



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones

Implementación de un nuevo nodo terminal para la conectividad a las instituciones beneficiarias de la localidad Cocas, distrito de Vilcanchos, provincia de Victor Fajardo, región de Ayacucho

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Para optar el Título Profesional de Ingeniera de
Telecomunicaciones**

AUTOR

Carol Sofia Jeanette FLORES ESPINOZA

ASESOR

Mg. Ana Milagros CORONEL CHAMORRO

Lima, Perú

2024



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

Flores, C. (2024). *Implementación de un nuevo nodo terminal para la conectividad a las instituciones beneficiarias de la localidad Cocas, distrito de Vilcanchos, provincia de Victor Fajardo, región de Ayacucho*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Carol Sofia Jeanette Flores Espinoza
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74712573
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Ana Milagros Coronel Chamorro
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09752919
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-2165-0742
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Juan Antonio Apesteguia Infantes
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10423762
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Jorge Elías Moscoso Sánchez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07206008
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Manuel Francisco Bermeo Noriega
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08437735
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.3.5. Comunicaciones inalámbricas
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	No aplica

Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Ayacucho Provincia: Victor Fajardo Distrito: Vilcanchos Centro poblado: Cocas Latitud: -13.60858022 Longitud: -74.47387243
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2020 – Julio 2021
URL de disciplinas OCDE	Telecomunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05



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

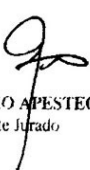
ACTA N°071/FIEE-CTGT/2024

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 16 de agosto del 2024, como presidente de Jurado el **MG. JUAN ANTONIO APESTEGUIA INFANTES**, integrado por el Miembro de Jurado el **MG. JORGE ELÍAS MOSCOSO SÁNCHEZ**, el Miembro de Jurado **MG. MANUEL FRANCISCO BERMEO NORIEGA** y Miembro Asesor el **MG. ANA MILAGROS CORONEL CHAMORRO**.

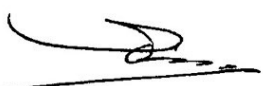
Después de escuchar la Sustentación Presencial del Trabajo de Suficiencia Profesional de la Bachiller **CAROL SOFIA JEANETTE FLORES ESPINOZA** código N° 12190245 que para optar el Título Profesional de Ingeniera de Telecomunicaciones sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO NODO TERMINAL PARA LA CONECTIVIDAD A LAS INSTITUCIONES BENEFICIARIAS DE LA LOCALIDAD COCAS, DISTRITO DE VILCANCHOS, PROVINCIA DE VICTOR FAJARDO, REGIÓN DE AYACUCHO**.

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió otorgarle el calificativo de **DIECIOCHO (18)**

Ciudad Universitaria, 16 de agosto del 2024


MG. JUAN ANTONIO APESTEGUIA INFANTES
Presidente Jurado


MG. JORGE ELÍAS MOSCOSO SÁNCHEZ
Miembro Jurado


MG. MANUEL FRANCISCO BERMEO NORIEGA
Miembro Jurado


MG. ANA MILAGROS CORONEL CHAMORRO
Miembro Asesor



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú, Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo **ANA MILAGROS CORONEL CHAMORRO** mi condición de asesora acreditado con el Acta de Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional: **IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO NODO TERMINAL PARA LA CONECTIVIDAD A LAS INSTITUCIONES BENEFICIARIAS DE LA LOCALIDAD COCAS, DISTRITO DE VILCANCHOS, PROVINCIA DE VICTOR FAJARDO, REGIÓN DE AYACUCHO** presentado por la bachiller **CAROL SOFIA JEANETTE FLORES ESPINOZA**, para optar al título profesional de Ingeniera de Telecomunicaciones. 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 el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 15% 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 grado correspondiente.

Firma del Asesor

DNI:

Nombres y apellidos del asesor:

MG. ANA MILAGROS CORONEL CHAMORRO

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis Padres y mi Hermano quienes me han acompañado en todas las etapas de mi vida.

A mi esposo Felipe, por su empuje diario y apoyo incondicional.

A mi familia y amigos que me brindan soporte en mi camino profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al equipo de Gestión de Proyectos de Gilat por la oportunidad laboral y su apoyo continuo en mi desarrollo profesional y sobre todo este TSP.

A la Ing. Ana Milagros Coronel Chamorro por su paciencia y acompañamiento en este proceso de elaboración de informe de suficiencia.

RESUMEN

En el presente Informe de suficiencia profesional se realiza el diseño y la implementación de un nodo terminal en una nueva ubicación dentro de la localidad de Cocas, Distrito de Vilcanchos, Provincia de Victor Fajardo, Departamento de Ayacucho, debido a que el nodo instalado inicialmente para el Proyecto Regional de Banda Ancha fue destruido a causa de un huaico en febrero del 2020, dejando sin servicio de internet al Centro de Salud de la localidad y dos Instituciones Educativas. Con la finalidad de continuar beneficiando con el servicio de internet a los pobladores de la comunidad de Cocas y cumplir con las obligaciones contractuales con el PRONATEL se diseña e implementa el nuevo nodo, dando así mayores posibilidades al desarrollo de la localidad y contribuir con la disminución de la brecha digital actualmente existente en las zonas rurales del Perú.

Palabras clave: banda ancha, última milla, radioenlaces, microondas, gestión de proyectos

ABSTRACT

In the present Professional Sufficiency Report realize, the design and implementation of a terminal node in a new location within the locality of Cocas, Vilcanchos District, Victor Fajardo Province, Ayacucho Department, are carried out. This is necessary because the node initially installed for the Regional Broadband Project was destroyed due to a mudslide in February 2020, leaving the health center of the locality and two schools without internet service.

With the aim of continuing to benefit the residents of the Cocas community and fulfilling contractual obligations with PRONATEL, the new node is designed and implemented. This provides greater opportunities for the development of the locality and contributes to reducing the current digital divide in rural areas of Peru.

Keywords: broadband, last mile, radio link, microwave, project management.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
TABLA DE CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	xi
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 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	3
2.5 Dirección postal	4
2.6 Correo electrónico del profesional a cargo.	4
CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	5
3.1 Organización de la actividad	5
3.2 Finalidad y objetivos de la Actividad	6
3.2.1 Finalidad	6
3.2.2 Objetivos	6
3.3 Problemática	7
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	7
3.4.1 Bases teóricas	8
3.4.2 Marco conceptual	9
3.4.2.1 Geografía de la Región	9
3.4.2.2 Contrato de Financiamiento	11
3.4.2.3 Red de Acceso	12
3.4.2.4 Radiaciones No Ionizantes	13
3.5 Procedimiento	15
3.5.1 Inicio	15
3.5.2 Planificación	17
3.5.3 Ejecución	18
3.5.3.1 Diseño	18
3.5.3.2 Compra del predio	28
3.5.3.3 Construcción y puesta en operación del nodo	29
3.5.4 Seguimiento y Control	36
3.5.4.1 Indicadores relacionados al nodo	36
3.5.4.2 Indicadores de Calidad de las Instituciones Beneficiarias	38

3.5.5 Cierre	40
3.6 Resultado de la actividad	40
CAPITULO IV: CONCLUSIONES	42
4.1 Justificación	42
4.1.1 Evaluación económica	42
4.2 Descripción de la implementación	43
4.3 Conclusiones	44
CAPITULO V: RECOMENDACIONES	45
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA	46
CAPITULO VII: ANEXOS	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama de la actividad. Fuente: Elaboración Propia	5
Figura 2: Mapa geográfico de la localidad de Cocas. Fuente: Elaboración Propia	9
Figura 3: Topología de la Red Regional de Ayacucho. Fuente: https://www.pronatel.gob.pe/sproyectos/archivos/anexo_02_ayacucho.pdf	13
Figura 4: Matriz de interesados. Fuente: Elaboración propia	17
Figura 5: Topología de la implementación. Elaboración propia	19
Figura 6: Polígonos de cobertura. Fuente: Elaboración propia	22
Figura 7: Nodos Candidatos para la localidad de Cocas. Fuente: Elaboración propia	22
Figura 8: Perfil de elevación Nodo Intermedio – Nodo Terminal. Fuente: Elaboración propia	24
Figura 9: Perfil de elevación Nodo Terminal – Centro de Salud. Fuente: Elaboración propia	24
Figura 10: Perfil de elevación Nodo Terminal – Institución Educativa 1. Fuente: Elaboración propia	25
Figura 11: Perfil de elevación Nodo Terminal – Institución Educativa 2. Fuente: Elaboración propia	25
Figura 12: Recomendaciones del fabricante en el escenario de uso 3. Fuente: https://fccid.io/ANATEL/00682-13-01397/3645_MANUAL/27243E13-2DB6-461F-992F-A36C2204A31E/PDF	26
Figura 13: Cobertura de la antena sectorial 120°. Fuente: Elaboración propia	27
Figura 14: Dimensionamiento de capacidad del enlace PTP y PMP. Fuente: Elaboración propia	27
Figura 15: Instalación de bases de la torre. Fuente: Informe de construcción del nodo Cocas.	32
Figura 16: Instalación del shelter. Fuente: Informe de construcción del nodo Cocas.	33

Figura 17: Excavación para Interconexión de pozos. Fuente: Informe de construcción del nodo cocas.	34
Figura 18: Instalación del Shelter. Fuente: Informe de construcción del nodo cocas.	34
Figura 19: Reporte resumen de mediciones. Fuente: Estudios de RNI del nodo Cocas	38
Figura 20: Resultados y evaluación de los puntos de medición. Fuente: Estudios de RNI del nodo Cocas	38
Figura 21: Reconstrucción del nodo Cocas finalizada. Fuente: Informe de construcción del nodo Cocas.	41
Figura 22 : Distribución de gastos para la construcción del nodo. Fuente: Elaboración propia	43
Figura 23: Cronograma de trabajos. Fuente: Elaboración propia	48
Figura 24: Simulación del 1er polígono – Parte 1. Fuente: Elaboración propia	49
Figura 25: Simulación del 1er polígono – Parte 2. Fuente: Elaboración propia	50
Figura 26: Simulación del 1er polígono – Parte 3. Fuente elaboración propia	50
Figura 27: Simulación del 1er polígono – Parte 4. Fuente: Elaboración propia	51
Figura 28: 1er polígono en Google Earth. Fuente: elaboración propia	51
Figura 29: Simulación del 2do polígono – Parte 1. Fuente: Elaboración propia	52
Figura 30: Simulación del 2do polígono – Parte 2. Fuente: Elaboración propia	53
Figura 31: Simulación del 2do polígono – Parte 3. Fuente: Elaboración propia	53
Figura 32: Simulación del 2do polígono – Parte 4. Fuente: Elaboración propia	54
Figura 33: 2do polígono en Google Earth. Fuente: elaboración propia	54
Figura 34: Datasheet equipo SIAE Alfo Plus – Pág 5. Fuente: https://fccid.io/ANATEL/02169-13-01397/Manual-do-Usuario-ALFOplus-7GHz/940AAC20-51A9-4B54-96AF-81325C428682/PDF	55
Figura 35: Datasheet equipo SIAE Alfo Plus – Pág 21. Fuente: https://fccid.io/ANATEL/02169-13-01397/Manual-do-Usuario-ALFOplus-7GHz/940AAC20-51A9-4B54-96AF-81325C428682/PDF	56
Figura 36: Datasheet equipo SIAE Alfo Plus – Pág 22. Fuente: https://fccid.io/ANATEL/02169-13-01397/Manual-do-Usuario-ALFOplus-7GHz/940AAC20-51A9-4B54-96AF-81325C428682/PDF	57

- Figura 37: **Datasheet equipo SIAE Alfo Plus – Pág 23.** Fuente: <https://fccid.io/ANATEL/02169-13-01397/Manual-do-Usuario-ALFOplus-7GHz/940AAC20-51A9-4B54-96AF-81325C428682/PDF> 58
- Figura 38: **Datasheet equipo SIAE Alfo Plus – Pág 24** Fuente: <https://fccid.io/ANATEL/02169-13-01397/Manual-do-Usuario-ALFOplus-7GHz/940AAC20-51A9-4B54-96AF-81325C428682/PDF> 59
- Figura 39: **Resultados de mediciones RNI – Parte 1.** Fuente: La información fue extraída de una fuente privada. 60
- Figura 40: **Resultados de mediciones RNI – Parte 2.** Fuente: La información fue extraída de una fuente privada. 61
- Figura 41: **Resultados de mediciones RNI - Parte 3.** Fuente: La información fue extraída de una fuente privada. 62
- Figura 42 : **Conclusiones de mediciones RNI.** Fuente: La información fue extraída de una fuente privada. 63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas geográficas de la localidad de Cocas	9
Tabla 2: Población censada en el Distrito de Vilcanchos	10
Tabla 3: Población censada de 3 años y más en el distrito de Vilcanchos, por nivel educativo	10
Tabla 4: Población censada, por afiliación a algún tipo de seguro de salud	10
Tabla 5: Población censada, por tipo de servicio que posee el hogar	10
Tabla 6: Instituciones Beneficiarias	11
Tabla 7: LMP para exposición ocupacional	14
Tabla 8: LMP para exposición poblacional	14
Tabla 9: Niveles de Referencia para exposición poblacional en áreas de uso público (*)	15
Tabla 10: Matriz de Riesgos	16
Tabla 11: Cronograma de actividades simplificado	17
Tabla 12: Cuadro comparativo enlace SIAE VS CAMBIUM	19
Tabla 13: Cuadro de características del radioenlace PMP	20
Tabla 14: Cuadro de tipos de tamaño de torres y antenas	20
Tabla 15: Cuadro comparativo de nodos candidatos	23
Tabla 16: Parámetros del enlace PTP	26
Tabla 17: Parámetros del enlace PMP	26
Tabla 18: Velocidades de las Instituciones Beneficiarias	28
Tabla 19: Equipos recuperados de la estación afectada por el huaico	29
Tabla 20: Equipos adquiridos	30
Tabla 21: Cálculo de Límite Máximo Permisible	37
Tabla 22 : Parámetros de Calidad para el Centro de Salud.	39
Tabla 23: Parámetros de Calidad para la Institución Educativa 1	39
Tabla 24: Parámetros de Calidad para la Institución Educativa 2	40
Tabla 25: Operatividad del nodo Cocas y sus Instituciones Beneficiarias	40
Tabla 26: Cumplimiento del cronograma	44

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) desempeñan un papel importante en la vida diaria de las personas en el mundo. Sin embargo, muchas localidades rurales en el Perú aún carecen del acceso a estas tecnologías.

Por ello, el Programa Nacional de Telecomunicaciones (PRONATEL), ente adscrito al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, viene promoviendo el acceso, uso y comprensión de estas nuevas tecnologías mediante el desarrollo de los Proyectos Regionales de Banda Ancha en diversas Regiones del Perú. Tal es el caso de la Región Ayacucho donde se ha extendido la cobertura de internet a áreas rurales y proporcionan servicio a Instituciones Educativas, Comisarias y Centros de salud desde el año 2019. En ese sentido, el presente informe de suficiencia realiza el diseño y la implementación de un nuevo nodo terminal en la localidad de Cocas. La necesidad de construir un nuevo nodo en esta localidad surge a raíz de las fuertes lluvias que activaron el riachuelo de Cocas el 15 de febrero del 2020, ocasionando un huaico que afectó a esta zona, dejando una lamentable pérdida humana y diversas pérdidas materiales. Así como la afectación del nodo de Cocas y la pérdida de conectividad, dado que no se podía brindar el servicio de internet e intranet en la institución educativa primaria, institución educativa secundaria y centro de salud. Luego, en el mes de marzo del mismo año inició la pandemia del Covid 19 retrasando el inicio del proyecto y a su vez limitando las opciones de la población de acceder a las herramientas tecnológicas. Con el paso del tiempo se observó la necesidad de utilizar herramientas digitales para el aprendizaje de los estudiantes de la zona y de usar recursos tecnológicos para facilitar las labores del centro de salud. Es así que, después de múltiples comunicaciones con la comunidad se logra el apoyo de esta para iniciar con el Proyecto de la nueva implementación del nodo Cocas en el mes de noviembre del 2020.

El presente trabajo está dividido en los siguientes capítulos:

En el capítulo I, se presenta la introducción del informe de suficiencia profesional.

En el capítulo II, se resume la experiencia laboral bajo la cual se gestionó el proyecto, así como el contexto de la empresa Gilat Networks Perú S.A.

En el capítulo III, se muestra una breve descripción de la actividad y se explica el problema presentado, su finalidad y objetivos. Asimismo, se presenta el marco conceptual, el procedimiento para el desarrollo de la solución y los resultados de la actividad.

En el capítulo IV, se presenta la justificación del proyecto, evaluación económica y conclusiones.

Finalmente, en el capítulo V se muestra las recomendaciones del trabajo de suficiencia profesional presentando.

CAPITULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1 Institución – Actividad que desarrolla

La institución en la cual se desarrolla la actividad es la empresa Gilat Networks Perú S.A.

2.2 Periodo de duración de la actividad.

La actividad se desarrolla durante el periodo de Marzo del 2020 a Julio del 2021.

2.3 Finalidad y objetivos de la entidad

Gilat Networks Perú S.A. es una empresa que tiene como finalidad ser reconocida como el líder en soluciones de telecomunicaciones en áreas rurales y a su vez tiene la misión de proveer servicios de telecomunicaciones en áreas rurales utilizando la mejor tecnología disponible, el conocimiento y la experiencia de su grupo humano comprometido con la satisfacción de sus clientes y el desarrollo del país.

2.4 Razón social

Gilat Networks Perú S.A. tiene como número de RUC 20600386442.

2.5 Dirección postal

Calle Amador Merino Reyna 339 Oficina 901, distrito de San Isidro, provincia de Lima, departamento de Lima.

2.6 Correo electrónico del profesional a cargo.

Maria Luisa Temoche Salazar – Jefe de Proyectos, con correo electrónico mtemoche@gilatla.com

CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la actividad

Este proyecto estuvo a cargo del área de Gestión de Proyectos de la Gerencia de Operaciones de Campo, no obstante, se tuvo la participación de diversas áreas de la empresa cada una de ellas especializada en su materia.

