



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

Implementación de un sistema de monitoreo basado en Centreon para una red de transporte de banda ancha en Puno

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

AUTOR

Jhonny Felix HUAMANI FLORES

ASESOR

Dr. Williams Fernando ACOSTA SOLORZANO

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Huamani, J. (2026). *Implementación de un sistema de monitoreo basado en Centreon para una red de transporte de banda ancha en Puno*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Jhonny Felix Huamani Flores
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70982798
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Williams Fernando Acosta Solorzano
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06434186
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-2473-4581
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Jorge Elías Moscoso Sánchez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07206008
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Wilbert Chavez Irazabal
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08121733
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Daniel Díaz Ataucuri
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07139361
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.3.1. Automatización en adquisición de datos
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	No Aplica

Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Distrito: Puno Latitud: -15.87726 Longitud: -70.00237
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2024 - Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE	Telecomunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05 Ingeniería de sistemas y comunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



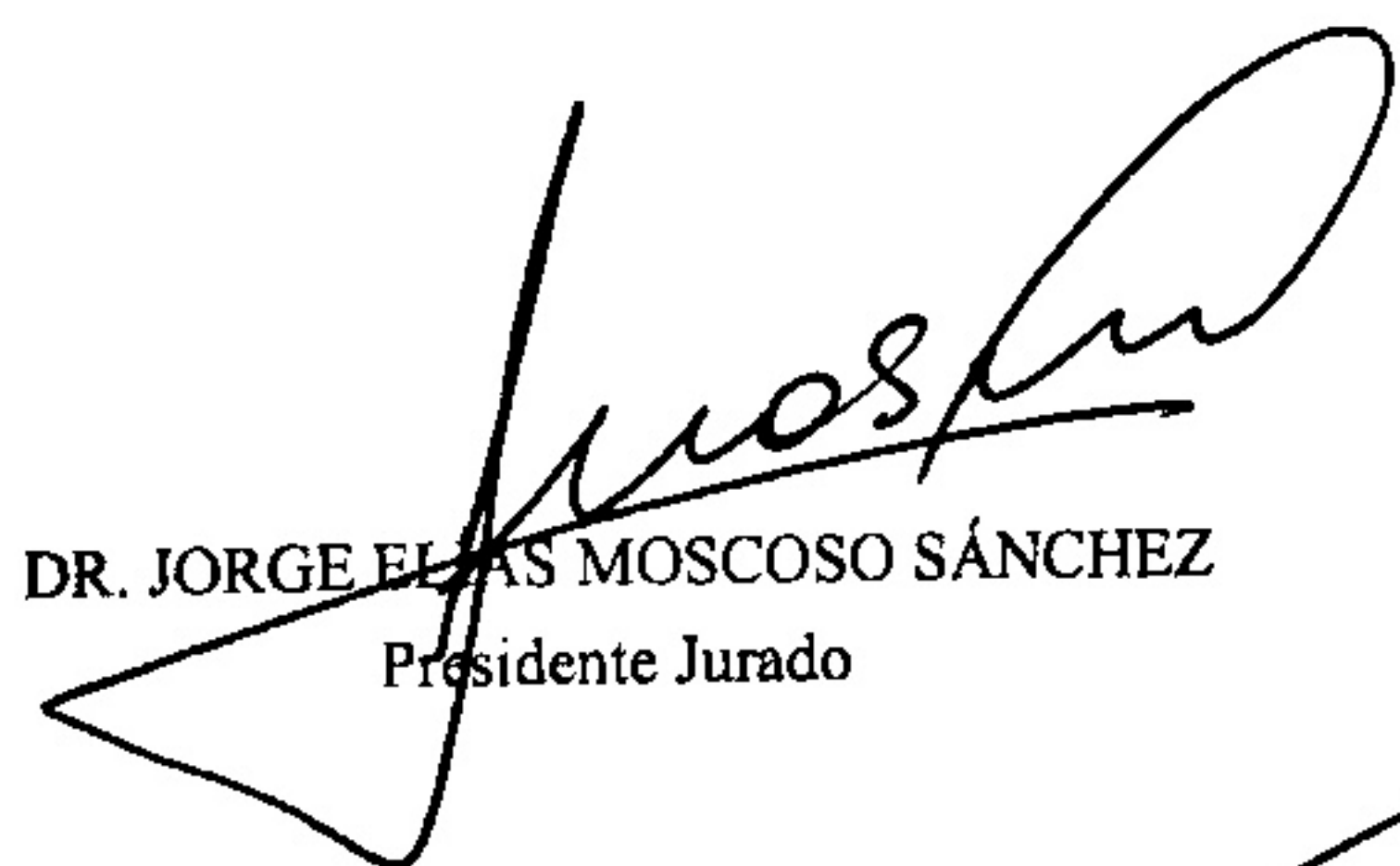
ACTA DE SUSTENTACIÓN
TRABAJO DE
SUFICIENCIA PROFESIONAL
ACTA N°51/FIEE-PPP/2026

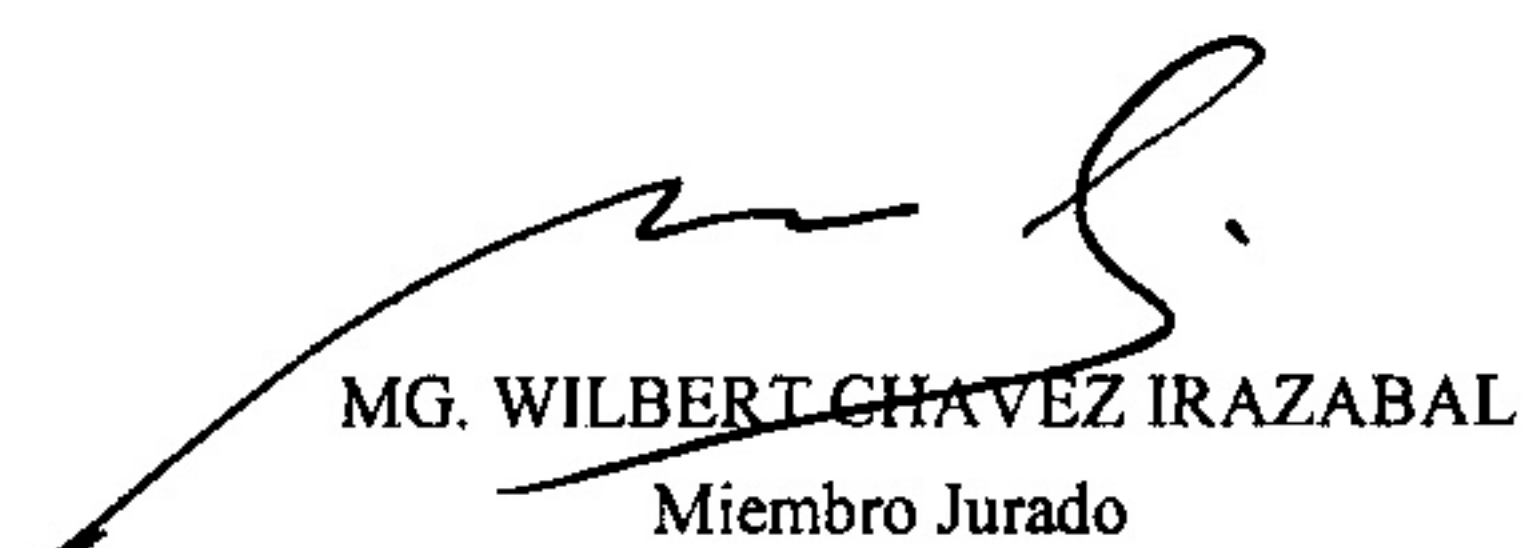
Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 17 de Julio del 2026, como presidente de Jurado el **DR. JORGE ELÍAS MOSCOSO SÁNCHEZ**, integrado por el Miembro de Jurado el **MG. WILBERT CHAVEZ IRAZABAL**, el Miembro de Jurado el **MG. DANIEL DÍAZ ATAUCURI** y Miembro Asesor el **DR. WILLIAMS FERNANDO ACOSTA SOLORZANO**.

Después de escuchar la Sustentación Presencial del Trabajo de Suficiencia Profesional del Bachiller **JHONNY FELIX HUAMANI FLORES** con código 12190014 que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO BASADO EN CENTREON PARA UNA RED DE TRANSPORTE DE BANDA ANCHA EN PUNO**.

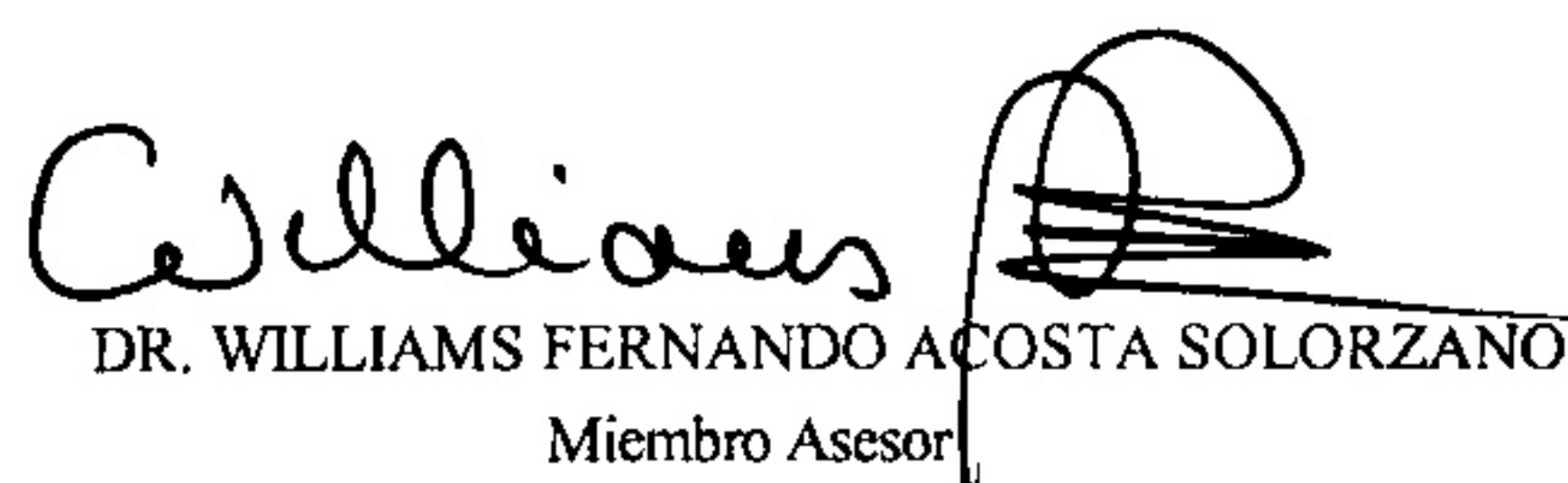
El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió otorgarle el calificativo de 16 (Dieciséis).

Ciudad Universitaria, 17 de julio del 2026


DR. JORGE ELÍAS MOSCOSO SÁNCHEZ
Presidente Jurado


MG. WILBERT CHAVEZ IRAZABAL
Miembro Jurado


MG. DANIEL DÍAZ ATAUCURI
Miembro Jurado


DR. WILLIAMS FERNANDO ACOSTA SOLORZANO
Miembro Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **WILLIAMS FERNANDO ACOSTA SOLORZANO** en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen N°53/FIEEE-PPP/2026 del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO BASADO EN CENTREON PARA UNA RED DE TRANSPORTE DE BANDA ANCHA EN PUNO**, presentado por el bachiller JHONNY FELIX HUAMANI FLORES, para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 8% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título profesional de Ingeniero Electrónico.

Lima, 17 de Julio del 2026

Firma del Asesor

DNI:

Willi acosta

Nombres y apellidos del asesor:

WILLIAMS FERNANDO ACOSTA SOLORZANO

DNI 06434186.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a las personas que me apoyaron enormemente para que esto sea posible: mis padres, Romualdo Huamani y Nilda Flores. También a mis hermanos quienes siguen su propio camino profesional.

A mis abuelos, tanto a los que se encuentran hoy conmigo y a los que descansan en el cielo.

"Uno de los mayores desafíos es vencerse a uno mismo"

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a colegas, amigos y profesores que me aconsejaron para hacer esto posible. A el Dr. Williams F. Acosta Solorzano por su acompañamiento en la realización de este trabajo.

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene por finalidad mostrar la implementación de un sistema de monitoreo basado en el software de Centreon para una red de nodos de transporte que conforman la infraestructura de banda ancha en la región de Puno. Esta necesidad surge a partir de contar con una herramienta de supervisión centralizada operada desde NOC (*Network Operations Center*).

Para el desarrollo de esta solución se usó la plataforma de Centreon (v20.04.9) con arquitectura distribuida, conformada por un servidor central y dos *pollers* para recopilar datos, en conjunto con un sistema de gestión de base de datos (MariaDB) para almacenar la información obtenida. Este sistema fue implementado para realizar el monitoreo centralizado en tiempo real de los equipos (o subsistemas) y sus respectivas métricas por medio de los protocolos SNMP e ICMP.

Se configuró la plataforma y se verificó el correcto funcionamiento de su interfaz web. El uso de esta herramienta permitió integrar la supervisión de diversos dispositivos de la infraestructura, y de distintos fabricantes, en una sola plataforma de monitoreo central. Desde el NOC (Centro de Operaciones de Red), facilitó una mejor correlación de los datos para garantizar la gestión y el mantenimiento de la red.

Palabras clave: Monitoreo, Centreon, Nodos, Red de transporte, NOC.

ABSTRACT

The present professional sufficiency project aims to demonstrate the implementation of a monitoring system based on Centreon software for a network of transport nodes that make up the broadband infrastructure in the Puno region. This need arises from having a centralized monitoring tool operated from the NOC (Network Operations Center).

For the development of this solution, the Centreon platform (v20.04.9) was used with a distributed architecture, consisting of a central server and two pollers to collect data, together with a database management system (MariaDB) to store the information obtained. This system was implemented to perform centralized real-time monitoring of equipment (or subsystems) and their respective metrics through the SNMP and ICMP protocols.

The platform was configured and the proper functioning of its web interface was verified. The use of this tool allowed the integration of the supervision of various infrastructure devices, from different manufacturers, into a single centralized monitoring platform. From the NOC (Network Operations Center), it facilitated better data correlation to ensure the management and maintenance of the network.

Keywords: Monitoring, Centreon, Nodes, Transport Network, NOC.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE GENERAL	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE CUADROS	xi
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	3
2.1 Institución – Actividad que desarrolla	3
2.2 Periodo de Duración de la Actividad	3
2.3 Finalidad y Objetivos de la Entidad	3
2.4 Razón Social	4
2.5 Dirección Postal	4
2.6 Nombre y Correo Electrónico del Profesional a Cargo	4
CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	5
3.1 Organización de la Actividad	5
3.2 Finalidad y Objetivos de la Actividad	5
3.2.1 Finalidad	5
3.2.2 Objetivos	6
3.2.2.1 Objetivo general	6
3.2.2.2 Objetivos específicos	6
3.3 Problemática	6
3.3.1 Problema General	7
3.3.2 Problemas Específicos	7

3.3.3 Justificación e importancia de la investigación	7
3.4 Metodología	8
3.4.1 Bases Teóricas	8
3.4.2 Marco Conceptual	10
3.4.2.1 Red de transporte.	10
3.4.2.2 Sistema Rectificador/Cargador	12
3.4.2.3 Equipos de Networking	13
3.4.2.4 Sistema de Seguridad Física y Acceso	14
3.4.2.5 Grupo Electrónico	16
3.4.2.6 Equipo de Climatización	16
3.4.2.7 Centro de Operaciones de Red (NOC)	17
3.4.2.8 Base de Datos	18
3.4.2.9 Centreon	19
3.4.2.10 Simple Network Management Protocol (SNMP)	22
3.4.2.11 Management Information Base (MIB)	23
3.4.2.12 Internet Control Message Protocol (ICMP)	24
3.5 Procedimiento	25
3.5.1 Alcance del Sistema de Monitoreo Implementado	25
3.5.2 Arquitectura y Dimensionamiento de la Plataforma	28
3.5.2.1 Sistema Rectificador / Cargador y Baterías	29
3.5.2.2 Equipos De Networking	31
3.5.2.3 Sistema De Seguridad Física	32
3.5.2.4 Equipos De Climatización	34
3.5.2.5 Grupo Electrónico	35
3.5.3 Instalación de la Plataforma de Centreon	39
3.5.3.1 Instalación del Servidor Central	39
3.5.3.2 Instalación de la Interfaz Web.	41
3.5.3.3 Instalación de los Pollers.	42
3.5.4 Agregación de Hosts y Servicios	43
3.5.5 Interfaz Web y Visualización de Datos	62
3.6 Resultado de la actividad	63

3.6.1 Consolidación de la Interfaz Centralizada de Monitoreo y Gestión Proactiva de Alertas	63
3.6.2 Análisis de Métricas Mediante Gráficos de Rendimiento	64
3.6.3 Herramientas de Troubleshooting para el Operario NOC	66
CAPÍTULO IV DISCUSION DE RESULTADOS	68
4.1 Descripción de la implementación	68
4.2 Evaluación Económica	69
CAPÍTULO V CONCLUSIONES	71
CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES	73
CAPÍTULO VII BIBLIOGRAFÍA	75
CAPÍTULO VIII ANEXOS	77
8.1 Anexo A: Pasos para la instalación del servidor central usando paquetes	77
8.2 Anexo B: Pasos para la instalación del Poller usando paquetes	79
8.3 Anexo C: Diagrama unifilar de la red de transporte en Puno	80
8.4 Anexo D: Lista de los nodos de la red de transporte en Puno	81
8.5 Anexo E: Espacios en el Nodo de Transporte	86

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Organigrama de la actividad	5
<i>Figura 2</i> Red de transporte regional	11
<i>Figura 3</i> Nodo de transporte en Puno	12
<i>Figura 4</i> Equipo Rectificador/Cargador	13
<i>Figura 5</i> Sistema de Video	15
<i>Figura 6</i> Grupo electrógeno	16
<i>Figura 7</i> Aire acondicionado	17
<i>Figura 8</i> Arquitectura distribuida en Centreon	20
<i>Figura 9</i> Elementos de la plataforma Centreon	21
<i>Figura 10</i> Comunicación SNMP	23
<i>Figura 11</i> Estructura del árbol MIB	24
<i>Figura 12</i> Plataforma de gestión de redes de fibra óptica	26
<i>Figura 13</i> Plataforma de gestión de seguridad	28
<i>Figura 14</i> Subsistema de sensores	33
<i>Figura 15</i> Subsistema de control de acceso	33
<i>Figura 16</i> Subsistema de videovigilancia	34
<i>Figura 17</i> Topología general	37
<i>Figura 18</i> Instalación del servidor Centreon central con base de datos local	40
<i>Figura 19</i> Servicio PHP en CentOS	40
<i>Figura 20</i> Módulos de la interfaz web	41
<i>Figura 21</i> Interfaz web de Centreon	42
<i>Figura 22</i> Pollers configurados	43
<i>Figura 23</i> Direccionamiento IP de los equipos activos	44
<i>Figura 24</i> Configuración de host	51
<i>Figura 25</i> Configuración del comando de verificación	51
<i>Figura 26</i> Relaciones de hosts	52
<i>Figura 27</i> Configuración de la categoría de host	53

<i>Figura 28</i> Comando de verificación para el Voltaje AC	54
<i>Figura 29</i> Plantilla de servicio para el voltaje AC	57
<i>Figura 30</i> Relación entre servicio y plantilla de host	57
<i>Figura 31</i> Estado de los servicios del rectificador	58
<i>Figura 32</i> Estado de los servicios del router	61
<i>Figura 33</i> Estado del servicio para el equipo NVR	61
<i>Figura 34</i> Estado de los servicios del aire acondicionado	61
<i>Figura 35</i> Estado de los servicios para el grupo electrógeno	62
<i>Figura 36</i> Estado del servicio para el controlador ZNV	62
<i>Figura 37</i> Panel general de la interfaz web	63
<i>Figura 38</i> Vista general de hosts y servicios	64
<i>Figura 39</i> Gráfica de latencia y disponibilidad	64
<i>Figura 40</i> Gráfica del voltaje principal L1 con interrupción	65
<i>Figura 41</i> Gráfica del voltaje de baterías en descarga	65
<i>Figura 42</i> Gráfica del nivel de combustible en el generador	66
<i>Figura 43</i> Vista personalizada del sistema de energía	67
<i>Figura 44</i> Vista personalizada del tráfico con la RDNFO	67
<i>Figura C1</i> Diagrama unifilar de la red de transporte en Puno	67
<i>Figura D1</i> Lista de nodos de la red de transporte (parte 1)	67
<i>Figura D2</i> Lista de nodos de la red de transporte (parte 2)	67
<i>Figura D3</i> Lista de nodos de la red de transporte (parte 3)	67
<i>Figura D4</i> Lista de nodos de la red de transporte (parte 4)	67
<i>Figura D5</i> Lista de nodos de la red de transporte (parte 5)	67

LISTA DE CUADROS

<i>Cuadro 1</i> Tipo y cantidad de nodos de transporte.	28
<i>Cuadro 2</i> Especificaciones técnicas del rectificador/Cargador.	29
<i>Cuadro 3</i> Especificaciones técnicas de las baterías.	29
<i>Cuadro 4</i> Dimensionamiento del sistema rectificador.	30
<i>Cuadro 5</i> Equipos de networking	31
<i>Cuadro 6</i> Especificaciones técnicas de los equipos de climatización	34
<i>Cuadro 7</i> Especificaciones técnicas del grupo electrógeno	36
<i>Cuadro 8</i> Cantidad total de host y servicios	37
<i>Cuadro 9</i> Requisitos para la instalación de la plataforma	38
<i>Cuadro 10</i> Requerimiento de ancho de banda por gestión de red para un nodo de transporte	38
<i>Cuadro 11</i> Pollers configurados	42
<i>Cuadro 12</i> Hosts y servicios del sistema de seguridad física	44
<i>Cuadro 13</i> Hosts y servicios del sistema de energía	45
<i>Cuadro 14</i> Hosts y servicios de los equipos de climatización	46
<i>Cuadro 15</i> Hosts y servicios de los equipos de networking	46
<i>Cuadro 16</i> Relación OID y servicios del rectificador	47
<i>Cuadro 17</i> Relación OID y servicios del grupo electrógeno	48
<i>Cuadro 18</i> Relación OID y servicios del DWDM	48
<i>Cuadro 19</i> Relación OID y servicios del router	49
<i>Cuadro 20</i> Relación OID y servicios del aire acondicionado	49
<i>Cuadro 21</i> Costos de inversión	69
<i>Cuadro E1</i> Salas de un nodo de transporte	69

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), a través del Programa Nacional de Telecomunicaciones (PRONATEL), ha impulsado proyectos de banda ancha en diferentes regiones del país con la finalidad de acortar la brecha digital y fomentar el desarrollo en las zonas rurales más alejadas del Perú. Dicha infraestructura de banda ancha está conformada por una red de diversos nodos que se interconectan entre sí a través de enlaces de fibra óptica (red de transporte) y radioenlaces (red de acceso). Esta red de transporte está constituida por equipamiento y sistemas de diversos fabricantes, por lo cual estas soluciones tecnológicas se deben integrar para asegurar la operatividad y seguridad de un nodo, además de cumplir las especificaciones del proyecto. Un nodo de transporte está conformado por diversos sistemas, tales como: equipos de seguridad física y acceso, sistema rectificador-cargador y banco de baterías, equipos de climatización, equipos de redes IP, grupo electrógeno, entre los más críticos. Debido a ello, se debe contar con un sistema de gestión de redes (NMS) que permita monitorear en tiempo real cada una de estas tecnologías. Por ello, cada fabricante provee de un sistema para la administración remota de su equipamiento; y como es de esperar, esta NMS está enfocada en ese producto en específico.

