHC Era, Proceedings of the 1997 International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems*.
- **Barillere, R.** (s.f.). *Results of the OPC Evaluation done within the JCOP for the Control of the LHC Experiments*”.
- **Barreto, R.** (2016). *Arquitecturas Tipicas SCADA*.
- **Behrouz Forouzan, A.** (2007). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*.
- **Chakrabarti, S. & Kyriakides, E. & Terzija, V.** (2009). Measurements get together, IEEE PEM, Vol. 7, no 1. **SIAG CONSULTING.** (2016). *Solo pienso en TIC*. Obtenido de <http://www.solopiensoentic.com/cuadrante-magico-de-gartner/>
- **Comer Douglas.** (2000). *Internetworking with TCP/IP Vol. I, (Principles, Protocols, and Architecture)*.
- **Cutter, M.** (2014). *Revistas Bolivianas*. Obtenido de [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1234-12342014000100007&script=sci\\_arttext](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1234-12342014000100007&script=sci_arttext)
- **Daneels, A. & Salter, W.** (1998). *Technology Survey Summary of Study Report, IT-CO/98-08-09, CERN*.
- **Daneels, A. & Salter, W.** (s.f.). *Selecting and Evaluation of Commercial SCADA Systems for the Controls of the CERN LHC Experiments*.
- **DPS TELECOM.** (2008). A Fast Introduction to SCADA Fundamentals and Implementation. DPS Telecom: <http://www.dpstele.com/scada/offer.php>
- **Fairhurst, G.** (2001). *ERG*. Obtenido de <http://www.erg.abdn.ac.uk/users/gorry/course/intro-pages/wan.html>
- **Fagarasan, S. & Iliescu, N.** (2009). *Advances in Power System Control, Proceedings of the 1st Workshop on Energy, Transport and Environmental Control Applications, pp 62-71 ISBN 978-973-618-218-1, Targoviste*.

- **Falco, J. & Stouffer, K. & Scarfone, K.** (2013). *Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security*. Obtenido de <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-82r1.pdf>
- **Ford Merilee.** (1998). *Tecnologías de Interconectividad de Redes*.
- **Goble, W.** (2010). *Control Systems Safety Evaluation and Reliability*, Research Triangle Park, NC -USA: ISA
- **Gordillo, D.** (2015). *Plan Maestro PETROAMAZONAS*.
- **INTERNATIONAL SOCIETY OF AUTOMATION.** (2004). *ANSI/ISA-84.00.01-2004 Part 1 (IEC 61511-1 Mod) Functional Safety: Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector - Part 1: Framework, Definitions, System, Hardware and Software Requirements*, Research Triangle Park, USA: ISA.
- **INTERNATIONAL SOCIETY OF AUTOMATION.** (2010). *ISA-TR84.00.07-2010. Guidance on the Evaluation of Fire, Combustible Gas and Toxic Gas System Effectiveness*, Research Triangle Park, USA: ISA
- **Jimenez, A. & Ferrer, J. & Plana, M., & Morgado, J.** (2005). *Informatica, iescuravalera*. Obtenido de <http://informatica.iescuravalera.es/iflica/gtfinal/libro/c44.html>
- **PENIN, A. R.** (2007). *SISTEMA SCADA . MARCOMBO S.A.*
- **PENIN, A. R.** (2012). *SISTEMA SCADA. MARCOMBO S.A.*
- **PENIN, A. R.** (2012). *SISTEMA SCADA. MARCOMBO S.A.*
- **PCMAG.** (2016). *PCMag*. Obtenido de <http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/40372/core-router>
- **PIFI NETWORKS.** (2017). *simpleWiFi*. Obtenido de <http://www.simplewifi.com/antennabasics.html>
- **PRODUCTS FOR AUTOMATION.** (2017). Obtenido de <https://www.productsforautomation.com/ntron-ethernet-switch-708tx-p/708tx.htm>
- **Puente Rodríguez, Christian Omar.** (2008). *Diseño de un sistema SCADA para la ampliación de la capacidad de almacenamiento y despacho de gas licuado de petróleo en el terminal Oyambaro de Petrocomercial*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4262>.

- **Romero Avecillas, Cristian Joaquín.** (2006). *Diseño de un Sistema SCADA para el Proceso de Producción de los pozos de Petróleo de Petroecuador*, Quito: Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/53>.
- **Rosado, C.** (2000). *Comunicación por satélite*. Genova: AHCET.
- **SIEMENS.** (2017). Obtenido de <https://w5.siemens.com/cms/mam/industry/Automatizacion/SIMATIC-sistemas-de-automatizacion-industrial/plc/Pages/plc-siemens-SIMATIC.aspx>
- **Siyam Karanjit.** (1997). *Inside TCP/IP*.
- **SKYNET GROUP.** (2005). *Galeon*. Obtenido de [http://galeon.com/arquitecturaserver/repe\\_conce.htm](http://galeon.com/arquitecturaserver/repe_conce.htm)
- **Smith D.** (2001). *Reliability, Maintainability and Risk, Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP: Butterworth-Heinemann*.
- **STUDYTONIGHT.** (2017). *Studytonight*. Obtenido de <http://www.studytonight.com/computer-networks/network-topology-types>
- **Tapia Chicaiza, Javier Mauricio.** (2009). *Automatización de la central de generación Cuyabeno de Petroproducción mediante la implementación de un sistema SCADA*, Quito: Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1738>.
- **William Stallings.** (2004). *Comunicaciones y Redes de Computadores*.
- **Zandbergen, P.** (2017). *Study.com*. Obtenido de <http://study.com/academy/lesson/types-of-networks-lan-wan-wlan-man-san-pan-epn-vpn.html>