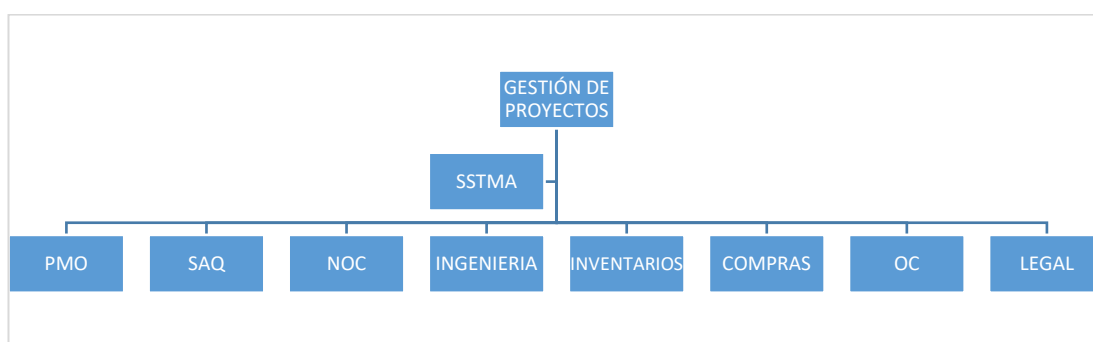


Figura 1: Organigrama de la actividad. Fuente: Elaboración Propia

- Gestión de Proyectos: Área encargada de planificar, gestionar y hacer seguimiento de las actividades del Proyecto hasta el cierre del mismo, con la finalidad de cumplir con las obligaciones contractuales, en este caso la de instalar un nuevo nodo terminal en la localidad de Cocas.
- SSTMA (Seguridad, Salud en el Trabajo y Medio Ambiente): Área encargada de velar por el cumplimiento de los reglamentos de seguridad y salud en el trabajo, además de monitorear situaciones que expongan a los trabajadores al peligro.
- PMO (Project Management Office): Área encargada de la implementación del nodo terminal Cocas durante la etapa de Inversión. De sus repositorios se obtiene la información histórica del nodo.
- SAQ (Site Acquisition): Área encargada de la búsqueda del terreno para la nueva ubicación del nodo y también, del saneamiento del predio adquirido.
- NOC (Network Operation Center): Área encargada de monitorear los diversos sistemas de la Red de Acceso.

- INGENIERIA: Conjunto de áreas, tales como Networking, Energía, Radiofrecuencia y Seguridad, encargadas de dar soporte en la implementación del equipamiento de acuerdo con su especialidad.
- INVENTARIOS: Área encargada de organizar y distribuir equipamiento e instrumentos necesarios para la implementación del nuevo nodo terminal.
- COMPRAS: Área encargada de las adquirir los bienes y servicios necesarios para la implementación del nuevo nodo terminal.
- OC (Operaciones de Campo): Área encargada de ejecutar la implementación del nuevo nodo de cocas.
- LEGAL: Área encargada de brindar soporte en consultas regulatorias referidas a la adquisición e implementación del nuevo nodo y remitir las comunicaciones hacia el cliente informando los avances y la conclusión del Proyecto.

3.2 Finalidad y objetivos de la Actividad

3.2.1 Finalidad

La finalidad del presente trabajo es presentar la implementación del nodo de la localidad de Cocas en una nueva ubicación con menor riesgo de ocurrencia de un desastre natural, a fin de garantizar el servicio de internet e intranet en las instituciones beneficiarias (centro de salud e instituciones educativas) de la localidad de Cocas y de esta forma cumplir contractualmente con el objetivo del Proyecto Regional de Banda Ancha para la conectividad integral y el desarrollo social de la Región Ayacucho.

3.2.2 Objetivos

3.2.2.1 Objetivo General

Implementar un nuevo nodo terminal en la localidad de Cocas, distrito de Vilcanchos, provincia de Victor Fajardo, departamento de Ayacucho.

3.2.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un nuevo radioenlace punto a punto para la conexión con el nodo intermedio.
- Diseñar los nuevos radioenlaces punto a multipunto para la conexión con las instituciones beneficiarias.
- Ejecutar la construcción del nuevo nodo en la localidad de Cocas.

- Verificar que se cumpla con el servicio en las instituciones beneficiarias de acuerdo con los parámetros técnicos de calidad.

3.3 Problemática

3.3.1 Problema General

¿Cómo implementar un nuevo nodo terminal en la localidad de Cocas, distrito de Vilcanchos, provincia de Victor Fajardo, departamento de Ayacucho?

3.3.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo diseñar un nuevo radioenlace punto a punto para la conexión al nodo intermedio?
- ¿Cómo diseñar un nuevo radioenlace punto a multipunto para la conexión con las instituciones beneficiarias?
- ¿Cómo se ejecutará la construcción del nuevo nodo en la localidad de Cocas?
- ¿Cómo verificar que se cumpla con el servicio en las instituciones beneficiarias de acuerdo con los parámetros técnicos de calidad?

3.3.3 Justificación e importancia de la investigación

Justificación social: este trabajo busca contribuir con la disminución de la brecha digital en las zonas más alejadas del Perú, principalmente con las instituciones educativas para que los estudiantes reciban una educación competitiva; centros de salud, para que la población reciba servicios de salud de calidad.

Justificación práctica: los resultados de este trabajo contribuirán como antecedente para el diseño e implementación de servicios de banda ancha en zonas rurales del Perú. Asimismo, las consideraciones para casos de nodos afectados por desastres naturales.

3.4 Metodología

Para la organización y desarrollo del proyecto se utiliza la metodología del PMBOK 7ma Edición, para el diseño de los enlaces se utiliza radioenlaces de tipo terrenales de servicio fijo y para la construcción del nodo terminal se siguen las mejores prácticas de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones. Asimismo, se tiene en consideración las bases del Contrato del Proyecto Regional de Banda Ancha para la Conectividad Integral y el Desarrollo Social de la Región Ayacucho establecido por el Pronatel.

3.4.1 Bases teóricas

En el presente numeral se exponen trabajos de referencia con escenarios similares al descrito en este informe de suficiencia profesional.

Contreras (2021) en su trabajo de titulación denominado “Implementación de una red de telecomunicaciones para el distrito de Chavín de Pariarca, Provincia de Huamalíes, Región Huánuco” aborda que actualmente vivimos en un mundo controlado por las Tecnologías de la Información y Comunicaciones y que gran parte de la población de las zonas rurales del Perú no cuentan con un equipo informático ya sea por falta de apoyo del gobierno vigente, inaccesibilidad geográfica o centralización en capitales de la Región. Bajo este contexto, se describe la implementación de una red de banda ancha en el distrito de Chavín de Pariarca.

Sotelo (2021) en su tesis “Diseño e implementación de una red de banda ancha en apoyo a la localidad de Torohuichcana, distrito de Pampachiri, provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac-Perú” nos plantea que la localidad de Torohuichcana carece de un sistema de telecomunicaciones público por ello limita su desarrollo e integración con otras zonas del país. Esta situación conduce a que la población migre hacia otros lugares donde si pueda acceder a estas tecnologías. El resultado de esta investigación concluye que la implementación de una red de banda ancha permite a la localidad de Torohuichcana acceder al mundo digitalizado.

Otavallo y Vásquez (2022) en su trabajo de titulación “Diseño e implementación de tres radioenlaces punto a punto para el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca” nos plantea que la tecnología inalámbrica sigue siendo una solución de comunicaciones de enorme relevancia pues permite comunicar lugares lejanos y de difícil acceso a un bajo costo y además, de configuración sencilla.

Ortiz (2020) en su trabajo de titulación “Diseño de un prototipo de radioenlaces para brindar conectividad de internet en la vereda Manuel Sur del Municipio de Ricaurte Cundinamarca” nos presenta que en múltiples casos en las zonas rurales de los países en desarrollo se puede visualizar falta de infraestructura de telecomunicaciones, siendo esta una herramienta para mejorar la educación y lograr el crecimiento de la población. De la investigación realizada, se encontró que el internet satelital y la fibra óptica son factibles, aunque se enfrentan al desafío de un elevado costo de instalación. Por lo tanto, la opción más adecuada fue implementar el uso de radio enlace punto a punto, ya que su costo de instalación es mucho más económico y accesible. Además, este

enfoque resultó ser completamente funcional y cumplió con las necesidades de la población.

3.4.2 Marco conceptual

3.4.2.1 Geografía de la Región

La localidad de Cocas, sobre la cual se trata en este informe, se encuentra ubicada en el distrito de Vilcanchos, provincia de Víctor Fajardo en el departamento de Ayacucho.

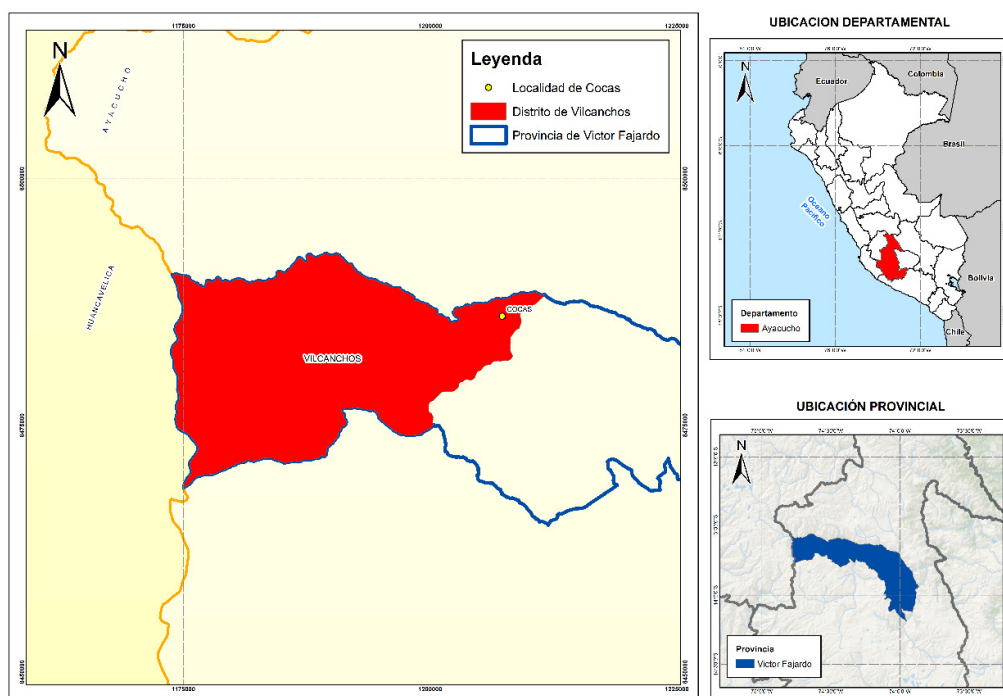


Figura 2: Mapa geográfico de la localidad de Cocas. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1: Coordenadas geográficas de la localidad de Cocas

LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
COCAS	-13.60858022	-74.47387243	3339.2

Fuente: <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>

Asimismo, para tener una visión de la situación de la Región Ayacucho a continuación se presentan los indicadores relacionados a los aspectos más

relevantes del distrito de Vilcanchos. Como referencia se ha tomado el último Censo a nivel nacional realizado en el año 2017, ya que el inicio de la operación del Proyecto Regional de Ayacucho fue en el año 2019 y el huaico sucedió en el año 2020.

Tabla 2: Población censada en el Distrito de Vilcanchos

DISTRITO	TOTAL	URBANA	RURAL
Vilcanchos	2 389	0	2 389

Fuente: Censo Nacional 2017 XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Tabla 3: Población censada de 3 años y más en el distrito de Vilcanchos, por nivel educativo

NIVEL EDUCATIVO	POBLACIÓN
Sin nivel	307
Inicial	168
Primaria	983
Secundaria	748
Superior no Univ. incompleta	23
Superior no Univ. completa	22
Superior Univ. incompleta	9
Superior Univ. completa	28
Maestría/Doctorado	7

Fuente: Censo Nacional 2017 XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Tabla 4: Población censada, por afiliación a algún tipo de seguro de salud

TIPO DE SEGURO DE SALUD	POBLACIÓN
Seguro Integral de Salud (SIS)	2 208
ESSALUD	89
Seguro de fuerzas armadas o policiales	11
Seguro privado de salud	6
Otro seguro	4
Ninguno	75

Fuente: Censo Nacional 2017 XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Tabla 5: Población censada, por tipo de servicio que posee el hogar

TIPO DE SERVICIO	POBLACIÓN
Teléfono celular	1697
Teléfono fijo	4

Conexión a TV por cable o satelital	33
Conexión a internet	32

Fuente: Censo Nacional 2017 XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

De los indicadores mostrados en las tablas 2, 3, 4 y 5 se puede deducir que aún queda un largo camino por recorrer en temas de educación, salud y telecomunicaciones en las zonas rurales del Perú, así en el distrito de Vilcanchos se tiene que:

- El 100% de la población se ubica en la zona rural.
- El 13% son analfabetos, el 43% tiene educación primaria y el 33% secundaria. Se observa que la mayor parte no alcanza la educación superior, limitando sus oportunidades de crecimiento profesional.
- El 92% se atiende por el seguro Integral de Salud (SIS), el cual es un servicio de salud público, caracterizado por restricciones de atención y saturación en el servicio debido a la alta demanda.
- Solo el 1.3% de personas cuenta con conexión a internet, lo que restringe sus opciones de acceder a la información disponible en la red.

Ante este contexto, es muy importante y de alto impacto social poner en funcionamiento nuevamente el nodo terminal en la localidad de Cocas para seguir beneficiando con el servicio de internet de banda ancha a la población y brindar oportunidades de desarrollo para los mismos. La banda ancha es, según el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones [OSIPTEL] (2011) “infraestructura esencial para el desarrollo socio-económico de los países por su enorme potencial para el incremento de la competitividad y la generación de empleos, la reducción de las desigualdades económicas, regionales y sociales y para la democratización de las oportunidades de acceso a la información y al conocimiento.”

3.4.2.2 Contrato de Financiamiento

En el año 2015 el Pronatel, ente adscrito al Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, suscribe el Contrato de financiamiento del “Proyecto Regional de Banda Ancha para la Conectividad Integral y el Desarrollo Social de la Región Ayacucho”, en adelante “Proyecto Regional Ayacucho” con la empresa Gilat Networks Perú S.A, en adelante “Gilat”, con el objetivo de instalar infraestructura de telecomunicaciones para brindar servicio de internet de banda ancha a 350 localidades, siendo un aproximado de 151,230 mil peruanos beneficiados con el servicio en las Instituciones Educativas, Centros de Salud y Comisarías de la Región.

Tabla 6: Instituciones Beneficiarias

Nº	Instituciones Beneficiarias	Cantidad
----	-----------------------------	----------

1	Centros de Salud	232
2	Comisarias	21
3	Instituciones Educativas	478

Fuente:

https://www.pronatel.gob.pe/sproyectos/proy_regional_ayacucho.html

Ahora bien, en el marco del Proyecto Regional Ayacucho se implementa la Red de Transporte, compuesta de fibra óptica que va tendida sobre postes propios o sobre postes de la concesionaria de energía eléctrica de la zona (baja o media tensión) y una red de equipos de networking, que interconectan las capitales de los distritos de la Región y brinda conectividad a la Red de Acceso, la cual se detalla en los siguientes párrafos.

3.4.2.3 Red de Acceso

Es la infraestructura de telecomunicaciones que incluye antenas y equipamiento para la transmisión de señales mediante radioenlaces, que permite la conexión de última milla, es decir hacia los usuarios finales. Está compuesta de:

- Radioenlaces: según Garcia y Morales (2012) “como su propio nombre indica, consiste en el enlace que posibilita la transmisión de información entre dos puntos mediante el uso de ondas electromagnéticas que viajan a través del aire” (p. 42).
- Nodos: según Castro y Jorge (1999) “Punto en el que se interconectan dos o más circuitos o enlaces. En dicho punto pueden o no existir elementos que permitan la conmutación” (p. 26)

De acuerdo con el numeral 2.7.11.2, el PRONATEL a través del Anexo N° 8 B de las Bases del Proyecto Regional Ayacucho indica que (2015):

2.7.11.2 La RED DE ACCESO está compuesta por:

- *Nodo Distrital, es aquel que tiene interconexión con la RED DE TRANSPORTE y puede tener un PUNTO DE PRESENCIA (POP)*
- *Nodo Intermedio, es aquel que tiene como función retransmitir la señal que parte desde un nodo distrital y la dirige hasta un Nodo Terminal. Este nodo puede tener un punto de presencia (POP)*
- *Nodo terminal: es aquel que tiene la función de punto de presencia (POP) (p. 11-12).*

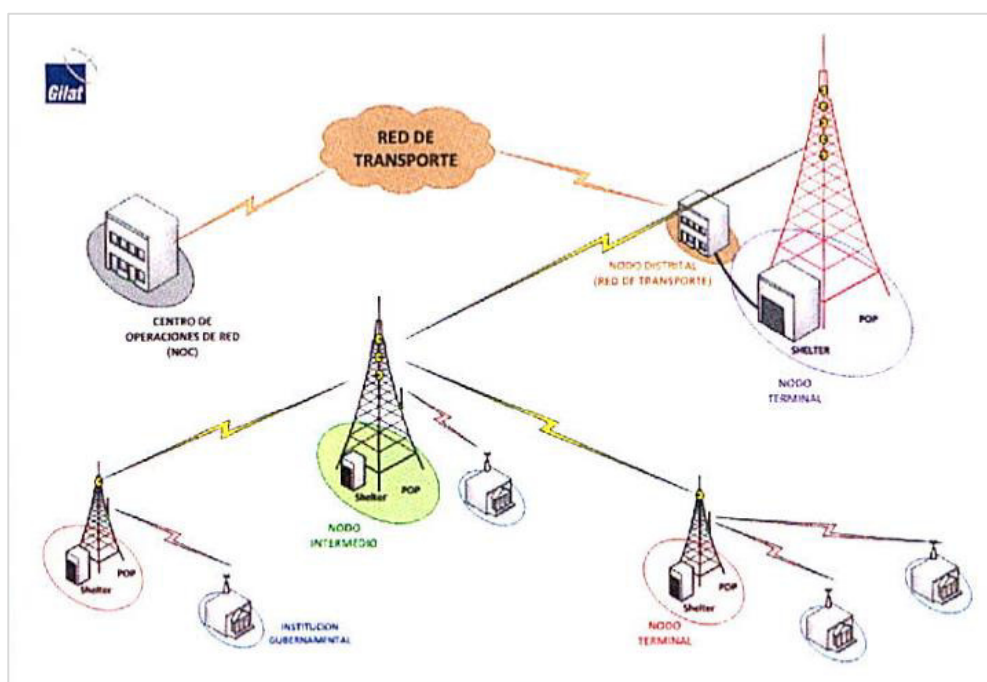


Figura 3: Topología de la Red Regional de Ayacucho. Fuente: https://www.pronatel.gob.pe/sproyectos/archivos/anexo_02_ayacucho.pdf

De la topología de la red de acceso vista en la Figura 3, es el nodo terminal y su implementación materia que ocupa el presente informe de suficiencia.