Es comprensible que un sistema de gestión de redes (NMS) propietaria este enfocada en la administración del equipamiento de su fabricante, pero considerando el tamaño y complejidad de una red regional es importante centralizar el monitoreo de las soluciones TI en lo posible. Existen herramientas que permiten tener una vista amplia de los sistemas y servicios en plataformas que pueden ser personalizadas como lo es con Centreon. El monitoreo y la operatividad de la red es una tarea fundamental que depende mucho del Centro de Operaciones de Red (NOC), el cual esta alerta 24x7 a cualquier evento que pueda afectar dicha red. En muchos casos se requiere una respuesta rápida ante un incidente crítico dentro de la red, por lo cual es importante el

uso de una herramienta que ofrece un monitoreo integral. El sistema de monitoreo basado en Centreon permite adecuarse a las necesidades del operador NOC en cuanto a la presentación de los datos y gráficos históricos para correlacionar la información oportunamente. Se debe tener en cuenta que, más que un sustituto a las herramientas proporcionadas por los fabricantes, es una opción que puede complementar en la gestión y monitoreo de una infraestructura compleja como es una red regional.

Este trabajo aborda la implementación de una herramienta de monitoreo basado en Centreon para una red regional de transporte, así como las limitantes que pueden derivar al no ser de un fabricante específico implementado en la infraestructura. Por ello, se debe conocer el alcance que tiene y que opciones nos brinda dentro del escenario planteado, ya que un proyecto de banda ancha regional debe estar en constante monitoreo para asegurar un servicio de calidad.

Este trabajo se divide en los siguientes capítulos:

El capítulo I, trata brevemente el contexto bajo el cual se desarrolla este trabajo a modo de introducción. El capítulo II, recopila información del lugar donde se desarrolla el trabajo. Así como información concerniente a la institución involucrada. En el capítulo III, se explican las bases académicas consideradas y el marco teórico que fundamentan este trabajo. Desarrolla el proceso de la implementación del sistema de monitoreo basado en Centreon, por ello se consideró dividirlo en etapas para una mejor descripción. El capítulo IV, describe brevemente la implementación de la solución y discute los resultados obtenidos. El capítulo V, complementa el trabajo con las conclusiones obtenidas, vertidas de la experiencia con la implementación y del uso de este sistema de monitoreo centralizado. Finalmente, en el capítulo VI se presentan recomendaciones orientadas al manejo del sistema desde el NOC. Los capítulos VII y VIII corresponden a las referencias y a los anexos, respectivamente.

CAPÍTULO II INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1 Institución – Actividad que desarrolla

OROCOM S.A.C es una empresa de telecomunicaciones, que desarrolló proyectos de conectividad en Perú, brindando servicios para conectar personas y empresas a través de tecnologías avanzadas, impulsando el desarrollo del país. La organización tiene como misión generar valor estratégico mediante la provisión de soluciones tecnológicas de vanguardia. Su visión es consolidarse como el operador líder a través de servicios integrales que impulsen la inclusión y la transformación digital en el territorio nacional.

2.2 Periodo de Duración de la Actividad.

Duración correspondiente al periodo entre octubre a diciembre del 2024.

2.3 Finalidad y Objetivos de la Entidad

- Finalidad: Reducir la brecha digital mediante el despliegue de infraestructura de banda ancha (fibra óptica) en zonas rurales, impulsando la inclusión y la transformación digital.
- Objetivo: Conectar a las personas mediante la mejora de la conectividad en instituciones públicas de educación, salud y comisarías en las regiones del país.

2.4 Razón Social

OROCOM S.A.C.

2.5 Dirección Postal

Av. Manuel Olguín 375 Santiago De Surco - Lima - Perú

2.6 Nombre y Correo Electrónico del Profesional a Cargo.

Percy Marticorena Granados – jefe de O&M y NOC (Correo institucional: pmarticorena@orocom.pe)

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la Actividad

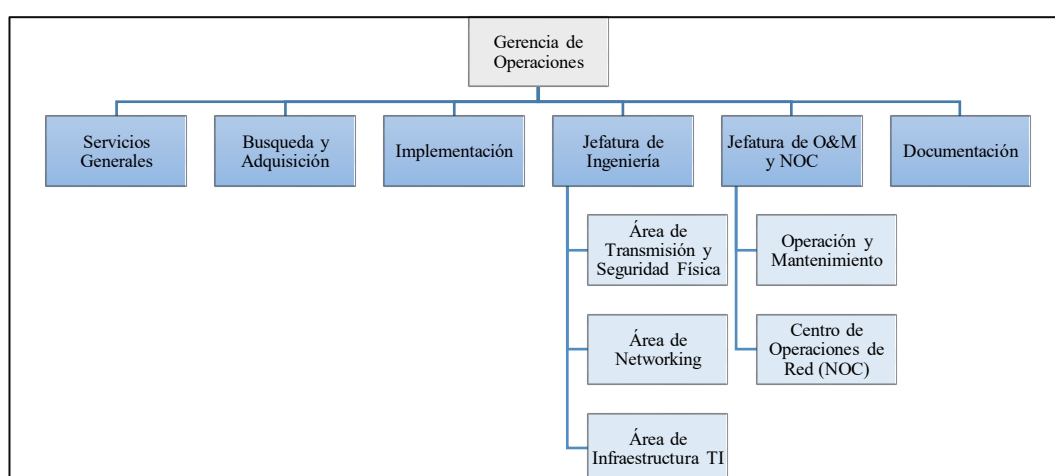


Figura 1 Organigrama de la actividad. Nota. Actividad desarrollada en el área del Centro de Operaciones de Red (NOC). Fuente propia.

3.2 Finalidad y Objetivos de la Actividad

3.2.1 Finalidad

La finalidad de esta actividad es permitir monitorear de forma remota y en tiempo real la infraestructura correspondiente a la red de transporte del proyecto de banda ancha en la región de Puno, supervisar y administrar los sistemas involucrados en los diferentes tipos de nodos de transporte. De esta manera, el operador del NOC puede

detectar eventos que puedan afectar a los sistemas críticos dentro de la red y diagnosticar el origen de las fallas.

3.2.2 Objetivos

3.2.2.1 Objetivo general

Implementar un sistema de monitoreo basado en el software de Centreon con el propósito de supervisar y gestionar en tiempo real la infraestructura de la red de transporte correspondiente al proyecto de banda ancha en la región de Puno.

3.2.2.2 Objetivos específicos

- Definir el tipo de arquitectura de la plataforma de monitoreo y los requisitos necesarios para realizar la instalación.
- Implementar los elementos de la arquitectura definida para la recolección y para el almacenamiento de los datos, así como establecer la comunicación entre ellos.
- Agregar hosts y servicios a la interfaz web usando plantillas y comandos para obtener las métricas correspondientes y visualizarlas en paneles personalizados por el operador NOC.

3.3 Problemática

La red de transporte regional es una infraestructura de red no homogénea, lo cual implica que está implementada en tecnologías o soluciones de diversos fabricantes. Cada sistema de equipamiento pertenece a un fabricante diferente por lo que se considera que la infraestructura es una red heterogénea *multivendor*. Esto conlleva al uso de diversas herramientas de monitoreo y gestión para cada sistema en particular. También estas herramientas son poco flexibles e integrables entre sí ya que están enfocadas en el producto de cada proveedor.

Esto genera una problemática por la gran cantidad de datos no unificados en una sola herramienta de monitoreo, lo que puede derivar en una respuesta tardía ante eventos críticos. La existencia de múltiples datos de monitoreo en diferentes plataformas dificulta en cierto grado el análisis y la correlación de la información de manera inmediata. Es importante tener una visión panorámica de los diversos sistemas involucrados, así como la tendencia histórica de sus parámetros, y que el operador del NOC pueda reconocer rápidamente. La función de monitoreo se ve simplificada con el uso de una herramienta que centralice los datos críticos y que ofrezca diversas formas de agrupar y visualizar la información.

Por tal motivo, este trabajo expone, a partir de las necesidades del NOC, la importancia de un sistema de monitoreo que integre o centralice la mayor cantidad de equipos y parámetros de telemetría de la red en una sola interfaz, que a su vez permite agrupar, filtrar y visualizar los datos de acuerdo con criterios de prioridad que el operador conoce.

3.3.1 Problema General

¿De qué manera implementar un sistema de monitoreo centralizado basado en el software de Centreon para supervisar y gestionar la infraestructura de red de transporte correspondiente al proyecto de banda ancha en Puno?

3.3.2 Problemas Específicos

- ¿Qué arquitectura usar y que requisitos son necesarios para implementar la plataforma del sistema de monitoreo con Centreon?
- ¿Cómo implementar el servidor central y los *pollers* para la recolección y almacenamiento de los datos de monitoreo?
- ¿Cómo agregar los host y servicios usando las plantillas y comandos de verificación para posteriormente visualizarlos en la interfaz web?

3.3.3 Justificación e importancia de la investigación

Justificación social: El proyecto de banda ancha regional beneficia a las instituciones abonadas con el fin de acortar la brecha digital y fomentar el desarrollo. El presente trabajo contribuye con el mantenimiento de la infraestructura de la red al detectar y anticipar incidencias en sistemas críticos. Las incidencias críticas en un nodo de transporte pueden afectar a varios usuarios finales pertenecientes a la red de acceso cortando el tráfico de los datos y con la pérdida total del servicio.

Justificación práctica: Desde el NOC (Network Operations Center), esta herramienta resulta útil para anticipar y detectar eventos que puedan afectar los servicios brindados en la red de transporte. Permite centralizar el monitoreo de los elementos de la infraestructura en una sola interfaz, integrando diferentes dispositivos de red y posibilitando la lectura de sus métricas. Este sistema de monitoreo centralizado ofrece una vista panorámica de una red regional y constituye un precedente para futuros trabajos relacionados a la gestión de redes de tamaño y características similares.

3.4 Metodología

El trabajo realizado se encuentra orientado a la implementación práctica de una solución de monitoreo centralizado para una red de transporte regional. Por consiguiente, se empleó una metodología aplicada y descriptiva, que permitió exponer el proceso de implementación, integración y evaluación del sistema en un entorno de producción real.

3.4.1 Bases Teóricas

Esta sección expone los antecedentes y trabajos de investigación relevantes que abordan escenarios similares al análisis desarrollado en el presente informe:

Espinel et al. (2022) presentan e implementan en su estudio un sistema de monitoreo para redes corporativas, considerando las limitaciones de latencia. De acuerdo con los autores, este sistema fue implementado mediante tres tipos de agentes organizados en capas. Estos agentes se encargan de recolectar la información, procesar los datos

recolectados en un nuevo formato y finalmente presentar los resultados. Los autores concluyen que el sistema multiagente permitió procesar los datos de la red de campus en menos tiempo que con las consultas SNMP tradicionales. Además, resaltan que un esquema combinado con multiagentes y computación paralela permite optimizar el uso de protocolos de red, frente a la latencia causada por el incremento de dispositivos y enlaces dentro de la red. Este estudio guarda cierta relación con la arquitectura distribuida planteada en este informe, ya que se resalta la importancia de los elementos que conforman el sistema de monitoreo, en este caso mediante múltiples agentes y computación paralela, para mitigar la latencia y optimizar el monitoreo basado en SNMP.

Rodríguez et al. (2022) reconocen el desafío que enfrenta la gestión de las redes actuales frente a las infraestructuras de telecomunicaciones heterogéneas. Este escenario conlleva al incremento de los costos operativos, pues requiere mayor cantidad de operarios para administrar sistemas de gestión propietarios. Asimismo, señalan que otra dificultad deriva de la diversidad e incompatibilidad de datos correspondientes a tecnologías y equipamientos de diferentes fabricantes. Ante ello, los autores plantearon el Sistema Integrado de Gestión de conmutadores de red de área local (SIGCLAN) basado en el protocolo SNMP, orientado a lograr una solución de gestión centralizada, integral y multifabricante, que además reduzca los costos operativos en la administración de redes LAN. Este estudio plantea una problemática similar a la abordada en este informe, relacionada con el monitoreo de redes heterogéneas constituidas por equipamiento de diversos fabricantes.

Sakti et al. (2024) realizaron un estudio sobre la red informática de una escuela técnica destinada a actividades administrativas y de enseñanza. El objetivo fue monitorear los dispositivos de red empleando el protocolo SNMP, integrado en la aplicación de Nagios. Configuraron scripts en Nagios Core para monitorear la conectividad de los dispositivos, memoria y otros parámetros, y finalmente habilitaron las notificaciones de las alertas por correo electrónico. Los autores concluyen que este sistema de monitoreo de red implementado facilita la supervisión de las condiciones de la red; sin embargo, para ello se requiere el uso de un servidor capaz de ejecutar el núcleo del sistema Nagios. Este estudio guarda semejanza con el trabajo realizado, ya que utiliza

una solución de monitoreo como Nagios, en la cual se basa Centreon, y que requiere el uso de un servidor para ejecutar el motor de la aplicación.

Alhilali et al. (2023) proponen un sistema para gestionar el tráfico entrante de un servidor mediante el Protocolo Simple de Administración de Red (SNMP), lo cual permite a los administradores supervisar la red en tiempo real. Este sistema fue desarrollado con SNMP y es capaz de monitorear y controlar la red, abordando las dificultades relacionadas al ancho de banda y la complejidad en la supervisión de recursos. La implementación permitió obtener información de los equipos de red desde la Base de Información de Administración (MIB). Asimismo, este modelo posibilita la administración y mantenimiento de la infraestructura, la supervisión en tiempo real los dispositivos, la detección de fallos y la optimización del rendimiento. Este estudio sustenta la elección del protocolo SNMP para la supervisión en tiempo real y, al igual que el presente informe, emplea la lectura de las MIB para la detección de fallos en la red.

Camarena (2019), en su trabajo de suficiencia profesional, describe que dentro de la infraestructura mencionada existe una cantidad elevada de dispositivos y servicios, situación que conduce a que el monitoreo y la gestión de cada uno demanden un considerable tiempo en las labores operativas. El estudio concluye que la herramienta Centreon permitió obtener una visión general de la infraestructura TI, facilitando al personal de soporte la realización las tareas preventivas y correctivas. Este trabajo evidencia que Centreon es una opción válida para administración de redes y que viene siendo utilizada en empresas TI dentro del Perú.

3.4.2 Marco Conceptual

3.4.2.1 Red de transporte. En el contexto del proyecto de banda ancha regional, la red de transporte es aquella infraestructura de telecomunicaciones diseñada para el transporte bidireccional de información de gran capacidad y velocidad a través de nodos de transporte interconectados por fibra óptica y que permite la conexión de la red de acceso con el Core. La red de transporte suele estar constituida por un Core y múltiples nodos de transporte, los cuales son estaciones o emplazamientos

estratégicos donde se instala el equipamiento para transmisión y conmutación del tráfico de datos a través de la red.

De acuerdo con la secretaria técnica del FTEL a través del documento Proyecto de Inversión Pública a Nivel de Perfil, Anexo CME 18 (2015):

La Red de Transporte está conformada por equipos de datos (switches y routers) interconectados mediante fibra óptica, lo que permitirá cursar tráfico de los servicios de telecomunicaciones de las localidades beneficiarias. Está conformada por Nodos de Agregación, para la interconexión con la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO), Nodos de Distribución, ubicados en capitales de distrito donde no llegará la RDNFO y Nodos de Conexión, de estos dos últimos tipos de nodos se interconectará la Red de Acceso.

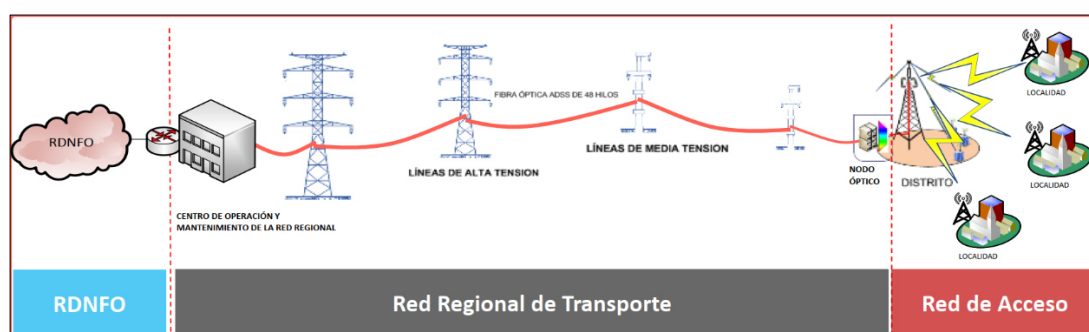


Figura 2 Red de transporte regional. Fuente. Adaptado de Proyecto Regional de Fibra Óptica (Diapositivas). Secretaria técnica del FTEL (2016).

Con la finalidad de ampliar la cobertura de los servicios de telecomunicaciones del proyecto "Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica" (RDNFO), los equipos de la red de datos están co-ubicados en los nodos de distribución (capitales de provincia) de la RDNFO para su conexión.

Los Nodos de Distribución se ubican en las capitales de distrito donde no llega la cobertura de la RDNFO y se interconecta con la Red de Acceso que se encuentra conformada por redes de radioenlaces. Los Nodos de Conexión cumple la misma función y se ubican en localidades estratégicas (igual o mayor a 1,000 habitantes) para

brindar mayor cobertura de servicios o completar anillos físicos de la Red de Transporte.



Figura 3 Nodo de transporte en Puno. Nota. Nodo de transporte (izquierda) y nodo de acceso (derecha). Fuente. Adaptado de PRONATEL (2023). Extraído de: <https://www.facebook.com/share/1DirjD7vVP/>

Un nodo de transporte consta de diversos elementos pasivos y equipos activos. Entre los elementos monitoreados remotamente por el operador NOC, a través del sistema de gestión planteado, se incluyen:

3.4.2.2 Sistema Rectificador/Cargador. Un sistema rectificador/cargador está diseñado para convertir la corriente alterna (AC) proveniente de la red eléctrica en corriente continua (DC), necesaria para suministrar potencia en DC a las cargas. Además, este sistema mantiene cargadas las baterías de respaldo, asegurando la continuidad del servicio ante cortes de energía.

Este sistema se encuentra ubicado en la sala de equipos del nodo de transporte y proporciona la autonomía requerida proporcionando un voltaje de salida en DC a las cargas.

Componentes principales:

- Módulos rectificadores: convierten la energía AC en DC.
- Módulo de distribución de corriente continua: reparte la energía hacia los equipos conectados.
- Módulo de carga de baterías: mantiene las baterías en estado óptimo (flotación).
- Sistema de supervisión y control: permite monitoreo local y remoto del estado del sistema.
- Protecciones eléctricas: contra sobrecargas, cortocircuitos y transitorios eléctricos.



Figura 4 Equipo Rectificador/Cargador. Nota. Equipo rectificador en gabinete de la sala de equipos. Fuente propia.

3.4.2.3 Equipos de Networking. Los equipos de datos o networking de cada nodo se localizan en la Sala de Equipos. En la Red de Transporte se distinguen los siguientes:

- Enrutadores de Borde y Core: Equipamiento ubicado en el NOC de transporte regional. Su función principal es la agregación del tráfico proveniente de los enrutadores de agregación y de los conmutadores de Core, además de establecer la conexión con el enrutador de Borde/Core de la Red de Acceso.

- Conmutadores de Core: Equipo localizado en el NOC de transporte y permite conectar los servidores y equipos de la red LAN del NOC.
- Enrutadores de Agregación: Equipamiento ubicado en los Nodos de Agregación. Su función principal es la agregación del tráfico proveniente de los Nodos de Distribución o Conexión para su transporte al Nodo Core.
- Enrutadores de Distribución: Equipamiento ubicado en los Nodos Distritales. Su función principal es brindar acceso a la red de transporte en localidades que, aun sin ser capitales de distrito, presentan una alta demanda potencial de tráfico.
- Conmutadores de Conexión: Equipamiento ubicado en zonas pobladas. La funcionalidad de estos equipos es ofrecer el acceso a la red de transporte en cada capital de distrito.
- Amplificadores: Equipamiento utilizado para enlaces de red en la que la distancia supera los 80Km.

3.4.2.4 Sistema de Seguridad Física y Acceso. El sistema de seguridad física y control de acceso se define como el conjunto de elementos destinados a garantizar la protección de los nodos de transporte frente a amenazas externas.

Sus características principales son:

- **Integridad y Seguridad:** Se encarga de proteger la infraestructura crítica, como los equipos de transmisión y de energía, para asegurar que no sean vulnerados.
- **Control de Acceso:** Incluye mecanismos de seguridad para restringir la entrada a personal no autorizado, protegiendo así la integridad del nodo.
- **Monitoreo y Vigilancia:** Utiliza tecnología de monitoreo para supervisar de forma continua la situación de seguridad en el sitio, lo que permite detectar y responder a cualquier intento de intrusión.

El sistema de seguridad física interior se compone de:

- Detección de Intrusión Física: Se activa con la intrusión no autorizada y cuando cualquier puerta se encuentre abierta, lo que genera la alarma de intrusión.
- Detectores de movimiento: Ubicado en los diferentes ambientes del nodo. Activa la sirena flash y envía una alarma con la detección de alguna intrusión.
- Detector de Humo: Ubicados en las salas de equipos y de fuerza junto al detector de flama. El sensor activa la sirena flash y envía la alarma al NOC.
- Control de acceso al edificio:
 - Puerta de acceso: Cuenta con una cerradura electromagnética y cerradura mecánica eléctrica.
 - Lector biométrico: Tiene la capacidad de reconocer las huellas dactilares. Así mismo tiene la capacidad de identificación por señales de radio (RFID)
- Sistema de Video: El sistema cubre un campo de visión que permite monitorear con claridad los diferentes ambientes como el exterior del nodo, ingreso al nodo, interior de la Sala de Equipos y Sala de Fuerza.



Figura 5 Sistema de Video. Nota. Vista de los ambientes del nodo de transporte (patio, frontis, sala de equipos y sala de fuerza). Fuente propia.

3.4.2.5 Grupo Electrónico. Es un componente del sistema de energía auxiliar, ubicado en la sala de fuerza. Su propósito es proporcionar una fuente de energía de respaldo para los nodos en caso de un fallo en el suministro eléctrico principal. Asegura la continuidad del servicio y la operatividad de los equipos de transmisión, en conjunto con los rectificadores y los bancos de baterías.

Los grupos electrógenos deben tener la suficiente capacidad de generación y de combustible para soportar la red y los equipos críticos después de un fallo del sistema eléctrico primario. Luego de este periodo se tiene el respaldo de las baterías.



Figura 6 Grupo electrónico. Nota. Grupo electrónico en sala de fuerza del NOC de transporte. Fuente propia.

3.4.2.6 Equipo de Climatización. El sistema de climatización está diseñado para controlar la temperatura y humedad dentro de la sala de equipos del nodo. El objetivo esencial de este equipo es controlar y mantener las condiciones ambientales adecuadas para la correcta operación de los equipos de transmisión. Es crítico que la temperatura y la humedad se mantengan dentro de rangos aceptables para asegurar la operatividad de los equipos activos.

Los componentes externos e internos son:

- Compresor: Comprime el refrigerante y permite extraer el calor.
- Ventilador: Circula el aire y distribuye la temperatura uniformemente.
- Humidificador: Añade humedad si es necesario para mantener el nivel.
- Resistencia: Genera calor si la temperatura baja demasiado.
- Sistema electrónico: Controla el funcionamiento de los componentes.