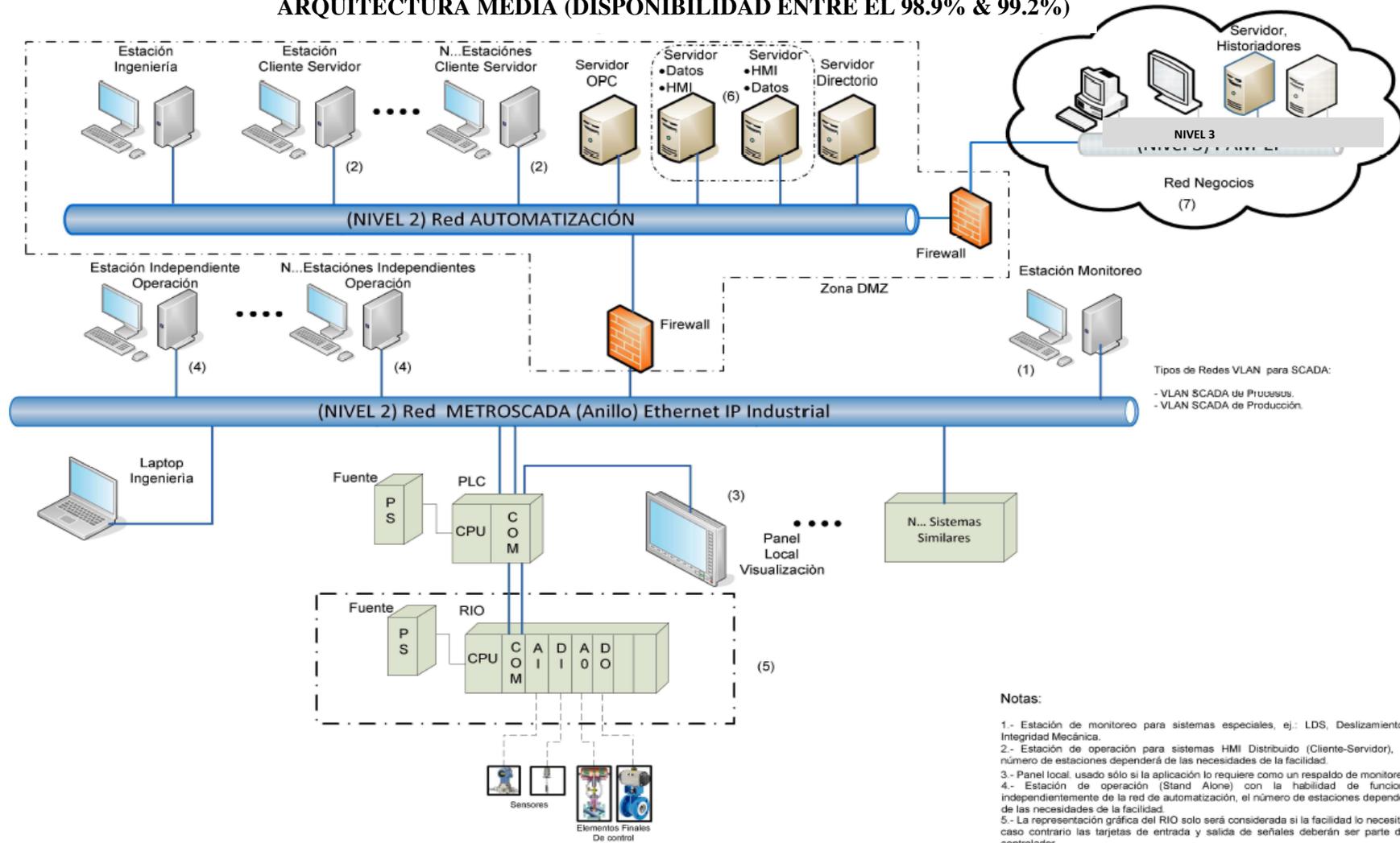
## ANEXOS

### ANEXO A. ARQUITECTURA BAJA DISPONIBILIDAD ENTRE EL 98.9% & 99.2%)



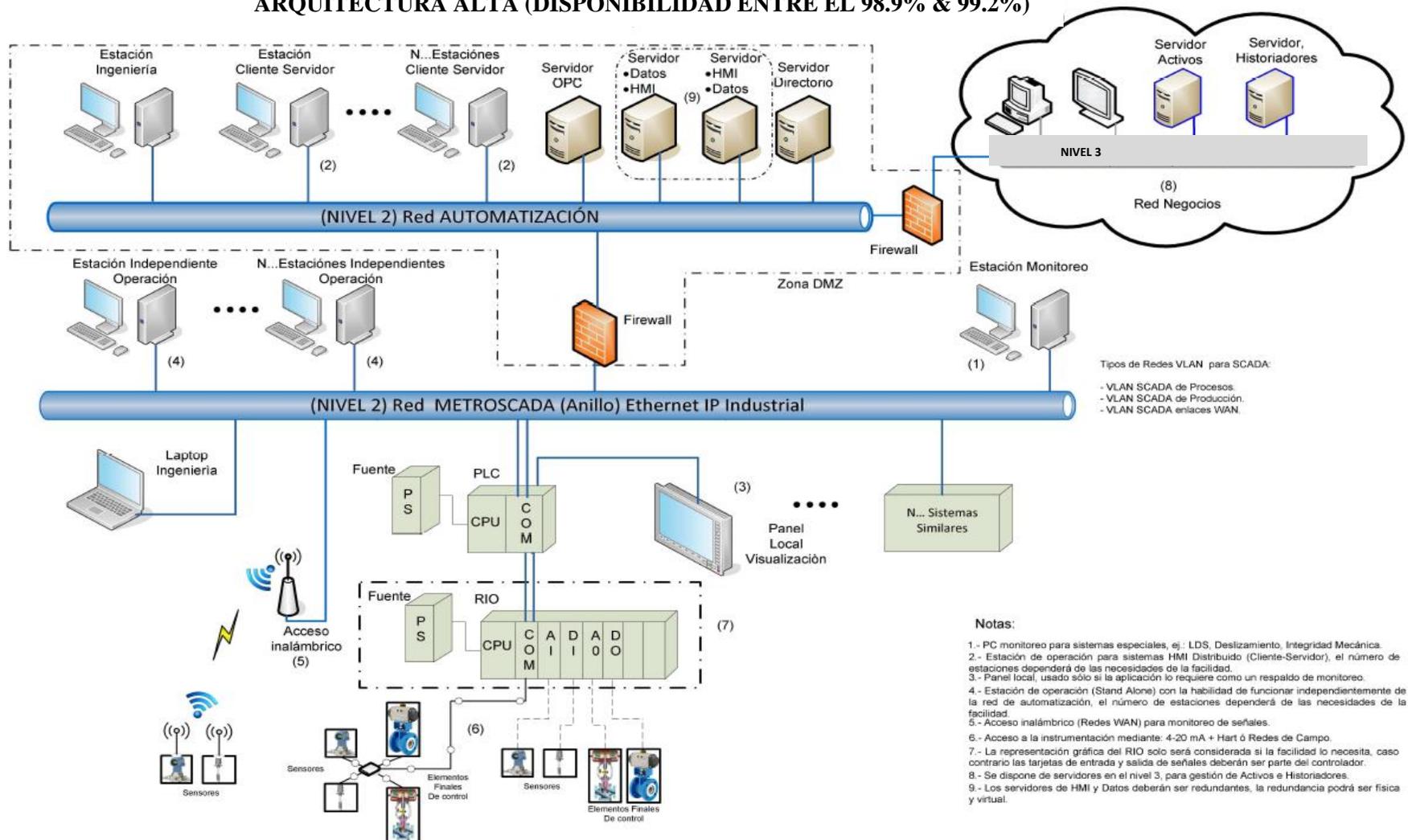
## ANEXO B

### ARQUITECTURA MEDIA (DISPONIBILIDAD ENTRE EL 98.9% & 99.2%)



## ANEXO C

### ARQUITECTURA ALTA (DISPONIBILIDAD ENTRE EL 98.9% & 99.2%)



## ANEXO D

### ISO 20000

La norma ISO 20000 esta específicamente realizada para la gestión de los servicios de TI, esta norma describe los procesos que prestan servicios de TI a las organizaciones y a sus clientes. Estos son 5 procesos que cubren todas las necesidades del ciclo de vida de los servicios, se desarrollan de la siguiente forma:



La Norma ISO 20000 es un estándar internacional, que cuenta con la reducción de costes relacionados al conocimiento y resolución de los incidentes de TI, lleva además el manejo de la gestión efectiva de los proveedores entre el servicio provisto, asegura y demuestra el cumplimiento de la función de TI con la entrega de servicios, justifica el coste de la calidad del servicio y proporciona los servicios adecuados a las necesidades del negocio del cliente y del usuario.

## ANEXO E

### NODO 1

NODO\_1#show running-config

Building configuration...

Current configuration: 3870 bytes

!

! Last configuration change at 04:20:16 UTC Mon Mar 1 1993

!

version 12.2

no service pad

service timestamps debug datetime msec

service timestamps log datetime msec

no service password-encryption

!

hostname NODO\_1

!

boot-start-marker

boot-end-marker

!

!

!

no aaa new-model

system mtu routing 1500

ptp mode e2transparent

ip routing

!

ip vrf ELECTRICO

!

ip vrf PROCESOS

!

!

!

!

crypto pki trustpoint TP-self-signed-625146880

enrollment selfsigned

subject-name cn=IOS-Self-Signed-Certificate-625146880

revocation-check none

rsa-keypair TP-self-signed-625146880

!

