



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

Implementación y puesta en operación de la radio base

LU0724 Girasoles Pucallpa para el operador claro

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

AUTOR

Mervin Higor TORRES CÓRTEZ

ASESOR

Mg. Wilbert CHAVEZ IRAZABAL

Lima, Perú

2023



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

Torres, M. (2023). *Implementación y puesta en operación de la radio base LU0724 Girasoles Pucallpa para el operador claro*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Mervin Higor Torres Córtez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72244087
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-3505-7734
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Wilbert Chavez Irazabal
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08121733
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-7978-7031
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Teofilo Matias Huablocho Perez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25420840
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Ricardo Yauri Rodriguez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41900467
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Ucayali Provincia: Coronel Portillo Distrito: Manantay Latitud: -8.414865 Longitud: -74.56728
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2022- Noviembre 2022

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 DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Nº 084/FIEE-CTGT/2023

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 26 de agosto del 2023 como Presidente de Jurado el **ING. TEOFILO MATIAS HUABLOCHO PEREZ**, integrado por el Miembro Jurado **MG. RICARDO YAURI RODRIGUEZ**, el Miembro Jurado **MG. LUIS ERNESTO CRUZADO MONTAÑEZ** y Miembro Asesor el **MG. WILBERT CHAVEZ IRAZABAL**.

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del **Bach. MERVIN HIGOR TORRES CORTÉZ** con código N° **15190156** que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DE LA RADIO BASE LU0724 GIRASOLES PUCALLPA PARA EL OPERADOR CLARO**.

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

Ciudad Universitaria, 26 de agosto del 2023

ING. TEOFILO HUABLOCHO PEREZ

Presidente de Jurado

MG. RICARDO YAURI RODRIGUEZ

Miembro Jurado

MG. LUIS CRUZADO MONTAÑEZ

Miembro de Jurado

MG. WILBERT CHAVEZ IRAZABAL

Miembro Asesor



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo WILBERT CHAVEZ IRAZABAL en mi condición de asesor acreditado con el Acta de Sustentación de trabajo de Suficiencia Profesional N°084/FIEE-CTGT/2023 del trabajo de suficiencia profesional cuyo título es: IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DE LA RADIO BASE LU0724 GIRASOLES PUCALLPA PARA EL OPERADOR CLARO, presentado por el bachiller Mervin Higor Torres Cortéz para optar al título profesional de Ingeniero Electricista. 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 5 % 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: 08121733

Nombres y apellidos del asesor:

Mg. Wilbert Chavez Irazabal



DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado principalmente a mis padres, Gonzalo y Roció por su amor, por todo el apoyo brindado y por la motivación para perseverar en mis objetivos de superación personal y profesional. Finalmente, dedicado para todas las personas que me apoyaron desinteresadamente en este camino

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad la puesta en operación de una nueva radio base LU0724 GIRASOLES PUCALLPA ubicado en el distrito de Pucallpa, Provincia de Pucallpa para el operador Claro. Cuyo objetivo es Brindar cobertura y capacidad móvil en el AAHH Girasoles, se implementó con tecnologías GSM, UMTS y LTE en las bandas 850Mhz GU, 1900hz UL, 700Mhz L y 2600Mhz L, en 3 sectores con azimuth 65°, 190°, 305°.

Para el desarrollo de esta solución se utilizó los estándares de instalación de Claro, el trabajo consistió en la instalación en torre, la antena ASI4518R10v06, las RRU5512(700/850MHZ), RRU 5904(1900MHZ), RRU5304(2600MHZ) en los 3 sectores. En piso se instaló el Gabinete Rectificador MTS9304A-HX10A1, Gabinete Transmisiones TP48200A-HX09A7, Gabinetes de baterías MTS9300A-XA10A3 con 4 Bancos de baterías 150AH, la transmisión se implementó usando un enlace de fibra óptica. La estación se integró a la red de Claro y se puso en servicio, validándose los niveles de señal y pruebas de cobertura en los puntos de interés

Palabras clave: Radio base, Mimo, Asignación de equipos, Pext, PAP.

ABSTRACT

The purpose of this work is to put into operation a new base radio LH3456 GIRASOLES PUCALLPA located in the district of Pucallpa, Province of Pucallpa for the operator Claro. Whose objective is to provide coverage and mobile capacity in the AAHH Sunflowers, it was implemented with GSM, UMTS and LTE technologies in the bands 850Mhz GU, 1900hz UL, 700Mhz L and 2600Mhz L, in 3 sectors with azimuth 65°, 190°, 305°.