Figura 7 Aire acondicionado. Nota. aire acondicionado (HVAC) en la sala de equipos. Fuente propia.

3.4.2.7 Centro de Operaciones de Red (NOC). Según Arboledas (2016), el Centro de Operaciones de Red (NOC) corresponde al lugar o lugares desde donde se administra y supervisa el funcionamiento de una red de telecomunicaciones. Este

centro está dotado de infraestructura especializada, conexiones redundantes y sistemas tolerantes a fallos, además de personal capacitado que garantiza la continuidad operativa del centro. (p. 143)

De acuerdo con IBM (2023), un NOC se define como una instalación central desde la cual se supervisa y gestiona de forma ininterrumpida (24/7) la infraestructura de TI, telecomunicaciones y redes satelitales, constituyendo la principal barrera operativa frente a interrupciones y fallos en la red.

Siguiendo lo expuesto por Arboledas (2016), las funciones de un NOC son las siguientes:

- Gestionar las averías.
- Realizar las estadísticas del estado de la red.
- Mantener la información sobre el funcionamiento de la red.
- Mantener la información sobre su configuración.
- Mantener información sobre la opinión y quejas de los usuarios.
- Mantener la documentación sobre todo lo anterior.

3.4.2.8 Base de Datos. Según Oracle (2020), una base de datos es un conjunto estructurado de información que se almacena electrónicamente en sistemas informáticos y se gestiona mediante un sistema de gestión de bases de datos (DBMS). Este sistema permite organizar, consultar y modificar los datos de forma eficiente, generalmente a través de tablas compuestas por filas y columnas. La mayoría de las bases de datos modernas utilizan SQL como lenguaje principal para realizar operaciones de consulta y administración de datos.

Según Kosinski (2024), una base de datos es un sistema digital diseñado para almacenar, organizar y resguardar conjuntos estructurados de información. Dependiendo del tipo, los datos pueden representarse en tablas con filas y columnas

(bases relacionales) o mediante estructuras más flexibles como pares clave-valor o grafos (bases no relacionales).

De acuerdo a la información de su sitio web, MariaDB es un sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto. Fue creado por los desarrolladores originales de MySQL y se publica bajo la licencia de código abierto GPLv2. Además, mantiene altos niveles de compatibilidad con MySQL.

3.4.2.9 Centreon. De acuerdo con la información de su página web y su documentación, Centreon es una plataforma de monitorización de TI basada en código abierto, originada como una interfaz gráfica para Nagios y evolucionada en una solución integral para supervisar infraestructuras de red, servidores, servicios en la nube y dispositivos IoT. En este escenario tratado, funciona como un sistema centralizado que recopila información en tiempo real facilitando la gestión de incidencias, generando alertas automatizadas y mostrando paneles gráficos de rendimiento para la toma de decisiones.

La plataforma de Centreon se puede implementar con las siguientes arquitecturas:

- **Servidor central independiente.** Esta configuración consiste en un único servidor central que realiza todas las funciones de monitoreo, almacenamiento de datos, visualización y configuración. Adecuada para entornos con pocos hosts y servicios.
- **Arquitectura distribuida.** Esta arquitectura mejora el rendimiento, facilita la administración por zonas y permite escalar el monitoreo sin comprometer la estabilidad. En escenarios más complejos, permite separar funciones en distintos componentes:
 - Servidor Central: gestiona la interfaz web, configuración y visualización.
 - Pollers: recolectan métricas desde los dispositivos monitoreados.
 - Servidores Remotos: intermedian entre *pollers* y el servidor central, útiles para segmentar zonas geográficas o redes aisladas.

- **Arquitectura con Base de Datos Remota:** Para entornos con alta densidad de monitoreo, se recomienda separar el servidor de base de datos (DBMS) del servidor central. Esto permite distribuir la carga de almacenamiento y mejorar la velocidad de acceso a métricas históricas, sin afectar la interfaz de usuario ni los procesos de chequeo.

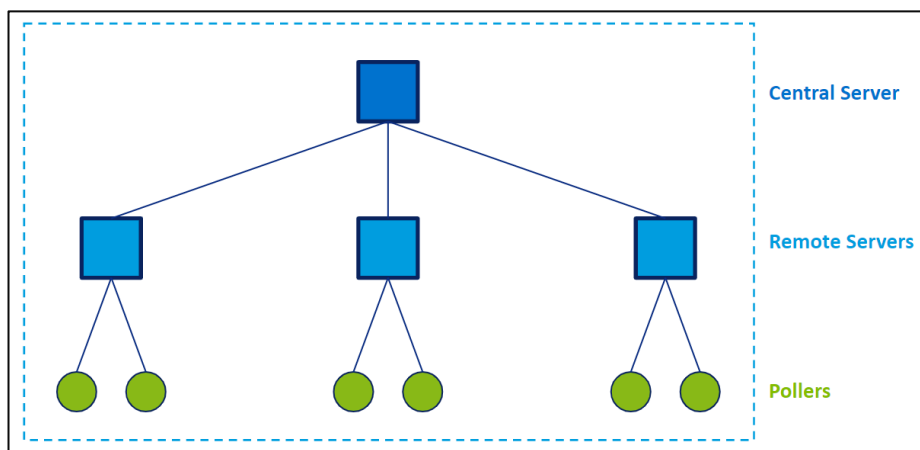


Figura 8 Arquitectura distribuida en Centreon. Fuente. Adaptado de *Architectures*, Centreon (2024) Consultado en: <https://docs.centreon.com/docs/installation/architectures/>

La plataforma de Centreon funciona a través de varios componentes interconectados que se encargan de la recolección, transporte y visualización de datos.

De acuerdo a la documentación de Centreon, los elementos son:

- Engine: Es el motor de la plataforma. Se encarga de planificar y ejecutar los chequeos de host y servicios, así como enviar notificaciones cuando ocurre un incidente.
- Cbmod: Es un módulo complementario del motor y que intercepta los resultados de los chequeos o cambios de estado, para luego convertirlos en eventos para el *Broker* y enviárselos.

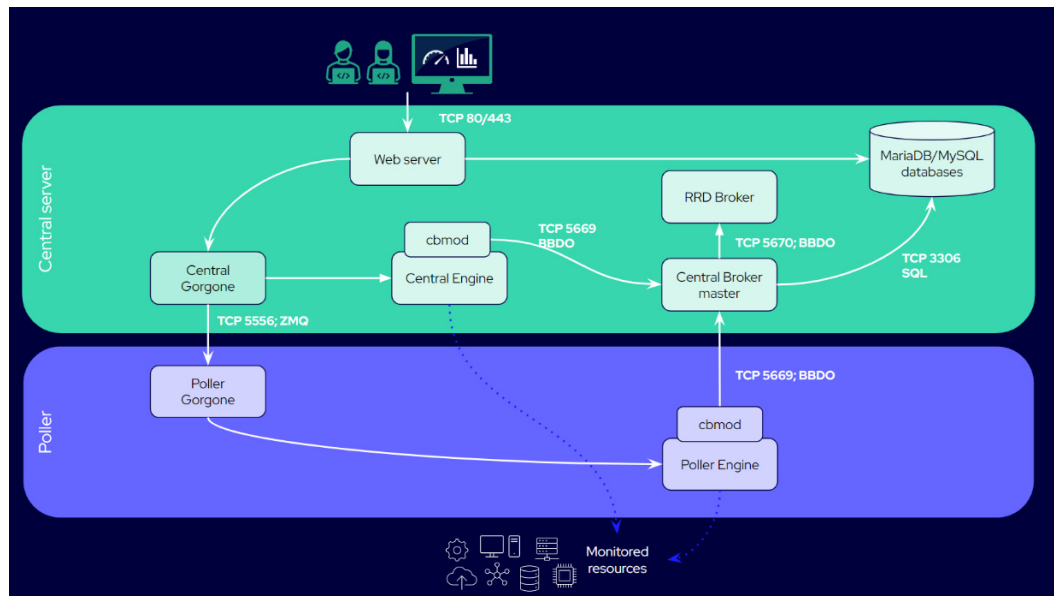


Figura 9 Elementos de la plataforma Centreon. Fuente. Adaptado de *Inside Centreon*, Centreon (2025). (<https://docs.centreon.com/docs/installation/inside-centreon/>)

- Broker: Se encarga de transportar los datos y existen dos tipos:
 - El *Master Broker* recibe los datos de los motores y los escribe en la base de datos (MariaDB/MySQL).
 - El *RRD Broker* almacena métricas y estados en archivos RRD para generar los gráficos de rendimiento.
- Gorgone: Este componente permite la sincronización de datos y la comunicación entre los motores del servidor central, servidores remotos y *pollers*. La configuración generada en el servidor central se transfiere en formato ZMQ hacia los motores de los *pollers* y servidores remotos, asegurando que la plataforma funcione de manera coherente y actualizada.
- Base de datos MariaDB/MySQL: Contiene dos bases de datos:
 - Centreon: Guarda la configuración (hosts, servicios, etc).

- **Centreon_storage:** Guarda los datos en tiempo real recibidos por el *Broker* (métricas, estados, cambios, reconocimientos, tiempos de caída).
- **Base de datos RRD/archivos RRD:** Son una copia optimizada de los datos de *centreon_storage*. Se usan exclusivamente para que la interfaz web pueda generar los gráficos de rendimiento de forma rápida.
- **Servidor web:** Proporciona la interfaz gráfica a los usuarios. Se comunica con la base de datos para mostrar el estado de la red y con Gorgone para enviar comandos o configuraciones.

3.4.2.10 Simple Network Management Protocol (SNMP). De acuerdo con Arboledas (2015), el Protocolo Simple de Administración de Red (SNMP) está diseñado para permitir el intercambio de información de gestión entre los dispositivos que componen la red. Por medio de este protocolo, los administradores pueden realizar labores de monitoreo del estado y rendimiento de la red, diagnosticar y solucionar incidencias. Funciona bajo un modelo de petición-respuesta, donde la administración es realizada por estaciones específicas conocidas como NMS. (p. 176)

Según Arboledas, la red administrada a través de SNMP se compone de:

- **Dispositivos Administrados.** Es aquel que forma parte de una red supervisada y cuenta con un agente SNMP encargado de recolectar y almacenar datos operativos. Esta información es accesible para los sistemas de gestión (NMS) mediante el protocolo SNMP. Estos datos se almacenan en la base MIB (Base de Información de Gestión), donde cada uno responsable de mantener actualizada la información correspondiente de sus objetos administrados. (p. 176-177)
- **Agentes.** Un agente es un componente de software que se instala en dispositivos administrados para recolectar información operativa local, como el uso de memoria o el tráfico IP. Los agentes se comunican con el sistema de gestión de red (NMS) mediante mensajes de solicitud-respuesta y notificaciones tipo *trap*. (p.177)
- **Sistema de Administración.** El sistema de gestión de red (NMS) opera aplicaciones encargadas de monitorear y controlar los dispositivos administrados,

además de proveer los recursos computacionales necesarios para su administración. El protocolo SNMP facilita la comunicación entre el sistema de gestión y los agentes de red mediante el envío de mensajes SNMP. (p.177)

Agregando la explicación de D. Mauro y K. Schmidt (2005), cuando el NMS realiza un sondeo envía una consulta la cual es respondida por los agentes con la información solicitada. Un trap es enviado por el agente cuando ha ocurrido algún evento que podría ser crítico y son enviados de forma asíncrona. En la actualidad la mayoría de dispositivos IP cuentan con un agente SNMP integrado para facilitar la tarea del administrador de red. Por un ejemplo, Una NMS puede consultar sobre el estado de las interfaces de un router, por lo cual recibirá una respuesta del agente en el router con la información si dicha interface se encuentra activa o inactiva. En caso haya ocurrido algún incidente o evento crítico, el agente generará un trap y lo enviará al NMS para que gestione adecuadamente. (p.3)

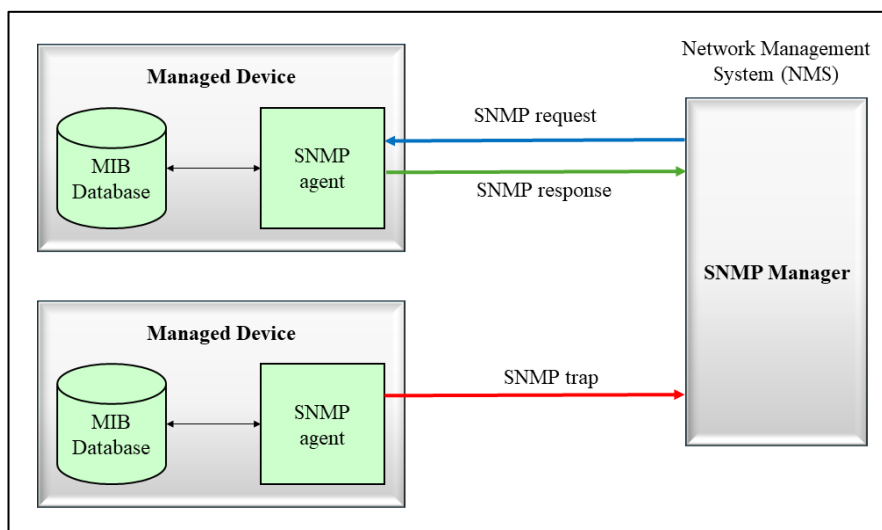


Figura 10 Comunicación SNMP. Fuente. Elaboración propia.

3.4.2.11 Management Information Base (MIB). D. Mauro y K. Schmidt (2005) sostienen que la MIB funciona como una base de datos que contiene los objetos gestionados por un agente que pueden ser consultadas por el NMS. Todo agente implementa la MIB-II, que proporciona información general para la gestión de redes TCP/IP. Sin embargo, esta MIB podría no contemplar parámetros que un fabricante

necesitar administrar. Por ello, los fabricantes desarrollan MIBs propietarias para implementar objetos gestionados relacionados al estado y estadística de sus propios dispositivos. (p.22-23)

Los objetos gestionados se estructuran en una jerarquía en forma de árbol. Cada objeto se define de manera única mediante un OID (Object Identifier), el cual está formado por una serie de números enteros separados por puntos (.), el cual está basado en los nodos de un árbol. Además, existe una forma legible para humanos, que consiste en una secuencia de nombres separados por puntos. En consecuencia, cada objeto gestionado cuenta con un OID numérico y un nombre textual asociado. (p.42)

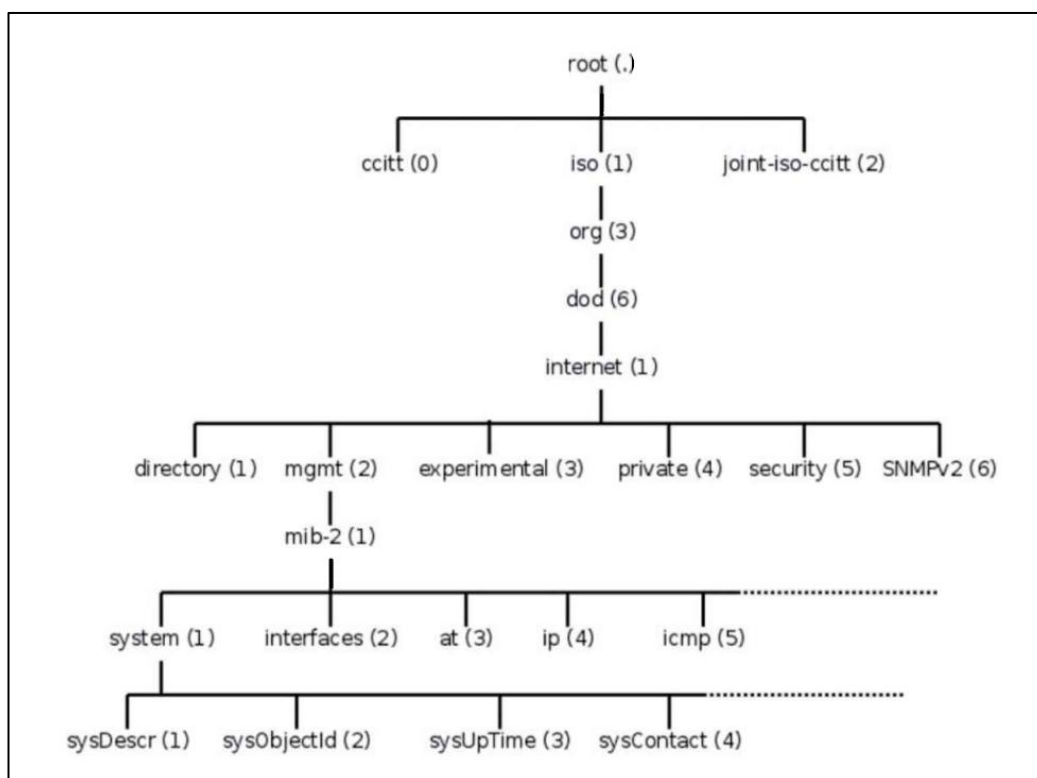


Figura 11 Estructura del árbol MIB. Fuente. Adaptado de *Administración de redes telemáticas* (p.181), por Arboledas Brihuega, RA-MA Editorial (2016).

3.4.2.12 Internet Control Message Protocol (ICMP). Según Merezas, G. y Wüstrich, L. (2024) la función principal del protocolo ICMP es informar los errores y transmitir información de control. Entre sus aplicaciones más comunes se encuentra:

Ping, que envía solicitudes eco y respuesta para comprobar la accesibilidad a un host en la red; y Traceroute, que utiliza el valor TTL (Time To Live) para trazar la ruta entre la maquina origen y un host remoto.

3.5 Procedimiento

3.5.1 Alcance del Sistema de Monitoreo Implementado

Este sistema, implementado sobre el software Centreon, permite supervisar de manera centralizada los elementos activos en la infraestructura de la red de transporte en Puno. A través de la interfaz de la plataforma se posible verificar el estado de los dispositivos o subsistemas, las métricas de los servicios y la evolución temporal de sus parámetros. Esta solución surge de la necesidad de contar con herramientas de monitoreo indispensables para las labores realizadas desde el NOC.

Es importante considerar que existen sistemas de gestión (NMS) proporcionados por los fabricantes, según lo estipulado en las bases técnicas del proyecto de banda ancha regional. En este sentido, la plataforma Centreon complementa a las herramientas de monitoreo propietarias y no debe considerarse como un sustituto. Centreon permite correlacionar los datos de forma práctica y rápida para anticipar y reconocer incidencias, lo que posibilita su uso como herramienta en la resolución de fallos (troubleshooting).

Los sistemas de gestión (NMS) proporcionado por los fabricantes para la administración remota de la red está descrito en el Anexo 8 de las bases técnicas para el proyecto de banda ancha en Puno; se mencionan a continuación:

- **Sistema de gestión de la red IP.** Este sistema permite la gestión de la red de datos. Sus funciones como NMS, incluyen la gestión de la red, el descubrimiento automático de la topología, la supervisión, y el registro de alarmas y mediciones. Mínimamente tiene como función:

- La detección de alarmas es crucial la cual deben visualizarse en tiempo real y almacenarse por al menos tres meses. Cada alarma debe registrar la causa, la hora de inicio y fin, la duración de la falla.
- También el sistema debe generar reportes detallados. Estos reportes incluyen la disponibilidad (tiempo de caída y sus causas), el uso del tráfico (con mediciones cada minuto para analizar la demanda), y la calidad de la red, que mide parámetros como la latencia, la pérdida de paquetes, el consumo de ancho de banda y la congestión.
- **Sistema de Monitoreo Red de Fibra Óptica en Capa Física.** El Sistema de Monitoreo de Red de Fibra Óptica en Capa Física supervisa la red y permite el control de diversas funcionalidades. Entre ellas, se destaca el monitoreo de los niveles y valores pico de potencia óptica, la medición de la relación señal-ruido (SNR) y la pérdida total de potencia. Además, el sistema es capaz de identificar la ubicación georreferenciada de los cortes de fibra, monitorear alteraciones en los valores de potencia y ser modular y escalable.

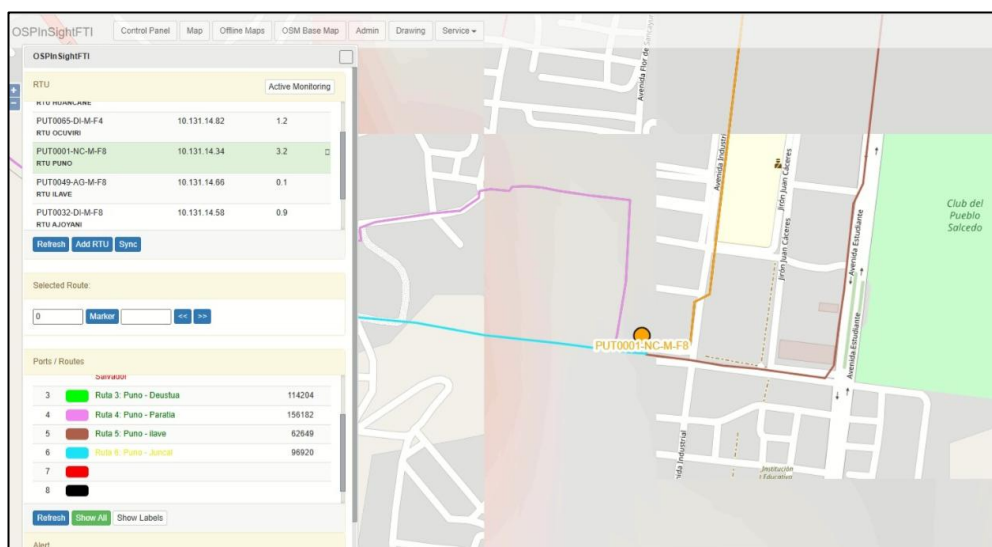


Figura 12 **Plataforma de gestión de redes de fibra óptica.** Nota. Interfaz web de OSPInSight FTI de EXFO. Fuente propia.

- **Sistema de Monitoreo y Gestión de Alarmas.** Este sistema permite gestionar de manera remota los elementos de los nodos, los centros de mantenimiento y el NOC. El proveedor ZNV es quien suministra esta solución para los nodos contemplados en el proyecto.

Sistema de sensores:

- De temperatura
- De humedad
- De puerta
- Ocupacional
- De aniego
- De interruptor de energía
- De grupo electrógeno activo
- Niveles de carga de baterías
- De niveles de combustible
- Detección de humo.

Actuadores:

- Gestión remota de alarmas generadas por los sensores.
- Control de cámaras
- Sistema de supresión de incendios

La siguiente figura muestra la interfaz web de la plataforma de gestión de seguridad y acceso. A través de ella, el operador del NOC puede supervisar las alertas generadas por los sensores y actuadores en cada nodo. Se dispone de una lista de nodos que agrupan los distintos dispositivos presentes en cada sala. Asimismo, mediante esta interfaz el operador del NOC puede ejecutar acciones remotas, como otorgar acceso al nodo, encender el grupo electrógeno, utilizar el megáfono, entre otras funciones.