!

crypto pki certificate chain TP-self-signed-625146880

certificate self-signed 01

3082023C 308201A5 A0030201 02020101 300D0609 2A864886 F70D0101 04050030

30312E30 2C060355 04031325 494F532D 53656C66 2D536967 6E65642D 43657274

69666963 6174652D 36323531 34363838 30301E17 0D393330 33303130 30303035

355A170D 32303031 30313030 30303030 5A303031 2E302C06 03550403 1325494F

532D5365 6C662D53 69676E65 642D4365 72746966 69636174 652D3632 35313436

38383030 819F300D 06092A86 4886F70D 01010105 0003818D 00308189 02818100  
E5034C12 F859111A B5578EB9 10EA5246 05A5A6D6 4C06B547 7384018C 4F88A99E  
5D1BF4F2 213A17A9 BE725BCE 63E83BF5 59878879 616D3EA5 73C259FC D6C6E73F  
7B3874CF D46427EB D60D717F A951D397 21E44574 8A47156B 1F9F133F DA5B4404  
F303A9D0 CCABFC35 09A08CFF 701E8F62 13C91950 A46C2ED3 3F9503E8 7C81B3B5  
02030100 01A36630 64300F06 03551D13 0101FF04 05300301 01FF3011 0603551D  
11040A30 0882064E 4F444F5F 31301F06 03551D23 04183016 8014ED6A 47AC4131  
E6606B21 6D0E6C2B B114078D F78F301D 0603551D 0E041604 14ED6A47 AC4131E6  
606B216D 0E6C2BB1 14078DF7 8F300D06 092A8648 86F70D01 01040500 03818100  
19C97C77 681B961D 51CBEA3C 0C983746 068B2171 BD28BEDE F321A893 96B82622  
87E9BF62 754D0406 CC9232C1 8F70EF82 E3D2D017 49316A20 89EC0841 0CA078B6  
28436053 A06BB340 5F863ECF 8BA3348C 8F0A4977 81E16FDD 93FA6013 06A773C5  
C426717F DC1F9748 C2FDC71D 04076DA4 10CDD197 962C467C 0A401E1F F97F83A0

quit

!

!

!

no mac authentication

mac authentication table version 0

spanning-tree mode pvst

spanning-tree extend system-id

!

alarm profile defaultPort

alarm not-operating

syslog not-operating

notifies not-operating

!

!

vlan internal allocation policy ascending

lldp run

!

!

!

!

!

!

!

interface FastEthernet1/1

description GESTION

switchport access vlan 12

switchport mode access

!

interface FastEthernet1/2

description PLC

switchport access vlan 101

switchport mode access

!

interface FastEthernet1/3

```
!  
  
interface FastEthernet1/4  
  
no switchport  
  
ip address 10.10.10.1 255.255.255.0  
  
!  
  
interface FastEthernet1/5  
  
!  
  
interface FastEthernet1/6  
  
!  
  
interface FastEthernet1/7  
  
!  
  
interface FastEthernet1/8  
  
!  
  
interface GigabitEthernet1/1  
  
switchport trunk allowed vlan 10-12  
  
switchport mode trunk  
  
rep segment 5  
  
!  
  
interface GigabitEthernet1/2  
  
switchport trunk allowed vlan 10-12  
  
switchport mode trunk  
  
rep segment 5  
  
!  
  
interface Vlan1
```

no ip address

!

interface Vlan10

ip vrf forwarding PROCESOS

ip address 172.17.0.1 255.255.255.0

!

interface Vlan11

ip vrf forwarding ELECTRICO

ip address 172.17.1.1 255.255.255.0

!

interface Vlan12

ip address 172.17.2.1 255.255.255.0

!

interface Vlan100

ip vrf forwarding PROCESOS

ip address 192.168.8.1 255.255.255.0

!

interface Vlan101

ip vrf forwarding ELECTRICO

ip address 192.168.0.1 255.255.255.0

!

interface Vlan102

ip address 192.168.16.1 255.255.255.0

!

```
router ospf 1 vrf PROCESOS

network 172.17.0.0 0.0.0.255 area 0

network 192.168.8.0 0.0.0.255 area 0

!

router ospf 2 vrf ELECTRICO

network 172.17.1.0 0.0.0.255 area 0

network 192.168.0.0 0.0.0.255 area 0

!

router ospf 3

network 172.17.2.0 0.0.0.255 area 0

network 192.168.16.0 0.0.0.255 area 0

!

ip http server

ip http secure-server

!

!

logging esm config

!

snmp-server community epoch RO

!

line con 0

line vty 0 4

login

line vty 5 15
```

login

!

end

NODO\_1#sho

NODO\_1#show ip os

NODO\_1#show ip ospf ne

NODO\_1#show ip ospf neighbor

| Neighbor ID  | Pri | State        | Dead Time | Address    | Interface |
|--------------|-----|--------------|-----------|------------|-----------|
| 192.168.17.1 | 1   | FULL/DR      | 00:00:37  | 172.17.2.2 | Vlan12    |
| 192.168.18.1 | 1   | FULL/DROTHER | 00:00:37  | 172.17.2.3 | Vlan12    |
| 192.168.19.1 | 1   | FULL/DROTHER | 00:00:32  | 172.17.2.4 | Vlan12    |
| 192.168.1.1  | 1   | FULL/DR      | 00:00:31  | 172.17.1.2 | Vlan11    |
| 192.168.2.1  | 1   | FULL/DROTHER | 00:00:31  | 172.17.1.3 | Vlan11    |
| 192.168.3.1  | 1   | FULL/DROTHER | 00:00:39  | 172.17.1.4 | Vlan11    |
| 192.168.9.1  | 1   | FULL/DR      | 00:00:38  | 172.17.0.2 | Vlan10    |
| 192.168.10.1 | 1   | FULL/DROTHER | 00:00:35  | 172.17.0.3 | Vlan10    |
| 192.168.11.1 | 1   | FULL/DROTHER | 00:00:32  | 172.17.0.4 | Vlan10    |

NODO\_1#

NODO\_1#

## NODO 2

NODO\_2#sho

NODO\_2#show run

NODO\_2#show running-config

Building configuration...