3.4.2.4 Radiaciones No Ionizantes

Con la creciente utilización de los campos electromagnéticos en prácticamente todas las actividades humanas, se produce un aumento diario en los niveles de exposición a campos electromagnéticos, generando una creciente preocupación acerca de los posibles efectos de las radiaciones no ionizantes (RNI) en la salud de las personas y el medioambiente. En respuesta a ello, organismos internacionales y el gobierno han emitido recomendaciones para salvaguardar a los seres humanos de las radiaciones no ionizantes.

Las mediciones de RNI para nuevos nodos se realiza bajo el Método de Medición Preliminar descrito en la Norma Técnica sobre Protocolos de Mediciones de RNI aprobado mediante RM N° 613-2004-MTC/03 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Luego se evalúan las mediciones obtenidas a fin de determinar su cumplimiento con los Límites Máximos Permisibles de RNI establecidos mediante DS N° 038-2003-MTC y RM N° 120-2005-MTC/03 para Exposición Ocupacional, Poblacional y Exposición en Áreas de Uso Público, respectivamente según corresponda.

Exposición Ocupacional: De acuerdo con lo dispuesto en el Decreto Supremo N.º 038-2003-MTC, la exposición ocupacional ocurre cuando las personas están expuestas debido a su ocupación y son plenamente conscientes del

potencial para exposición y pueden ejercer el control sobre el mismo, ya sea retirándose del área o utilizando algún medio adecuado. Los Límites Máximos Permisibles para este tipo de exposición se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 7: LMP para exposición ocupacional

Rango de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (V/m)	Intensidad de campo magnético (A/m)	Densidad de potencia (W/m ²)
9-65 KHz	610	24.4	-
0,065 – 1 MHz	610	1,6/f	-
1 – 10 MHz	610/f	1,6/f	-
10 – 400 MHz	61	0,16	10
400 – 2000 MHz	3f ^{0.5}	0,008 f ^{0.5}	f/40
2 – 300 GHz	137	0,36	50

Fuente:

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5031492/Publicación%20del%20Decreto%20Supremo%20N°20038-2003-MTC%20en%20el%20Diario%20Oficial%20El%20Peruano.pdf?v=1692796466>

Donde “f” debe estar en las unidades que se indican en la columna de rango de frecuencias.

Además, para las frecuencias entre 100 KHz y 10 GHz el periodo de tiempo a ser utilizada para el cálculo es de 6 minutos, y para frecuencias superiores a los 10 GHz el tiempo empleado para el cálculo es de 68/f^{0.5} (f en GHz).

Exposición Poblacional: De acuerdo con lo dispuesto en el Decreto Supremo N.º 038-2003-MTC, la exposición poblacional se da cuando las personas están expuestas como consecuencia de su ocupación pudiendo no estar conscientes del potencial de la exposición o no poder ejercer control sobre dicha exposición. Por lo tanto, en estos casos, el público en general siempre cae bajo esta categoría cuando la exposición no está relacionada con la ocupación. Los LMP para este tipo de exposición se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8: LMP para exposición poblacional

Rango de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (V/m)	Intensidad de campo magnético (A/m)	Densidad de potencia (W/m ²)
9 - 65 KHz	87	5	-
0,065 – 1 MHz	87	0,73/f	-
1 – 10 MHz	87/f	0,73/f	-
10 – 400 MHz	28	0,73	2
400 – 2000 MHz	1,375f ^{0.5}	0,0037 f ^{0.5}	f/200
2 – 300 GHz	61	0,16	10

Fuente:

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5031492/Publicación%20del%20Decreto%20Supremo%20N°20038-2003-MTC%20en%20el%20Diario%20Oficial%20El%20Peruano.pdf?v=1692796466>

Donde “f” debe estar en las unidades que se indican en la columna de rango de frecuencias.

Para las frecuencias entre 100 KHz y 10 GHz el periodo de tiempo de medición es de 6 minutos.

Exposición en Áreas de Uso Público: De acuerdo con lo dispuesto en la Resolución Ministerial N.º 120-2005-MTC/03, los titulares de concesiones y autorizaciones en vigencia tomarán las medidas necesarias para asegurar que las radiaciones no ionizantes en las áreas de uso público como escuelas, establecimientos de salud, entre otros no exceden los valores indicados en la tabla siguiente.

Tabla 9: Niveles de Referencia para exposición poblacional en áreas de uso público ()*

Rango de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (V/m)	Densidad de potencia (W/m ²)
9 - 150 KHz	61.5	-
0,15 – 1 MHz	61.5	-
1 – 10 MHz	$61.5/f^{0.5}$	-
10 – 400 MHz	20	2
400 – 2000 MHz	$0.972 f^{0.5}$	$f/400$
2 – 300 GHz	43.1	5

Fuente:

https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/regulacion_internacional/regulacion/documentos/marco_normativo_radiaciones/R.%20M.%20N%20120-2005-MTC%2003.pdf

(*) se podrá utilizar cualquiera de las magnitudes expresadas en el cuadro: Intensidad de campo eléctrico o densidad de potencia por rango de frecuencias.

3.5 Procedimiento

El presente proyecto está dividido en las siguientes actividades: Inicio, Planificación, Ejecución, Seguimiento y control y Cierre.

3.5.1 Inicio

En esta primera parte se define el alcance del proyecto, que se encuentra dividido en los puntos siguientes:

- a. Diseño

- b. Construcción de un nuevo nodo de acceso y desmontaje de su ubicación anterior
- c. Recuperación de conectividad en Instituciones Beneficiarias
- d. Presentación de entregables al cliente

De esta manera, de acuerdo con la metodología del PMI, se realiza una evaluación de riesgos, evaluando la probabilidad y el impacto de ocurrencia, a fin de establecer acciones y estrategias para minimizar o anular el riesgo para el Proyecto.

Tabla 10: Matriz de Riesgos

Nº	RIESGO	IMPACTO	PROBABILIDAD	ESTRATEGIA
1	Incumplimiento del cronograma por contingencias sociales	ALTO	MEDIO	- Intervención del supervisor de O&M para resolución de contingencia y/o escalamiento con las entidades competentes. - Documentación de las contingencias para informarlas al cliente
2	Demora en los tiempos de trámites de permisos que sean necesarios	MEDIO	MEDIO	- Asesoramiento con áreas internas (SAQ, PMO, ING) para buscar alternativas de solución - Evaluar comunicación a Pronatel
3	Demora en los tiempos de adquisición por las restricciones a causa del Estado de Emergencia	MEDIO	MEDIO	- Establecer plazos con las áreas de Compras e Inventarios - Reuniones periódicas de seguimiento.
4	Demora en los tiempos de adquisición de nuevo terreno para nodo Cocas	MEDIO	MEDIO	- Reuniones periódicas de seguimiento al cronograma con equipo SAQ

Asimismo, se realiza una matriz de interesados la cual es una herramienta que identifica las partes que pueden verse afectadas o tener influencia en el proyecto. Se analiza el grado de interés y poder de cada interesado con el objetivo de gestionar de manera efectiva la toma de decisiones.

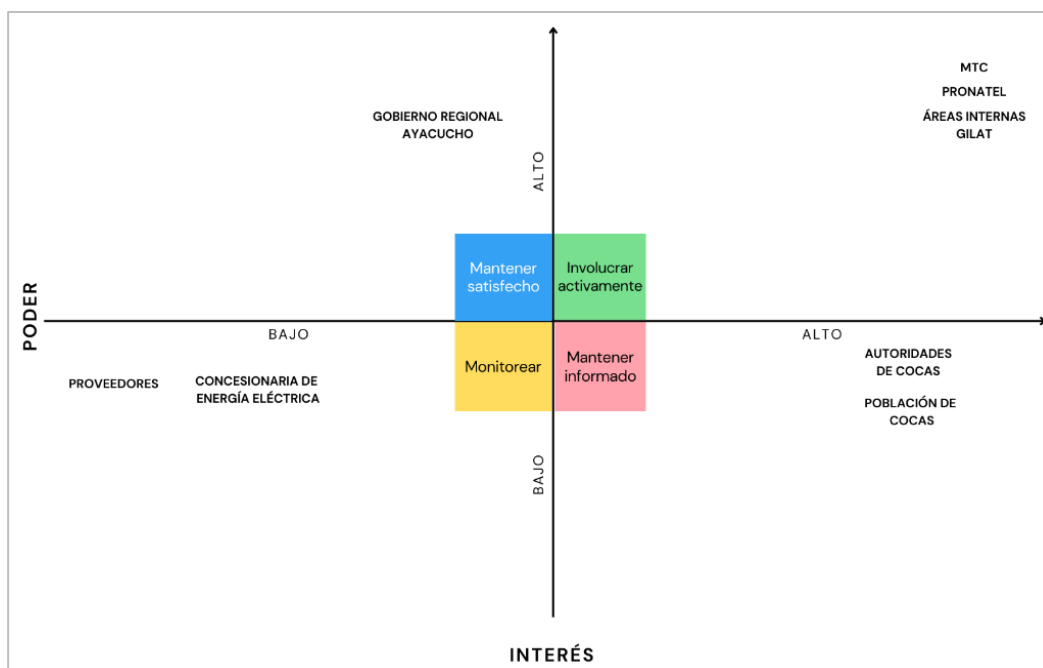


Figura 4: **Matriz de interesados.** Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Planificación

Como parte de la planificación, se elabora una lista de actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto, las mismas que se detallan en el Anexo A del presente informe, así como la gestión de tiempo para cada actividad. En la Tabla 11 se muestra un panorama general de las cinco actividades principales para la puesta en operación el nodo.

Tabla 11: Cronograma de actividades simplificado

Nº	CRONOGRAMA	INICIO	FIN	DURACION (días)
1	Inicio	Feb 2020	Feb 2020	6
2	Planificación	Feb 2020	Feb 2020	8
3	Ejecución	Mar 2020	Jun 2021	486
3.1	Diseño	Mar 2020	Nov 2020	253
3.2	Compra del predio	Nov 2020	Mar 2021	127
3.3	Permisos para la construcción	Mar 2021	Abr 2021	25
3.4	Construcción y Puesta en Operación del nodo	Abr 2021	Jun 2021	81
4	Seguimiento y control	Jun 2021	Jul 2021	27
5	Cierre	Jul 2021	Jul 2021	5
				532

- **Inicio**, durante esta fase se evalúa el caso, así como determinar las partes interesadas, riesgos y se recopilan los requisitos para llevarlo a cabo.
- **Planificación**, se desarrollan los requisitos detallados del proyecto (actividades y subactividades a realizar), así como el cronograma para llevarlo a cabo.
- **Ejecución**, el proyecto es desarrollado por el equipo de trabajo, utilizando la información recopilada en los 2 pasos anteriores.
- **Seguimiento y control**, se mide la efectividad del proyecto mediante indicadores de calidad.
- **Cierre**, se comunica al cliente el fin de la obligación contractual de reestablecer el servicio en el nodo de la localidad de Cocas y se documentan las lecciones aprendidas.

3.5.3 Ejecución

3.5.3.1 Diseño

Se realiza el diseño de los siguientes radioenlaces, presentados en la Figura 5:

- El radioenlace punto a punto (PTP) para conectar el nodo intermedio con el nuevo nodo terminal
- El radioenlace punto a multipunto (PMP) para conectar el nuevo nodo terminal y las instituciones beneficiarias preexistentes.

Para este diseño, se cumplió con los requisitos descritos en el Anexo N° 8B de las bases del Proyecto Regional Ayacucho.

De este último documento se obtienen dos características importantes:

- La información del diseño y cálculo de los enlaces se presenta en el estudio de ingeniería.
- La altura de la torre debe ser de al menos 9 metros, a fin de garantizar los enlaces radioeléctricos hacia las localidades beneficiadas.

Se mantiene la topología inicial planteada en el estudio de ingeniería y que fue presentada en la etapa de implementación del nodo afectado.

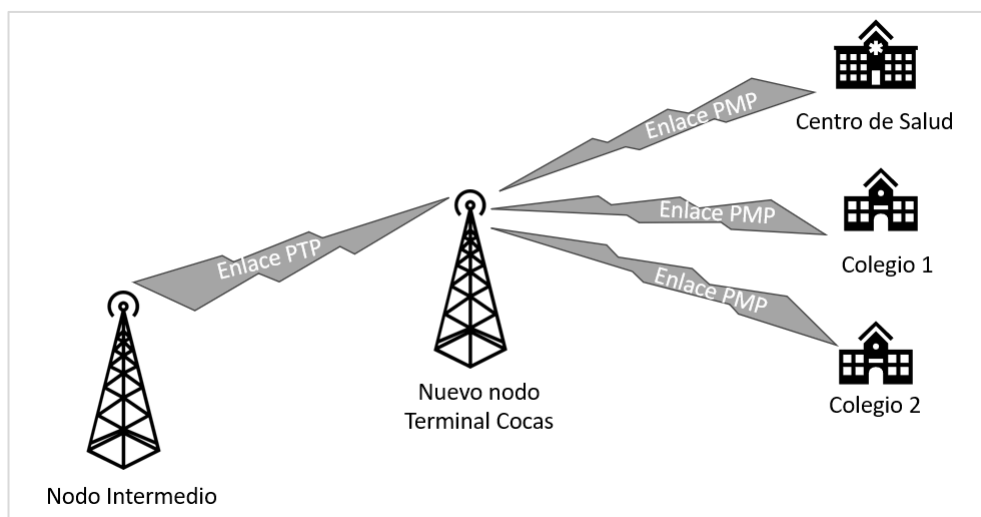


Figura 5: Topología de la implementación. Elaboración propia

a. Diseño del radioenlace Punto a Punto (PTP)

Para el enlace punto a punto (PTP) se tienen dos tipos de soluciones, una de ellas en banda licenciada con equipamiento de la marca SIAE y la otra en banda no licenciada con equipamiento de la marca CAMBIUM. Para la selección de una de estas soluciones se elabora un cuadro comparativo en la Tabla 12, con las características principales de cada una de ellas.

Tabla 12: Cuadro comparativo enlace SIAE VS CAMBIUM

Marca	SIAE	CAMBIUM
Modelo	Alfo Plus	PTP 450i
Banda de operación	Licenciada Desde 6 GHz hasta 42 GHz	No Licenciada 4,900 MHz – 5,925 MHz
Canales	7, 10, 14, 20, 28, 30, 40, 50 y 56 MHz	5, 10, 20 y 40MHz
Modulación	Hasta 1024 QAM	Hasta 256 QAM
Modos de operación	1+0 o 2+0	1+0
Modulación y Codificación Adaptativa	Si	Si
Soporte de Calidad de servicio	Si	Si
LAN Virtual	Si	Si
Permisos	Si	No

Luego del análisis, se selecciona la solución de SIAE Alfa Plus debido a que aporta mayor seguridad, porque la frecuencia se encuentra libre de interferencias al ser un enlace en banda licenciada. Se asignó una frecuencia definida por el Plan Nacional de Asignación de Frecuencia (PNAF). Asimismo, de acuerdo a sus características, presenta un mejor rendimiento que garantiza un enlace más robusto.

b. Diseño del radioenlace Punto a Multipunto

Para el enlace punto a multipunto (PMP) o red de última milla solo es posible utilizar una única solución en banda no licenciada bajo el equipamiento de la marca CAMBIUM NETWORKS tanto para el lado A y el lado B (ver Figura 4). Es importante mencionar que, las frecuencias en banda no licenciada son exoneradas del pago del canon.

En la siguiente tabla se describen las características del radioenlace PMP para el lado A y B.

Tabla 13: Cuadro de características del radioenlace PMP

Marca	CAMBIUM	CAMBIUM
Modelo	ePMP 1000	Force 180
Banda de operación	4,910 – 5,970 MHz	4,910 – 5,970 MHz
Canales	5, 10, 20 y 40 MHz	5, 10, 20 y 40MHz
Modulación	64 QAM	64 QAM
Puerto	100/1000 BaseT.	10/100/1000 BaseT.
Modulación	OFDM & MIMO 2x2	OFDM & MIMO 2x2
Soporte de Calidad de servicio	Si	Si
LAN Virtual	Si	Si
Antena	- Omnidireccional - Sectorial de 120°	Polarización dual integrada

c. Selección de la torre

Por otro parte, para el diseño del radioenlace también se tiene que considerar la altura de la torre. En el Proyecto Regional Ayacucho se instalaron torres de 15, 18, 24, 30, 42 y 60 m y considerando el dimensionamiento de las cargas que va a soportar se elabora la Tabla 14, que sirve como guía para determinar la altura a la cual se va a instalar la antena.

Para el nuevo nodo de Cocas se utiliza una torre de 15 m. de igual altura a la que se había instalado en la implementación del antiguo nodo, además ya que cuenta con 2 sectoriales 1 de recepción, proveniente del salto anterior y 1 de transmisión, hacia las instituciones beneficiarias se ha utilizado el tipo 1.

Tabla 14: Cuadro de tipos de tamaño de torres y antenas

TIPO DE TORRE	ALTURA DE LA TORRE (m)	ALTURA DE ANTENA (m)	Nº DE ENLACES	CANT DE SECTORIALES
Tipo 1	15	13.5	1	3

Tipo 2	15	13.5	4	3
Tipo 3	18	16.5	1	3
Tipo 4	18	16.5	3	3
Tipo 5	24	22	1	3
Tipo 6	24	22	4	3
Tipo 7	24	21	6	3
Tipo 8	30	27	1	3
Tipo 9	30	27	4	3
Tipo 10	30	27	8	3
Tipo 11	42	39.5	3	3
Tipo 12	42	36.5	8	3
Tipo 13	42	37	11	3
Tipo 14	60	57.5	3	3
Tipo 15	60	57	8	3
Tipo 16	60	54	17	3

d. Determinación del polígono de búsqueda

También se determina el polígono de búsqueda para que el personal de campo obtenga los nodos candidatos y sean evaluados técnica y contractualmente con el objetivo de elegir la mejor opción para la nueva ubicación. Bajo esta premisa, se utiliza el software Pathloss, una herramienta muy completa para el diseño de radioenlaces ya que permite introducir datos como coordenadas de las estaciones y características de equipos, además contiene una base con mapas topográficos.