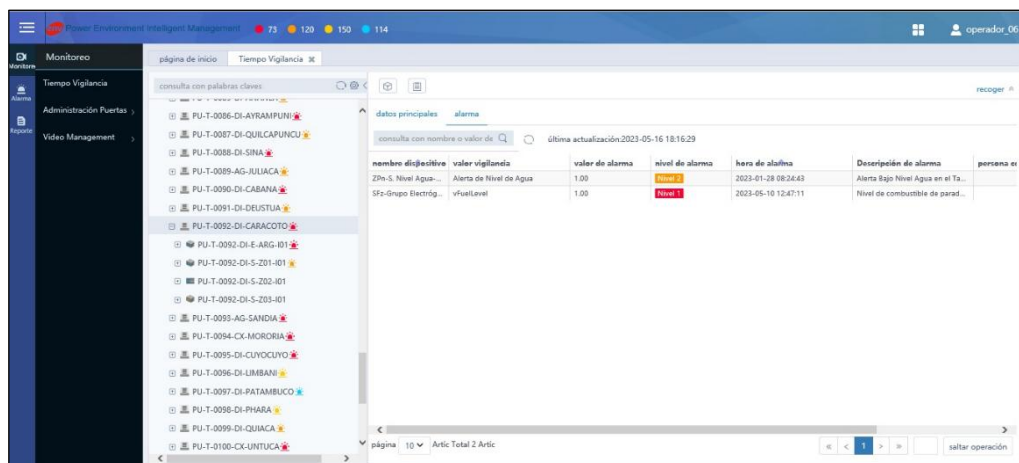


Figura 13 Plataforma de gestión de seguridad. Nota. Interfaz web del Power Environment Intelligent Management de ZNV (PEIM). Fuente propia.

3.5.2 Arquitectura y Dimensionamiento de la Plataforma

Conforme con el Anexo 8 de las bases del proyecto en el Apéndice N° 1-A, la red de transporte de banda ancha en Puno está constituida por 112 nodos, de los cuales 94 son nodos de distribución, 5 son nodos de conexión, 12 de agregación y un nodo Core (NOC de transporte). Adicionalmente, cuenta con dos centros de mantenimiento (CM).

Cuadro 1 Tipo y cantidad de nodos de transporte en Puno.

Tipo de nodo óptico	Cantidad de nodos
Nodo de Agregación	12
Nodo de Distribución	94
Nodo de Conexión	5
Nodo Core	1
TOTAL	112

Fuente. Basado en la documentación técnica de la institución.

En esta etapa fue necesario identificar la cantidad de elementos que conforman la infraestructura, con el fin de determinar la dimensión y la arquitectura que tendrá el sistema de monitoreo. Asimismo, se definieron las métricas que serán supervisadas en dichos elementos. Los componentes activos de la infraestructura del nodo de transporte, considerados en este trabajo, se agrupan en:

3.5.2.1 Sistema Rectificador / Cargador y Baterías. Cada nodo de transporte cuenta con un equipo rectificador y dos bancos de baterías. El sistema Rectificador/Cargador cumple con las especificaciones técnicas planteadas en las bases del proyecto, a continuación, se resumen las principales:

Para el Rectificador/Cargador:

Cuadro 2 Especificaciones técnicas del rectificador/Cargador.

Voltaje de alimentación AC	Salida DC nominal	Configuración
220Vac	-48V	N+1

Fuente. Datos obtenidos del Anexo 8 de las bases técnicas (p.27)

Para el banco de baterías:

Cuadro 3 Especificaciones técnicas de las baterías.

Autonomía	Profundidad de descarga	Salida DC	Ciclos de recarga y descarga
08 horas	20%	-48V	Min 5000

Fuente. Datos obtenidos del Anexo 8 de las bases técnicas (p.28)

La siguiente tabla resume el dimensionamiento de rectificadores y banco de baterías en los nodos de la red de transporte:

Cuadro 4 Dimensionamiento del sistema rectificador.

Dimensionamiento					
Carga (W)	Cap. Bat. (AH)	Cant. Bancos de baterías	Autonomía (Hrs)	Cap. Mod. Rect. (W)	Cant. Mod. Rect. N+1
848.60	1000.00	2.00	8.00	3000	2

Fuente. Basado en la documentación técnica de la institución.

La unidad de control del Rectificador/Cargador (R/C) cuenta con las siguientes funciones:

- Supervisión de cada una de las unidades del R/C.
- Ajuste de voltajes de flotación en función a la temperatura.
- Ajuste de limitación de corriente a baterías, igualación y otros.
- Alarma por límite de corriente.
- Alarma de rectificador dañado.
- Alarma de falta de alimentación en AC.
- Alarma de falla de batería.
- Alarma de alto voltaje DC.
- Alarma de bajo voltaje DC.

Se consideraron los principales parámetros operativos del equipo rectificador, los cuales se ajustan a las necesidades de monitoreo del operador NOC. Esto determina la cantidad de servicios (información de gestión) que se obtendrán de este host en

particular. El sistema de monitoreo planteado permite supervisar en el equipo rectificador las siguientes métricas:

- Voltaje de batería (V).
- Corriente de batería (A).
- Corriente de carga (A).
- Temperatura de batería (°C).
- Voltaje principal en fase L1.

3.5.2.2 Equipos De Networking. Estos equipos de red están configurados de manera que conforman anillos lógicos y físicos, lo que permite la redundancia de la red de acuerdo con el diseño. La solución de red se implementó con el fabricante Nokia, el modelo y la versión de software de cada equipo dependen de la función de red que desempeña, es decir, como enrutador de Borde/Core, enrutador de Agregación, enrutador de Distribución, conmutador Core o conmutador de Conexión. Por motivos de confidencialidad y seguridad, no se detallan las características específicas de cada equipo. La siguiente tabla resume la cantidad de equipos por tipo de nodo en la red de transporte:

Cuadro 5 Equipos de networking

Equipos de networking	Cantidad de equipos	Ubicación
Enrutador de Borde/Core	2	Ubicados en el NOC de Transporte Puno
Conmutador Core	2	Ubicados en el NOC de Transporte Puno
Enrutador de Agregación	12	1 equipo por cada nodo de Agregación

Enrutador de Distribución	94	1 equipo por cada nodo de Distribución
Conmutador de Conexión	5	1 equipo por cada nodo de Conexión

Fuente. Basado en la documentación técnica de la institución.

El sistema de monitoreo planteado permite supervisar en los equipos de red las siguientes métricas:

- Conectividad del equipo (ping).
- Temperatura (°C).
- Tiempo de operación (uptime).
- Potencia óptica promedio de cada puerto.
- Bytes transmitidos y recibidos (traffic).
- Errores de entrada/salida.

3.5.2.3 Sistema De Seguridad Física. El sistema de seguridad física se agrupó en los siguientes FSU (Field Supervision Unity):

- a) **Subsistema de Sensores.** Esta unidad controla y almacena las alarmas de la sirena, sensores de movimiento, sensores de humo, sensores de flama, sensores de aniego, sensores de temperatura-humedad y sensores de magnéticos.

La siguiente figura muestra la interconexión de los componentes pertenecientes al subsistema de seguridad física. En ella se aprecia que el controlador ZNV IG2000 enlaza el sistema con el conjunto de sensores y equipos de alertamiento. En un nodo de transporte, estos dispositivos se encuentran distribuidos en todos los ambientes del nodo, garantizando la supervisión integral de las condiciones de seguridad.

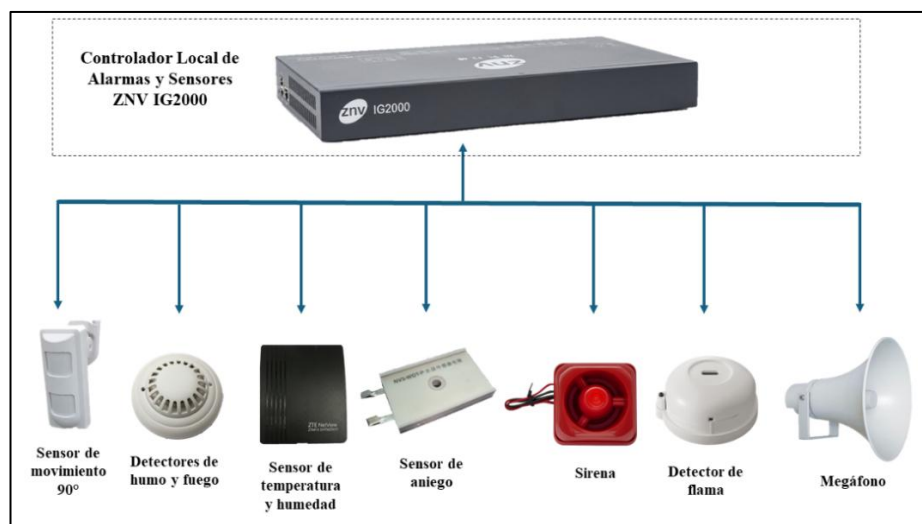


Figura 14 Subsistema de sensores. Fuente propia.

- b) **Subsistema de Control de Acceso.** Esta unidad controla los actuadores de la puerta de acceso y los equipos de autenticación.

El equipo controlador de acceso (ZXNVM-K2602) funciona como interfaz de los sistemas de control de acceso, permitiendo la activación de llaves eléctricas o electromagnéticas, la gestión de sensores de puerta abierta y el control de lectores biométricos y RFID

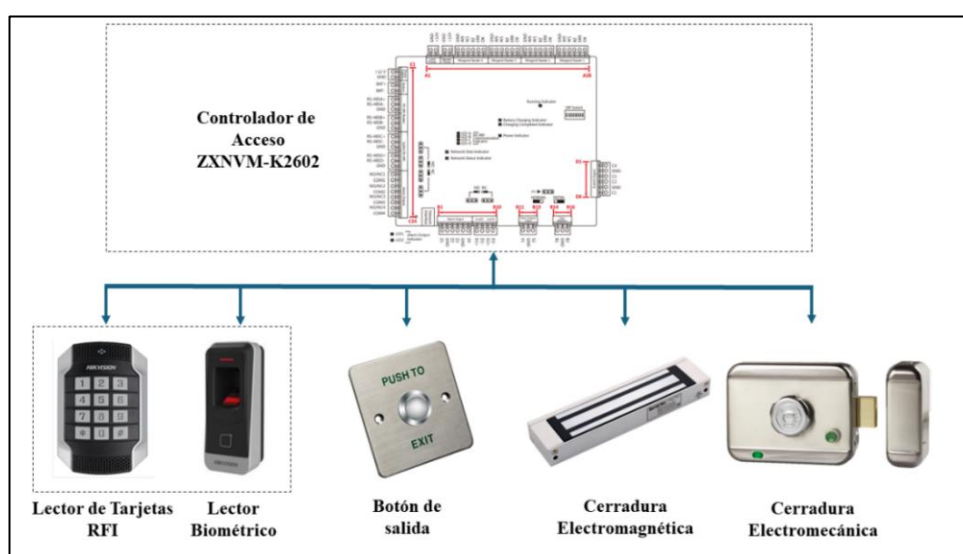


Figura 15 Subsistema de control de acceso. Fuente propia.

- c) **Subsistema de Videovigilancia.** Esta unidad almacena localmente el video de generado por las cámaras de los nodos, Centros de Mantenimiento y NOC.

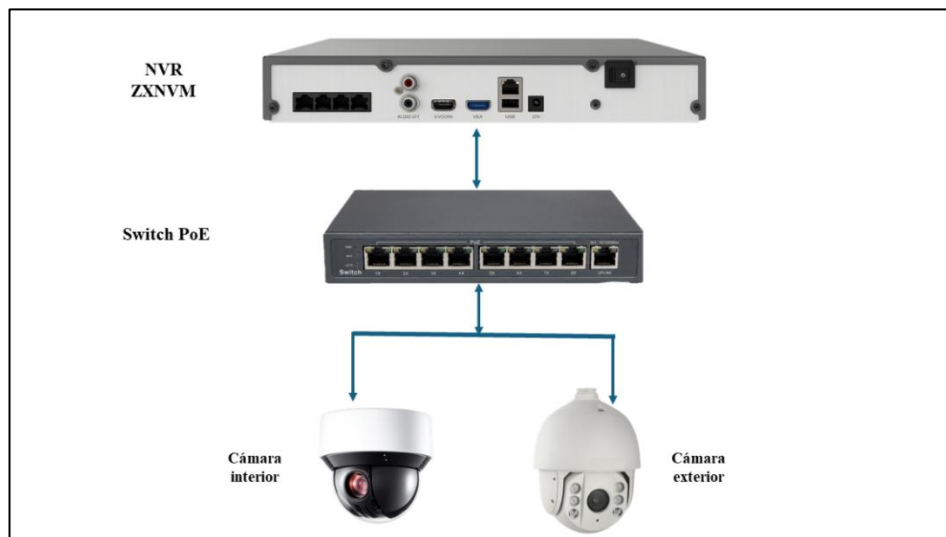


Figura 16 Subsistema de videovigilancia. Fuente propia.

El sistema de monitoreo implementado supervisa las siguientes métricas:

- Conectividad de las cámaras *indoor* (Sala de equipos y Sala de fuerza).
- Conectividad de las cámaras *outdoor* (Patio y Frontis).
- Conectividad del controlador ZNV.
- Conectividad del NVR.
- Conectividad del Controlador de Acceso.

3.5.2.4 Equipos De Climatización. Las principales características técnicas del equipo de climatización, de acuerdo con las bases del proyecto, se presentan resumidas en el siguiente cuadro:

Cuadro 6 Especificaciones técnicas de los equipos de climatización

Operación	Rango de temperatura	Rango de humedad
24x7x365	16°C - 26°C	40% - 70%

Fuente. Datos obtenidos del Anexo 8 de las bases técnicas (p.29).

Lista de alarmas del aire acondicionado:

- Alta temperatura
- Baja temperatura
- Alta humedad
- Humedad baja
- Sobre voltaje
- Bajo voltaje
- Fallo del sensor

El sistema de monitoreo implementado contempla la supervisión de los siguientes parámetros:

- Conectividad del equipo (ping).
- Estado operativo del equipo.
- Humedad del ambiente.
- Temperatura del ambiente.

3.5.2.5 Grupo Electrónico. El grupo electrógeno cumplen con las especificaciones técnicas planteadas en las bases del proyecto; a continuación, se muestra un resumen:

Cuadro 7 Especificaciones técnicas del grupo electrógeno

Generador			Motor		Aceptación de carga
Tensión nominal	Frecuencia	Sistema de Arranque	Combustible	Ciclo	Tiempo
220 VAC	60 Hz +- 10%	12 VDC	Diésel N° 2	Diésel de 4 tiempos	Max 1 min / promedio 30 seg

Fuente. Datos obtenidos del Anexo 8 de las bases técnicas (p.26).

El sistema planteado monitorea las siguientes métricas:

- Conectividad del equipo (ping).
- Tensión de batería del generador.
- Temperatura del refrigerante.
- Nivel de combustible.
- Modo de operación.
- Presión de aceite
- Horas totales de encendido.
- Tensión principal L1

Los sistemas mencionados, distribuidos en los diferentes ambientes, se integran entre sí para asegurar la operatividad de un nodo de transporte. La siguiente figura presenta el esquema general de la conexión entre los sistemas que conforman la infraestructura de un nodo. Notar que el enrutador comunica estos equipos con el sistema de monitoreo central. En el caso del NOC, se dispone de otros equipos y ambientes adicionales, sin embargo, el sistema de monitoreo tratado resulta igualmente aplicable.

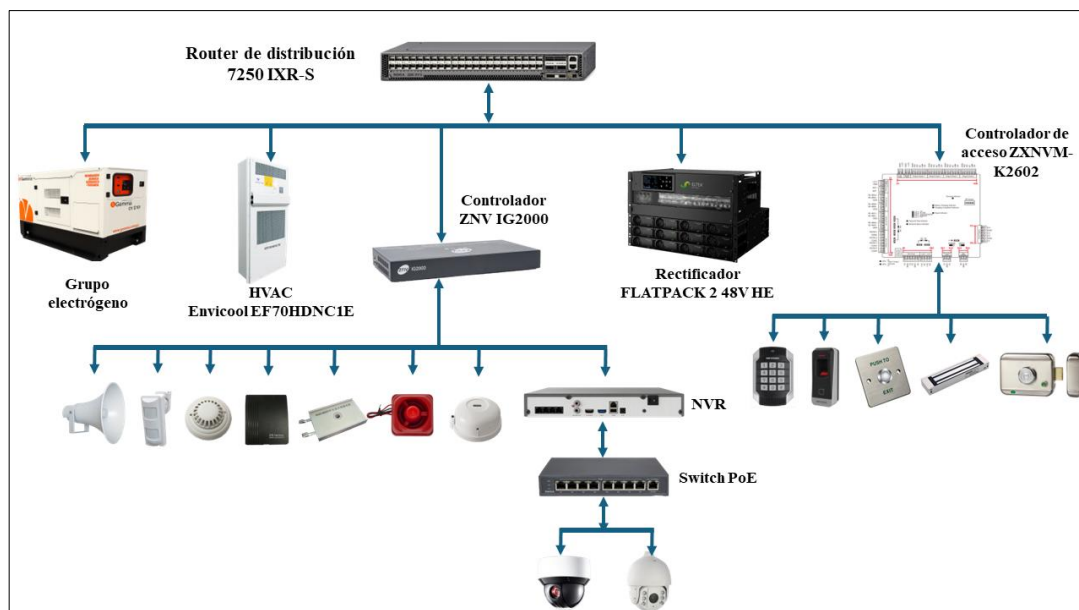


Figura 17 Topología general. Fuente propia.

La plataforma de Centreon dispone de tres tipos de arquitecturas para su operación: servidor central independiente, arquitectura distribuida o arquitectura con base de datos remota, cuya elección depende principalmente de la cantidad de hosts y servicios que se requieren monitorear.

Un host es aquel elemento de la red que cuenta con una dirección IP, como un router de distribución, una cámara IP o un equipo rectificador; por otro lado, un servicio es aquella característica del host que puede ser monitoreada.

En el caso de la red de transporte integrada a la plataforma de Centreon, se obtuvo el siguiente número total de hosts y servicios:

Cuadro 8 Cantidad total de host y servicios

Cantidad total de hosts monitoreados	Cantidad total de servicios monitoreados
1118	2906

Fuente. Elaboración propia, datos obtenidos de la plataforma de monitoreo.

De acuerdo con estos datos y con la documentación técnica de Centreon, se optó por una arquitectura distribuida compuesta por un servidor central y dos *pollers*. Los desarrolladores de la plataforma establecen los requerimientos técnicos necesarios para la instalación, los cuales se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro 9 Requisitos para la instalación de la plataforma

Numero de <i>Pollers</i>	Central	Poller
1 central + 2 pollers	4 vCPU / 8 GB	2 vCPU / 4 GB

Fuente. Datos obtenidos del sitio web de Centreon.

En el marco del proyecto regional de banda ancha, la estimación del tráfico de gestión de cada nodo de la red considera tanto el tráfico de gestión SNMP y el tráfico de video generado por los distintos equipos y elementos presentes en dicha infraestructura, tal como se detalla en el siguiente cuadro.

Cuadro 10 Requerimiento de ancho de banda por gestión de red para un nodo de transporte

Equipo	Requerimiento de BW (Mbps)
Equipo de Networking	0.8
Equipo Rectificador	0.125
Equipo de Aire Acondicionado y Grupo Electrónico	0.125
Equipo Controlador de seguridad y Control de Acceso	0.25
Cámara de Videovigilancia 1	0.832
Cámara de Videovigilancia 2	0.416
Cámara de Videovigilancia 3	0.416

Cámara de Videovigilancia 4	0.416
Total	3.38

Fuente. Basado en la documentación técnica de la institución.

De acuerdo con el dimensionamiento del proyecto, se ha establecido una asignación de ancho de banda de 3.38 Mbps para la gestión de cada nodo. El sistema de monitoreo implementado se integra al tráfico de gestión previamente definido y fue diseñado para operar dentro de estos límites, garantizando que el tráfico SNMP generado por los equipos no sature el canal de control.

En este proyecto se utilizó, dentro de la configuración de Centreon, una base de tiempo global (*Interval Length*) de 60 segundos. La frecuencia de muestreo (*polling interval*) para las consultas SNMP se configuró en 5 minutos, mientras que las consultas de accesibilidad (ICMP) se establecieron en 1 minuto.

3.5.3 Instalación de la Plataforma de Centreon

La plataforma de monitorización de Centreon se desplegó sobre una máquina virtual (VM) alojada en un entorno virtualizado basado en VMware vSphere. El equipamiento físico de servidores se localiza en la sala de equipos dentro del NOC de transporte, con una topología de redundancia de energía y conexión a red.

Para la instalación por paquetes RPM se utilizó el sistema operativo de CentOS 7 junto con la base de datos MariaDB. La interfaz web de Centreon es compatible con navegadores como Google Chrome, Mozilla Firefox, Apple Safari y Microsoft Edge.

3.5.3.1 Instalación del Servidor Central. La instalación del servidor central se realizó siguiendo la documentación de Centreon para la versión 20.04. Antes de iniciar el proceso, fue necesario deshabilitar SELinux (Security-Enhanced Linux) y el firewall, así como contar con conexión a internet para descargar e instalar los repositorios. Las líneas de comandos utilizadas para este procedimiento se detallan en el Anexo A de este informe.

Posteriormente, se procedió a instalar la base de datos local MariaDB y se asignó el nombre de *host* “Central” para el servidor central. La siguiente figura muestra la instalación completada del servidor central y la base de datos.

```
rh-php73-php-pdo.x86_64 0:7.3.20-1.el7
rh-php73-php-pear.noarch 1:1.10.9-1.el7
rh-php73-php-pear-gnupg.x86_64 0:1.4.0-6.el7.centos
rh-php73-php-process.x86_64 0:7.3.20-1.el7
rh-php73-php-snmp.x86_64 0:7.3.20-1.el7
rh-php73-php-xml.x86_64 0:7.3.20-1.el7
rh-php73-php-zip.x86_64 0:7.3.20-1.el7
rh-php73-runtime.x86_64 0:1-1.el7
rpm-devel.x86_64 0:4.11.3-45.el7
rrdtool.x86_64 0:1.7.2-1.el7.centos
rrdtool-perl.x86_64 0:1.7.2-1.el7.centos
socat.x86_64 0:1.7.3.2-2.el7
systemtap-sdt-devel.x86_64 0:4.0-13.el7
tcp_wrappers-devel.x86_64 0:7.6-77.el7
xz-devel.x86_64 0:5.2.2-1.el7
zeromq4.x86_64 0:4.2.1-1.el7.centos
zlib-devel.x86_64 0:1.2.7-19.el7_9

Sustituido(s):
  mariadb-libs.x86_64 1:5.5.68-1.el7

¡Listo!
[root@jhonehf ~]#
```

Figura 18 Instalación del servidor Centreon central con base de datos local.

Se estableció la zona horaria de PHP (America/Lima) y se reinició el servicio para aplicar los cambios. Asimismo, se configuraron los servicios para que se inicien automáticamente durante el arranque del sistema.

```
- Dropping test database...
... Success!
- Removing privileges on test database...
... Success!

Reloading the privilege tables will ensure that all changes made so far
will take effect immediately.

Reload privilege tables now? [Y/n] Y
... Success!

Cleaning up...

All done! If you've completed all of the above steps, your MariaDB
installation should now be secure.

Thanks for using MariaDB!
[root@jhonehf ~]# systemctl start httpd24-httpd
[root@jhonehf ~]# echo "date.timezone = America/Lima" >> /etc/opt/rh/rh-php73/php.d/50-centreon.ini
[root@jhonehf ~]# systemctl restart rh-php73-php-fpm
[root@jhonehf ~]#
```

Figura 19 Servicio PHP en CentOS. Fuente propia.

3.5.3.2 Instalación de la Interfaz Web. A través de un navegador, se accedió a la interfaz web mediante la URL: `http://y.y.y.y/centreon` (dirección IP omitida). Posteriormente, se verificó que los módulos y requisitos estuvieran completados como muestra el asistente de instalación en la siguiente figura.