Current configuration : 4105 bytes

!

! Last configuration change at 04:28:05 UTC Mon Mar 1 1993

!

version 12.2

no service pad

service timestamps debug datetime msec

service timestamps log datetime msec

no service password-encryption

!

hostname NODO\_2

!

boot-start-marker

boot-end-marker

!

!

!

no aaa new-model

```
system mtu routing 1500

ptp mode e2transparent

ip routing

!

ip vrf ELECTRICO

rd 110:3

route-target export 110:3

route-target import 110:3

!

ip vrf PROCESOS

rd 110:1

route-target export 110:1

route-target import 110:1

!

!

!

!

!

!

crypto pki trustpoint TP-self-signed-1324608768

enrollment selfsigned

subject-name cn=IOS-Self-Signed-Certificate-1324608768

revocation-check none

rsa-keypair TP-self-signed-1324608768

!
```

!

crypto pki certificate chain TP-self-signed-1324608768

certificate self-signed 01

3082023E 308201A7 A0030201 02020101 300D0609 2A864886 F70D0101 04050030  
31312F30 2D060355 04031326 494F532D 53656C66 2D536967 6E65642D 43657274  
69666963 6174652D 31333234 36303837 3638301E 170D3933 30333031 30303030  
35345A17 0D323030 31303130 30303030 305A3031 312F302D 06035504 03132649  
4F532D53 656C662D 5369676E 65642D43 65727469 66696361 74652D31 33323436  
30383736 3830819F 300D0609 2A864886 F70D0101 01050003 818D0030 81890281  
81009376 CF4B9DF3 45F2FB8A 90805925 69D2FC00 BC0E1BA9 3CA649EE 483A34DD  
16CAD29C 3A8CEA08 DE7E3675 0E25D899 70B8B9C8 D30F67FA 7BF2DD13 0010DB3C  
4E4CBF77 A4BADA9C 538688B4 9D9DCEC0 78B81CEA 0F3028BE 622F6444 A36FA756  
7CB5E5C04 8FA3E340 AD07F59E 903615B8 B32BAC71 A4AECE64 B69B7975 034B9DAD  
D5DF0203 010001A3 66306430 0F060355 1D130101 FF040530 030101FF 30110603  
551D1104 0A300882 064E4F44 4F5F3230 1F060355 1D230418 30168014 624F6836  
FBD7C3C1 C832F4FC CDFCFAAB E329F28F 301D0603 551D0E04 16041462 4F6836FB  
D7C3C1C8 32F4FCCD FCFAABE3 29F28F30 0D06092A 864886F7 0D010104 05000381  
81002D52 BFE99C5A CBB19A22 1ABB57C5 6AF5BAB2 C5755736 F36ED57B 2F67FAC3  
5EF50D7C C5BFC6A3 95D50BC8 F40FE438 BD5D00B5 1DD6E4BD C4CD9BCA  
E7E57667  
1CFBA083 95D83CB9 2B81BCD4 389A8825 7E61AD85 62CE973A 8391BABD 1F9DB020  
3359E040 67D3CE07 D4B0BD38 ADAABE6D 8C8CCFA5 F93ECCA9 910A9C95  
5559E0DF 5C7D

quit

!

!

!

no mac authentication

mac authentication table version 0

spanning-tree mode pvst

spanning-tree extend system-id

!

alarm profile defaultPort

alarm not-operating

syslog not-operating

notifies not-operating

!

!

vlan internal allocation policy ascending

lldp run

!

!

!

!

!

!

!