For the development of this solution, Claro's installation standards were used, the work consisted of the tower installation, the antenna ASI4518R10v06, the RRU5 512 (700/850MHZ), RRU 5904 (1900MHZ), RRU 5304 (2600MHZ) in the 3 sectors. On the floor was installed the Rectifier Cabinet MTS9304A-HX10A1, Transmission Cabinet TP48200A-HX09A7, Battery Cabinets MTS9300A-XA10A3 with 4 Battery Banks 150AH, the transmission was implemented using a fiber optic link. The station was integrated into the Claro network and put into service, validating signal levels and coverage tests at points of interest.

Keywords: Radio base, Mimo, Equipment assignment, Pext, PAP.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE GENERAL	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE ANEXOS	x
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DÓNDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	3
2.1. Institución Dónde se Desarrolló la Actividad	3
2.2. Periodo de Duración de la Actividad	3
2.3. Finalidad y Objetivos de la Entidad	4
2.4. Razón Social	4
2.5. Dirección Postal	4
2.6. Correo Electrónico del Profesional a Cargo	5
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	6
3.1. Finalidad y Objetivos de la Actividad	6
3.1.1. Finalidad	6
3.1.2. Objetivos	6
3.2. Problemática	7
3.2.1. Problema General	7
3.2.2. Problemas Específicos	7
3.2.3. Justificación e Importancia de la Investigación	8
3.3 Metodología	8

3.3.1 Bases Teóricas.....	8
3.3.3 Marco Conceptual	12
3.4 Procedimiento	21
3.4.1. Asignación del Site.....	21
3.4.2 Ingeniería y Costos.....	23
3.4.3 Cronograma del Proyecto	31
3.4.4 Verificación de equipos y materiales.....	33
3.4.5 Procedimiento de Implementación de Equipos.....	37
3.4.6 On Air y pruebas de Calidad	53
CAPITULO IV: CONCLUSIONES	58
5.1. Conclusiones.....	58
5.2. Recomendaciones.....	60
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura genérica de un sistema celular	9
Figura 2. Cobertura de estaciones base.....	10
Figura 3. Sistema celular hexagonal	11
Figura 4. Agrupación de células, células con la misma letra son co canal	12
Figura 5. Arquitectura de SingleRAN para estaciones base	14
Figura 6. Estación base distribuida.....	15
Figura 7. Distribución de slots BBU5900	18
Figura 8. Ubicación del site	22
Figura 9. Panorámica del site	22
Figura 10. Código de colores, para sectores.....	38
Figura 11. Izaje de antenas y RRUs	39
Figura 12. Instalación back to back Antena-RRU.....	39
Figura 13. Estándar MIMO antena ASI4518R10v06	40
Figura 14. Remanente de cable de fibra óptica.....	41
Figura 15. Conexiones de las RRUs – BBU – DCDCU	41
Figura 16. Recorrido de cables de fibra y energía	42
Figura 17. Anclado de gabinetes en losa de equipos.....	43
Figura 18. Energizado DCDCU-RRUs en gabinete transmisiones	44
Figura 19. Conexionado de la BBU	45
Figura 20. Energizado y aterramiento del router	46
Figura 21. Equipos en gabinete rectificador	47
Figura 22. Estándar de conexiones de baterías de litio	48
Figura 23. Instalación de baterías en gabinete 1 y 2.....	49
Figura 24. Aterramiento de gabinetes	50

Figura 25. Mediciones de ROE	53
Figura 26. Prueba de llamadas en 2G.....	54
Figura 27. Prueba de llamadas en 3G.....	55
Figura 28. HSPDA Throughput HSUPA 3G G-Nettrack.....	55
Figura 29. Prueba de llamadas en 4G CSFB	56
Figura 30. Pantallazo DL Throughput UL Throughput 4G.....	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de la radio base Girasoles, Pucallpa.....	23
Tabla 2. Tecnologías y bandas por sector.....	24
Tabla 3. Resumen de presupuesto global	26
Tabla 4. Presupuesto de adquisición de Equipos y materiales	27
Tabla 5. Presupuesto de implementación de equipos.....	28
Tabla 6. Presupuesto de implementación de gabinete	29
Tabla 7. Presupuesto de implementación de router	29
Tabla 8. Presupuesto de implementación de planta externa	31
Tabla 9. Cronograma de implementación.....	32
Tabla 10. Materiales y equipos de radio frecuencia	34
Tabla 11. Materiales de energía	35
Tabla 12. Materiales de transmisión	36
Tabla 13. Materiales de planta externa	37
Tabla 14. Recursos de la work order de integración de router.....	51
Tabla 15. Recursos de la work order de servicios 2G, 3G y 4G	52