Module name	File	Status
MySQL	pdo_mysql.so	Loaded
GD	gd.so	Loaded
LDAP	ldap.so	Loaded
XML Writer	xmlwriter.so	Loaded
MB String	mbstring.so	Loaded
SQLite	pdo_sqlite.so	Loaded
INTL	intl.so	Loaded

Buttons: Back, Refresh, Next

Figura 20 Módulos de la interfaz web. Fuente. Adaptado de *Web And Post Installation*, Centreon (2023).

([https://archivesdocs.centreon.com/20.04/docs/ installation/web-and-post-installation/](https://archivesdocs.centreon.com/20.04/docs/installation/web-and-post-installation/))

Se mantuvieron las rutas predeterminadas para el motor de monitoreo y el módulo *broker*. Posteriormente, se procedió a crear una cuenta de administrador y se dejaron los valores por defecto para la conexión a la base de datos, al tratarse de una base de datos local. A continuación, el asistente de configuración generó un archivo de configuración y la estructura de base de datos. Finalmente, se completó la instalación siguiendo el asistente de configuración.

En la siguiente imagen, de la interfaz web, se visualizan las diferentes alertas del sistema, clasificadas según su estado (superior derecha):

- Hosts y servicios en estado OK
- Hosts y servicios en estado Desconocido
- Hosts y servicios en estado Crítico

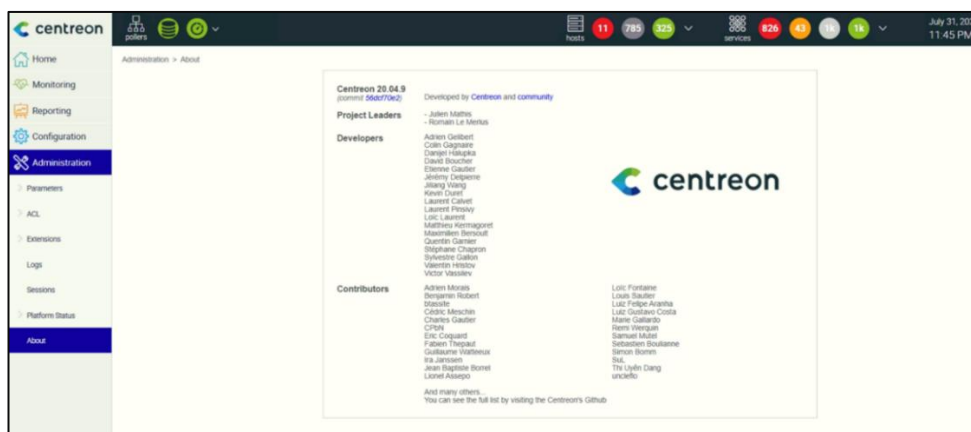


Figura 21 Interfaz web de Centreon. Fuente propia.

3.5.3.3 Instalación de los Pollers. En este trabajo se empleó una arquitectura distribuida compuesta por un servidor central y dos pollers (Poller139 y Poller140). Estos pollers (encuestadores) se encargan de recopilar los datos, los cuales son mostrados y procesados por el servidor central. Ambos pollers comparten la carga de manera equitativa, al estar vinculados cada uno a la mitad de los nodos.

Cuadro 11 Pollers configurados

Tipo de servidor	Nombre	Dirección IP (omitido)
Central	Central	x.x.x.1
Poller	Poller139	x.x.x.139
Poller	Poller140	x.x.x.140

Fuente. Elaboración propia, datos obtenidos de la plataforma de monitoreo.

De forma similar al servidor central, se deshabilitó SELinux y el firewall. Posteriormente, se instalaron los repositorios requeridos según la documentación. En el siguiente paso se instaló el motor de monitoreo y se configuró para que los servicios se ejecuten automáticamente durante el arranque del sistema. Los comandos utilizados para este proceso se detallan en el Anexo B de este documento.

Desde el asistente de la interfaz web, se agregaron los *pollers* a la configuración, vinculándolos con el servidor central y se habilitó la comunicación entre ellos mediante *Gorgone* utilizando el protocolo ZMQ. La configuración de *Gorgone* se copió al *poller* y se inició el servicio. Finalmente, fue necesario exportar la configuración para que el motor del *poller* pudiera iniciar.

☐	Name	IP Address	Server type	Is running ?	Conf Changed *	PID
☐	Central	.1	Central	YES	NO	1418
☐	Poller139	.139	Distant Poller	YES	NO	1524
☐	Poller140	.140	Distant Poller	YES	NO	1543

Figura 22 Pollers configurados. Fuente propia.

3.5.4 Agregación de Hosts y Servicios

Para agregar y monitorear cada elemento fue necesario el uso de plantillas (*templates*) de *hosts* y servicios. Estas plantillas proporcionan configuraciones globales que simplifican el trabajo, ya que permiten definir los comandos de monitoreo, establecer umbrales de alerta, automatizar configuraciones mediante herencia y facilitar la escalabilidad al incorporar nuevos dispositivos.

El *host name* se eligió según el tipo de equipo a monitorear, de manera que lo identifique de forma simple, por ejemplo: *Router*, Rectificador, entre otros. Cada nodo de transporte se relacionó con uno de los *pollers*, de modo que la mitad de ellos corresponde con un *poller*. Es decir, cada *host* perteneciente a un nodo se vinculó al “Poller139” o “Poller140” para la recolección de datos. En el caso del NOC de transporte y sus correspondientes servicios, se asociaron directamente con el servidor central.

Las direcciones IP pertenecientes a cada elemento del nodo de transporte se obtuvieron del documento de dimensionamiento elaborado por el área de *networking* de la empresa. Esta información es necesaria para la creación de los *hosts* en el sistema de

monitoreo. La siguiente figura muestra la asignación de direcciones IP de dichos elementos en un nodo:

SEGURIDAD Y VIDEOVIGILANCIA						
CONTROLADOR ZNV	NVR	CONTROLADOR DE ACCESO	CAMARA INDOOR 1	CAMARA INDOOR 2	CAMARA OUTDOOR 1	CAMARA OUTDOOR 2
x.x.x.34/2x	x.x.x.35/2x	x.x.x.36/2x	x.x.x.37/2x	x.x.x.38/2x	x.x.x.39/2x	x.x.x.40/2x
ENERGIA				CLIMATIZACIÓN		
SUBRED DE GESTION 2	GATEWAY	RECTIFICADOR	GRUPO ELECTROGENO	SUBRED DE GESTION 3	GATEWAY	HVCA
x.x.x.48/2x	x.x.x.49/2x	x.x.x.50/2x	x.x.x.51/2x	x.x.x.56/2x	x.x.x.57/2x	x.x.x.58/2x
GESTION DWDM 1				GESTION DWDM 2		
IP SYSTEM	SUBRED DE GESTION 5	GATEWAY	OAMP PSS-4	SUBRED DE GESTION 6	GATEWAY	OAMP PSS-4
x.x.x.26	x.x.x.144/3x	x.x.x.145/3x	x.x.x.146/3x	x.x.x.148/3x	x.x.x.149/3x	x.x.x.150/3x

Figura 23 Direccionamiento IP de los equipos activos. Nota. Se omitieron las direcciones IP completas de los equipos. *Fuente.* Adaptado de la documentación técnica de la institución.

Como se mencionó anteriormente, la mayor parte del trabajo se simplifica mediante el uso de plantillas para *hosts* y servicios. Una plantilla (*template*) es una preconfiguración de parámetros de un objeto, cuya principal ventaja es acelerar la creación de objetos similares, en este caso *hosts* y servicios.

La cantidad de *hosts* y servicios por nodo puede variar ligeramente según la tipología. Un nodo de agregación cuenta con algunos servicios adicionales, respecto a los equipos de *networking*, comparado con los nodos de distribución y conexión, aunque esta diferencia no representa un cambio significativo. A continuación, se presenta la agrupación de *hosts* y servicios correspondiente a un nodo de transporte:

En el sistema de seguridad física:

Cuadro 12 Hosts y servicios del sistema de seguridad física

Nombre de Host	Plantilla de host	Nombre de Servicio
----------------	-------------------	--------------------

CAM_INDOOR1	Generic-active-host-custom	Ping
CAM_INDOOR2	Generic-active-host-custom	Ping
CAM_OUTDOOR1	Generic-active-host-custom	Ping
CAM_OUTDOOR2	Generic-active-host-custom	Ping
CONT_ACCESO	Generic-active-host-custom	Ping
CONT_ZNV	Generic-active-host-custom	Ping
NVR	Generic-active-host-custom	Ping

Fuente. Elaboración propia, basado en la plataforma de monitoreo.

En el sistema de energía:

Cuadro 13 Hosts y servicios del sistema de energía

Nombre de Host	Plantilla de host	Nombre de Servicio
RECTIFICADOR	Eltek_Rectificador	Batt_volt
		Current_Batt
		Current_Load
		Ping
		Temperatura
		Volt_L1
GENERADOR	Comap_Generador	Gen_Batt_Volt
		Gen_BinOutput
		Gen_Coolant
		Gen_fuel_level
		Gen_Mode
		Gen_oil

Gen_run_hrs

Gen_volt_L1

Ping

Fuente. Elaboración propia, basado en la plataforma de monitoreo.

En el equipo de climatización:

Cuadro 14 Hosts y servicios de los equipos de climatización

Nombre de Host	Plantilla de host	Nombre de Servicio
HVAC	Envicool_HVAC	AirHumidity
		AirTemperatures
		Ping
		Status

Fuente. Elaboración propia, basado en la plataforma de monitoreo.

En los equipos de *Networking*:

Cuadro 15 Hosts y servicios de los equipos de networking

Nombre de Host	Plantilla de host	Nombre de Servicio
ROUTER	Nokia_Distribucion_Router Nokia_Agregacion_Router Nokia_Conexion_Router	Ping
		Temperatura
		Uptime
		OpticalPort 1/x/x
		OpticalPort 1/x/x – Traffic
		OpticalPort 1/x/x – Error

		Port 1/4/x - Traffic
		OpticalPort 1/7/OSC
DWDM_1	Nokia_DWDM	OpticalPort 1/7/OSC Mac
		OpticalPort 1/7/OSC Min
		Ping
		Ping
RTU	EXFO_Fiber-Guardian	Webserver Fiber Guardian

Fuente. Elaboración propia, basado en la plataforma de monitoreo.

La plantilla de *host* se vinculó con diversos servicios de acuerdo con el sistema tratado, tal como se mostró en las tablas anteriores. Para monitorear cada servicio fue necesario crear también las plantillas de servicio (*template service*). Al agregar una plantilla de servicio, se configuró el comando de chequeo y se definió el período correspondiente. Un comando de chequeo es una instrucción que permite verificar el estado de un *host* o de un servicio. En dicha instrucción se establecieron los parámetros de monitoreo mediante el OID y, adicionalmente, se definieron macros para que el mismo comando pudiera aplicarse a varios hosts.

Los parámetros se obtuvieron del archivo MIB proporcionado por cada fabricante de los equipos correspondientes. A continuación, se resumen los principales OIDs obtenidos:

Para el equipo Rectificador/Cargador:

Cuadro 16 Relación OID y servicios del rectificador

Servicio	OID	Descripción
Batt_VoltSmartpack	.1.3.6.1.4.1.12148.9.3.2.0	voltaje de batería
Current_BattSmartpack	.1.3.6.1.4.1.12148.9.3.3.0	corriente de batería
Current_LoadSmartpack	.1.3.6.1.4.1.12148.9.4.1.0	corriente de carga

TemperatureSmartpack	.1.3.6.1.4.1.12148.9.3.4.0	temperatura
Volt_L1Smartpack	.1.3.6.1.4.1.12148.9.6.1.0	voltaje de L1

Fuente. Elaboración propia, basado en la plataforma de monitoreo.

Para el equipo Generador:

Cuadro 17 Relación OID y servicios del grupo electrógeno

Servicio	OID	Descripción
Gen_Batt_VoltGrupo Electrogenero	.1.3.6.1.4.1.28634.14.2.821 3.0	Tensión de baterías
Gen_BinOutputGrupo Electrogenero	.1.3.6.1.4.1.28634.14.2.823 9.0	Binary Output
Gen_CoolantGrupo Electrogenero	.1.3.6.1.4.1.28634.14.2.915 2.0	Temperatura de refrigerante
Gen_fuel_levelGrupo Electrogenero	.1.3.6.1.4.1.28634.14.2.915 3.0	Nivel de Combustible
Gen_ModeGrupo Electrogenero	.1.3.6.1.4.1.28634.14.2.988 7.0	Modo de operación
Gen_oilGrupo Electrogenero	.1.3.6.1.4.1.28634.14.2.915 1.0	Presión de Aceite
Gen_run_hrsGrupo Electrogenero	.1.3.6.1.4.1.28634.14.2.820 6.0	horas totales de encendido
Gen_volt_L1Grupo Electrogenero	.1.3.6.1.4.1.28634.14.2.819 5.0	Main Tension L1

Fuente. Elaboración propia, basado en la plataforma de monitoreo.

Para el equipo DWDM:

Cuadro 18 Relación OID y servicios del DWDM

Servicio	OID	Descripción
OpticalPort 1/7/OSCDWDM	.1.3.6.1.4.1.7483.2.4.1.2.2.1 6.1.6.17237248.0.0	Potencia Óptica promedio
OpticalPort 1/7/OSC MaxDWDM	.1.3.6.1.4.1.7483.2.4.1.2.2.1 6.1.5.17237248.0.0	Potencia Óptica máxima
OpticalPort 1/7/OSC MinDWDM	.1.3.6.1.4.1.7483.2.4.1.2.2.1 6.1.4.17237248.0.0	Potencia Óptica mínima

Fuente. Elaboración propia, basado en la plataforma de monitoreo.

Para el equipo de *Networking*:

Cuadro 19 Relación OID y servicios del router

Servicio	OID	Descripción
OpticalPort 1/1/2Router	.1.3.6.1.4.1.6527.3.1.2.2.4.3 1.1.21.1.1292402690	Potencia Optica promedio
OpticalPort 1/1/2 Error	.1.3.6.1.2.1.2.2.1.14.129240 2690	Errores de entrada en la interfaz
OpticalPort 1/1/2 FCS_error	.1.3.6.1.2.1.10.7.11.1.2.129 2402690	Errores FCS (Frame Check Sequence)
OpticalPort 1/4/13 - Enlace AztecaRouter	.1.3.6.1.4.1.6527.3.1.2.2.4.3 1.1.21.1.1292501005	Potencia Optica promedio
OpticalPort 1/4/13 Error	.1.3.6.1.2.1.2.2.1.14.129250 1005	Errores de entrada en la interfaz
OpticalPort 1/4/13 FCS_error	.1.3.6.1.2.1.10.7.11.1.2.129 2501005	Errores FCS (Frame Check Sequence)

Fuente. Elaboración propia, basado en la plataforma de monitoreo.

Para el equipo HVAC:

Cuadro 20 Relación OID y servicios del aire acondicionado

Servicio	OID	Descripción
InternalFan	.1.3.6.1.4.1.44001.2.1.3.1.0	Estado del ventilador interno
Compressor1	.1.3.6.1.4.1.44001.2.1.3.2.0	Estado del compresor principal
Heater1	.1.3.6.1.4.1.44001.2.1.3.3.0	Estado del calentador
HumidificationStatus	.1.3.6.1.4.1.44001.2.1.3.4.0	Estado de humidificación
OutdoorFan1	.1.3.6.1.4.1.44001.2.1.3.5.0	Ventilador externo
SystemRunStatus	.1.3.6.1.4.1.44001.2.1.3.6.0	Estado general del sistema
RefrigerationStatus	.1.3.6.1.4.1.44001.2.1.3.7.0	Estado de refrigeración
HeatingStatus	.1.3.6.1.4.1.44001.2.1.3.8.0	Estado de calefacción
DeHumidificationStatus	.1.3.6.1.4.1.44001.2.1.3.9.0	Estado de deshumidificación

Fuente. Elaboración propia, basado en la plataforma de monitoreo.

De lo mencionado anteriormente, se utilizó el OID correspondiente en la línea de comandos para obtener las métricas requeridas y definir las plantillas de servicio. Cada plantilla de servicio, en este trabajo, se estableció para la lectura de una métrica específica. De esta manera, fue posible agrupar diferentes métricas asociadas a un equipo de un proveedor y modelo específico.

La siguiente figura muestra un ejemplo de la configuración de un *host*, correspondiente a un *router* del nodo de distribución ubicado en la localidad de Atuncolla. Se definió utilizando la plantilla de *host* (*template*) adecuada al tipo de equipo y fabricante. Asimismo, se vinculó con el *Poller140*, desde donde es monitoreado.

Notar que la configuración del host requiere tener previamente la plantilla de host definida.

Figura 24 Configuración de host. Fuente propia.

La siguiente figura muestra un ejemplo de la configuración de un comando de verificación. Dicho comando consulta, vía SNMPv3, la potencia óptica de un puerto de un *router*, transforma el valor en dBm, lo presenta en un formato adecuado y establece umbrales críticos para la activación de alertas.

Figura 25 Configuración del comando de verificación. Fuente propia.

En la sección de relaciones de *hosts*, se seleccionaron los dispositivos que dependen del enrutador (*router*) del nodo para comunicarse con el servidor central de monitoreo. El tráfico de red y la comunicación con los recursos activos es a través del enrutador, por lo que el *host* padre está definido como el enrutador del nodo y los *hosts* hijos con los demás dispositivos IP (cámaras, controladores, entre otros), pertenecientes al nodo en cuestión. De este modo, si el enrutador entra en estado *DOWN*, el estado de los *hosts* hijos cambiará al estado *UNREACHABLE* (inalcanzable) puesto que ya no es posible acceder remotamente a dichos dispositivos.

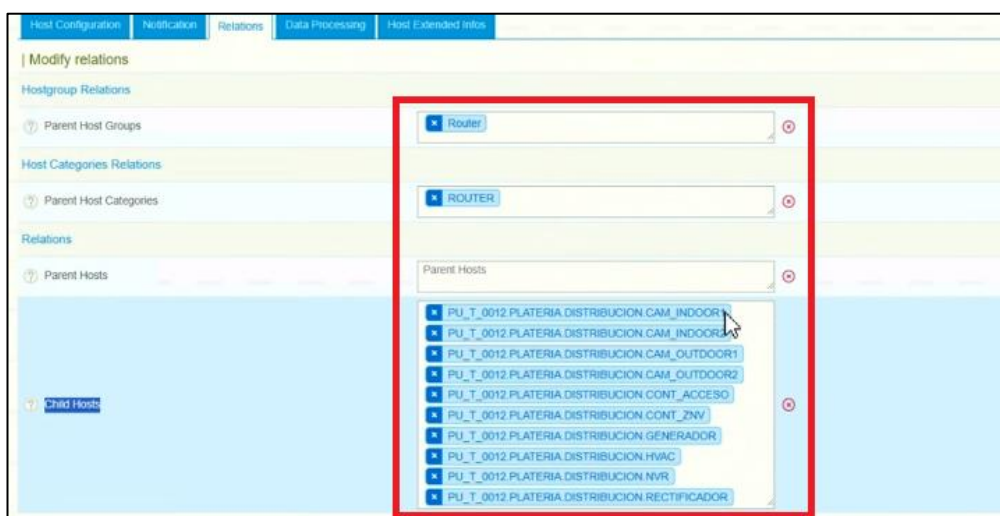


Figura 26 Relaciones de hosts. Fuente propia.

Con el fin de organizar y clasificar los *hosts* y servicios de acuerdo con su función o nivel de criticidad, se definieron diversas categorías. Esta funcionalidad facilita la gestión operativa y proporciona una visibilidad clara sobre los recursos existentes dentro de la infraestructura. En la siguiente figura se ilustra un ejemplo de la configuración de una categoría de *hosts* que agrupa todos los *routers*.

Se debe notar la nomenclatura utilizada en los equipos. Para identificar un dispositivo perteneciente a un nodo de transporte, la denominación comienza con PU_T, seguida del número asignado y del nombre completo de la localidad.

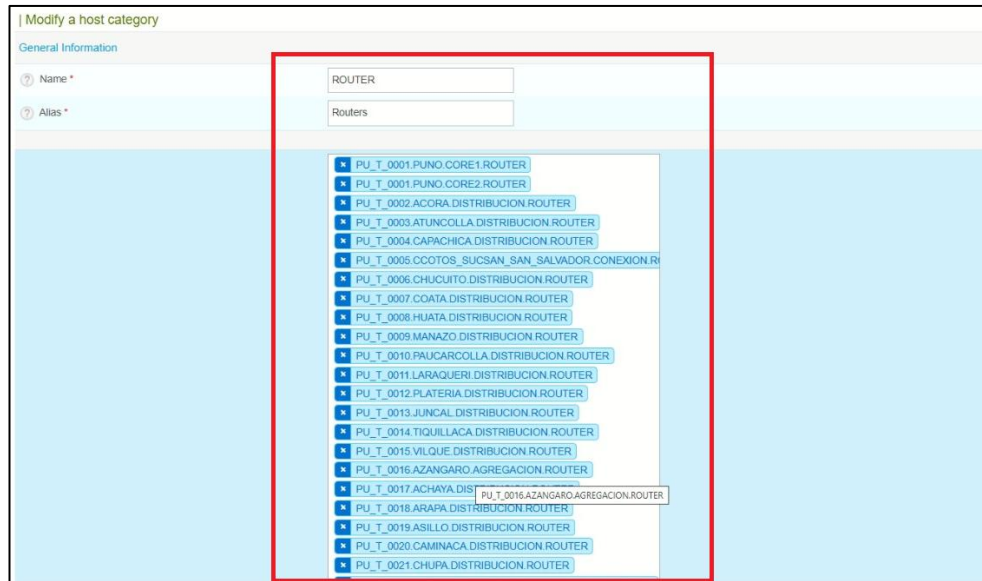


Figura 27 Configuración de la categoría de host. Fuente propia.

A continuación, se presenta el proceso para integrar los servicios de monitoreo del equipo rectificador en la plataforma de supervisión. Este *host* cuenta con los siguientes servicios: Volt_L1 (voltaje de fase L1), Batt_Volt (voltaje de batería), Current_Batt (corriente de batería), Current_Load (corriente de carga), Ping (conectividad) y Temperature (temperatura).

Para la obtención de la tensión de fase L1 (Volt_L1), se definió el comando de verificación “Eltek_Volt_L1_1”, el cual emplea el OID correspondiente a la tensión de entrada (.1.3.6.1.4.1.12148.9.6.1.0). La siguiente línea de comando detalla los argumentos configurados; cabe destacar que esta consulta se realiza mediante el protocolo SNMPv2c. Esto permite extraer el valor del voltaje del rectificador Eltek Smartpack, presentarlo en unidades de voltios (V) y establecer un umbral de advertencia (warning) para la gestión de alertas en la plataforma.

```
**Service Volt_L1Smartpack | <IP_RECTIFICADOR> **
```

```
/usr/lib/centreon/plugins//centreon-plugins/centreon_plugins.pl
```

```
--plugin=apps::protocols::snmp::plugin
```

```
--mode=numeric-value
```

```
--hostname= <IP_RECTIFICADOR>
```

```

--snmp-community= <COMUNIDAD_SNMP>

--snmp-version=2c

--oid='1.3.6.1.4.1.12148.9.6.1.0'

--perfddata-name='Volt_L1'

--format='Current value is %sV'

--warning=198:242

```

En la siguiente figura se ilustra la configuración del comando de verificación “Eltek_Volt_L1_1” dentro de la plataforma de Centreon.

Figura 28 Comando de verificación para el Voltaje AC. Fuente propia.