interface FastEthernet1/1

switchport access vlan 12

```
switchport mode access

!

interface FastEthernet1/2

description PLC

switchport access vlan 101

switchport mode access

!

interface FastEthernet1/3

!

interface FastEthernet1/4

no switchport

ip address 10.10.10.1 255.255.255.0

!

interface FastEthernet1/5

!

interface FastEthernet1/6

!

interface FastEthernet1/7

!

interface FastEthernet1/8

!

interface GigabitEthernet1/1

switchport trunk allowed vlan 10-12

switchport mode trunk
```

```
rep segment 5
!
interface GigabitEthernet1/2
switchport trunk allowed vlan 10-12
switchport mode trunk
rep segment 5
!
interface Vlan1
no ip address
!
interface Vlan10
ip vrf forwarding PROCESOS
ip address 172.17.0.2 255.255.255.0
!
interface Vlan11
ip vrf forwarding ELECTRICO
ip address 172.17.1.2 255.255.255.0
!
interface Vlan12
ip address 172.17.2.2 255.255.255.0
!
interface Vlan100
ip vrf forwarding PROCESOS
ip address 192.168.9.1 255.255.255.0
```

```
!  
  
interface Vlan101  
  
ip vrf forwarding ELECTRICO  
  
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0  
  
!  
  
interface Vlan102  
  
ip address 192.168.17.1 255.255.255.0  
  
!  
  
router ospf 1 vrf PROCESOS  
  
network 172.17.0.0 0.0.0.255 area 0  
  
network 192.168.9.0 0.0.0.255 area 0  
  
!  
  
router ospf 2 vrf ELECTRICO  
  
network 172.17.1.0 0.0.0.255 area 0  
  
network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0  
  
!  
  
router ospf 3  
  
network 172.17.2.0 0.0.0.255 area 0  
  
network 192.168.17.0 0.0.0.255 area 0  
  
!  
  
ip http server  
  
ip http secure-server  
  
!  
  
!
```

```
ip sla enable reaction-alerts

logging esm config

!

snmp-server community epoch RO

!

line con 0

line vty 0 4

login

line vty 5 15

login

!

!

monitor session 1 source interface Fa1/2

monitor session 1 destination interface Fa1/8

end
```

NODO\_2#show ip ospf neighbor

| Neighbor ID  | Pri | State        | Dead Time | Address    | Interface |
|--------------|-----|--------------|-----------|------------|-----------|
| 192.168.16.1 | 1   | FULL/BDR     | 00:00:32  | 172.17.2.1 | Vlan12    |
| 192.168.18.1 | 1   | FULL/DROTHER | 00:00:32  | 172.17.2.3 | Vlan12    |
| 192.168.19.1 | 1   | FULL/DROTHER | 00:00:36  | 172.17.2.4 | Vlan12    |
| 192.168.0.1  | 1   | FULL/BDR     | 00:00:36  | 172.17.1.1 | Vlan11    |
| 192.168.2.1  | 1   | FULL/DROTHER | 00:00:35  | 172.17.1.3 | Vlan11    |
| 192.168.3.1  | 1   | FULL/DROTHER | 00:00:34  | 172.17.1.4 | Vlan11    |

192.168.8.1 1 FULL/BDR 00:00:32 172.17.0.1 Vlan10

192.168.10.1 1 FULL/DROTHER 00:00:39 172.17.0.3 Vlan10

192.168.11.1 1 FULL/DROTHER 00:00:36 172.17.0.4 Vlan10

NODO\_2#

### NODO 3

NODO\_3#show running-config

Building configuration...

Current configuration : 3772 bytes

!

! Last configuration change at 00:44:25 UTC Mon Mar 1 1993

!

version 12.2

no service pad

service timestamps debug datetime msec

service timestamps log datetime msec

no service password-encryption

!

hostname NODO\_3

!

boot-start-marker

boot-end-marker

!

!

!

no aaa new-model

system mtu routing 1500

ptp mode e2transparent

ip routing

!

ip vrf ELECTRICO

!

ip vrf PROCESOS

!

!

!

!

!

crypto pki trustpoint TP-self-signed-2902123008

enrollment selfsigned

subject-name cn=IOS-Self-Signed-Certificate-2902123008

revocation-check none

rsa-keypair TP-self-signed-2902123008

!

!

crypto pki certificate chain TP-self-signed-2902123008

certificate self-signed 01

3082023E 308201A7 A0030201 02020101 300D0609 2A864886 F70D0101 04050030

31312F30 2D060355 04031326 494F532D 53656C66 2D536967 6E65642D 43657274

69666963 6174652D 32393032 31323330 3038301E 170D3933 30333031 30303030

35345A17 0D323030 31303130 30303030 305A3031 312F302D 06035504 03132649

4F532D53 656C662D 5369676E 65642D43 65727469 66696361 74652D32 39303231

32333030 3830819F 300D0609 2A864886 F70D0101 01050003 818D0030 81890281  
8100A4AA 06F1F6A5 3A40E61F 39F5E0C2 268B8227 D9D14528 30418583 8DD3F38C  
38E7737C 54F8D905 FF49318C A39B5638 9C4539C7 7B4F5675 86BD3559 496A1F81  
BEF35462 3AA23FFC 319A73F1 D0671113 3351FDAF 11B6C051 23778694 B2C4962E  
71D8FA77 15626D65 7F4237A1 DDAC98DB 960DA066 6DB7DE25 4B7E79D8 49FAD30B  
D4D50203 010001A3 66306430 0F060355 1D130101 FF040530 030101FF 30110603  
551D1104 0A300882 064E4F44 4F5F3330 1F060355 1D230418 30168014 22424F22  
85FE0A48 E2FED12F 555F2DD0 72C7B4F1 301D0603 551D0E04 16041422 424F2285  
FE0A48E2 FED12F55 5F2DD072 C7B4F130 0D06092A 864886F7 0D010104 05000381  
81004F00 FDBD1040 67392B00 D20C2BD7 2B9F720B B6D2D47D 0276868E 957E55D1  
54656CA5 FE5FF11A B2918CCE BC5E88B1 255F1CEC 68D2E190 5B44DD4F A04AC7CA  
EA85C317 53CF7C92 0A07E49A F9F4C846 EBF2489E 3DAA37CA 036F5871 636511F6  
012B9CBE AE43FF8D B5D6DAAC 9ECE4EB9 2F58A1E3 2BA4819D D36CB442  
E54698C7 1B68

quit

!