Basándonos en la posición del salto anterior (nodo intermedio) y las ubicaciones de las instituciones beneficiarias se logra determinar dos polígonos de cobertura, cuyos detalles de cálculo se brinda en el Anexo B.

- Polígono 1: Polígono de cobertura para la localidad (color rojo), determina el espacio en el cual se puede instalar el nuevo nodo terminal y tentativamente va a tener conectividad con el salto anterior.
- Polígono 2: Polígono de cobertura para las Instituciones beneficiarias (color verde), determinar el espacio en el cual se puede instalar el nuevo nodo terminal y es factible que brinde servicio a las instituciones.

A continuación se visualizan ambos polígonos plasmados en un mapa de la localidad de Cocas en Google Earth.



Figura 6: Polígonos de cobertura. Fuente: Elaboración propia

Los criterios principales para la búsqueda del nodo candidato, que de preferencia se encuentre dentro de los polígonos de referencia, son los siguientes:

- Contar con una línea de vista despejada para garantizar la cobertura a las instituciones beneficiadas del Proyecto.
- Contar con línea de vista sin obstáculos hacia otros nodos.
- Ubicarse en lugares que ofrezcan una vista clara del entorno, lo que asegurará la máxima cobertura posible (puntos relativamente elevados y que carezcan de obstáculos)

Siguiendo los criterios mencionados anteriormente durante las visitas en campo, se obtienen los siguientes nodos candidatos:

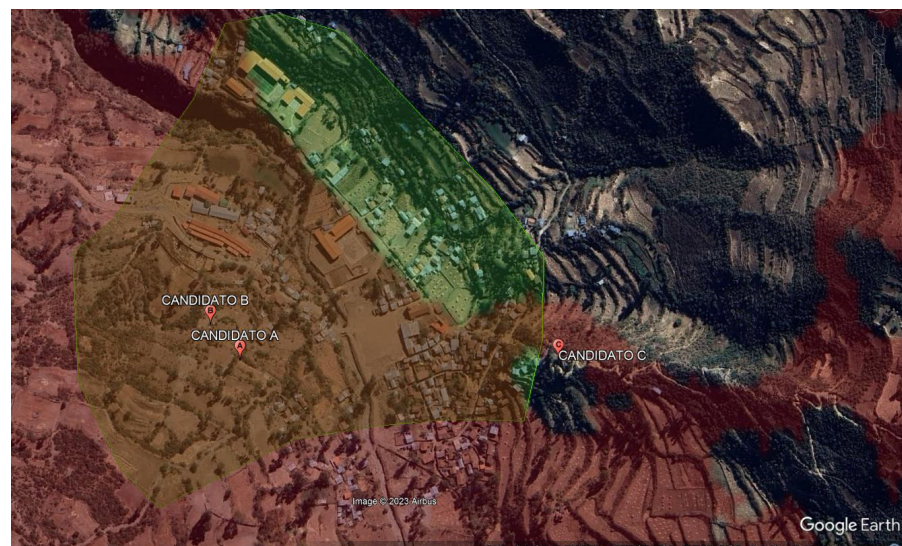


Figura 7: Nodos Candidatos para la localidad de Cocas. Fuente: Elaboración propia

Con los criterios presentados se procede a evaluar los nodos candidatos bajo las siguientes características:

- ¿Se encuentra dentro de los polígonos?, se evalúa si de acuerdo con las coordenadas el nuevo nodo se encuentra dentro de los polígonos de cobertura previamente planteados.
- ¿Cobertura a las Instituciones Beneficiarias?, se revisa si de acuerdo con lo evaluado en campo se tiene línea de vista con 1,2 o 3 instituciones beneficiarias de la localidad.
- ¿Requiere desbroce?, se evalúa si se tiene obstáculos de bosques o árboles de por medio que requiera una tala de estos.
- ¿Cumple con el área contractual mínima?, para la construcción de un nodo terminal se requiere como mínimo de 6 m x 6 m, es posible que el terreno cumpla esta área.
- ¿Cumple el presupuesto?, se revisa si el precio del terreno se ajusta al presupuesto previamente asignado.
- ¿Se encuentra fuera de una zona vulnerable a deslizamiento u otros?, se consulta con diversas instituciones a nivel nacional a fin de validar si la zona se encuentra vulnerable por deslizamiento y/o cercanía a ríos.
- ¿Cuenta con la documentación en orden?, se consulta si los dueños del terreno cuentan con los documentos en regla para realizar la compra-venta del predio.

Tabla 15: Cuadro comparativo de nodos candidatos

CARACTERÍSTICAS	CANDIDATO A	CANDIDATO B	CANDIDATO C
¿Se encuentra dentro de los polígonos?	Si	Si	No
¿Cobertura a las Instituciones Beneficiarias	3/3	3/3	3/3
¿Requiere desbroce?	Si	No	Si
¿Cumple con el área contractual mínima?	Si	Si	Si
¿Cumple el presupuesto?	Si	Si	Si
¿Se encuentra fuera de una zona vulnerable?	Si	Si	Si
¿Cuenta con la documentación en orden?	Si	Si	Si

De la tabla 15, podemos identificar que los tres candidatos tienen características similares, sin embargo el candidato B no requiere un desbroce, esto implica que tiene línea de vista libre de obstáculos hacia el salto anterior (nodo terminal), es por ello que se elige esta opción.

Para el nodo candidato B, primero se valida la línea de vista en campo durante las visitas mediante el uso de drones, y luego se procede a verificar el perfil de elevación por cada tramo con una simulación mediante Google Earth (figuras 8,9,10 y 11).

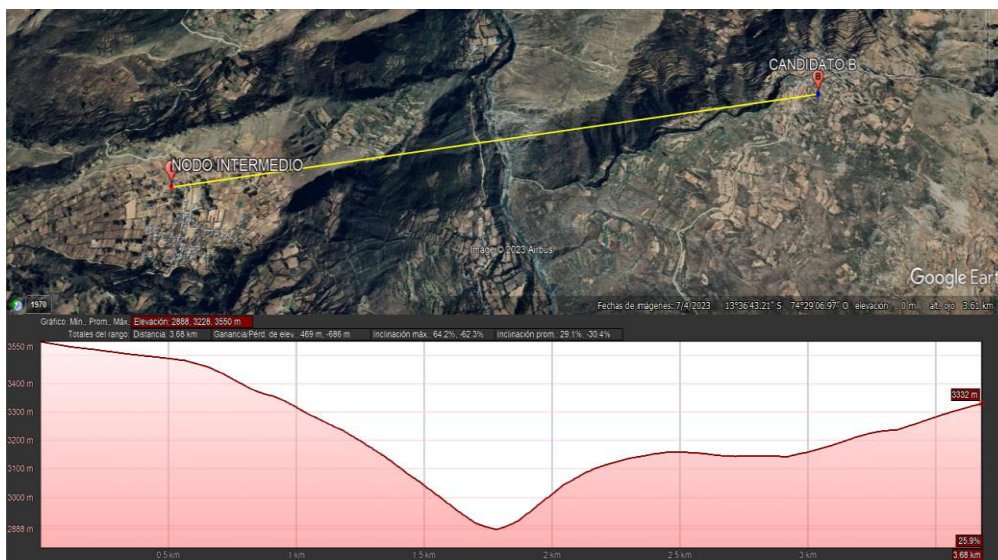


Figura 8: Perfil de elevación Nodo Intermedio – Nodo Terminal. Fuente: Elaboración propia



Figura 9: Perfil de elevación Nodo Terminal – Centro de Salud. Fuente: Elaboración propia



Figura 10: Perfil de elevación Nodo Terminal – Institución Educativa 1.
Fuente: Elaboración propia



Figura 11: Perfil de elevación Nodo Terminal – Institución Educativa 2.
Fuente: Elaboración propia

e. Selección de parámetros y equipo para el enlace Punto a Punto

Con la ubicación del nuevo nodo ya definido, se analizan las características del equipo SIAE Alfo Plus para determinar cuáles serían los parámetros a utilizar en el enlace Punto a Punto.

Sabiendo que los radioenlaces de la Red de distribución utilizan bandas de frecuencia de 5.2, 5.43, 13 y 23 GHz se revisan las recomendaciones del fabricante de acuerdo con el Datasheet (Ver Anexo C), en él se muestran 3 escenarios de rendimiento del equipo Alfo Plus de acuerdo con los diferentes protocolos de tráfico utilizados. Desde el escenario 1, el más sencillo, hasta el escenario 3 donde se considera todo el tráfico como un flujo puro de bits.

Pure radio channel Throughput [Mbit/s]										
Channel	4QAM Strong	4QAM	16 QAM Strong	16QAM	32QAM	64QAM	128QAM	256QAM	512QAM	1024QAM
7MHz	8	11	16	21	24	30	36	42	48	54
14MHz	16	22	33	43	50	61	73	85	97	109
28MHz	33	44	66	86	100	123	147	171	195	218
56MHz	66	89	132	172	199	247	294	342	389	436

Figura 12: Recomendaciones del fabricante en el escenario de uso 3.

Fuente: https://fccid.io/ANATEL/00682-13-01397/3645_MANUAL/27243E13-2DB6-461F-992F-A36C2204A31E/PDF

De la Figura 12 se determina que para brindar una capacidad de 24 Mbps se deben considerar dos parámetros específicos el canal y el ancho de banda, estos se muestran la Tabla 16. Se realiza el diseño del radioenlace mediante el software propietario de SIAE a fin de que se ajuste a las condiciones necesarias.

Tabla 16: Parámetros del enlace PTP

Banda (GHz)	21,200 – 23,600 (23 GHz)
Ancho de Canal	7 MHz
Modulación	32 QAM
Capacidad (Mbps)	24

Para completar el enlace Punto a Punto, del listado de equipos homologados se utiliza la Antena SIAE 23 GHz 0.3m.

f. Selección de parámetros y equipo para el enlace Punto a Multipunto

Por otro lado, para el enlace Punto a Multipunto de la tabla 13 se desprende que al tener una única solución esta será la utilizada para el enlace, es decir el ePmP 1000 de la marca Cambium. En esa misma línea, del listado de equipos homologados se tiene la opción de colocar antena sectorial u omnidireccional, dado que las 3 instituciones se encuentran cerca se utiliza la Antena sectorial de 120°.

Tabla 17: Parámetros del enlace PMP

Banda (GHz)	4,910 – 5,970 MHz
Ancho de Canal	20 MHz
Capacidad (Mbps)	24



Figura 13: Cobertura de la antena sectorial 120°. Fuente: Elaboración propia

Tal como se puede observar en la Tabla 17, el enlace entre el nodo intermedio y nodo terminal tiene una capacidad de 24 Mbps, lo cual es más que suficiente para brindar servicio de al menos 20 Mbps a las 3 instituciones beneficiarias de la localidad de Cocas. Dado que la velocidad actual de las instituciones de la Red Regional de Ayacucho es de 2 Mbps al 40%, bastaría con un enlace de 6 Mbps. Sin embargo, a la fecha se tiene una capacidad mayor y es posible que con las características del enlace nuevo se llegue a cubrir la futura demanda del aumento de velocidad a 12 Mbps en cada institución beneficiaria.

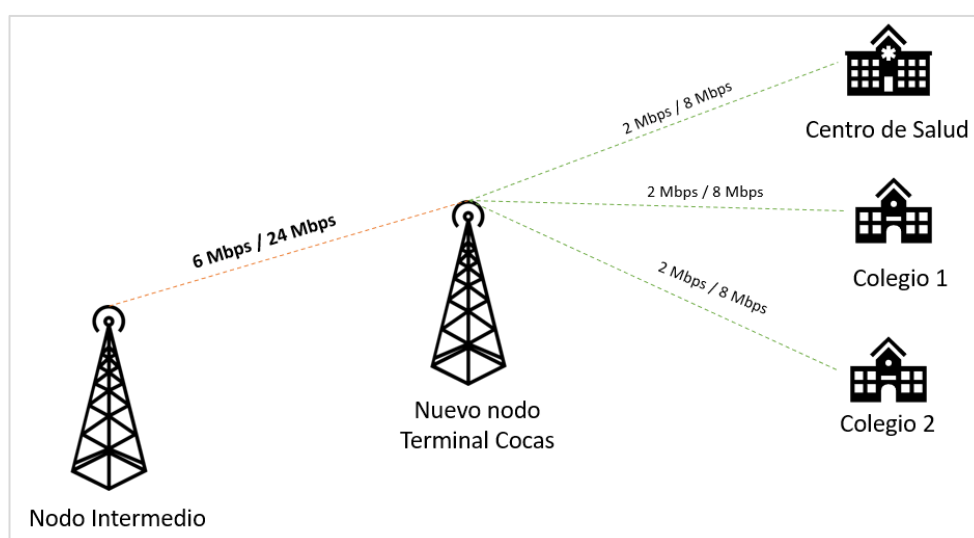


Figura 14. Dimensionamiento de capacidad del enlace PTP y PMP. Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Velocidades de las Instituciones Beneficiarias

Tipo de Servicio	Velocidad Descarga	Velocidad de Carga	Garantizado
Internet	2 Mbps	512 Kbps	40 %
Intranet	2 Mbps	2 Mbps	40%

3.5.3.2 Compra del predio

Se inicia con la búsqueda del terreno en campo dentro del polígono predeterminado, previamente evaluado por el equipo de Radiofrecuencia durante la etapa de diseño, que cobertura casi toda la localidad y las instituciones beneficiarias. Luego, se evalúa precio, aspectos técnicos y condiciones contractuales de los terrenos.

Con la información obtenida en campo se plantea el FTV (Formato Técnico de Visita) que contiene la información completa del terreno o terrenos candidatos, además se plasma ubicación en un archivo de Google Earth y en el informe de búsqueda. Este listado de terrenos candidatos son revisados por el equipo de ingeniería y se evalúa el que representa la mejor opción.

Asimismo, se valida información referente a zonas vulnerables por deslizamiento y/o cercanía a ríos en diversas instituciones como por ejemplo CENEPRED, SIGRID, INDECI, ANA, entre otros.

Una vez seleccionado el terreno idóneo, se procede a armar la carpeta legal con toda la documentación requerida para iniciar con el proceso de adquisición y posterior firma del contrato.

Cuando se tiene el acuerdo formal firmado por el comprador(a), se inicia la fase de permisos y trámites.

a. Permisos para la construcción

i. Permisos culturales

- CIRA (Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos): documento mediante el cual el estado certifica que en la superficie del área seleccionada no existen vestigios arqueológicos. Dado que este documento no tiene un plazo de caducidad, se utiliza el que se presentó para la implementación del nodo en la ubicación inicial.
- PMA (Plan de Monitoreo Arqueológico): documento que contiene el plan de monitoreo arqueológico, se obtiene luego de emitido el CIRA y tiene una duración de 30 días por tanto, se debe actualizar en la nueva ubicación previo al inicio de la construcción.

ii. Permisos municipales

- Autorización para la instalación de infraestructura de telecomunicaciones, documento que se tramita para ejecutar trabajos de la red de banda ancha en zonas públicas.

iii. Permisos ambientales

- i. Para este tipo de implementaciones (reubicación de nodo) no se tramita otro permiso adicional relacionado a temas ambientales, pues para la zona ya se cuenta con el “Programa de adecuación y manejo ambiental” también conocido como PAMA aprobado con R.D N° 0125-2021-MTC.

3.5.3.3 Construcción y puesta en operación del nodo

a. Adquisición de materiales

Primero, se evalúa los equipos que se podrían reusar del nodo anterior (afectado por el huaico), para así reducir la extracción de materias primas y disminuir el impacto ambiental (economía circular). Luego de esta evaluación se identifica un grupo de equipos que se pueden reusar y otro que debe reponerse (nuevos).