Al igual que el servicio anterior, los demás comandos de verificación para los demás parámetros mantienen la misma estructura. Los cambios sustanciales corresponden al valor del OID y al formato del valor devuelto. La dirección IP del host se mantiene, ya que el equipo sigue siendo el mismo.

Comando de verificación para el servicio de temperatura (Temperature):

```

/usr/lib/centreon/plugins/centreon-plugins/centreon_plugins.pl

--plugin=apps::protocols::snmp::plugin

--mode=numeric-value

--hostname=<IP_RECTIFICADOR>

```

```

--snmp-community=<COMUNIDAD_SNMP>

--snmp-version=2c

--oid='.1.3.6.1.4.1.12148.9.3.4.0'

--perfdata-name='Temperature'

--format='Temperatura actual %s°C'

```

Comando de verificación para el servicio de corriente de carga (Current_Load):

```

/usr/lib/centreon/plugins//centreon-plugins/centreon_plugins.pl

--plugin=apps::protocols::snmp::plugin

--mode=numeric-value

--hostname=<IP_RECTIFICADOR>

--snmp-community=<COMUNIDAD_SNMP>

--snmp-version=2c

--oid='.1.3.6.1.4.1.12148.9.4.1.0'

--perfdata-name='Current_Load'

--format='Current value is %sA'

```

Comando de verificación para el servicio de corriente de batería (Current_Batt):

```

/usr/lib/centreon/plugins//centreon-plugins/centreon_plugins.pl

--plugin=apps::protocols::snmp::plugin

--mode=numeric-value

--hostname=<IP_RECTIFICADOR>

--snmp-community=<COMUNIDAD_SNMP>

--snmp-version=2c

--oid='.1.3.6.1.4.1.12148.9.3.3.0'

--perfdata-name='Current_Batt'

--format='Current value is %sA'

```

```
--critical=-0.5:
```

Comando de verificación para el servicio de voltaje de batería (Batt_Volt):

```
/usr/lib/centreon/plugins//centreon-plugins/centreon_plugins.pl
```

```
--plugin=apps::protocols::snmp::plugin
--mode=numeric-value
--hostname=<IP_RECTIFICADOR>
--snmp-community=<COMUNIDAD_SNMP>
--snmp-version=2c
--oid='.1.3.6.1.4.1.12148.9.3.2.0'
--format-custom='*(-1/100)'
--perfddata-name='Batt_Volt'
--format='Current value is %sV'
--warning=~:-49
--critical=~:-46
```

En el caso de la conectividad del equipo (Ping), se utiliza el protocolo ICMP. El siguiente comando ejemplifica este procedimiento.

```
/usr/lib64/nagios/plugins/check_icmp
```

```
-H <IP_RECTIFICADOR>
-n 5
-w 200,20%
-c 400,50%
```

Retomando el servicio de voltaje de fase, se creó la plantilla de servicio Volt_L1, se seleccionó el comando previamente definido Eltek_Volt_L1 y se especificó el período de verificación en modalidad 24x7. De la misma manera, cada plantilla de servicio se relacionó con un comando de chequeo específico para monitorear cada métrica. La

siguiente figura muestra la configuración correspondiente a la plantilla de servicio Volt_L1.

The screenshot shows the 'Modify a Service Template Model' interface for the 'Volt_L1' service template. The interface is divided into several sections: General Information, Service Check Options, and Service Scheduling Options. The 'General Information' section includes fields for Alias, Name, and Template. The 'Service Check Options' section includes fields for Check Command, Custom macros, and Args. The 'Service Scheduling Options' section includes a field for Check Period. The 'Volt_L1' template is highlighted with a red box, and the 'generic-active-service-custom' template is selected. The 'Eltek_Volt_L1' command is also highlighted with a red box. The 'Check Period' is set to '24x7'.

Figura 29 Plantilla de servicio para el voltaje AC. Fuente propia.

Posteriormente, cada plantilla de servicio (Volt_L1, Current_Batt, Current_Load, Batt_Volt, Temperature y Ping) se vinculó con la plantilla de *host* Eltek_Rectificador, como se muestra en la siguiente figura. Al aplicar esta plantilla (*template*) a la configuración de host, Centreon asociará automáticamente todos los servicios definidos en ella. Esta plantilla se aplicó a todos los hosts de las mismas características, es decir, a los equipos rectificadores Eltek del mismo modelo.

The screenshot shows the 'Modify relations' interface for the 'Volt_L1' service template. The interface is divided into several sections: General Information, Relations, and Service Trap Relation. The 'Relations' section includes a field for 'Linked to host templates'. The 'Eltek_Rectificador' host template is selected and highlighted with a red box. The 'Service Trap Relation' section includes a field for 'Service Trap Relation'.

Figura 30 Relación entre servicio y plantilla de host. Fuente propia.

Finalmente, se integró el *host* “NODO.RECTIFICADOR” relacionándolo a la plantilla de *host* definida previamente (Eltek_Rectificador). Al término de cada operación, se exportó la configuración para guardar los cambios. Para los siguientes *hosts* del tipo rectificador en otros nodos, no fue necesario repetir el proceso desde cero, ya que las plantillas de *host* y servicio para este tipo de equipo se encontraban ya creadas. La siguiente figura muestra los servicios asociados al rectificador del nodo de transporte PU_T_0089.JULIACA.



Services	Status	Duration	Ouput
Batt_Volt	OK	1M 1w	OK: Current value is -53.82V
Current_Batt	OK	4w 1d	OK: Current value is 2A
Current_Load	OK	1M 1w	OK: Current value is 10A
Ping	OK	1M 1w	OK - .50 rta 13.072ms lost 0%
Temperature	OK	1M 1w	OK: Temperatura actual 22°C
Volt_L1	OK	4w 1d	OK: Current value is 219V

Figura 31 Estado de los servicios del rectificador. Fuente propia.

En general, de manera similar se trabajó con los demás *hosts* (Generador, HVAC, Seguridad y Networking). Las variaciones son mínimas, mientras que otros aspectos se mantienen, como en el caso de la conectividad de los equipos, que básicamente emplean el mismo comando mediante el protocolo ICMP.

El siguiente comando corresponde al grupo electrógeno (generador), donde la variación principal está en el factor de escala aplicado al formato del valor devuelto. Además, utiliza una lógica distinta para definir los umbrales, generando una alerta cuando el valor es menor al especificado.

```
**Service Gen_Batt_VoltGrupo Electrogeno | <IP_GENERADOR> **
```

```
/usr/lib/centreon/plugins//centreon-plugins/centreon_plugins.pl
```

```
--plugin=apps::protocols::snmp::plugin
```

```
--mode=numeric-value
```

```

--hostname=<IP_GENERADOR>

--snmp-community=<COMUNIDAD_SNMP>

--snmp-version=2c

--oid='.1.3.6.1.4.1.28634.14.2.8213.0'

--perfdata-name='Gen_Batt_Volt'

--format='Tensión de baterías: %sV'

--format-custom='/10'

--warning=12.5:

--critical=12:

```

Otro caso particular corresponde a la potencia de recepción óptica (Rx Power) en el puerto de un router. A diferencia de los ejemplos anteriores, en este caso se utiliza SNMPv3, lo cual es coherente con la criticidad del equipo que gestiona el tráfico entre nodos. En el siguiente comando se observa la conversión logarítmica del valor del OID para expresarlo en dBm.

```

**Service OpticalPort 1/1/2Router Agregador | <IP_ROUTER> **

/usr/lib/centreon/plugins//centreon-plugins/centreon_plugins.pl

--plugin=apps::protocols::snmp::plugin

--mode=numeric-value

--oid='.1.3.6.1.4.1.6527.3.1.2.2.4.31.1.21.1.1292402690'

--snmp-username=<USER_SNMPV3_NOC>

--authpassphrase=<AUTH_PASSWORD>

--authprotocol=MD5

--privpassphrase=<PRIV_PASSWORD>

--privprotocol=DES

--hostname=<IP_ROUTER>

--snmp-version=3

--format-custom2='**0*10*(log($value/10000)/log(10))'

```

```

--format='Potencia Optica: %sdbm / Low-Alarm:-14.40, High-Warn:0.5'
--perfdata-name='Rx_Optic'
--critical=-14.40:0.5
--perfdata-unit='dbm'

```

Vale la pena mencionar también el siguiente caso para monitoreo de tráfico y estado de interfaces ópticas en routers, que utiliza un plugin especializado para el sistema operativo del equipo Nokia. Permite obtener métricas de tráfico, estado y alias de la interfaz, además de identificar el puerto. No aplica conversiones matemáticas ni umbrales de potencia óptica, ya que su foco es el rendimiento de la interfaz.

```

**Service OpticalPort 1/1/2 - TrafficRouter Agregador | <IP_ROUTER> **
/usr/lib/centreon/plugins//centreon-plugins/centreon_plugins.pl centreon_plugins.pl

--plugin=network::nokia::timos::snmp::plugin
--mode=interfaces
--hostname=<IP_ROUTER>
--snmp-username=<USER_SNMPV3_NOC>
--snmp-version=3
--authpassphrase=<AUTH_PASSWORD>
--authprotocol=MD5
--privpassphrase=<PRIV_PASSWORD>
--privprotocol=DES
--interface='1292402690'
--add-traffic
--add-status
--oid-extra-display=ifAlias

```

Las siguientes figuras muestran el estado de los demás servicios integrados en el nodo de transporte.

Monitoring > Status Details > Hosts

PU_T_0089.JULIACA.AGREGACION.ROUTER / Router Agregador [26]

Service Status | Performances | Host Information | Comments

Services

Services	Status	Duration	Ouput
OpticalPort 1/1/4	CRITICAL	4d 8h	CRITICAL: Potencia Optica: -26.7778070526608dbm / Low-Alarm:-14.40, High-Warn:0.5
OpticalPort 1/1/4 - Traffic	CRITICAL	4d 8h	CRITICAL: Interface '1/1/4' [to_PU_T_0092_CARACOTO_1/1/2_10G] Status : down (admin: up)
Compact-Flash_A Status	OK	4d 8h	OK: Estado Cf1: 2 - Estado Cf2: 2 - Estado Cf3: 3 / 1:Desconocido, 2:No_Equipado, 3:OK, 4>Error, 5:Fuera_de_Servicio
OpticalPort 1/1/2	OK	4d 8h	OK: Potencia Optica: -4.071573168689dbm / Low-Alarm:-14.40, High-Warn:0.5
OpticalPort 1/1/2 - Traffic	OK	4d 8h	OK: Interface '1/1/2' [to_PU_T_0001_PUNO_CORE01_1/1/1_10G] Status : up (admin: up), Traffic In : 5.44Gb/s (54.36%), Traffic Out : 6.41Gb/s (64.11%)
OpticalPort 1/1/2 Error	OK	4d 8h	OK: Errors: 0 - FCS Errors: 0
OpticalPort 1/1/3	OK	4d 8h	OK: Potencia Optica: -3.63111093016201dbm / Low-Alarm:-14.40, High-Warn:0.5
OpticalPort 1/1/3 - Traffic	OK	4d 8h	OK: Interface '1/1/3' [to_PU_T_0001_PUNO_CORE01_1/1/2_10G] Status : up (admin: up), Traffic In : 3.40Gb/s (33.98%), Traffic Out : 2.20Gb/s (22.03%)

Figura 32 Estado de los servicios del *router*. Fuente propia.

Monitoring > Status Details > Hosts

PU_T_0089.JULIACA.AGREGACION.NVR / NVR [.35]

Service Status | Performances | Host Information | Comments

Services

Services	Status	Duration	Ouput
Ping	OK	4d 7h	OK - .35 rta 5.571ms lost 0%

Figura 33 Estado del servicio para el equipo NVR. Nota. Estado del servicio de Ping en OK. Fuente propia.

Monitoring > Status Details > Hosts

PU_T_0049.ILAVE.AGREGACION.HVAC / Aire Acondicionado [.122]

Service Status | Performances | Host Information | Comments

Services

Services	Status	Duration	Ouput
AirHumidity	OK	17h 20m	OK: Air Humidity_1: 36% - Air Humidity_2: 37%
AirTemperatures	OK	2w 1d	OK: Air Temp_1: 23.3°C - Air Temp_2: 23.3°C - Air Temp_3: 22.9°C
Ping	OK	2w 1d	OK - 122 rta 4.508ms lost 0%
Status	OK	2w 1d	OK: InternalFan:1 - Compressor:1.0 - Heater:1.0 - HumidificationStatus:1 - OutdoorFan:1.0 - SystemRunStatus:1 - RefrigerationStatus:0 - HeatingStatus:0 - DeHumidificationStatus:0 / 0=Stop, 1=Running

Figura 34 Estado de los servicios del aire acondicionado. Nota. Se visualizan en estado OK todos los servicios del HVAC, lo que indica que las métricas se encuentran dentro del rango establecido Fuente propia.

Monitoring > Status Details > Hosts

PU_T_0089.JULIACA.AGREGACION.GENERADOR / Grupo Electrogeno [.51]

Service Status | Performances | Host Information | Comments

Services

Services		Status	Duration	Ouput
Gen_fuel_level		CRITICAL	4d 7h	CRITICAL: Nivel de Combustible: 1%
Gen_BinOutput		WARNING	4d 7h	WARNING: Binary Output: 0000001000000000
Gen_Mode		WARNING	4d 7h	WARNING: Modo: 1 / 0=Off,1=Man,2=Auto,3=Test
Gen_Batt_Volt		OK	4d 7h	OK: Tensión de baterías: 13.7V
Gen_Coolant		OK	4d 7h	OK: Temperatura de refrigerante: 18°C
Gen_oil		OK	4d 7h	OK: Presion de Aceite: 0Bar
Gen_run_hrs		OK	4d 7h	OK: 3378 horas totales de encendido
Gen_volt_L1		OK	1h 49m	OK: Main Tension L1 : 222V
Ping		OK	4d 7h	OK - 51 rta 9.847ms lost 0%

Figura 35 Estado de los servicios para el grupo electrógeno. Nota. Se visualiza el estado CRITICAL por bajo nivel de combustible en el generador. Fuente propia.

Monitoring > Status Details > Hosts

PU_T_0089.JULIACA.AGREGACION.CONT_ZNV / ZNV [.34]

Service Status | Performances | Host Information | Comments

Services

Services		Status	Duration	Ouput
Ping		OK	4d 7h	OK - .34 rta 7.633ms lost 0%

Figura 36 Estado del servicio para el controlador ZNV. Nota. Monitoreo de la accesibilidad (ping) del equipo de seguridad. Fuente propia.

3.5.5 Interfaz Web y Visualización de Datos

Una vez agregados todos los hosts pertenecientes a un nodo, se obtuvo una vista tal como se muestra en la siguiente figura. Este panel presenta cada host junto con sus servicios correspondientes. La columna de estado del servicio marcará los tres estados posibles: OK, WARNING o CRITICAL, de acuerdo con los umbrales configurados previamente. El tiempo transcurrido en cada estado se muestra en la columna siguiente y, en la columna final, se indica el valor de cada métrica en tiempo real.

Hosts ^	Services	Status	Duration	Hard State Duration	Last Check	Tries	Status information
PU_T_0089.JULIACA.AGREGACION.CAM_INDOOR1	Ping		4d 7h	4d 7h	3m 29s	1/3 (H)	OK - 10.131.11.37 rta 10.885ms lost 0%
PU_T_0089.JULIACA.AGREGACION.CAM_INDOOR2	Ping		4d 7h	4d 7h	3m 59s	1/3 (H)	OK - 10.131.11.38 rta 13.191ms lost 0%
PU_T_0089.JULIACA.AGREGACION.CAM_OUTDOOR1	Ping		4d 7h	4d 7h	2m 29s	1/3 (H)	OK - 10.131.11.39 rta 10.884ms lost 0%
PU_T_0089.JULIACA.AGREGACION.CAM_OUTDOOR2	Ping		11h 56m	11h 51m	1m 59s	1/3 (H)	OK - 10.131.11.40 rta 5.632ms lost 0%
PU_T_0089.JULIACA.AGREGACION.CONT_ACCESO	Ping		4d 7h	4d 7h	59s	1/3 (H)	OK - 10.131.11.36 rta 9.078ms lost 0%
PU_T_0089.JULIACA.AGREGACION.CONT_ZNV	Ping		4d 7h	4d 7h	1m 59s	1/3 (H)	OK - 10.131.11.34 rta 7.633ms lost 0%
PU_T_0089.JULIACA.AGREGACION.DWDM_1	OpticalPort 1/7/OSC		4d 7h	4d 7h	4m 26s	1/3 (H)	OK: Potencia Optica promedio: -21.54dbm / Alarma: -30dbm
	OpticalPort 1/7/OSC Max		4d 7h	4d 7h	1m 27s	1/3 (H)	OK: Potencia Optica máxima: -21.49dbm / Alarma: -40dbm
	OpticalPort 1/7/OSC Min		4d 7h	4d 7h	2m 1s	1/3 (H)	OK: Potencia Optica mínima: -21.55dbm / Alarma: -40dbm
	Ping		4d 7h	4d 7h	4m 1s	1/3 (H)	OK - 10.130.9.5 rta 9.048ms lost 0%
PU_T_0089.JULIACA.AGREGACION.DWDM_2	OpticalPort 1/7/OSC		4d 7h	4d 7h	2m 31s	1/3 (H)	OK: Potencia Optica promedio: -21.81dbm / Alarma: -30dbm
	OpticalPort 1/7/OSC Max		4d 7h	4d 7h	1m 31s	1/3 (H)	OK: Potencia Optica máxima: -21.81dbm / Alarma: -40dbm
	OpticalPort 1/7/OSC Min		4d 7h	4d 7h	3m 1s	1/3 (H)	OK: Potencia Optica mínima: -21.84dbm / Alarma: -40dbm
	Ping		4d 7h	4d 7h	3m 1s	1/3 (H)	OK - 10.130.9.6 rta 11.195ms lost 0%
PU_T_0089.JULIACA.AGREGACION.GENERADOR	Gen_Batt_Volt		4d 7h	4d 7h	4m 2s	1/3 (H)	OK: Tensión de baterías: 13.7V
	Gen_BinOutput		4d 7h	4d 7h	1m 2s	3/3 (H)	WARNING: Binary Output: 0000001000000000
	Gen_Coolant		4d 7h	4d 7h	3m 32s	1/3 (H)	OK: Temperatura de refrigerante: 18°C

Figura 37 Panel general de la interfaz web. Nota. Servicios monitoreados en el nodo de transporte PU_T_0089.JULIACA. Fuente propia.

3.6 Resultado de la actividad

La realización de este trabajo permitió tener como resultado una plataforma de monitoreo centralizado para el área del NOC, donde el operario pueda supervisar y gestionar en tiempo real las incidencias. A continuación, se detallan los resultados derivados de dicho sistema de monitoreo:

3.6.1 Consolidación de la Interfaz Centralizada de Monitoreo y Gestión Proactiva de Alertas

El panel general de hosts y servicios de la interfaz ofrece una vista completa de todos los elementos monitoreados. Desde esta vista se pueden aplicar filtros para visualizar únicamente grupos específicos de recursos. El operador del NOC puede seleccionar y observar solo los equipos de un nodo en particular o, alternativamente, un tipo específico de equipo entre todos los nodos existentes. Resulta especialmente útil filtrar por el estado de un servicio (*OK*, *WARNING* o *CRITICAL*), lo que permite al operador gestionar las alertas de manera más eficiente.

Monitoring > Status Details > Services

Service Status

All

Status

Poller

Host

Service

Hostgroup

Servicegroup

Output

More actions...

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

>

100

	Hosts	Services	Status	Duration	Hard State	Duration	Last Check	Tries	Status information
☐	CentOS_Centreon	Cpu		4y 5M	4y 5M	4m 33s	1/3 (H)	OK: 2 CPU(s) average usage is 5.50 %	
☐		Load		1w 11h	1w 11h	3m 33s	1/3 (H)	OK: Load average: 2.00, 0.93, 0.43	
☐		Memory		4y 5M	4y 5M	1m 28s	1/3 (H)	OK: Ram Total: 5.67 GB Used (- buffers/cache): 1.44 GB (25.35%) Free: 4.23 GB (74.65%), Buffer: 0.00 B, Cached: 4.07 GB, Shared: 296.16 MB	
☐		Ping		4y 5M	4y 5M	2m 28s	1/3 (H)	OK: rta 0.031ms lost 0%	
☐		Swap		4y 5M	4y 5M	4m 43s	1/3 (H)	OK: Swap Total: 7.87 GB Used: 147.31 MB (1.83%) Free: 7.73 GB (98.17%)	
☐	Centreon Central-138	Traffic		3y 9M	3y 9M	4m 33s	1/3 (H)	OK: Interface 'ens33' [] Traffic In : 151.19Kb/s (-), Traffic Out : 45.66Kb/s (-)	
☐	Centreon Poller01-139	Traffic		4y 3w	4y 3w	4m 44s	1/3 (H)	OK: Interface 'ens192' [] Traffic In : 26.52Kb/s (0.00%), Traffic Out : 114.86Kb/s (0.00%)	
☐	Centreon Poller02-140	Traffic		4y 3w	4y 3w	1m 38s	1/3 (H)	OK: Interface 'ens192' [] Traffic In : 15.82Kb/s (0.00%), Traffic Out : 104.39Kb/s (0.00%)	
☐	P	Ping		5M 3d	5M 3d	57s	1/3 (H)	OK: rta 11.305ms lost 0%	
☐	PUT-	Ping		5M 1w	5M 1w	2m 14s	1/3 (H)	OK: rta 6.772ms lost 0%	
☒	PU_A_0001	Ping		1w	3M 1w	2m 28s	3/3 (H)	CRITICAL: rta nan, lost 100%	
☒	PU_C_0001 JULI CM OS	Ping		13h	8M 13h	4m 44s	3/3 (H)	CRITICAL: Net unreachable @ 226 rta nan, lost 100%	
☒	PU_C_0002 SANDIA CM OS	Ping		3w	3M 3w	2m 14s	3/3 (H)	CRITICAL: Net unreachable @ 226 rta nan, lost 100%	
☐	PU_T_0001 PUNO CORE CAM_INDOOR1	Ping		2M 5d	2M 5d	4m 8s	1/3 (H)	OK: rta 2.631ms lost 0%	
☐	PU_T_0001 PUNO CORE CAM_INDOOR2	Ping		2M 5d	2M 5d	1m 38s	1/3 (H)	OK: rta 11.097ms lost 0%	
☐	PU_T_0001 PUNO CORE CAM_INDOOR3	Ping		2M 5d	2M 5d	4m 8s	1/3 (H)	OK: rta 11.721ms lost 0%	
☐	PU_T_0001 PUNO CORE CAM_INDOOR4	Ping		2M 5d	2M 5d	1m 38s	1/3 (H)	OK: rta 9.551ms lost 0%	

Figura 38 Vista general de hosts y servicios. Fuente propia.

3.6.2 Análisis de Métricas Mediante Gráficos de Rendimiento

Los gráficos de rendimiento permiten visualizar la evolución temporal de las métricas. En el eje X se representa el rango de tiempo, el cual puede ajustarse mediante periodos predefinidos o seleccionando manualmente una ventana temporal específica.

La siguiente figura ilustra el comportamiento histórico de la latencia y la disponibilidad del equipo RTU en el nodo de agregación de la localidad de Ilave. Estos datos se obtienen mediante consultas ICMP realizadas cada minuto. Como se observa, la gráfica evidencia una disponibilidad del 100% durante un periodo de 24 horas, sin pérdida de paquetes (*Packet Loss* = 0%).