!

!

no mac authentication

mac authentication table version 0

spanning-tree mode pvst

spanning-tree extend system-id

!

alarm profile defaultPort

alarm not-operating

syslog not-operating

notifies not-operating

!

!

vlan internal allocation policy ascending

lldp run

!

!

!

!

!

!

!

interface FastEthernet1/1

description PROCESOS

switchport access vlan 100

switchport mode access

!

interface FastEthernet1/2

!

interface FastEthernet1/3

!

interface FastEthernet1/4

!

```
interface FastEthernet1/5

!

interface FastEthernet1/6

!

interface FastEthernet1/7

!

interface FastEthernet1/8

!

interface GigabitEthernet1/1

switchport trunk allowed vlan 10-12

switchport mode trunk

rep segment 5

!

interface GigabitEthernet1/2

switchport trunk allowed vlan 10-12

switchport mode trunk

rep segment 5

!

interface Vlan1

no ip address

shutdown

!

interface Vlan10

ip vrf forwarding PROCESOS
```

```
ip address 172.17.0.3 255.255.255.0

!

interface Vlan11

ip vrf forwarding ELECTRICO

ip address 172.17.1.3 255.255.255.0

!

interface Vlan12

ip address 172.17.2.3 255.255.255.0

!

interface Vlan100

ip vrf forwarding PROCESOS

ip address 192.168.10.1 255.255.255.0

!

interface Vlan101

ip vrf forwarding ELECTRICO

ip address 192.168.2.1 255.255.255.0

!

interface Vlan102

ip address 192.168.18.1 255.255.255.0

!

router ospf 1 vrf PROCESOS

network 172.17.0.0 0.0.0.255 area 0

network 192.168.10.0 0.0.0.255 area 0

!
```

```
router ospf 2 vrf ELECTRICO

network 172.17.1.0 0.0.0.255 area 0

network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0

!

router ospf 3

network 172.17.2.0 0.0.0.255 area 0

network 192.168.18.0 0.0.0.255 area 0

!

ip http server

ip http secure-server

!

!

logging esm config

!

snmp-server community epoch RO

!

line con 0

line vty 0 4

login

line vty 5 15

login

!

end
```

NODO\_3#show ip ospf neighbor

| Neighbor ID  | Pri | State        | Dead Time | Address    | Interface |
|--------------|-----|--------------|-----------|------------|-----------|
| 192.168.16.1 | 1   | FULL/BDR     | 00:00:39  | 172.17.2.1 | Vlan12    |
| 192.168.17.1 | 1   | FULL/DR      | 00:00:39  | 172.17.2.2 | Vlan12    |
| 192.168.19.1 | 1   | 2WAY/DROTHER | 00:00:34  | 172.17.2.4 | Vlan12    |
| 192.168.0.1  | 1   | FULL/BDR     | 00:00:34  | 172.17.1.1 | Vlan11    |
| 192.168.1.1  | 1   | FULL/DR      | 00:00:32  | 172.17.1.2 | Vlan11    |
| 192.168.3.1  | 1   | 2WAY/DROTHER | 00:00:31  | 172.17.1.4 | Vlan11    |
| 192.168.8.1  | 1   | FULL/BDR     | 00:00:30  | 172.17.0.1 | Vlan10    |
| 192.168.9.1  | 1   | FULL/DR      | 00:00:39  | 172.17.0.2 | Vlan10    |
| 192.168.11.1 | 1   | 2WAY/DROTHER | 00:00:33  | 172.17.0.4 | Vlan10    |

#### NODO 4

NODO\_4#show running-config

Building configuration...

Current configuration : 3762 bytes

!

! Last configuration change at 00:44:30 UTC Mon Mar 1 1993

!

version 12.2

```
no service pad

service timestamps debug datetime msec

service timestamps log datetime msec

no service password-encryption

!

hostname NODO_4

!

boot-start-marker

boot-end-marker

!

!

!

no aaa new-model

system mtu routing 1500

ptp mode e2transparent

ip routing

!

ip vrf ELECTRICO

!

ip vrf PROCESOS

!

!

!
```

!

crypto pki trustpoint TP-self-signed-1970266752

enrollment selfsigned

subject-name cn=IOS-Self-Signed-Certificate-1970266752

revocation-check none

rsakeypair TP-self-signed-1970266752

!