A continuación se revisa el stock de equipos disponible con el área de Inventarios para confirmar que equipos se utilizan del stock vigente y cuales deben incluirse en el proceso de compras (licitación). Para la licitación se elaboran las RFPs (Solicitud de propuesta o por sus siglas en inglés Request For Proposal), que según la definición de Toala et al. (2019) es:

Una RFP describe los servicios o recursos que se necesitan y el presupuesto para el trabajo, es una buena idea incluir el criterio en el que se va a basar para seleccionar el proveedor para que las empresas decidan si enviar ofertas o no, además incluye unas instrucciones y la fecha límite para entregar propuestas y la fecha en la que se anunciará su decisión (p. 96)

Es importante mencionar que las RFPs suelen emitirse para equipos o elementos que tienen un nivel de complejidad significativo. Adicional a ello, para este proyecto se tiene en consideración los lineamientos del Apéndice N° 21 del Anexo N° 8B de las Bases del Proyecto Regional Ayacucho.

i. Equipos reusados

Tabla 19: Equipos recuperados de la estación afectada por el huaico

SISTEMAS	DESCRIPCION DE EQUIPOS E INSTALACIONES	CANTIDAD
EQUIPOS DE TRANSMISION	ODU - PUNTO A MULTIPUNTO	1
EQUIPOS DE TRANSMISION	ANTENA - PUNTO A MULTIPUNTO	1
EQUIPOS DE TRANSMISION	POE inyector - PUNTO A MULTIPUNTO	1
EQUIPOS DE TRANSMISION	ODU - PUNTO A PUNTO	1

EQUIPOS DE TRANSMISION	ANTENA - PUNTO A PUNTO	1
EQUIPOS DE TRANSMISION	POE INJECTOR - PUNTO A MULTIPUNTO	1
EQUIPOS NETWORKING	OMNISWITCH	1
SISTEMA DE ENERGIA	POWER CORE	1
SISTEMA DE ENERGIA	MODULO RECTIFICADOR	2
SISTEMA DE ENERGIA	BATERIA	8
SISTEMA DE SEGURIDAD	CONTROLADOR INTELIGENTE	1
SISTEMA DE SEGURIDAD	SIRENA FLASH	1
SISTEMA DE SEGURIDAD	CAMARA INDOOR	1
SISTEMA DE SEGURIDAD	SWITCH POE	1
SHELTER	VENTILADORES	4
SUMINISTRO DE ENERGIA	INTERRUPTORES	6

ii. Equipos nuevos

Tabla 20: Equipos adquiridos

SISTEMAS	DESCRIPCION DE EQUIPOS E INSTALACIONES	CANTIDAD
SISTEMA DE ENERGIA	TABLERO GENERAL	1
SISTEMA DE ENERGIA	RACK TELECOM	1
SISTEMA DE SEGURIDAD	SENSOR DE CONTACTO EN LA PUERTA PRINCIPAL	1
SISTEMA DE SEGURIDAD	SENSOR DE MOVIMIENTO 90°	2
SISTEMA DE SEGURIDAD	DETECTOR DE HUMO	1
SISTEMA DE SEGURIDAD	SENSOR DE ANIEGO	1
SISTEMA DE SEGURIDAD	EXTINTOR	1
SISTEMA DE SEGURIDAD	CAJA OUTDOOR PARA EXTINTOR	1
SISTEMA DE SEGURIDAD	CERRADURA ELECTRICA	1
SISTEMA DE SEGURIDAD	CERRADURA ELECTROMAGNETICA	1
SISTEMA DE SEGURIDAD	CAMARA PTZ OUTDOOR	1
SISTEMA DE SEGURIDAD	LECTOR RFID	2
TORRES DE COMUNICACION	TORRE DE 15 METROS	1
TORRES DE COMUNICACION	PARARRAYOS TETRAPUNTAL	1
TORRES DE COMUNICACION	ESCALERILLA PEATONAL CON LINEA DE VISTA	1
TORRES DE COMUNICACION	ESCALERILA HORIZONTAL PARA CABLES	1
SHELTER	SHELTER	1
SUMINISTRO DE ENERGIA	TABLERO GENERAL	1
SISTEMA SPAT	CAJA DE REGISTRO SPAT	3

b. Limpieza y adecuaciones

Los compromisos ambientales que debe cumplir la empresa se encuentran alineados al “Programa de adecuación y manejo ambiental” también conocido como PAMA (R.D N° 0125-2021-MTC) y se siguen desde la etapa de implementación, durante la etapa de operación y mantenimiento y continúan hasta el cierre o culminación de la vida útil del Proyecto Regional Ayacucho.

Bajo dicho marco se procede con la limpieza del espacio ocupado por el antiguo nodo. Como parte de los compromisos ambientales que se siguen para la limpieza tenemos el manejo y gestión de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos; gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, disposición con empresas operadoras de residuos sólidos (EO-RS), además se realizan las gestiones y reportes respectivos ante las autoridades ambientales competentes, de requerirse.

Asimismo, para la adecuación del espacio para la construcción del nuevo nodo se siguen con los compromisos ambientales, indicados en el PAMA, tales como monitoreo ambiental de ruido, plan de señalización ambiental, uso de vías ya existentes para evitar el impacto ambiental. También se mantienen los compromisos de conservación ambiental de flora y fauna, así como los compromisos sociales con las comunidades.

c. Construcción de la base de la torre y cerco perimétrico

De acuerdo con el Apéndice N° 21 del Anexo N° 8-B de las Bases del Proyecto Regional Ayacucho elaborado por el PRONATEL, se solicita (2015):

Cerco Perimétrico

- 1. El cerco perimétrico tendrá una altura mínima de 2.40 mts.*
- 2. Sobre el cerco perimétrico se instalará un cerco de alambre de púas tipo concertina de un diámetro no menor a 0.4 mts. (p. 198)*

Bajo estos requerimientos y con la finalidad de brindar seguridad al nodo, se instala un portón de 2 hojas de aproximadamente 1.85m de ancho cada una, un cerco perimétrico de 2.4 m de altura y sobre este una concertina (alambre de púas) de 0.4m de diámetro.

Al interior del nodo se realiza la excavación para la instalación de zapatas y pedestales a fin de colocar las bases de la torre.



Figura 15: Instalación de bases de la torre. Fuente: Informe de construcción del nodo Cocas.

d. Montaje de la torre e instalación del shelter

De acuerdo con el Apéndice N° 21 del Anexo N° 8-B de las Bases del Proyecto Regional Ayacucho elaborado por el PRONATEL, se solicita que (2015):

4.Nodo Inalámbrico Terminal

☐ *Se considera un área de 6m x 6m que ubicará los siguientes equipos y estructuras:*

- o Torres con altura mínima de 12 metros.*
- o Shelter de 960 x 960 x 2100 mm para alojar equipos de radio, datos, rectificadores y baterías. (p.206)*

De acuerdo con lo requerido, se instala una torre de 15 m de altura (de acuerdo al diseño) donde se colocan los equipos para la transmisión inalámbrica. Para alojar el equipamiento de microondas, networking, seguridad y energía se instala un shelter, el cual tiene la propiedad de brindar hermeticidad y protección del medio exterior al equipamiento instalado en su interior.



Figura 16: Instalación del shelter. Fuente: Informe de construcción del nodo Cocas.

e. Gestión de servicios básicos

Se realiza la construcción de un murete al lado derecho del nodo para instalar el medidor de energía eléctrica comercial por parte de la Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad del Centro (ELECTROCENTRO) y cumplir con la obligación de instalar un sistema de energía conformado por energía comercial primaria “Sistema 220 VAC, monofásico” (PRONATEL, 2015, Anexo N° 8B de las Bases del Contrato del Proyecto Regional de Ayacucho, p. 199) Es importante manifestar que para este tipo de nodo no se requiere servicio de agua y alcantarillado.

f. Implementación de SPAT (Sistema de Pozos a Tierra) y obras eléctricas

De acuerdo con el Apéndice N° 21 del Anexo N° 8-B de las Bases del Proyecto Regional Ayacucho elaborado por el PRONATEL, se solicita que (2015):

El sistema de tierra para los equipos, torres y pararrayos consistirá como mínimo de (03) pozos de tierra y deberán garantizar una medición de resistencia de puesta a tierra menor a 5 ohm. (p.206)

Para cumplir este requisito, se realiza la instalación de un sistema de pozos a tierra unidos entre sí para tener puntos equipotenciales y que todos los elementos que contengan metales estén aterrados en el Sistema de Pozos a Tierra (SPAT).

A su vez como complemento del Sistema de Pozos a Tierra se instala un pararrayos en la torre que se encuentra conectado a los pozos y tiene como objetivo atraer los rayos.



Figura 17: Excavación para Interconexión de pozos. Fuente: Informe de construcción del nodo cocas.

g. Instalación de equipamiento electrónico

Finalizada la construcción de la infraestructura del nodo en la nueva ubicación e instalado el shelter, se continua con la instalación del equipamiento que forma parte de los sistemas de energía, seguridad, networking y climatización. A continuación se detalla cada uno de ellos:



Figura 18: Instalación del Shelter. Fuente: Informe de construcción del nodo cocas.

- **Energía:** dado que este tipo de nodos se alimenta con energía comercial, previo a iniciar con la construcción del nodo, se realiza una gestión con la concesionaria de energía eléctrica de la zona. ELECTROCENTRO quien se encarga del ingreso de la acometida hacia el medidor y Gilat de la instalación del tablero general con sus respectivos breakers. A la par, en el interior del shelter se procede con la instalación del Power Core, parte fundamental del sistema de energía y las conexiones necesarias con cada uno de los subsistemas del nodo. Para ello se realiza la conexión de energía hacia la controladora, el Omniswitch, los radios e inyectores y extractores. Finalmente, se realiza la instalación de las baterías de litio, sistema de energía backup.
- **Seguridad:** se coloca el sistema de acceso que se encuentra en la puerta metálica ubicada en la parte frontal del nodo, se instala una cerradura electromagnética y eléctrica cuya función es controlar el ingreso al nodo. Luego, como método secundario de acceso se implementa un sistema de control de acceso basado en un lector de tarjetas RFID ubicadas al interior y exterior del nodo.
Luego, se instalan los detectores de intrusión física o más conocidos como sensores de 90°, los cuales se ubican estratégicamente en el patio del nodo para monitorear los eventos en el ingreso del nodo y patio de este. También se instala el sistema de videovigilancia que se encuentra compuesto de 2 cámaras, una al interior del shelter y la segunda, en la parte alta de la torre que permite monitorear todo el perímetro del nodo. Finalmente, en el interior del shelter se instala la controladora del sistema de seguridad que permite monitorear todos los elementos mencionados, los cuales se gestionan desde el NOC (Network Operation Center) con el fin de garantizar el acceso del personal autorizado así como llevar un registro de actividades en el interior.
- **Networking:** la puesta en marcha del sistema de Networking, se basa principalmente en la instalación y energizado del Omniswitch, equipo conmutador de paquetes que permite la conectividad a nivel LAN.
- **Climatización:** la Red de Acceso requiere un sistema de climatización operativo 24x7x365 a fin de mantener los valores de humedad y temperatura dentro de los umbrales permitidos, es así que para este tipo de nodo (Terminal) se instalan inyectores y extractores de aire en el shelter a fin de cumplir con el requerimiento realizado por las bases de Pronatel.
- **Microondas:** se realiza la instalación de las antenas en la torre, a la altura adecuada a fin de obtener una correcta línea de vista hacia el salto anterior para el nodo intermedio (enlace punto a punto) y hacia las Instituciones beneficiarias (enlace punto a multipunto). Luego, se realiza la instalación y energizado de los equipos de radio en el interior del shelter a fin de brindar conectividad a los enlaces, posterior a ello se configuran los equipos bajo los parámetros definidos en el diseño y vistos al inicio del capítulo.

h. Puesta en operación del nodo

Una vez que ya se cuenta con todos los equipos instalados y energizados en el nodo, el personal del Datacenter procede con la configuración de cada equipo y a colocar su direccionamiento IP, de acuerdo con lo establecido en el Estudio de Ingeniería presentado en la etapa de implementación del Proyecto Regional Ayacucho.

A continuación, los Ingenieros NOC validan que cada equipo se encuentre integrado en su respectivo gestor como lo es: Multisite Monitor, para energía; SAM, para redes; CMS, para seguridad y Cnmaestro y NMS SIAE para microondas. Para ello, se realizan 2 tipos de verificaciones tanto en la parte física, mediante fotografías que son enviadas por el personal de campo donde se revisan las conexiones en el rack y que los equipos se encuentren operativos; y la parte de sistemas o software, donde de manera remota se realizan pruebas de comunicación y conectividad entre los nodos y sus instituciones beneficiarias para validar que todos los parámetros se encuentren dentro de los rangos adecuados para brindar un servicio de calidad.

Finalmente, para que el personal técnico de campo se pueda retirar de sitio, el NOC debe validar que no exista ninguna alarma en el equipamiento instalado ni en los gestores, posterior a ello la estación se mantiene en monitoreo por un periodo de 48 horas.

3.5.4 Seguimiento y Control

Dado que se tienen compromisos que cumplir sobre determinados indicadores es necesario saber que valores tienen dichos indicadores y las desviaciones respecto a las metas indicadas en los compromisos, a fin de tomar las medidas correctivas oportunas.

Por ello, como parte del proceso de control, se miden los siguientes indicadores:

- Indicadores relacionados al nodo
 - Mediciones de radiaciones no ionizantes
- Indicadores de Calidad de las Instituciones Beneficiarias
 - Latencia
 - Pérdida de paquetes
 - Velocidad de subida y de bajada

3.5.4.1 Indicadores relacionados al nodo

Se realizan las mediciones de RNI bajo el Método de Medición Preliminar descrito en la Norma Técnica sobre Protocolos de Mediciones de RNI aprobado

mediante RM N° 613-2004-MTC/03 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aplicando la técnica de medición de Banda Ancha para Emisiones Múltiples y para el campo cercano y el campo lejano de emplazamiento de telecomunicaciones.

Luego se evalúa el cumplimiento respecto a los Límites Máximos Permisibles de RNI establecidos mediante DS N° 038-2003-MTC y RM N° 120-2005-MTC/03 para Exposición Ocupacional, Poblacional y Exposición en Áreas de Uso Público. Se verifica en campo la existencia de exposiciones ocupacional, poblacional y áreas de usos público como colegios, Clínicas, Hospitales, cercanas a la estación en evaluación.

A fin de determinar los límites máximos permisibles de evaluación aplicables, se considerará la frecuencia de operación más baja de operación del nodo, dado que a dicha frecuencia se asocia el LMP más bajo. Se realiza la determinación a partir de Decreto Supremo N.º 038-2003-MTC y Resolución Ministerial N.º 120-2005-MTC/03, cuyos valores se muestran en la tabla 21.

Tabla 21: Cálculo de Límite Máximo Permissible

Frecuencia de referencia	Exposición ocupacional	Exposición poblacional	Exposición en Áreas de Uso Público
788 MHz	19.70 W/m ²	3.94 W/m ²	1.97 W/m ²

Los resultados de las mediciones se muestran en la figura 19 y 20 identificándose que ninguna medición está por encima de los niveles máximos permisibles:

Equipo de medida Utilizado			Datos de las Mediciones	
Marca: WAVECONTROL			Código de Estación: AY-0346-A01 COCAS	
Modelo: SMP2			Fecha de realización: 26/07/2021	
N° de Serie: 19SN0950			Tiempo de Inicio/Fin: 13:20 – 14:56	
Fecha de última Calibración de Operatividad: 04/02/2021			Técnico Responsable: Walter Allica Huaysara	
Código de Certificación otorgado por el MTC: EMRNI0052			N° Total de mediciones: 15	
Localización del punto de evaluación respecto del soporte de antenas			Se detecta nivel superior al umbral (Si/No)	¿El punto corresponde a un área de uso público? (Si/No)
Punto de Medida	Distancia	Acimut		
S1_1	2	60°	No	No
S1_2	10	60°	No	No
S1_3	20	60°	No	No
S1_4	50	60°	No	No
S1_5	100	82°	No	No
S2_1	2	150°	No	No
S2_2	10	173°	No	No
S2_3	20	150°	No	No
S2_4	46	150°	No	No
S2_5	91	150°	No	No
S3_1	2	341°	No	No
S3_2	10	341°	No	No
S3_3	20	341°	No	No
S3_4	50	341°	No	No
S3_5	100	341°	No	No

Figura 19: Reporte resumen de mediciones. Fuente: Estudios de RNI del nodo Cocas

Localización del punto de medida respecto al soporte de antenas			Nivel de Emisión W/m^2	LMP Ocupacional W/m^2	% Del Nivel de Emisión Calculado respecto al LMP Ocupacional	LMP Poblacional W/m^2	% Del Nivel de Emisión Calculado respecto al LMP Poblacional
Acimut	Distancia (metros)	Punto de Medición					
60°	2	S1_1	0.02054	50	0.04108%	10	0.20540%
60°	10	S1_2	0.01658	50	0.03316%	10	0.16580%
60°	20	S1_3	0.01592	50	0.03184%	10	0.15920%
60°	50	S1_4	0.0141	50	0.02820%	10	0.14100%
82°	100	S1_5	0.01497	50	0.02994%	10	0.14970%
150°	2	S2_1	0.01407	50	0.02814%	10	0.14070%
173°	10	S2_2	0.02193	50	0.04386%	10	0.21930%
150°	20	S2_3	0.02008	50	0.04016%	10	0.20080%
150°	46	S2_4	0.01096	50	0.02192%	10	0.10960%
150°	91	S2_5	0.01338	50	0.02676%	10	0.13380%
341°	2	S3_1	0.01559	50	0.03118%	10	0.15590%
341°	10	S3_2	0.02365	50	0.04730%	10	0.23650%
341°	20	S3_3	0.01821	50	0.03642%	10	0.18210%
341°	50	S3_4	0.01848	50	0.03696%	10	0.18480%
341°	100	S3_5	0.01291	50	0.02582%	10	0.12910%
Máximo Nivel de Exposición Acimut: 341°, Distancia: 10 m			0.02365	50	0.04730%	10	0.23650%

Figura 20: Resultados y evaluación de los puntos de medición. Fuente: Estudios de RNI del nodo Cocas

Los resultados detallados se encuentran en el Anexo D.

3.5.4.2 Indicadores de Calidad de las Instituciones Beneficiarias

De acuerdo con el Apéndice N° 11 del Anexo N° 8-B de las Bases del Proyecto Regional Ayacucho elaborado por el PRONATEL, se deben cumplir los siguientes indicadores de calidad (2015):

a) Latencia

Es la medición del retardo de los paquetes transmitidos desde un CPE en la localidad beneficiaria, hasta un servidor alojado en la red del CONTRATADO.

Objetivo de Calidad: Menor a 150 ms en un solo sentido.

b) Pérdida de paquetes

Objetivo de Calidad: Menor a 2 %.

• Velocidad de subida y de bajada en el CPE

Objetivo de Calidad: No menor al 40% de la velocidad contratada. (p.141)

Los resultados de estos parámetros se muestran en las tablas 22 y 23, en la que se miden los indicadores de los 3 primeros meses desde la activación del servicio.

a. Parámetros de Calidad para Centro de Salud

Tabla 22 : Parámetros de Calidad para el Centro de Salud.

Indicadores	Requisito	Jun21	Jul21	Ago21
Latencia (ms)	<150	0.70	21.96	20.00
Pérdida de Paquetes (%)	<2.00	0.00	0.05	0.08
Veloc Subida (Kbps)	>204.8	804.94	819.58	819.35
Veloc Bajada (Kbps)	>819.2	2,768.10	2,922.02	2,980.67

De la Tabla 22, se concluye que se cumplen con los requisitos solicitados en las bases del Proyecto Regional de Ayacucho.

b. Parámetros de Calidad para Institución Educativa 1

Tabla 23: Parámetros de Calidad para la Institución Educativa 1

Indicadores	Requisito	Jun21	Jul21	Ago21
Latencia (ms)	<150	0.94	10.19	1.27
Pérdida de Paquetes(%)	<2.00	0.00	0.00	0.00
Veloc Subida (Kbps)	>204.8	843.51	811.50	829.35
Veloc Bajada(Kbps)	>819.2	2,695.80	2,831.46	2,876.66

De la Tabla 23, se concluye que se cumplen con los requisitos solicitados en las bases del Proyecto Regional de Ayacucho.

c. Parámetros de Calidad para la Institución Educativa 2

Dado que la infraestructura de esta institución continuó afectada por el huaico y estaba pendiente la reconstrucción o reubicación de esta, no se obtienen los valores de los indicadores de Calidad hasta el Cierre del Proyecto. En la tabla 24 se muestran los indicadores de los 3 primeros meses desde la activación del servicio.