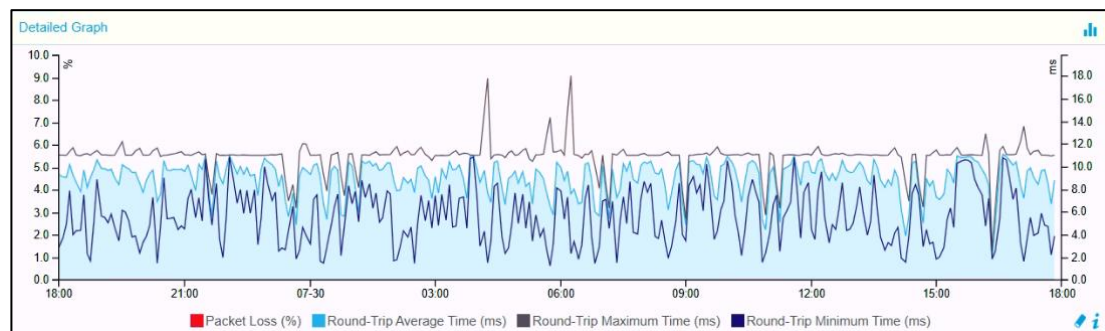


Figura 39 Gráfica de latencia y disponibilidad. Fuente propia.

Las siguientes figuras ilustran una incidencia que afecta al sistema de energía. En ellas se muestran el voltaje principal L1 (comercial) y el voltaje del banco de baterías, respectivamente. El operador puede correlacionar estas gráficas y determinar la causa que provoca la descarga del banco de baterías.

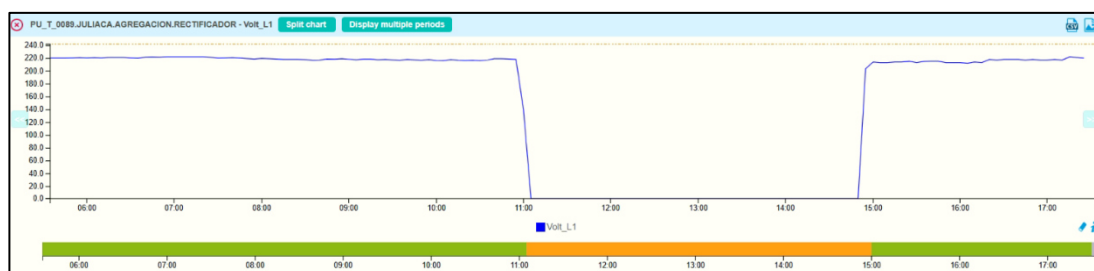


Figura 40 Gráfica del voltaje principal L1 con interrupción. Nota. Registro de la ventana de corte eléctrico entre las 11:00 a 15:00 horas. Fuente propia.

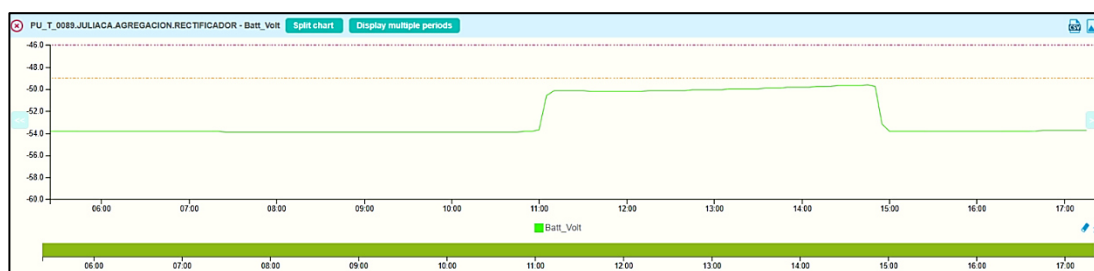


Figura 41 Gráfica del voltaje de baterías en descarga. Nota. Registro de la ventana de descarga de baterías. Fuente propia.

La importancia de estas gráficas radica en que permiten visualizar el comportamiento histórico de las métricas y detectar posibles anomalías que podrían afectar el rendimiento de la red. En caso de que se requiera revisar y “reconstruir” un incidente ocurrido, se puede recurrir a las gráficas de rendimiento, como se muestra en la siguiente figura.

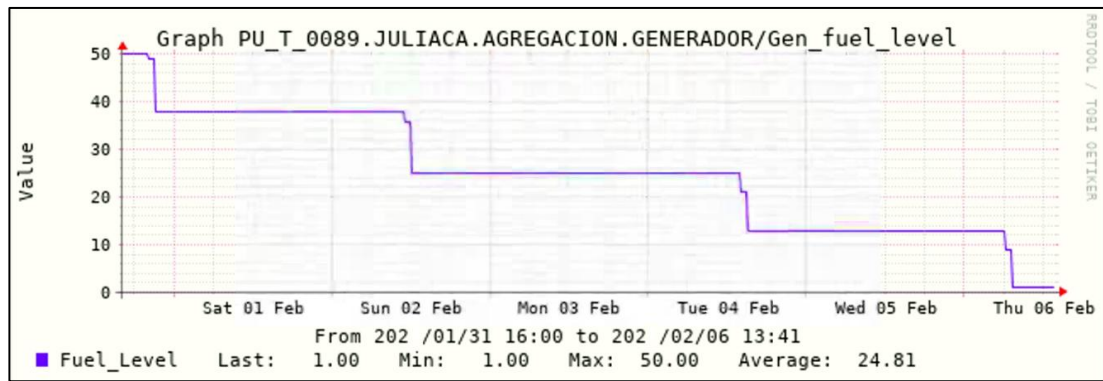


Figura 42 Gráfica del nivel de combustible en el generador. Fuente propia.

3.6.3 Herramientas de Troubleshooting para el Operario NOC

El operador dispone de diversas herramientas de análisis integradas en la plataforma. La interfaz permite crear vistas personalizadas en las que se agrupan objetos para facilitar la identificación de fallas en tiempo real. Estos paneles agrupan sistemas que presentan más incidencias o que se consideren más críticos. Por ejemplo, si se desea verificar las métricas relacionadas con el sistema de energía, se accede al panel denominado Energía. En esta vista (ver figura 43) se muestran los equipos que se encuentran en estado WARNING o CRITICAL, de acuerdo con los umbrales definidos para sus métricas.

Se dispone de otro panel (ver figura 44) que muestra el tráfico entre la red dorsal y los nodos de agregación, como se observa en la siguiente figura. De forma similar, se añadieron otros paneles destinados a supervisar métricas y equipos específicos. En conjunto con las notificaciones automáticas de alertas mediante mensajería por correo u otros medios como *Telegram*, estas funcionalidades constituyen herramientas muy útiles dentro de la metodología de resolución de problemas.

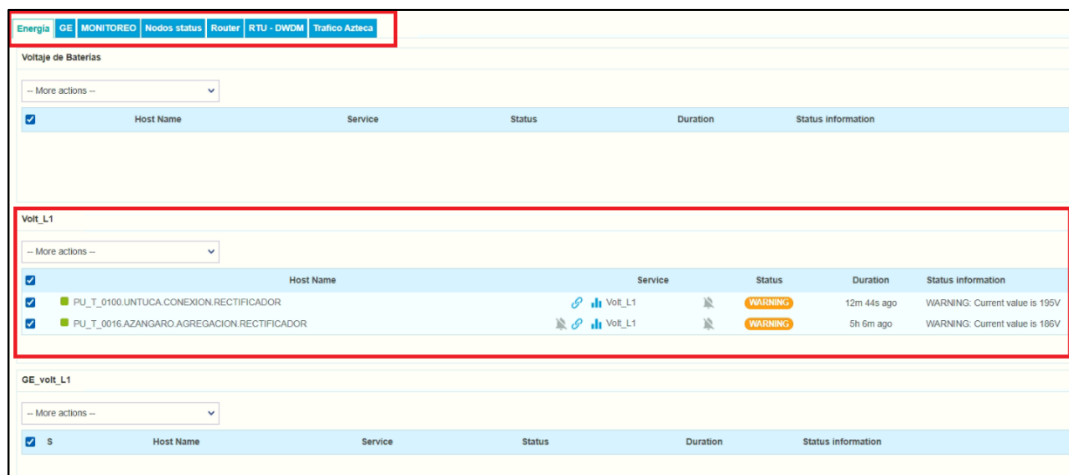


Figura 43 Vista personalizada del sistema de energía. Nota. Se visualiza en *Warning* el estado del voltaje principal L1 en los nodos PU_T_0100 y PU_T_0016. Fuente propia.

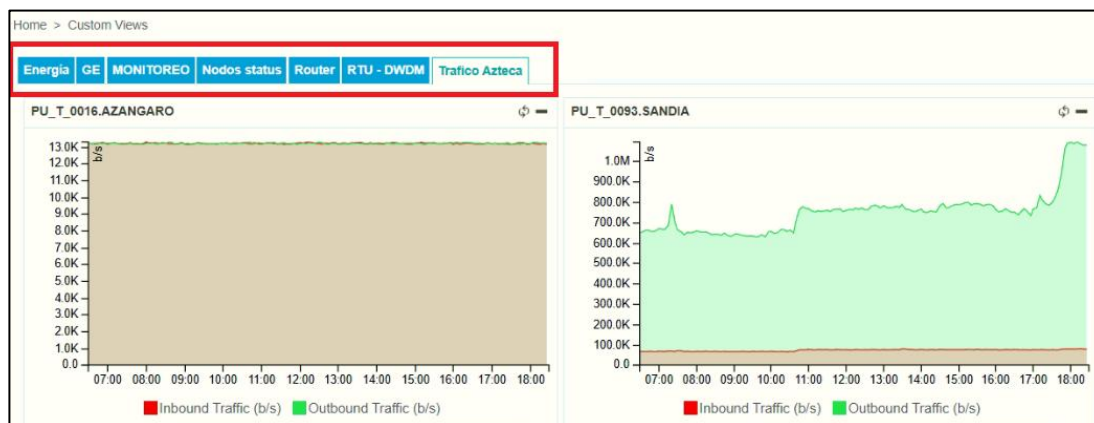


Figura 44 Vista personalizada del tráfico con la RDNFO. Nota. Se observa la evolución temporal del tráfico en cada nodo de agregación con la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO). Fuente propia.

CAPÍTULO IV

DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Descripción de la implementación

La implementación del sistema de monitoreo, basada en Centreon, se desarrolló con el objetivo de supervisar en tiempo real los elementos críticos de la red de transporte. Para ello se adoptó una arquitectura distribuida compuesta por un servidor central y dos pollers (recolectores), operando sobre CentOS 7 y utilizando MariaDB como base de datos local. El servidor central procesa los datos y presenta la información en la interfaz, mientras que los pollers se encargan de recolectar la información de la red, dividiendo entre ambos la carga de recolección. Esta configuración permitió optimizar el proceso de adquisición de datos y mejorar la escalabilidad del sistema.

El proceso inició con la instalación del servidor central de Centreon y, posteriormente, con la implementación de los pollers, los cuales fueron desplegados en una máquina virtual (VM) dentro de un entorno virtualizado. Seguidamente, se configuró la plataforma para vincular la base de datos e integrar los pollers con el servidor central. Con esta instalación se alcanzó el primer objetivo específico planteado en este informe.

El siguiente objetivo consistió en la agregación de los hosts y servicios a la interfaz. Para simplificar el trabajo se utilizaron plantillas, en ellas se definieron los comandos de verificación necesarios para obtener cada métrica relevante, empleando el protocolo SNMP junto con los OID correspondientes. Asimismo, se utilizó el protocolo ICMP en los comandos para verificar la accesibilidad remota de los hosts.

Finalmente, se configuró la interfaz para agregar vistas personalizadas según la criticidad de los sistemas y la necesidad de supervisión en aquellos con mayor número de incidencias. Se comprobó el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo para su uso desde el NOC, dotando al operador de herramientas que facilitan el diagnóstico

y la solución oportuna de fallas dentro de la red. Con ellos, se alcanzó el último objetivo específico planteado.

4.2 Evaluación Económica

Respecto al costo de inversión, el proyecto de banda ancha regional contempla en su infraestructura una plataforma de servidores ubicada en el NOC de transporte, junto con los equipos de los nodos y sus respectivos enlaces. El sistema de monitoreo se implementó sobre una máquina virtual con tecnología VMware, alojada en dicha plataforma; por lo tanto, no se requirió equipamiento adicional, aunque sí el uso de recursos existentes del servidor. Cabe destacar que este equipamiento ya contaba con el licenciamiento necesario para la operación del entorno virtual.

La solución de Centreon es de tipo *on premise*, instalada en un servidor DELL, lo que permitió la reutilización de la infraestructura previamente desplegada. El sistema operativo utilizado posee una licencia de software libre GPL (GNU General Public License), por lo que no genera costos adicionales de licenciamiento. En cuanto a la operatividad, el sistema requiere la supervisión constante del personal del NOC, quien gestiona las alertas de manera integral con sus funciones de monitoreo. Los beneficios obtenidos incluyen la reducción del tiempo de identificación de fallas, asegurando el cumplimiento de los niveles de servicio (SLA). En ese sentido, la implementación del sistema de monitoreo tratado se traduce en un ahorro significativo para el proyecto.

El siguiente cuadro resume la inversión realizada para la ejecución de la solución:

Cuadro 21 Costos de inversión

Categoría	Descripción	Cant.	Costo S/.
Inversión Inicial (CAPEX)			
Hardware	Servidor DELL (infraestructura existente)	1	0.00*

Virtualización	Licenciamiento VMware vSphere (existente en área de TI)	1	0.00*
Software	Sistema operativo CentOS Linux (licencia GPL)	1	0.00*
Plataforma	Centreon versión 20.04.9 (Open Source)	1	0.00
Costos Operativos (OPEX)			
Mano de obra	Operario del NOC (supervisión y gestión)	2	4000.00
Mantenimiento	Soporte y actualización	1	3000.00
Total (S/.)			7000.00

Fuente. Elaboración propia. Nota. (*) Costo cubierto por la inversión previa del Proyecto de Banda Ancha Regional.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- i. Se validó la implementación de la plataforma de Centreon, confirmando su plena operación dentro de la infraestructura de red. Esta solución permite supervisar sistemas multifabricantes, centralizando la gestión de los dispositivos ubicados en los nodos. Asimismo, dotó al personal del NOC de capacidades para el diagnóstico de fallas (*troubleshooting*), garantizando una administración de red proactiva.
- ii. Se comprobó que la arquitectura distribuida de la plataforma, opera de manera adecuada para la red de transporte. El despliegue de un servidor central para la gestión de la interfaz web y dos *pollers* dedicados a la recolección de datos asegura la operatividad y la escalabilidad del sistema. Bajo esta configuración, se alcanzó la cobertura integral de los 112 nodos que conforman la infraestructura regional.
- iii. El sistema de monitoreo se desempeña de manera adecuada como una solución complementaria a los NMS propietarios, optimizando la administración de la red. Esta herramienta robusta opera en paralelo con los sistemas de los fabricantes, garantizando una visibilidad unificada y centralizada de toda la infraestructura.
- iv. La implementación demuestra que el empleo del protocolo SNMP permite la interoperabilidad en entornos multifabricantes. La presencia de agentes SNMP en los elementos de red es un requisito indispensable para la administración remota de la infraestructura. Asimismo, resulta fundamental interpretar correctamente los archivos MIB de cada fabricante para identificar los OIDs específicos y asegurar la obtención precisa de las métricas requeridas.
- v. La flexibilidad de la interfaz permitió el diseño de *dashboards* personalizados adaptados a las necesidades del monitoreo. Esta funcionalidad facilitó la correlación de eventos de múltiples subsistemas en una vista centralizada, optimizando la respuesta del NOC. Asimismo, permitió clasificar alertas de los

sistemas críticos en paneles preconfigurados, agilizando el diagnóstico y supervisión de la red.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda emplear esta plataforma como herramienta complementaria en las operaciones del NOC. Centreon proporciona una visibilidad global y unificada de la red, actuando en coexistencia con los NMS de los fabricantes sin reemplazarlos. Su interfaz constituye la primera línea de supervisión y diagnóstico general para la infraestructura regional.
2. Se propone validar la consistencia de las unidades devueltas por cada métrica en las consultas SNMP. Es fundamental verificar el formato de salida del agente para, posteriormente, realizar los ajustes necesarios en la definición del comando de verificación, asegurando que los valores se normalicen o escalen a las unidades de medida requeridas para el análisis operativo.
3. Es aconsejable diseñar *dashboards* personalizados en función de la arquitectura de los subsistemas existentes. Agrupar los activos críticos en vistas unificadas optimiza la eficiencia operativa del NOC, agilizando la detección de eventos y reduciendo significativamente los tiempos de navegación y búsqueda manual en la plataforma.
4. Se recomienda evaluar planes de migración para CentOS ante su fin de ciclo de vida. Esta estrategia garantiza que el sistema operativo reciba parches de seguridad y actualizaciones críticas de forma continua, mitigando brechas de vulnerabilidad y asegurando la integridad y estabilidad de la infraestructura de monitoreo a largo plazo.
5. Se sugiere optimizar la interfaz del NOC clasificando las alertas (*Warning/Critical*) según la criticidad de los servicios. Asimismo, se sugiere automatizar la integración de notificaciones hacia canales de mensajería grupal,

garantizando que el personal operativo reciba alertas en tiempo real para una gestión de incidentes más ágil, coordinada y proactiva.

CAPÍTULO VII

BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Promoción de la Inversión Privada (s. f.). Anexo N° 8-A de las bases, Especificaciones Técnicas de la Red de Transporte. Consultado el 01 de agosto del 2025 en:

https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS0/0/2/JER/SC_BANDA_JUNIN_PUNO/Anexo_8_A_LPE_Junin_Puno_Moquegua_Tacna_16Set17.pdf

Alhilali, A. H., Al Farawn, A., Mjhool, A. Y. (2023). *Design and implement a real-time network traffic management system using SNMP protocol*. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (9 (125)), 35-44. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286528>

Arboledas Brihuega, D. (2016). Administración de redes telemáticas. Grupo Editorial RA-MA. Libro electrónico. Recuperado de: https://www.google.com.pe/books/edition/_/NI6fDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=0

Camarena, A. E. (2019). *Diseño del prototipo de un sistema de monitoreo de recursos y servicios de redes de comunicación usando Centreon en la empresa Datcom S.A.C.* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]. <http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/271>

Centreon documentation (2023, 29 de junio). Centreon OnPrem 20.04. Recuperado de: <https://archives-docs.centreon.com/20.04/docs/getting-started/installation-first-steps>

Espinel, R. I., Ardila, E., Zarate, H., & Ortiz, J. E. (2022). *Design and Implementation of Network Monitoring System for Campus Infrastructure Using Software Agents*. Ingeniería e Investigación, 42(1), e87564. DOI: <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v42n1.87564>

- IBM. (2023, 24 de febrero). ¿Qué es un centro de operaciones de red (NOC)? Recuperado de <https://www.ibm.com/es-es/topics/network-operations-center>
- Kosinski M. (2024, 30 de setiembre). What is a database? Recuperado de: <https://www.ibm.com/think/topics/database>
- Mauro, D. (2005). Essential SNMP. Estados Unidos: O'Reilly. Recuperado de: https://www.google.com.pe/books/edition/Essential_SNMP/65_0d25EpB4C?hl=es&gbpv=0
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2015). Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Puno (Perfil de proyecto de inversión pública, Anexo CME 18). Secretaría Técnica del FITEC. Consultado el 13 de agosto del 2025 en: https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS0/0/2/JER/SC_BANDA_JUNIN_PUNO/SNIP_316918_CME_PUNO_VIABLE_OPI.pdf
- Merezas, G., & Wüstrich, L. (2024). Covert Communication over ICMP. Recuperado de: https://www.net.in.tum.de/fileadmin/TUM/NET/NET-2024-04-1/NET-2024-04-1_14.pdf
- Oracle. (2020, 24 de noviembre). ¿Qué es una base de datos? Recuperado de <https://www.oracle.com/latam/database/what-is-database/>
- Rodríguez, D. E., Anías, C. E., & Gámez, L. (2022). Sistema Integrado de Gestión de conmutadores LAN empleando el protocolo SNMP. Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones, 43(3), 1-14. Epub 14 de febrero de 2023. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282022000300001&lng=es&tlng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282022000300001&lng=es&tlng=es)
- Sakti, Pauzan & Sapri, Sapri & Akbar, Abdussalam. (2024). *Implementation Of Network Device Monitoring System Using Snmp Protocol With Email Notification At Smk N 2 Seluma*. Jurnal Komputer, Informasi dan Teknologi. 4. 8. DOI: <https://doi.org/10.53697/jkomitek.v4i1.1732>

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

8.1 Anexo A: Pasos para la instalación del servidor central usando paquetes

Previamente se instaló CentOS 7.

1. Deshabilitar SELinux con el comando:

➤ `sed -i s/^SELINUX=.*$/SELINUX=disabled/ /etc/selinux/config`

```
[root@jhonhf ~]# sed -i s/^SELINUX=.*$/SELINUX=disabled/ /etc/selinux/config
[root@jhonhf ~]# reboot
```

2. Deshabilitar el firewall con los comandos:

➤ `systemctl stop firewalld`

➤ `systemctl disable firewalld`

```
[root@jhonhf ~]# systemctl stop firewalld
[root@jhonhf ~]# systemctl disable firewalld
Removed symlink /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/firewalld.service
Removed symlink /etc/systemd/system/dbus-org.fedoraproject.FirewallD1.service
```

3. Instalar los repositorios de colecciones de software de Redhat:

➤ `yum install -y centos-release-scl`

```
[root@jhonhf ~]# yum install centos-release-scl
```

4. Instalar los repositorios de Centreon:

- yum install -y https://yum.centreon.com/standard/20.04/el7/stable/noarch/RPMS/centreon-release-20.04-1.el7.centos.noarch.rpm

```
[root@jhonhf ~]# yum install -y https://yum.centreon.com/standard/20.04/el7/st
```

5. Instalar el servidor centreon central y la base de datos local (MariaDB)

- yum install -y centreon centreon-database
- systemctl daemon-reload
- systemctl restart mariadb

```
[root@jhonhf ~]# yum install -y centreon centreon-database
```

```
Sustituido(s):
  mariadb-libs.x86_64 1:5.5.68-1.el7

¡Listo!
[root@jhonhf ~]# systemctl daemon-reload
[root@jhonhf ~]# systemctl restart mariadb
```

6. Configurar la zona horaria de PHP y reiniciar el servicio PHP-FPM:

- echo "date.timezone = America/Lima" >> /etc/opt/rh/rh-php72/php.d/50-centreon.ini
- systemctl restart rh-php72-php-fpm

```
[root@jhonhf ~]# echo "date.timezone = America/Lima" >> /etc/opt/rh/rh-php72/
[root@jhonhf ~]# systemctl restart rh-php72-php-fpm
[root@jhonhf ~]#
```

7. Iniciar automáticamente los servicios durante el arranque del sistema con el comando:

- systemctl enable rh-php72-php-fpm httpd24-httpd mariadb centreon cbd centengine gorgoned snmptrapd centreontrapd snmpd

8. Iniciar el servidor Apache antes de iniciar el proceso de instalación web con el siguiente comando:

- systemctl start httpd24-httpd

8.2 Anexo B: Pasos para la instalación del Poller usando paquetes

1. Deshabilitar SELinux con el comando:

- `sed -i s/^SELINUX=.*$/SELINUX=disabled/ /etc/selinux/config`

2. Deshabilitar el firewall con los comandos:

- `systemctl stop firewalld`

- `systemctl disable firewalld`

3. Instalar los repositorios de Centreon:

- `yum install -y`
`https://yum.centreon.com/standard/20.04/el7/stable/noarch/RPMS/centreon-release-20.04-1.el7.centos.noarch.rpm`

4. Instalar el motor de monitoreo

- `yum install -y centreon-poller-centreon-engine`

5. Iniciar automáticamente los servicios durante el arranque del sistema con el comando:

- `systemctl enable centreon centengine centreontrapd snmptrapd`

6. Iniciar servicios de monitoreo pasivo:

- `systemctl start centreontrapd snmptrapd`

Finalmente, se debe agregar el encuestador a la configuración a través del asistente de instalación.