!

crypto pki certificate chain TP-self-signed-1970266752

certificate self-signed 01

3082023E 308201A7 A0030201 02020101 300D0609 2A864886 F70D0101 04050030

31312F30 2D060355 04031326 494F532D 53656C66 2D536967 6E65642D 43657274

69666963 6174652D 31393730 32363637 3532301E 170D3933 30333031 30303030

35355A17 0D323030 31303130 30303030 305A3031 312F302D 06035504 03132649

4F532D53 656C662D 5369676E 65642D43 65727469 66696361 74652D31 39373032

36363735 3230819F 300D0609 2A864886 F70D0101 01050003 818D0030 81890281

8100A21D 3EF7CEB7 86D0B878 1C06ECF9 A6D0938B D695E447 5E7A3AC5 A6248D05

6B94A918 62FE7217 A7660936 57A647DC 7911CE83 9ED056C7 578F5A49 D2ABA648

164AFA63 8EEC8FCB AED9CBA1 B5232B26 D2A9652B ECDFA189 98D88327

24CBF731

0BE5DBC0 A26C7348 E1173AA2 6FE0A436 B77C6A1E 8D4A4D76 7697DB1F 31D5A668

8A190203 010001A3 66306430 0F060355 1D130101 FF040530 030101FF 30110603

551D1104 0A300882 064E4F44 4F5F3430 1F060355 1D230418 30168014 0FB4FAB1

99FDCE85 47B32A5B 5D1FE4F4 8D5FFBCD 301D0603 551D0E04 1604140F B4FAB199

FDCE8547 B32A5B5D 1FE4F48D 5FFBCD30 0D06092A 864886F7 0D010104 05000381

810069F7 C4B74DA9 81DE5541 D55C18C3 57086DAA AD0C4EFF 88A5A41C F00C9A4E  
2B1A3373 D95E1C26 01DE4E60 D7A11697 38F00D3E D24B42C8 06A6CA2D 44DB6A29  
87A46C77 549B9FA0 C0A6F75B 8231D79E 59B13353 93111960 7BAB3753 08A04EEF  
748E6611 F75D5E56 A7F0EAF9 5FEB5534 947572DE 4C75DA92 19C93808 91345D33  
A70A

quit

!

!

!

no mac authentication

mac authentication table version 0

spanning-tree mode pvst

spanning-tree extend system-id

!

alarm profile defaultPort

alarm not-operating

syslog not-operating

notifies not-operating

!

!

vlan internal allocation policy ascending

lldp run

!

!

!

!

!

!

!

interface FastEthernet1/1

description PROCESOS

switchport access vlan 100

switchport mode access

!

interface FastEthernet1/2

!

interface FastEthernet1/3

!

interface FastEthernet1/4

!

interface FastEthernet1/5

!

interface FastEthernet1/6

!

interface FastEthernet1/7

!

interface FastEthernet1/8

!

interface GigabitEthernet1/1

```
switchport trunk allowed vlan 10-12
```

```
switchport mode trunk
```

```
rep segment 5
```

```
!
```

```
interface GigabitEthernet1/2
```

```
switchport trunk allowed vlan 10-12
```

```
switchport mode trunk
```

```
rep segment 5
```

```
!
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
!
```

```
interface Vlan10
```

```
ip vrf forwarding PROCESOS
```

```
ip address 172.17.0.4 255.255.255.0
```

```
!
```

```
interface Vlan11
```

```
ip vrf forwarding ELECTRICO
```

```
ip address 172.17.1.4 255.255.255.0
```

```
!
```

```
interface Vlan12
```

```
ip address 172.17.2.4 255.255.255.0
```

```
!
```

```
interface Vlan100
```

```
ip vrf forwarding PROCESOS

ip address 192.168.11.1 255.255.255.0

!

interface Vlan101

ip vrf forwarding ELECTRICO

ip address 192.168.3.1 255.255.255.0

!

interface Vlan102

ip address 192.168.19.1 255.255.255.0

!

router ospf 1 vrf PROCESOS

network 172.17.0.0 0.0.0.255 area 0

network 192.168.11.0 0.0.0.255 area 0

!

router ospf 2 vrf ELECTRICO

network 172.17.1.0 0.0.0.255 area 0

network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 0

!

router ospf 3

network 172.17.2.0 0.0.0.255 area 0

network 192.168.19.0 0.0.0.255 area 0

!

ip http server

ip http secure-server
```

```
!  
!  
logging esm config  
!  
snmp-server community espoch RO  
!  
line con 0  
  
line vty 0 4  
  
login  
  
line vty 5 15  
  
login  
  
!  
  
end
```

NODO\_4#show ip ospf neighbor

| Neighbor ID  | Pri | State        | Dead Time | Address    | Interface |
|--------------|-----|--------------|-----------|------------|-----------|
| 192.168.16.1 | 1   | FULL/BDR     | 00:00:33  | 172.17.2.1 | Vlan12    |
| 192.168.17.1 | 1   | FULL/DR      | 00:00:34  | 172.17.2.2 | Vlan12    |
| 192.168.18.1 | 1   | 2WAY/DROTHER | 00:00:33  | 172.17.2.3 | Vlan12    |
| 192.168.0.1  | 1   | FULL/BDR     | 00:00:38  | 172.17.1.1 | Vlan11    |
| 192.168.1.1  | 1   | FULL/DR      | 00:00:36  | 172.17.1.2 | Vlan11    |
| 192.168.2.1  | 1   | 2WAY/DROTHER | 00:00:36  | 172.17.1.3 | Vlan11    |
| 192.168.8.1  | 1   | FULL/BDR     | 00:00:33  | 172.17.0.1 | Vlan10    |
| 192.168.9.1  | 1   | FULL/DR      | 00:00:34  | 172.17.0.2 | Vlan10    |

192.168.10.1 1 2WAY/DROTHER 00:00:31 172.17.0.3 Vlan10