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Hojas Técnicas	64
Anexo 2. Planos del Proyecto.....	70
Anexo 3. Expediente de Planta Externa.....	75
Anexo 4. Reporte Fotográfico Final.....	78
Anexo 5. CEN FILE declaración de equipos instalados.....	92

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En el Perú, la cobertura del servicio de telefonía móvil ha crecido de forma sostenida en los últimos años alcanzando los 26.5 millones de líneas móviles, lo que representa una penetración del 78.3 % en el primer trimestre del 2022 (INEI, 2022). De la participación total de líneas móviles que accedieron a internet la operadora Claro concentro el 38.9 %, seguida de Telefónica 25.2 %, Entel 18.8 % y Bitel 16.8 %.

En las zonas rurales del AAHH de Girasoles en Pucallpa, el crecimiento poblacional viene de la mano con el crecimiento de la cantidad de usuarios como el tráfico cursado, por esta razón para lograr satisfacer la creciente demanda se desplegó una nueva radio base Girasoles Pucallpa (América Móvil, 2022).

El presente proyecto tuvo como objetivo principal la instalación y puesta en operación de un eNodoB Girasoles Pucallpa. Con servicios 2G, 3G y 4G, las frecuencias a utilizar: 700 MHz, 850 MHz, 1900 MHz y 2600 MHz con la implementación de 3 sectores, para brindar un servicio de calidad.

En el segundo capítulo se detalla información de la institución donde se desarrolló la actividad. En el tercer capítulo se detalla la finalidad, objetivos, problemática, justificación de la actividad, se exponen todos los fundamentos teóricos utilizados que sirvieron de base para su ejecución y se desarrolla el procedimiento. En el procedimiento del proyecto se definió varias etapas, desde la asignación del sitio, la ingeniería y costos, verificación de equipos,

procedimiento de implementación hasta la puesta On Air, posteriormente se realizaron las pruebas de servicio 2G, 3G y 4G

En el cuarto capítulo se encuentran las conclusiones y recomendaciones. Finalmente, en el quinto capítulo se encuentra la bibliografía utilizada.

CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DÓNDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1. Institución Dónde se Desarrolló la Actividad

Las actividades plasmadas en el presente informe se realizaron en la empresa América Móvil Perú S.A.C., empresa del rubro de las telecomunicaciones que opera en el país desde el 10 de agosto del 2005, tiene una sólida estructura y vasta experiencia internacional que permitió consolidarse como una de las principales compañías de telecomunicaciones del país. Su principal objetivo es ofrecer una red de alta calidad y amplia cobertura en los 24 departamentos del Perú para generar oportunidades de crecimiento a través del servicio de Telecomunicaciones.

2.2. Periodo de Duración de la Actividad

La actividad se desarrolló durante el periodo del 15 de junio del 2022 hasta el 15 de Julio 2022.

2.3. Finalidad y Objetivos de la Entidad

a) Finalidad

Proveer servicios de telecomunicaciones con la más alta calidad, más amplia cobertura y constante innovación para anticiparnos a las necesidades de comunicación de nuestros clientes; generar el mayor bienestar y desarrollo personal y profesional de nuestros trabajadores, proporcionar bienestar y desarrollo a la comunidad y exceder los objetivos financieros y de crecimiento de nuestros accionistas

b) Objetivos

Ser la empresa líder en telecomunicaciones en el Perú.

2.4. Razón Social

América Móvil Perú S.A.C.

2.5. Dirección Postal

La dirección de la empresa America Móvil Perú S.A.C. es Av. Nicolás Arriola N° 480, Urb. Santa Catalina – La Victoria.

2.6. Correo Electrónico del Profesional a Cargo

El trabajo fue realizado en el área de Construcción e Implementación Red Móvil, a cargo de Gustavo Chocos Torres con correo electrónico Gustavo.chocos@claro.com.pe.

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1. Finalidad y Objetivos de la Actividad

3.1.1. Finalidad

Puesta en operación de la radio base LU4224 GIRASOLES PUCALLPA con los servicios móviles 2G, 3G y 4G, siguiendo los estándares de instalación y configuración de America Móvil.

3.1.2. Objetivos

3.1.2.1. Objetivo General.

Implementar y poner en operación la radio base LU4224 GIRASOLES PUCALLPA para el operador Claro.

3.1.2.2. Objetivos Específicos.

- Elaborar el cronograma del proyecto
- Realizar el diseño de planta externa como solución de transmisión
- Verificar el equipamiento de radiofrecuencia, energía y transmisión necesaria para la implementación.
- Integración lógica de la nueva radio base a la red de América Móvil.