Tabla 24: Parámetros de Calidad para la Institución Educativa 2

Indicadores	Requisito	May22	Jun22	Jul22
Latencia (ms)	<150 ms	12.3	18.8	11.05
Pérdida de Paquetes (%)	<2.00%	0.06	0.07	0.03
Veloc Subida (Kbps)	>204.8	3,913.20	4,074.63	3,847.85
Veloc Bajada (Kbps)	>819.2	8,096.61	8,190.19	8,295.38

De la Tabla 24, se concluye que se cumplen con los requisitos solicitados en las bases del Proyecto Regional de Ayacucho.

3.5.5 Cierre

Se realiza la comunicación al Pronatel informando la conclusión del proceso de construcción del nodo y su puesta en operación nuevamente, cumpliéndose los plazos del cronograma de ejecución remitido en la etapa de planificación. A su vez, se presentan las capturas de los diversos gestores que demuestran que el servicio se encuentra operativo:

Tabla 25: Operatividad del nodo Cocas y sus Instituciones Beneficiarias

NODO/IAO	ESTADO	COMENTARIO
NODO COCAS	Operativo	-
INSTITUCIÓN EDUCATIVA 1	Operativo	-
INSTITUCIÓN EDUCATIVA 2	Pendiente*	Pendiente por reubicación
CENTRO DE SALUD	Operativo	-

*Luego del cierre del Proyecto, en mayo del 2022 se realiza la verificación de la conectividad de la institución educativa 2, indicándose “Operativo”

3.6 Resultado de la actividad

- Se completa la reconstrucción del nodo terminal de la localidad de Cocas, cumpliendo los lineamientos de las bases del Proyecto Regional Ayacucho y siguiendo el cronograma presentado en el Anexo A.



Figura 21: Reconstrucción del nodo Cocas finalizada. Fuente: Informe de construcción del nodo Cocas.

- Se brinda servicio de internet e intranet a las Instituciones Abonadas Obligatorias de la localidad de Cocas, de acuerdo con los indicadores de calidad indicados en las bases del contrato del Proyecto Regional Ayacucho.
- Se presenta el entregable final al cliente informando que se ha culminado con la implementación del nodo terminal y se confirma que este se encuentra operativo, así como el servicio en sus instituciones beneficiarias.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES

4.1 Justificación

Este trabajo se enfoca en la implementación del nuevo nodo terminal y el diseño del radioenlace para la conectividad de las instituciones públicas de la localidad de Cocas, debido a que el nodo instalado inicialmente para el Proyecto Regional de Banda Ancha fue destruido a causa de un huaico. Este nuevo nodo terminal permite a la población de Cocas tener acceso al servicio de internet y con ello mayores oportunidades para su desarrollo económico, social, cultural, etc. Puesto que el servicio de internet de banda ancha prepara a los estudiantes de los colegios para desenvolverse en un mundo digitalizado y permite a los trabajadores de los centros de salud agilizar su trabajo diario. Asimismo, este proyecto permite disminuir la brecha digital que aún existe en el país y viene siendo aprovechado por las localidades beneficiadas elegidas por el Pronatel en el interior del país, como es el caso de la localidad de Cocas en la Región Ayacucho.

Los beneficiados directamente son los pobladores de la comunidad de Cocas quienes reciben el acceso al servicio de banda ancha en dos Instituciones Educativas y un Centro de Salud.

4.1.1 Evaluación económica

En esta sección se evalúan los costos económicos de la implementación presentada y el desagregado de cada uno de ellos, para ello se elabora un gráfico circular con la finalidad de dar a conocer la distribución de gastos siguiente:

- Desmontaje y limpieza, costo de realizar la limpieza en la antigua ubicación para dejar el área despejada de residuos que podrían ser peligrosos para la comunidad.
- Acarreo, nivelación y otros, es el costo por los trabajos en el terreno del nodo previos al inicio de la construcción.
- Transporte, costo por llevar el equipamiento desde Lima o Ayacucho hasta la localidad de Cocas.
- Construcción de nodo, es el valor de los materiales y mano de obra para la construcción de toda la infraestructura.

- Shelter y equipamiento, es el valor del equipamiento indoor y outdoor instalado en el nodo, así como el valor del gabinete metálico para resguardar el equipamiento.
- Gestiones de energía comercial, es el costo por el trámite y las adecuaciones que se realizaron para que el servicio de energía eléctrica comercial llegue a la zona.
- Puesta en servicio, costo de lograr la conectividad en el nodo Cocas.
- RNI, pago al personal habilitado para realizar las mediciones RNI y trámites ante el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

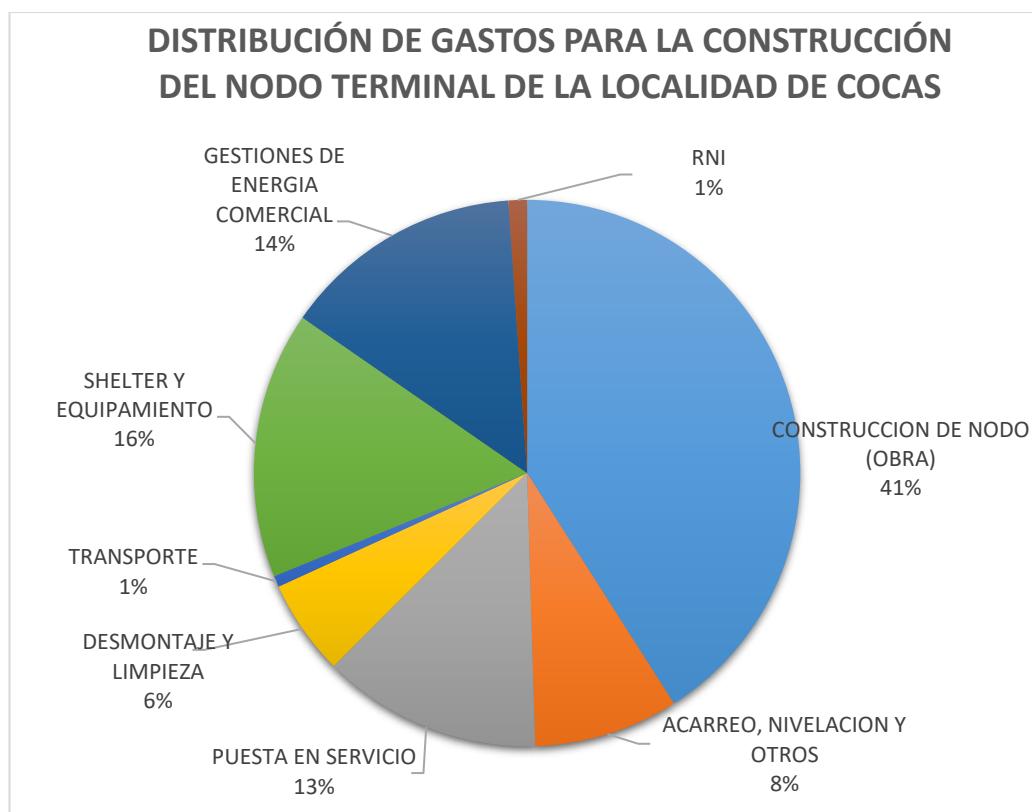


Figura 22 : Distribución de gastos para la construcción del nodo. Fuente: Elaboración propia

4.2 Descripción de la implementación

De lo visto en el capítulo III, podemos resumir la implementación del nodo terminal de Cocas en 5 actividades las cuales se completaron en su totalidad, cumpliendo los plazos y los tiempos informados al cliente.

Tabla 26: Cumplimiento del cronograma

Nº	CRONOGRAMA	INICIO	FIN	DURACION (días)	CUMPLIMIENTO
1	Inicio	Feb 2020	Feb 2020	6	100%
2	Planificación	Feb 2020	Feb 2020	8	100%
3	Ejecución	Mar 2020	Jun 2021	486	100%
4	Seguimiento y control	Jun 2021	Jul 2021	27	100%
5	Cierre	Jul 2021	Jul 2021	5	100%

4.3 Conclusiones

- Se logra diseñar los radioenlaces punto a punto y punto multipunto de acuerdo con los requerimientos del cliente en las Bases del Contrato del Proyecto Regional de Ayacucho y conforme a lo ofrecido en el estudio de ingeniería.
- Se completa la implementación del nuevo nodo terminal, cumpliendo la obligación contractual de mantener las 350 localidades beneficiarias en la Región de Ayacucho.
- Se cumple con la obligación contractual de brindar el servicio de internet a las instituciones beneficiarias de acuerdo con los indicadores de calidad solicitados por el Pronatel en el Anexo N° 8B de las Bases del Contrato del Proyecto Regional de Ayacucho.
- Se logra aplicar economía circular al reutilizar equipos, además de generar ahorros.

CAPITULO V: RECOMENDACIONES

- i. Previo a la adquisición del predio, es necesario validar información emitida por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN), entre otros a fin de tener información sobre los peligros, emergencias y desastres naturales que han ocurrido y pueden ocurrir en la zona. Asimismo, es importante evaluar la estabilidad del suelo y considerar la construcción en lugares altos.
- ii. Durante la fase de reconstrucción es importante realizar previamente la validación del equipamiento a utilizar, en el caso del nodo de Cocas algunos equipos de microondas, energía y seguridad pudieron ser recuperados de la ubicación inicial. En este tipo de proyectos es importante evaluar el reuso de equipos, previa realización de las pruebas necesarias, a fin de optimizar costos y reducir el impacto al medio ambiente.
- iii. Se debe tener en cuenta que si se requiere cambiar un equipo se debe realizar la homologación de este con el cliente, como fue el caso de las baterías de litio que se utilizaron para este nodo. Se debe evaluar la homologación de equipos alternativos teniendo en consideración los plazos de adquisición y el cronograma ya planteado, así como considerar reuniones con el PRONATEL donde se explique las características técnicas y la necesidad de uso para acelerar su aprobación.
- iv. Realizar un seguimiento semanal al cronograma de trabajos con la finalidad de verificar el avance, así como desarrollar un plan de contingencia para abordar imprevistos y minimizar su impacto en el cronograma.

CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA

Castro, A. & Jorge, R. (1999). Teleinformática para Ingenieros en Sistemas de Información (2da edición). Editorial Reverté.
https://www.google.com.pe/books/edition/Teleinformatica_Para_Ingenieros_en_Siste/W5qfR_axiGsC?hl=es-419&gbpv=1

García, J. & Morales, G. (2012). Instalaciones de radiocomunicaciones. Editorial Paraninfo.
https://www.google.com.pe/books/edition/Instalaciones_de_radiocomunicaciones/Vj_o3kbiD4fgC?hl=es-419&gbpv=1

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2018, Octubre). Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017. Consultado el 21 de junio del 2023.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1568/

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2003). Decreto N° 038-2003 MTC del 06 de julio del 2003. *Establecen límites máximos permisibles de radiaciones no ionizantes en telecomunicaciones*. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/308749-038-2003-mtc>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (s. f.). Proyectos Regionales - Región Ayacucho. Consultado el 01 de setiembre de 2023.
https://www.pronatel.gob.pe/sproyectos/proy_regional_ayacucho.html

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (s. f.). Proyectos Regionales - Región Ayacucho Anexo N° 8B. Consultado el 01 de setiembre de 2023.
https://www.pronatel.gob.pe/sproyectos/archivos/anexo_8b_ayacucho.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2005). Resolución N° 120-2005 MTC/03 del 28 de febrero del 2005. *Aprueban norma técnica sobre restricciones radioeléctricas en áreas de uso público*.
[https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/14318BEDD574D0CC05257C7C0071950A/\\$FILE/RM-120-2005-Restricciones-radioelectricas.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/14318BEDD574D0CC05257C7C0071950A/$FILE/RM-120-2005-Restricciones-radioelectricas.pdf)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2004). Resolución N° 613-2004 MTC/03 del 17 de agosto del 2004. *Aprueban norma técnica sobre protocolos de medición de radiaciones no ionizantes.*
[https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/4CA206BFC46FC9DC05257C7C00707D8A/\\$FILE/1_pdfsam_RM-613-2004\(19-08-2005\).pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/4CA206BFC46FC9DC05257C7C00707D8A/$FILE/1_pdfsam_RM-613-2004(19-08-2005).pdf)

Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL). (2011, Mayo). Plan Nacional para el desarrollo de la banda ancha en el Perú. Consultado el 10 de octubre del 2023.
<https://www.osiptel.gob.pe/media/io0g0vti/plan-nacional-desarrollo-banda-ancha-peru.pdf>

SIAE microelettronica. ALFOplus Series Microwave Radio for Point-to-Point applications. <https://fccid.io/ANATEL/02169-13-01397/Manual-do-Usuario-ALFOplus-7GHz/940AAC20-51A9-4B54-96AF-81325C428682/PDF>

Toala, M. et al. (2019). Introducción a la gestión de proyectos. Editorial Área de Innovación y Desarrollo.
https://www.google.com.pe/books/edition/INTRODUCCI%C3%93N_A_LA_GESTI%C3%93N_DE_PROYECTOS/8MiFDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1

CAPITULO VII: ANEXOS

Anexo A: Cronograma de trabajos

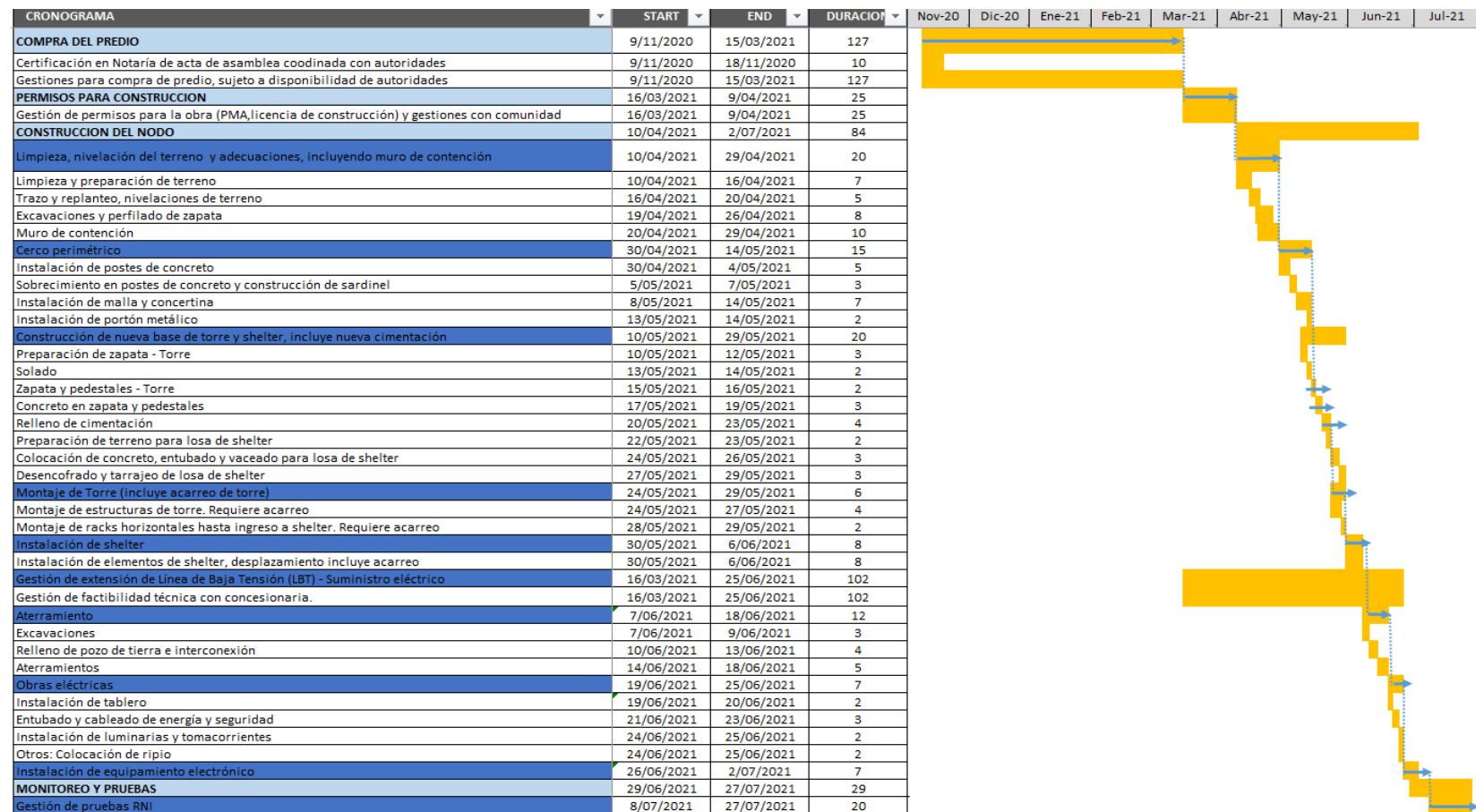


Figura 23: Cronograma de trabajos. Fuente: Elaboración propia

Anexo B: Cálculo del polígono de cobertura con software Pathloss

Para el primer polígono:

1. Ingresar los datos de distancia y alturas aproximadas de las torres.

Para este caso vamos a tener una distancia referencial, puesto que ya existió un nodo anteriormente. Entonces, el nodo anterior estaba ubicado a 3.4 Km, se suma 1 Km y se redondea el valor para tener una cobertura aproximada.

Distancia = 3.4 Km + 1 Km = 4.4 Km = 5 Km.

Luego, registraremos la altura aproximada a la cual se deben colocar las antenas, estas se colocan en función a la altura de la torre.

Posteriormente, se colocan los datos de ambos sites.