8.3 Anexo C: Diagrama unifilar de la red de transporte en Puno

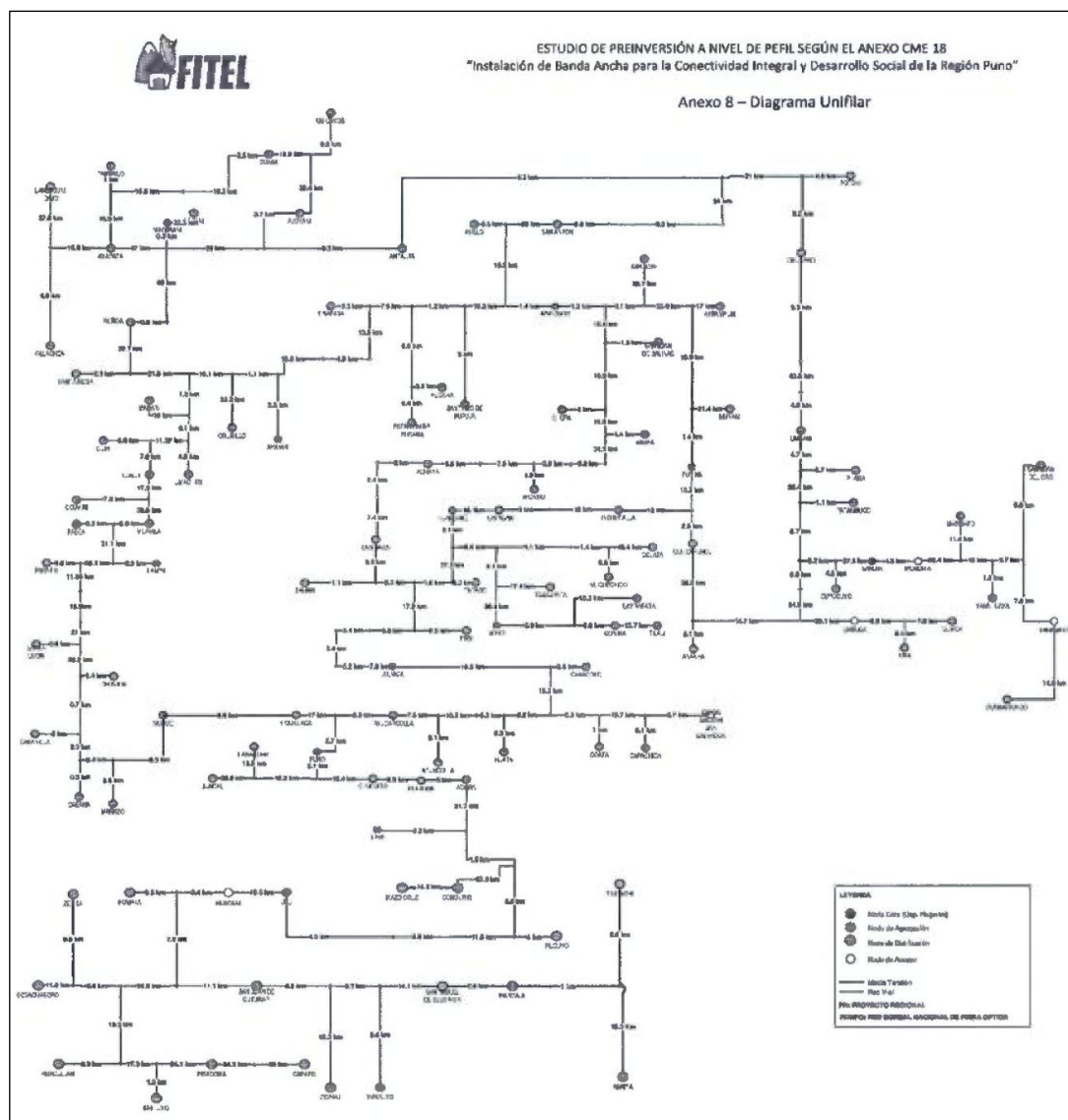


Figura C1 Diagrama unifilar de la red de transporte en Puno. Fuente: Adaptado del documento Anexo N°8 De las bases – Especificaciones Técnicas De La Red De Transporte - PUNO, Secretaría Técnica del FITEI. (Consultado en agosto del 2025 desde: https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS0/0/2/JER/SC_BANDA_JUNIN_PUNO/Anexo_8_A_LPE_Junin_Puno_Moquegua_Tacna_16Set17.pdf (p.73))

8.4 Anexo D: Lista de los nodos de la red de transporte en Puno

Nro	CodINEI2015	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	CAPITAL PROVINCIAL	CAPITAL DISTRITAL	TIPO DE NODO ÓPTICO (PROYECTO REGIONAL)	NODOS ÓPTICOS CON DIVERSIDAD DE RUTAS FÍSICAS	DATOS DE UBICACIÓN - (REFERENCIAL)			
										FUENTE	LONGITUD	LATITUD	Altura (m.s.n.m.)
1	2101010001	PUNO	PUNO	PUNO	PUNO	SI	SI	NODO CORE (CONEXION CON LA RDNFO)		ESTUDIO DE CAMPO	-70.02181	-15.82726	3848
2	2101020001	PUNO	PUNO	ACORA	ACORA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.80029	-15.97485	3857
3	2101040001	PUNO	PUNO	ATUNCOLLA	ATUNCOLLA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.14445	-15.68847	3831
4	2101050001	PUNO	PUNO	CAPACHICA	CAPACHICA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.82982	-15.64441	3864
5	2101050002	PUNO	PUNO	CAPACHICA	CCOTOS SUCSAN SAN SALVADOR	NO	NO	NODO DE CONEXION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.7817	-15.6676	3841
6	2101060001	PUNO	PUNO	CHUCUITO	CHUCUITO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.89137	-15.89119	3878
7	2101070001	PUNO	PUNO	COATA	COATA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.94909	-15.57098	3822
8	2101080001	PUNO	PUNO	HUATA	HUATA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-69.97045	-15.61513	3855
9	2101090001	PUNO	PUNO	MAÑAZO	MAÑAZO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.34382	-15.80276	3936
10	2101100001	PUNO	PUNO	PAUCARCOLLA	PAUCARCOLLA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.05618	-15.7458	3862
11	2101110001	PUNO	PUNO	PICHACANI	LARAQUERI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.06306	-16.14962	3977
12	2101120001	PUNO	PUNO	PLATERIA	PLATERIA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.83338	-15.94828	3828
13	2101130001	PUNO	PUNO	SAN ANTONIO	JUNCAL	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.34405	-16.14045	4339
14	2101140001	PUNO	PUNO	TIQUILLACA	TIQUILLACA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.18739	-15.79582	3888
15	2101150001	PUNO	PUNO	VILQUE	VILQUE	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.25855	-15.76612	3866
16	2102010001	PUNO	AZANGARO	AZANGARO	AZANGARO	NO	SI	NODO DE AGREGACION (CONEXION CON LA RDNFO)	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.19862	-14.92785	3868
17	2102020001	PUNO	AZANGARO	ACHAYA	ACHAYA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.16296	-15.28384	3844
18	2102030001	PUNO	AZANGARO	ARAPA	ARAPA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.11511	-15.13974	3831
19	2102040001	PUNO	AZANGARO	ASILLO	ASILLO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.35543	-14.78869	3912
20	2102050001	PUNO	AZANGARO	CAMINACA	CAMINACA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.0727	-15.3247	3838

Figura D1 Lista de nodos de la red de transporte (parte 1). Fuente: Adaptado de Anexo N°8-A de las Bases, PROINVERSION. Consultado en agosto del 2025 desde: https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS0/0/2/JER/S|C_BANDA_JUNIN_PUNO/Anexo_8_A_LPE_Junin_Puno_Moquegua_Tacna_16Set17.pdf (p.65)

Nro	CodINEI2015	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	CAPITAL PROVINCIAL	CAPITAL DISTRITAL	TIPO DE NODO ÓPTICO (PROYECTO REGIONAL)	NODOS ÓPTICOS CON DIVERSIDAD DE RUTAS FÍSICAS	DATOS DE UBICACIÓN - (REFERENCIAL)			
										FUENTE	LONGITUD	LATITUD	Altura (m.s.n.m.)
21	2102060001	PUNO	AZANGARO	CHUPA	CHUPA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.98645	-15.10796	3834
22	2102070001	PUNO	AZANGARO	JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA	ESTACION DE PUCARA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.33679	-15.03096	3888
23	2102080001	PUNO	AZANGARO	MUÑANI	MUÑANI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.95689	-14.77101	3920
24	2102090001	PUNO	AZANGARO	POTONI	POTONI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.10545	-14.39226	4118
25	2102100001	PUNO	AZANGARO	SAMAN	SAMAN	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.02029	-15.29604	3829
26	2102110001	PUNO	AZANGARO	SAN ANTON	SAN ANTON	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.31766	-14.58573	3955
27	2102120001	PUNO	AZANGARO	SAN JOSE	SAN JOSE	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.16054	-14.67973	4084
28	2102130001	PUNO	AZANGARO	SAN JUAN DE SALINAS	SAN JUAN DE SALINAS	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.10423	-14.99057	3840
29	2102140001	PUNO	AZANGARO	SANTIAGO DE PUPUJA	SANTIAGO DE PUPUJA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.27742	-15.05141	3922
30	2102150001	PUNO	AZANGARO	TIRAPATA	TIRAPATA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.39955	-14.95615	3883
31	2103010001	PUNO	CARABAYA	MACUSANI	MACUSANI	NO	SI	NODO DE AGREGACION (CONEXION CON LA RDNFO)	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.43082	-14.0684	4312
32	2103020001	PUNO	CARABAYA	AJOYANI	AJOYANI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.22661	-14.22975	4258
33	2103030001	PUNO	CARABAYA	AYAPATA	AYAPATA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.3219	-13.78002	3492
34	2103040001	PUNO	CARABAYA	COASA	COASA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.01846	-13.98756	3757
35	2103050001	PUNO	CARABAYA	CORANI	CORANI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.60211	-13.86863	4018
36	2103060001	PUNO	CARABAYA	CRUCERO	CRUCERO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.01707	-14.36214	4132
37	2103070001	PUNO	CARABAYA	ITUATA	TAMBILLO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.21497	-13.87581	3791
38	2103080001	PUNO	CARABAYA	OLLACHEA	OLLACHEA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.47244	-13.7942	2704
39	2103090001	PUNO	CARABAYA	SAN GABAN	LANLACUNI BAJO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.40284	-13.43811	631
40	2103100001	PUNO	CARABAYA	USICAYOS	USICAYOS	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-69.96765	-14.1253	3769
41	2104010001	PUNO	CHUCUITO	JULI	JULI	NO	SI	NODO DE AGREGACION (CONEXION CON LA RDNFO)		ESTUDIO DE CAMPO	-69.46464	-16.21773	3890
42	2104020001	PUNO	CHUCUITO	DESAGUADERO	DESAGUADERO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.03943	-16.56441	3831
43	2104030001	PUNO	CHUCUITO	HUACULLANI	HUACULLANI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.32958	-16.62486	3944

Figura D2 Lista de nodos de la red de transporte (parte 2). Fuente: Adaptado de Anexo N°8-A de las Bases, PROINVERSION. Consultado en agosto del 2025 desde: https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS0/0/2/JER/S|C_BANDA_JUNIN_PUNO/Anexo_8_A_LPE_Junin_Puno_Moquegua_Tacna_16Set17.pdf (p.66)

Nro	CodINEI2015	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	CAPITAL PROVINCIAL	CAPITAL DISTRITAL	TIPO DE NODO ÓPTICO (PROYECTO REGIONAL)	NODOS ÓPTICOS CON DIVERSIDAD DE RUTAS FÍSICAS	DATOS DE UBICACIÓN - (REFERENCIAL)			
										FUENTE	LONGITUD	LATITUD	Altura (m.s.n.m.)
44	2104040001	PUNO	CHUCUITO	KELLUYO	KELLUYO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.25053	-16.72695	3861
45	2104050001	PUNO	CHUCUITO	PISACOMA	PISACOMA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.37129	-16.90849	3975
46	2104060001	PUNO	CHUCUITO	POMATA	POMATA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.29301	-16.27341	3880
47	2104060003	PUNO	CHUCUITO	POMATA	HUACANI	NO	NO	NODO DE CONEXION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.32471	-16.27672	3874
48	2104070001	PUNO	CHUCUITO	ZEPITA	ZEPITA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.1032	-16.49689	3830
49	2105010001	PUNO	EL COLLAO	ILAVE	ILAVE	NO	SI	NODO DE AGREGACION (CONEXION CON LA RDNFO)		ESTUDIO DE CAMPO	-69.64813	-16.08457	3860
50	2105020001	PUNO	EL COLLAO	CAPAZO	CAPAZO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.74447	-17.1841	4396
51	2105030001	PUNO	EL COLLAO	PILCUYO	PILCUYO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.55262	-16.10531	3833
52	2105040001	PUNO	EL COLLAO	SANTA ROSA	MAZO CRUZ	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.71741	-16.74059	3977
53	2105050001	PUNO	EL COLLAO	CONDURIRI	CONDURIRI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.70836	-16.62213	3964
54	2106010001	PUNO	HUANCANE	HUANCANE	HUANCANE	NO	SI	NODO DE AGREGACION (CONEXION CON LA RDNFO)	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-69.7608	-15.2013	3854
55	2106020001	PUNO	HUANCANE	COJATA	COJATA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.36549	-15.01527	4356
56	2106030001	PUNO	HUANCANE	HUATASANI	HUATASANI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-69.80183	-15.05934	3844
57	2106040001	PUNO	HUANCANE	INCHUPALLA	INCHUPALLA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-69.68267	-15.00978	3912
58	2106050001	PUNO	HUANCANE	PUSI	PUSI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-69.92986	-15.44191	3837
59	2106060001	PUNO	HUANCANE	ROSASPATA	ROSASPATA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.52999	-15.2374	3877
60	2106070001	PUNO	HUANCANE	TARACO	TARACO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-69.97815	-15.29731	3830
61	2106080001	PUNO	HUANCANE	VILQUE CHICO	VILQUE CHICO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.68903	-15.21379	3836
62	2107010001	PUNO	LAMPA	LAMPA	LAMPA	NO	SI	NODO DE AGREGACION (CONEXION CON LA RDNFO)		ESTUDIO DE CAMPO	-70.37278	-15.36238	3872
63	2107020001	PUNO	LAMPA	CABANILLA	CABANILLA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.34342	-15.61958	3883
64	2107040001	PUNO	LAMPA	NICASIO	NICASIO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.25968	-15.23389	3858
65	2107050001	PUNO	LAMPA	OCUVIRI	OCUVIRI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.90919	-15.11392	4215
66	2107060001	PUNO	LAMPA	PALCA	PALCA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.59818	-15.23703	4067

Figura D3 Lista de nodos de la red de transporte (parte 3). Fuente: Adaptado de Anexo N°8-A de las Bases, PROINVERSION. Consultado en agosto del 2025 desde: https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS0/0/2/JER/S|C_BANDA_JUNIN_PUNO/Anexo_8_A_LPE_Junin_Puno_Moquegua_Tacna_16Set17.pdf (p.67)

Nro	CodINEI2015	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	CAPITAL PROVINCIAL	CAPITAL DISTRITAL	TIPO DE NODO ÓPTICO (PROYECTO REGIONAL)	NODOS ÓPTICOS CON DIVERSIDAD DE RUTAS FÍSICAS	DATOS DE UBICACIÓN - (REFERENCIAL)			
										FUENTE	LONGITUD	LATITUD	Altura (m.s.n.m.)
67	2107070001	PUNO	LAMPA	PARATIA	PARATIA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.60087	-15.45402	4362
68	2107080001	PUNO	LAMPA	PUCARA	PUCARA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.37048	-15.04333	3884
69	2107090001	PUNO	LAMPA	SANTA LUCIA	SANTA LUCIA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.60387	-15.70006	4045
70	2107100001	PUNO	LAMPA	VILAVILA	VILAVILA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.66009	-15.18826	4303
71	2108010001	PUNO	MELGAR	AYAVIRI	AYAVIRI	NO	SI	NODO DE AGREGACION (CONEXION CON LA RDNFO)		ESTUDIO DE CAMPO	-70.58586	-14.87931	3913
72	2108020001	PUNO	MELGAR	ANTAUTA	ANTAUTA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.2914	-14.29847	4141
73	2108030001	PUNO	MELGAR	CUPI	CUPI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.86647	-14.90505	3983
74	2108040001	PUNO	MELGAR	LLALLI	LLALLI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.8814	-14.95185	3987
75	2108050001	PUNO	MELGAR	MACARI	MACARI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.90331	-14.77172	3970
76	2108060001	PUNO	MELGAR	NUÑO A	NUÑO A	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.63525	-14.48083	4022
77	2108070001	PUNO	MELGAR	ORURILLO	ORURILLO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.51968	-14.72082	3901
78	2108080001	PUNO	MELGAR	SANTA ROSA	SANTA ROSA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-70.78793	-14.60731	3993
79	2108090001	PUNO	MELGAR	UMACHIRI	UMACHIRI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	70.752537	14.853223	3922
80	2109010001	PUNO	MOHO	MOHO	MOHO	NO	SI	NODO DE AGREGACION (CONEXION CON LA RDNFO)		ESTUDIO DE CAMPO	-69.49966	-15.36014	3881
81	2109020001	PUNO	MOHO	CONIMA	CONIMA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.43794	-15.45911	3835
82	2109030001	PUNO	MOHO	HUAYRAPATA	HUAYRAPATA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.33987	-15.32016	3909
83	2109040001	PUNO	MOHO	TILALI	TILALI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.34811	-15.51515	3826
84	2110010001	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	PUTINA	PUTINA	NO	SI	NODO DE AGREGACION (CONEXION CON LA RDNFO)	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-69.85792	-14.91142	3863
85	2110020001	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	ANANEA	ANANEA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.53605	-14.67552	4659
86	2110030001	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	PEDRO VILCA APAZA	AYRAMPUNI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.88091	-15.05996	3859
87	2110040001	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	QUILCAPUNCU	QUILCAPUNCU	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-69.73173	-14.88743	3911
88	2110050001	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SINA	SINA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.28019	-14.49661	3181
89	2111010001	PUNO	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	NO	SI	NODO DE AGREGACION (CONEXION CON LA RDNFO)	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.11055	-15.47253	3833

Figura D4 Lista de nodos de la red de transporte (parte 4). Fuente: Adaptado de Anexo N°8-A de las Bases, PROINVERSION. Consultado en agosto del 2025 desde: https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS0/0/2/JER/S|C_BANDA_JUNIN_PUNO/Anexo_8_A_LPE_Junin_Puno_Moquegua_Tacna_16Set17.pdf (p.68)

Nro	CodiNEI2015	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	CAPITAL PROVINCIAL	CAPITAL DISTRITAL	TIPO DE NODO ÓPTICO (PROYECTO REGIONAL)	NODOS ÓPTICOS CON DIVERSIDAD DE RUTAS FÍSICAS	DATOS DE UBICACIÓN - (REFERENCIAL)			
										FUENTE	LONGITUD	LATITUD	Altura (m.s.n.m.)
90	2111020001	PUNO	SAN ROMAN	CABANA	CABANA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.32261	-15.64872	3899
91	2111030001	PUNO	SAN ROMAN	CABANILLAS	DEUSTUA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.35011	-15.64532	3885
92	2111040001	PUNO	SAN ROMAN	CARACOTO	CARACOTO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-70.10288	-15.56665	3829
93	2112010001	PUNO	SANDIA	SANDIA	SANDIA	NO	SI	NODO DE AGREGACION (CONEXION CON LA RDNFO)		ESTUDIO DE CAMPO	-69.46507	-14.32103	2204
94	2112010020	PUNO	SANDIA	SANDIA	MORORIA	NO	NO	NODO DE CONEXION		GOOGLE EARTH	-69.440773	-14.293333	2586
95	2112020001	PUNO	SANDIA	CUYOCUYO	CUYOCUYO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.53844	-14.47112	3414
96	2112030001	PUNO	SANDIA	LIMBANI	LIMBANI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-69.6908	-14.15128	3365
97	2112040001	PUNO	SANDIA	PATAMBUCO	PATAMBUCO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-69.61897	-14.36119	3571
98	2112050001	PUNO	SANDIA	PHARA	PHARA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION	SI	ESTUDIO DE CAMPO	-69.66561	-14.15119	3474
99	2112060001	PUNO	SANDIA	QUIACA	QUIACA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.34589	-14.42471	2951
100	2112060012	PUNO	SANDIA	QUIACA	UNTUCA	NO	NO	NODO DE CONEXION		GOOGLE EARTH	-69.3823	-14.5431	3749
101	2112070001	PUNO	SANDIA	SAN JUAN DEL ORO	SAN JUAN DEL ORO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.15157	-14.22047	1256
102	2112070042	PUNO	SANDIA	SAN JUAN DEL ORO	YANAMAYO	NO	NO	NODO DE CONEXION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.0966	-14.20059	1162
103	2112080001	PUNO	SANDIA	YANAHUAYA	YANAHUAYA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.16503	-14.25362	1421
104	2112090001	PUNO	SANDIA	ALTO INAMBARI	MASSIAPO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.24289	-14.08818	1371
105	2112100001	PUNO	SANDIA	SAN PEDRO DE PUTINA PUNCO	PUTINA PUNCO	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.045549	-14.1125	943
106	2113010001	PUNO	YUNGUYO	YUNGUYO	YUNGUYO	NO	SI	NODO DE AGREGACION (CONEXION CON LA RDNFO)		ESTUDIO DE CAMPO	-69.09029	-16.24145	3840
107	2113020001	PUNO	YUNGUYO	ANAPIA	ANAPIA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-68.8551	-16.312	3835
108	2113030001	PUNO	YUNGUYO	COPANI	COPANI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.0457	-16.40211	3854
109	2113040001	PUNO	YUNGUYO	CUTURAPI	SAN JUAN DE CUTURAPI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-69.17667	-16.27025	3853
110	2113050001	PUNO	YUNGUYO	OLLARAYA	SAN MIGUEL DE OLLARAYA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-68.99073	-16.21994	3835
111	2113060001	PUNO	YUNGUYO	TINICACHI	TINICACHI	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-68.96418	-16.20166	3850
112	2113070001	PUNO	YUNGUYO	UNICACHI	MARCAJA	NO	SI	NODO DE DISTRIBUCION		ESTUDIO DE CAMPO	-68.9814	-16.22347	3825

Figura D5 Lista de nodos de la red de transporte (parte 5). Fuente: Adaptado de Anexo N°8-A de las Bases, PROINVERSION. Consultado en agosto del 2025 desde: https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS0/0/2/JER/S|C_BANDA_JUNIN_PUNO/Anexo_8_A_LPE_Junin_Puno_Moquegua_Tacna_16Set17.pdf (p.69)

8.5 Anexo E: Espacios en el Nodo de Transporte

Cuadro El Salas de un nodo de transporte