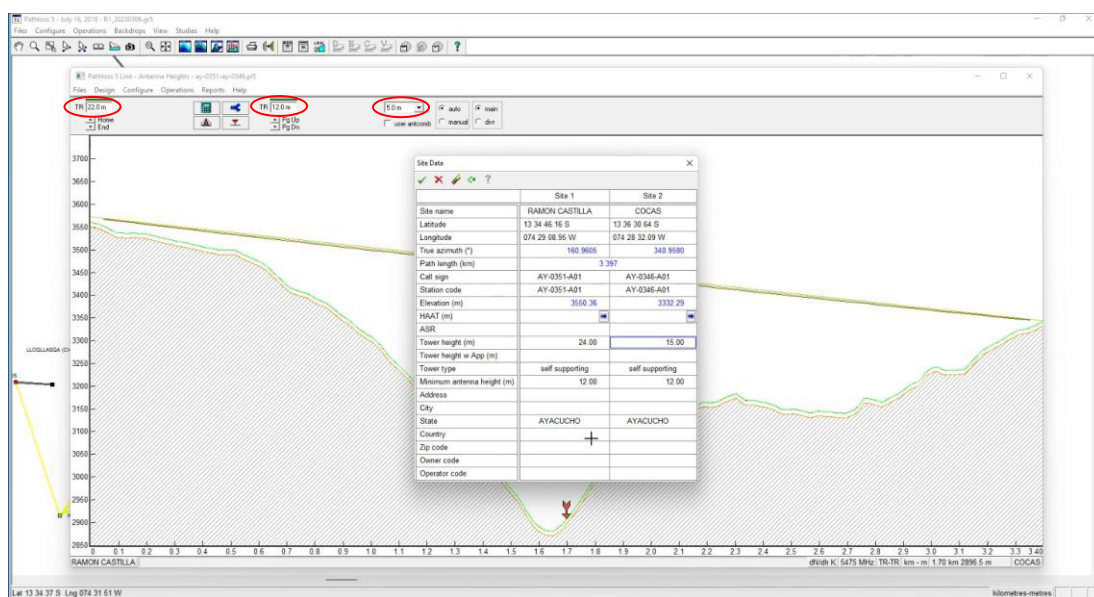


Figura 24: Simulación del 1er polígono – Parte 1. Fuente: Elaboración propia

2. Se crea la estación base, para ello se registran los datos de antenas y transmisión.

Para este paso es importante saber el clearance, el cual es un valor que se obtiene en campo y está referido a la máxima obstrucción. De acuerdo con lo estudios realizados en campo, este valor es de 15m.

Altura de la antena de la estación base: $22\text{m} - 15 = 7\text{m}$

Altura de la antena de la estación remota: $12\text{m} - 15\text{m} = -3\text{m}^*$

*Como no es posible utilizar números negativos en el programa, se colocará el menor valor positivo es decir 1.

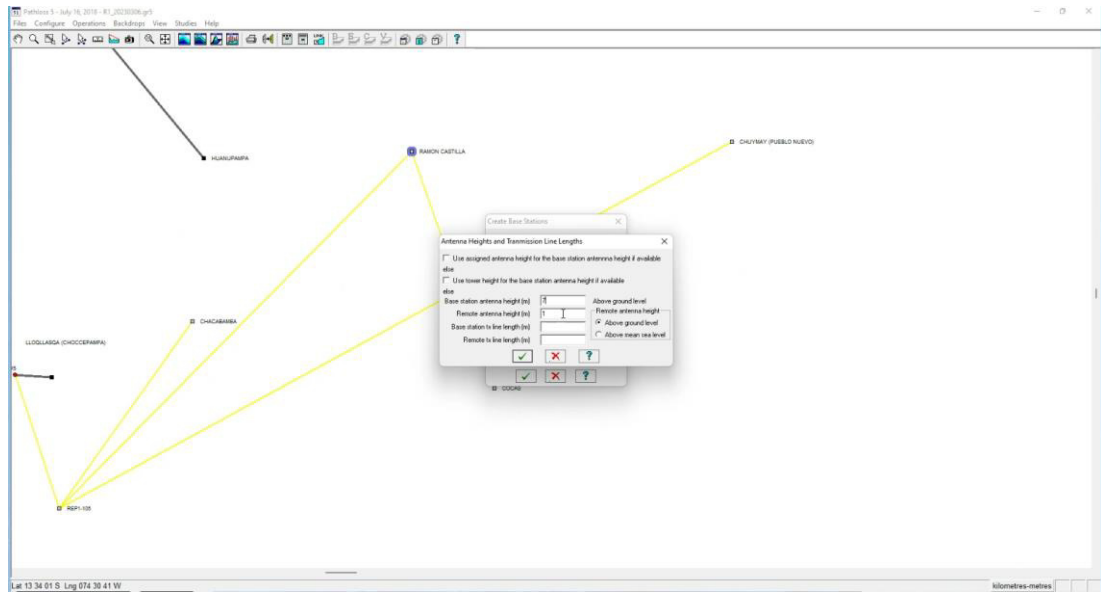


Figura 25: Simulación del 1er polígono – Parte 2. Fuente: Elaboración propia

3. Se crea el estudio local

Se registran los parámetros de radio y tamaño de celda. El valor del radio será la distancia aproximada que habíamos calculado en el paso 1, es decir 5 Km y el valor de tamaño de celda usualmente es 10m.

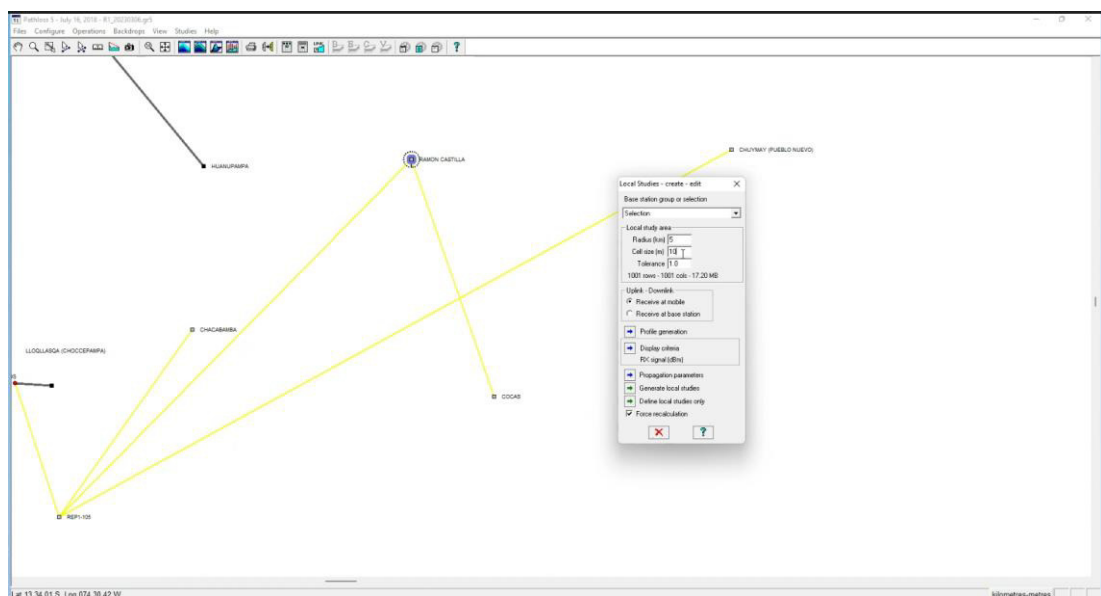


Figura 26: Simulación del 1er polígono – Parte 3. Fuente elaboración propia

Para el segundo polígono:

1. Se insertan las coordenadas de las instituciones beneficiarias en el software.

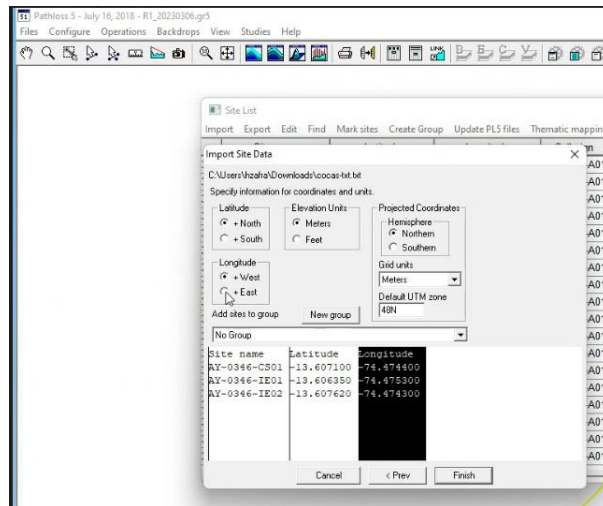


Figura 29: Simulación del 2do polígono – Parte 1. Fuente: Elaboración propia

2. Se seleccionan las 3 instituciones y se crean las estaciones bases.

Similar a como se realizó el cálculo en el primer polígono, antes que todo necesitamos saber el clearance, el cual es un valor que se obtiene en campo y está referido a la máxima obstrucción. De acuerdo con lo estudios realizados en campo, este valor es de 15m.

Altura de la antena de la estación base: $12\text{m} - 15\text{ m} = -3\text{ m}$. *

Altura de la antena de la estación remota: 1 m.**

*Como no es posible utilizar números negativos en el programa, se colocará el menor valor positivo es decir 1.

**En el caso del enlace del nodo terminal a las estaciones base, la mayor obstrucción que podría existir serian casas de 2 o 3 pisos por lo cual se colocará también el mínimo valor posible es decir 1.

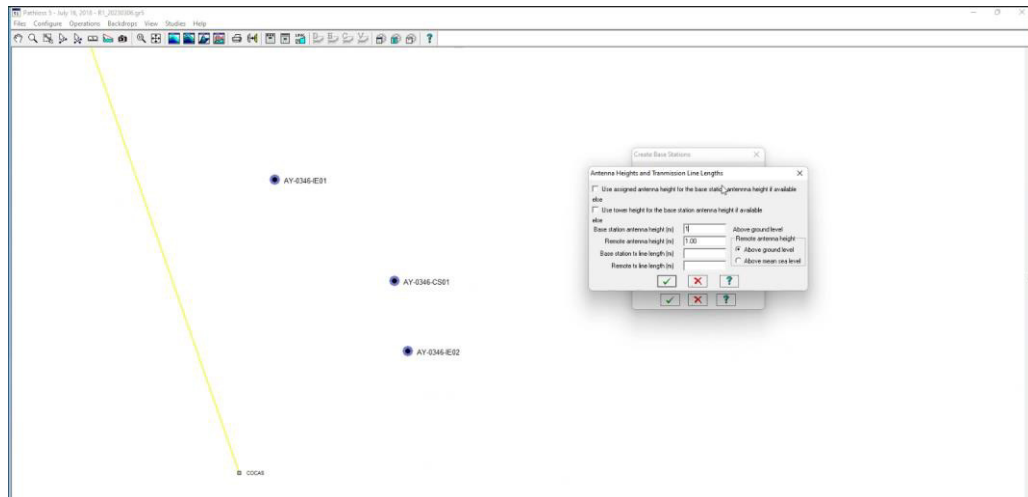


Figura 30: Simulación del 2do polígono – Parte 2. Fuente: Elaboración propia

3. Se crea el estudio local

Se seleccionan 1 de los puntos y se registran los parámetros de radio y tamaño de celda. El valor del radio será la distancia aproximada del nodo hacia las instituciones dado que ambos se encuentran en una misma localidad se colocará 2 Km. y el valor de tamaño de celda usualmente es 10m. Luego, la acción se realizará por las otras 2 instituciones.

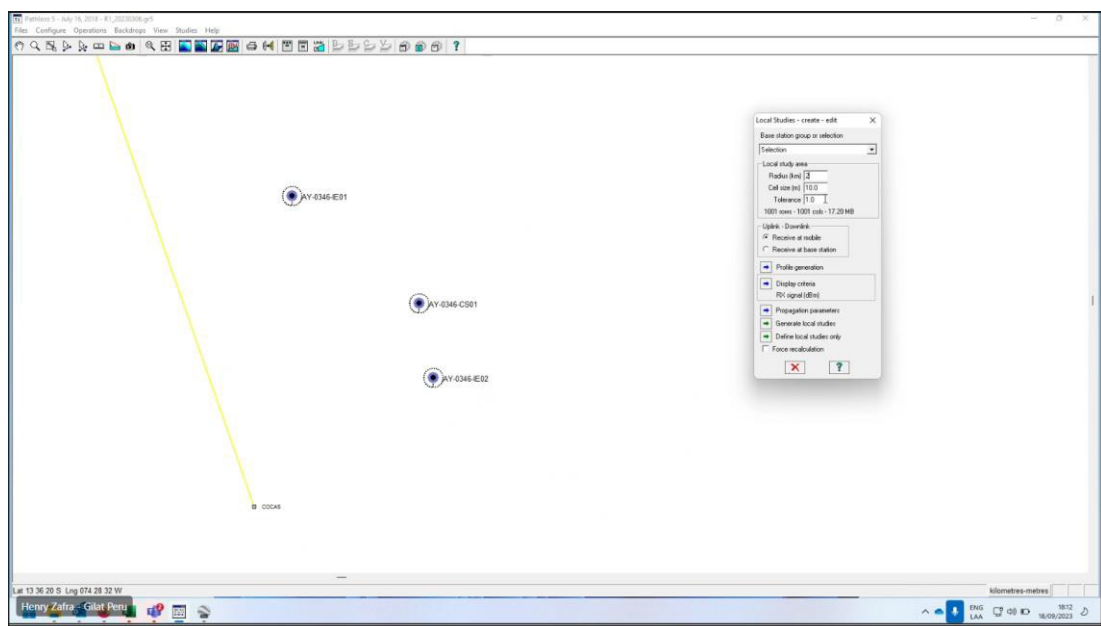


Figura 31: Simulación del 2do polígono – Parte 3. Fuente: Elaboración propia

4. Se genera el polígono para la búsqueda.

Se selecciona las siguientes funciones: Opción Studies / Local Studies / Display Criteria

En Display Criteria: se selecciona la opción línea de vista.

En Overlapping: se marca la opción todo sitio tiene línea de vista.

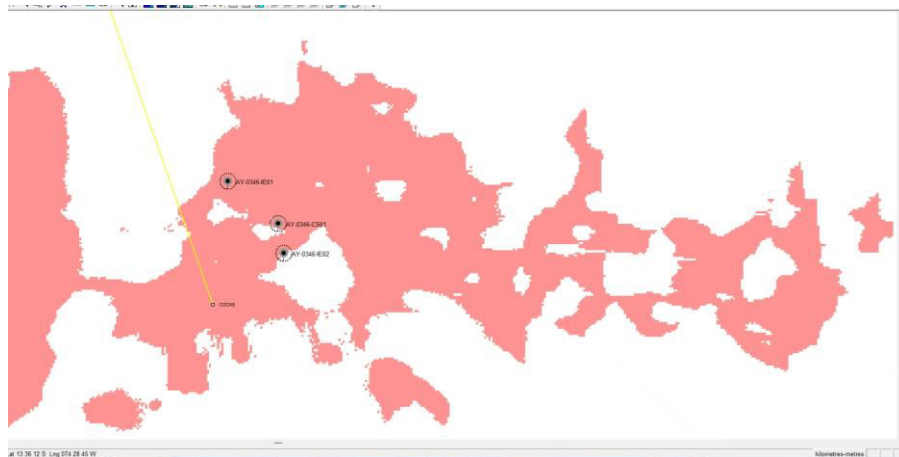


Figura 32: Simulación del 2do polígono – Parte 4. Fuente: Elaboración propia

5. Se exporta y se obtiene el primer polígono para búsqueda del nuevo nodo terminal en referencia a la ubicación de las 3 instituciones beneficiarias.

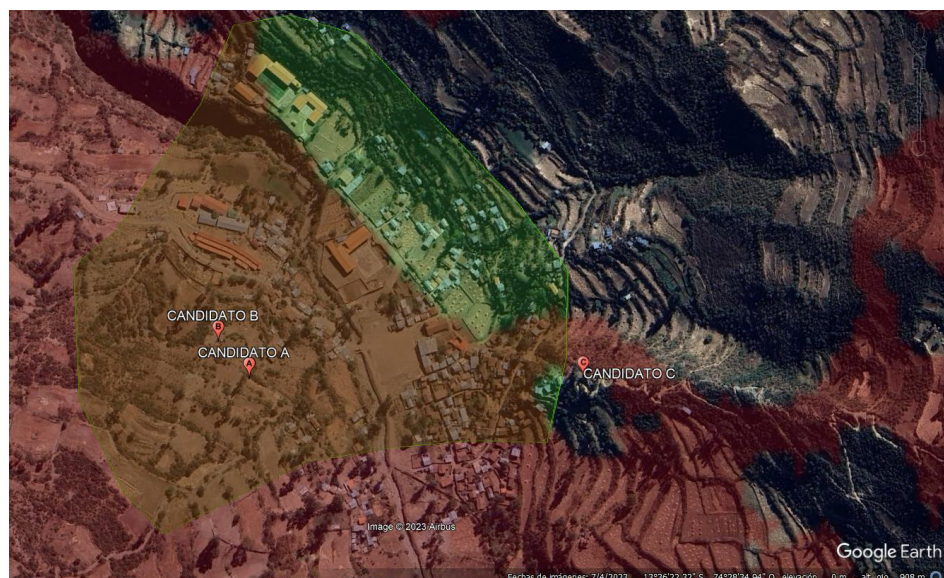


Figura 33: 2do polígono en Google Earth. Fuente: elaboración propia

Anexo C: Datasheet de Equipo SIAE Alfo Plus



HIGH CAPACITY IP FULL OUTDOOR SOLUTION ALFOplus

ALFOplus is the SIAE MICROELETTRONICA solution for full outdoor applications. It is natural evolution of already-deployed ALFO series and it includes a E-band version ALFO80 (2.5Gbps) version not described in this document.

The ALFOplus equipment provides scalable data rates from 20Mbps up to 1Gbps and header compression feature in a single platform across the full range of licensed frequency bands, from 6 GHz to 42 GHz bands and software selectable 7/14/28/40/56MHz Channels.

XPIC and 112 MHz Dual carrier available in an enhanced hardware version.

ALFOplus provides a full set of Ethernet features and advanced switching capabilities to meet all the future network's high-capacity compact full-outdoor and cost effective requirements. It includes a full featured IP only radio engine.



Main characteristics

- 2 x GE interfaces
2x100/1000baseT or Mixed with 1x1000baseX
- One auxiliary connector for:
 - Power supply injection
 - Local Access and RSSI indication
- Synchronous Ethernet support
- POE plus compatible
- In-band management
- ACM Adaptive Code and Modulation upto 1024QAM

Configurations

- Unprotected • 1+1 • 2x(1+0)

	ALFOplus Series – High Capacity IP Full Outdoor Brochure	Document Number B.ALFOplus.1.0.7-12
SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. Proprietary and Confidential. All rights reserved. The copyright of this document is the property of SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. No part of this document may be copied, reprinted or reproduced in any material form, whether wholly or in part, without the written consent of SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. Further, the contents of this document or the methods or techniques contained therein must not be disclosed to any person. Data subject to change without notice.		Page 5 of 27

Figura 34: Datasheet equipo SIAE Alfo Plus – Pág 5. Fuente:
<https://fccid.io/ANATEL/02169-13-01397/Manual-do-Usuario-ALFOplus-7GHz/940AAC20-51A9-4B54-96AF-81325C428682/PDF>



Annex 1

This Annex is dedicated to show the ALFOplus throughput in different scenarios and the related compressor efficiency according to the different traffic transported protocols.

SCENARIO 1: The tables show the benefit of Header Compression in a scenario where traffic is transported using the following protocol stack: **C-TAG + S-TAGs** with **IPv4** traffic in **UDP** sessions G729. In this case Header Compressor works as a “relaxed environment” using only a single layer compressing process.

Max Throughput at point X/X' for Ethernet 64/72 bytes traffic [Mbit/s]										
Channel	4QAM Strong	4QAM	16 QAM Strong	16QAM	32QAM	64QAM	128QAM	256QAM	512QAM	1024QAM
7MHz	17	23	34	44	51	63	75	94	100	112
14MHz	34	46	69	89	103	128	152	190	202	226
28MHz	69	92	138	179	208	257	307	383	406	455
40 MHz	97	131	194	251	291	360	429	537	571	640
56MHz	137	185	276	358	416	514	613	765	811	910

Max Throughput at point X/X' for Ethernet 128 bytes traffic [Mbit/s]										
Channel	4QAM Strong	4QAM	16 QAM Strong	16QAM	32QAM	64QAM	128QAM	256QAM	512QAM	1024QAM
7MHz	12	16	24	31	36	45	53	67	71	79
14MHz	24	33	49	63	73	91	108	135	143	160
28MHz	49	65	98	127	147	182	217	271	288	323
40 MHz	69	91	137	177	206	257	303	383	406	451
56MHz	97	131	195	254	295	365	435	543	575	645

	ALFOplus Series – High Capacity IP Full Outdoor Brochure	Document Number B.ALFOplus.1.0.7-12
SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. Proprietary and Confidential. All rights reserved. The copyright of this document is the property of SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. No part of this document may be copied, reprinted or reproduced in any material form, whether wholly or in part, without the written consent of SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. Further, the contents of this document or the methods or techniques contained therein must not be disclosed to any person. Data subject to change without notice.		Page 21 of 27

Figura 35: Datasheet equipo SIAE Alfo Plus – Pág 21. Fuente:
<https://fccid.io/ANATEL/02169-13-01397/Manual-do-Usuario-ALFOplus-7GHz/940AAC20-51A9-4B54-96AF-81325C428682/PDF>



Max Throughput at point X/X' for Ethernet 512 bytes traffic [Mbit/s]										
Channel	4QAM Strong	4QAM	16 QAM Strong	16QAM	32QAM	64QAM	128QAM	256QAM	512QAM	1024QAM
7MHz	9	12	18	23	27	33	40	50	52	59
14MHz	18	24	36	47	55	67	80	100	106	119
28MHz	36	49	73	94	110	136	162	202	214	240
40 MHz	51	69	103	131	154	189	229	286	297	337
56MHz	72	97	145	189	219	271	323	403	428	480

Max Throughput at point X/X' for Ethernet 1518 bytes traffic [Mbit/s]										
Channel	4QAM Strong	4QAM	16 QAM Strong	16QAM	32QAM	64QAM	128QAM	256QAM	512QAM	1024QAM
7MHz	8	11	17	22	25	31	37	47	49	55
14MHz	17	23	34	44	51	63	75	94	100	112
28MHz	34	46	68	89	103	127	152	189	201	225
40 MHz	46	63	97	126	143	177	211	269	280	314
56MHz	68	91	136	177	206	255	304	379	402	450

	ALFOplus Series – High Capacity IP Full Outdoor Brochure	Document Number B.ALFOplus.1.0.7-12
SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. Proprietary and Confidential. All rights reserved. The copyright of this document is the property of SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. No part of this document may be copied, reprinted or reproduced in any material form, whether wholly or in part, without the written consent of SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. Further, the contents of this document or the methods or techniques contained therein must not be disclosed to any person. Data subject to change without notice.		Page 22 of 27

Figura 36: Datasheet equipo SIAE Alfo Plus – Pág 22. Fuente:
<https://fccid.io/ANATEL/02169-13-01397/Manual-do-Usuario-ALFOplus-7GHz/940AAC20-51A9-4B54-96AF-81325C428682/PDF>



SCENARIO 2: The throughput is calculated in a typical VOIP scenario. Traffic is generated in a eNodeB using C-TAG, S-TAG, IPv4, GTP layers and then encapsulating VOIP shot packets in IPv6(with UDP and RTP) .

Max Radio Throughput at point X/X' for Ethernet 132 bytes traffic [Mbit/s]										
Channel	4QAM Strong	4QAM	16 QAM Strong	16QAM	32QAM	64QAM	128QAM	256QAM	512QAM	1024QAM
7MHz	23	31	46	59	69	85	101	127	134	150
14MHz	46	62	92	120	139	172	205	256	272	305
28MHz	93	124	186	241	280	346	413	515	546	613
40 MHz	131	177	263	337	394	486	577	726	766	857
56MHz	185	249	371	482	560	693	826	1000	1000	1000

Header compression not activated but with header optimization.

Header optimization-only Throughput [Mbit/s]										
Channel	4QAM Strong	4QAM	16 QAM Strong	16QAM	32QAM	64QAM	128QAM	256QAM	512QAM	1024QAM
7MHz	9	12	18	23	27	33	40	50	53	60
14MHz	18	24	36	47	55	68	81	101	107	120
28MHz	36	49	73	95	110	136	163	203	215	241
40 MHz	51	69	103	134	155	192	229	266	303	340
56MHz	73	98	146	190	220	273	325	406	430	485

 siae microelettronica	ALFOplus Series – High Capacity IP Full Outdoor Brochure	Document Number B.ALFOplus.1.0.7-12
SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. Proprietary and Confidential. All rights reserved. The copyright of this document is the property of SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. No part of this document may be copied, reprinted or reproduced in any material form, whether wholly or in part, without the written consent of SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. Further, the contents of this document or the methods or techniques contained therein must not be disclosed to any person. Data subject to change without notice.		Page 23 of 27

Figura 37: Datasheet equipo SIAE Alfo Plus – Pág 23. Fuente:
<https://fccid.io/ANATEL/02169-13-01397/Manual-do-Usuario-ALFOplus-7GHz/940AAC20-51A9-4B54-96AF-81325C428682/PDF>



SCENARIO 3: Header compression is not activated; all traffic is considered as a pure stream of bits.

Pure radio channel Throughput [Mbit/s]										
Channel	4QAM Strong	4QAM	16 QAM Strong	16QAM	32QAM	64QAM	128QAM	256QAM	512QAM	1024QAM
7MHz	9	11	16	21	24	30	36	42	48	54
14MHz	16	22	33	43	50	61	73	85	97	109
28MHz	33	44	66	86	100	123	147	171	195	218
40 MHz	47	62	94	121	141	174	207	240	274	307
56MHz	66	89	132	172	199	247	294	342	389	436

 siae. microelettronica	ALFOplus Series – High Capacity IP Full Outdoor Brochure	Document Number B.ALFOplus.1.0.7-12
SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. Proprietary and Confidential. All rights reserved. The copyright of this document is the property of SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. No part of this document may be copied, reprinted or reproduced in any material form, whether wholly or in part, without the written consent of SIAE MICROELETTRONICA S.p.A. Further, the contents of this document or the methods or techniques contained therein must not be disclosed to any person. Data subject to change without notice.		Page 24 of 27

Figura 38: Datasheet equipo SIAE Alfo Plus – Pág 24 Fuente:
<https://fccid.io/ANATEL/02169-13-01397/Manual-do-Usuario-ALFOplus-7GHz/940AAC20-51A9-4B54-96AF-81325C428682/PDF>

Anexo D: Mediciones de RNI

7. Resultados de la Medición

El 26 de Julio de 2021 se realizaron las mediciones de Radiaciones No Ionizantes que emite la Estación del Servicio Portador Local AY-0346-A01 COCAS de la empresa GILAT NETWORKS PERÚ S.A.

7.1 Puntos de Medición

Se definieron 15 puntos de medición alrededor de la base de la estación, los mismos se muestran a continuación en las Figuras 2 y 3.

Figura 2. Puntos de Medición en Radio de 2, 10 y 20 metros

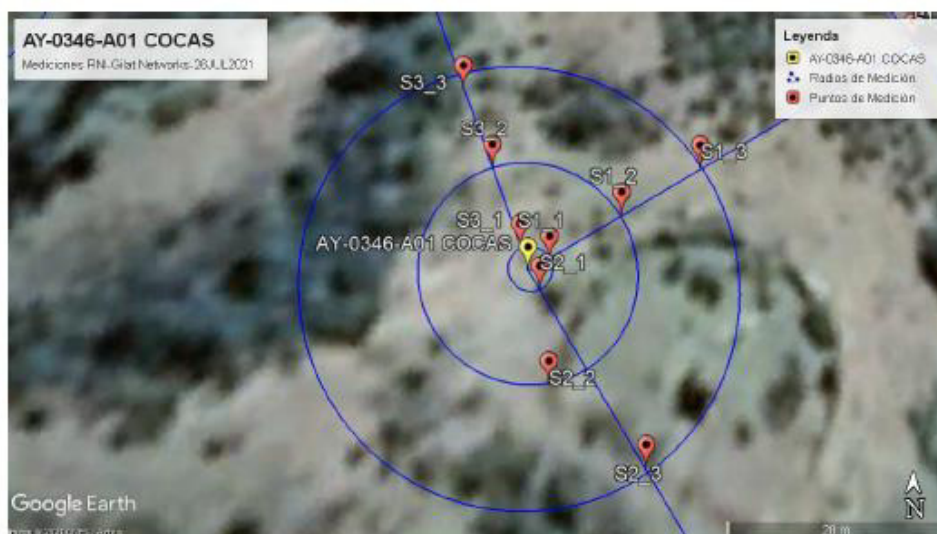


Figura 3. Puntos de Medición en Radios de 2, 10, 20, 50 y 100 metros



Para la definición de los puntos de medición se tuvo en consideración los lineamientos establecidos en la R.M. N° 613-2004-MTC/03 – “Norma Técnica sobre Protocolo de Radiaciones No Ionizantes”, donde se evalúa si en algún punto del entorno de la estación

Figura 39: Resultados de mediciones RNI – Parte 1. Fuente: La información fue extraída de una fuente privada.

base hasta una distancia radial máxima de 100 metros respecto a la base del sistema irradiante se exceden los límites máximos permisibles.

Los puntos de medición S1_1 a S1_5 corresponden al acimut de 60° y los puntos S3_1 al S3_5 corresponden al acimut 341° que son los acimuts de máxima radiación, los puntos S2_1 al S2_5 corresponden al acimut de 150°; asimismo estos puntos de medición se encuentran a una distancia de 2m, 10m, 20m, 50m y 100m desde la base de la torre.

7.2 Equipamiento Utilizado

Para las mediciones se utilizó el Medidor de Banda Ancha de campos electromagnéticos de Marca Wavecontrol, Modelo SMP2 y Serie 19SN0950, con la Sonda Isotrópica Marca Wavecontrol, Modelo WPF8 y Serie 21WP230027, los cuales se encuentran Calibrados por Fábrica y cumplen con las Certificaciones ISO 17025, en el Anexo 2 se adjunta el Certificado de Calibración de Fábrica. Asimismo, estos equipos cuentan con los Certificados de conformidad de Uso de Equipo de Medición de RNI emitidos por el MTC, los cuales fueron certificados con Código EMRNI0052 y Código SMRNI0053 respectivamente, en el Anexo 3 se adjuntan dichos Certificados.

En el Cuadro 4 se muestra la información del equipo empleado para las mediciones así como los resultados preliminares y clasificación de los puntos de medición. De los mismos, se aprecia que se realizaron mediciones en 15 puntos, asimismo ninguno de los puntos de medición corresponden a un área de uso público.

Cuadro 4. Reporte resumen de Mediciones

Equipo de medida Utilizado			Datos de las Mediciones	
Marca: WAVECONTROL			Código de Estación: AY-0346-A01 COCAS	
Modelo: SMP2			Fecha de realización: 26/07/2021	
N° de Serie: 19SN0950			Tiempo de Inicio/Fin: 13:20 – 14:56	
Fecha de última Calibración de Operatividad: 04/02/2021			Técnico Responsable: Walter Allca Huaysara	
Código de Certificación otorgado por el MTC: EMRNI0052			N° Total de mediciones: 15	
Localización del punto de evaluación respecto del soporte de antenas			Se detecta nivel superior al umbral (Si/No)	¿El punto corresponde a un área de uso público? (Si/No)
Punto de Medida	Distancia	Acimut		
S1_1	2	60°	No	No
S1_2	10	60°	No	No
S1_3	20	60°	No	No
S1_4	50	60°	No	No
S1_5	100	82°	No	No
S2_1	2	150°	No	No
S2_2	10	173°	No	No
S2_3	20	150°	No	No
S2_4	46	150°	No	No
S2_5	91	150°	No	No
S3_1	2	341°	No	No
S3_2	10	341°	No	No
S3_3	20	341°	No	No
S3_4	50	341°	No	No
S3_5	100	341°	No	No

Los registros obtenidos en las mediciones y su evaluación respecto a los Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes se muestran en el Cuadro 5. Como se trata de una estación que tiene sistemas que operan por encima de 2 GHz, el Límite Máximo Permissible de Radiaciones No Ionizantes para Exposición Ocupacional, Exposición Poblacional y

Figura 40: Resultados de mediciones RNI – Parte 2. Fuente: La información fue extraída de una fuente privada.

Restricción Radioeléctrica para Áreas de Uso Público viene determinado en los puntos 3.1.1, 3.1.2 y 3.1.3, los mismos que se indican a continuación:

- Exposición Ocupacional: 50 W/m^2
- Exposición Poblacional: 10 W/m^2
- Restricción en Área de Uso Público: 5 W/m^2

Cuadro 5. Resultados y Evaluación de los Puntos de Medición

Equipo de Medida Utilizado		Datos de las Mediciones	
Marca: WAVECONTROL		Código de Estación: TA1878 CUNCO	
Modelo: SMP2			
N° Serie: 19SN0950			
Fecha de última calibración de Operatividad: 04/02/2021		Fecha de realización: 26/07/2021	
Código de Certificación otorgado por el MTC: EMRNI0052			
Antena Utilizada			
Marca: WAVECONTROL		Tiempo de Inicio/Fin: 13:20 – 14:56	
Modelo: WPF60			
Serie: 21WP230027			
Longitud del Cable (m): No Aplica		Técnico Responsable: Walter Allca Huaysara	
Fecha de última calibración de Operatividad: 04/02/2021			
Código de Certificación otorgado por el MTC: SMRNI0053			

Localización del punto de medida respecto al soporte de antenas			Nivel de Emisión W/m^2	LMP Ocupacional W/m^2	% Del Nivel de Emisión Calculado respecto al LMP Ocupacional	LMP Poblacional W/m^2	% Del Nivel de Emisión Calculado respecto al LMP Poblacional
Acimut	Distancia (metros)	Punto de Medición					
60°	2	S1_1	0.02054	50	0.04108%	10	0.20540%
60°	10	S1_2	0.01658	50	0.03316%	10	0.16580%
60°	20	S1_3	0.01592	50	0.03184%	10	0.15920%
60°	50	S1_4	0.0141	50	0.02820%	10	0.14100%
82°	100	S1_5	0.01497	50	0.02994%	10	0.14970%
150°	2	S2_1	0.01407	50	0.02814%	10	0.14070%
173°	10	S2_2	0.02193	50	0.04386%	10	0.21930%
150°	20	S2_3	0.02008	50	0.04016%	10	0.20080%
150°	46	S2_4	0.01096	50	0.02192%	10	0.10960%
150°	91	S2_5	0.01338	50	0.02676%	10	0.13380%
341°	2	S3_1	0.01559	50	0.03118%	10	0.15590%
341°	10	S3_2	0.02365	50	0.04730%	10	0.23650%
341°	20	S3_3	0.01821	50	0.03642%	10	0.18210%
341°	50	S3_4	0.01848	50	0.03696%	10	0.18480%
341°	100	S3_5	0.01291	50	0.02582%	10	0.12910%
Máximo Nivel de Exposición Acimut: 341°, Distancia: 10 m			0.02365	50	0.04730%	10	0.23650%

Figura 41: Resultados de mediciones RNI - Parte 3. Fuente: La información fue extraída de una fuente privada.

8. Conclusiones y Recomendaciones

- De acuerdo a los resultados obtenidos en las Mediciones de Radiaciones No Ionizantes realizadas a los sistemas instalados en la Estación **AY-0346-A01 COCAS** de **GILAT NETWORKS PERÚ S.A.**, y a sus evaluaciones respecto a los Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes establecidos mediante D.S. 038-2003-MTC, se concluye que la Estación **AY-0346-A01 COCAS** ubicada en el Localidad Cocas del distrito de Vilcanchos, provincia de Victor Fajardo del departamento de Ayacucho, **CUMPLE** con los Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- En caso de realizar modificaciones de características técnicas a los sistemas instalados, o implementar sistemas adicionales en la Estación **AY-0346-A01 COCAS**, se recomienda realizar un nuevas Mediciones de Radiaciones No Ionizantes a fin de garantizar que la estación cumplirá con los Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Figura 42 : Conclusiones de mediciones RNI. Fuente: La información fue extraída de una fuente privada.