- Realizar las pruebas de calidad de acuerdo con los parámetros de América Móvil. ROE

3.2. Problemática

3.2.1. Problema General

¿Cómo implementar y poner en servicio la radio base LU4224 GIRASOLES PUCALLPA?

3.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo establecer el tiempo que se requiere para la implementación y puesta en servicio de la radio base?
- ¿Cómo realizar el diseño de planta externa como solución de transmisión?
- ¿Cómo verificar el equipamiento de radiofrecuencia, energía y transmisión necesario para la implementación?
- ¿Cómo se integra lógicamente la nueva radio base a la red de América Móvil?
- ¿Cómo se asegura que la implementación de equipos cumpla con los parámetros establecidos por América Móvil?

3.2.3. Justificación e Importancia de la Investigación

Debido al crecimiento poblacional en el AAHH de Girasoles, el tráfico de voz y datos cursado aumentó significativamente siendo insuficiente la red existente para lograr satisfacer la creciente demanda, por lo cual se desplegó una nueva radio base Girasoles Pucallpa. Esto permite mejorar el servicio 3G y 4G, facilitando la conexión a internet, la comunicación y el teletrabajo de los usuarios.

3.3 Metodología

3.3.1 Bases Teóricas

El propósito básico de las redes celulares es permitir que dos usuarios remotos se conecten y establezcan comunicación a través del equipo de red del operador. La diferencia con la telefonía fija es que no hay cable de cobre o fibra óptica en la parte final de la comunicación, la transmisión por radio es el enlace final.

3.3.1.1. Arquitectura Genérica de los Sistemas Celulares. La arquitectura simplificada de un sistema de comunicaciones móviles a muy alto nivel tiene tres componentes básicos según Agusti et al. (2010):

- Equipo de usuario: un dispositivo que permite a los usuarios acceder a servicios de red. Los dispositivos de usuario se conectan a la red de acceso a través de la interfaz de radio.
- Red de acceso: la parte del sistema responsable de soportar las transmisiones de radio con el equipo del usuario y proporcionar la conectividad necesaria entre el equipo del usuario y el equipo de la red

troncal. La red de acceso consta de estaciones de radio distribuidas en la superficie terrestre.

- Red troncal: la parte del sistema responsable de controlar el acceso a las redes móviles, gestionar la movilidad de los usuarios y los mecanismos de conexión a otras redes. Una red troncal consta de dispositivos que incluyen conmutación, enrutamiento de paquetes, bases de datos, etcétera.

La separación entre la red de acceso y red troncal confiere un importante grado de flexibilidad al sistema, de cara a soportar un proceso evolutivo en el que se puedan ir mejorando, agregando o sustituyendo las diferentes partes de la red con la mínima afectación posible al resto de la misma, como se observa en la figura 1.

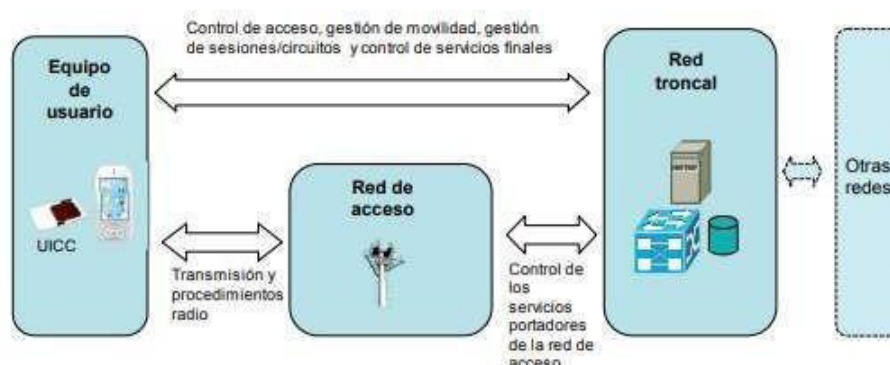


Figura 1. Arquitectura genérica de un sistema celular

Fuente: Recuperado de Agusti et al. (2010).

3.3.1.2. Sistema de Radiotelefonía Celular. Los terminales móviles se comunican por aire con antenas de radio, que se comunican con la red troncal del operador (Huidobro, 2013). Para comunicarse de manera efectiva, los usuarios de teléfonos móviles deben estar dentro del alcance de la estación

base. Una estación base tiene un alcance limitado y cubre un área específica a su alrededor, como se ve en la figura 2.

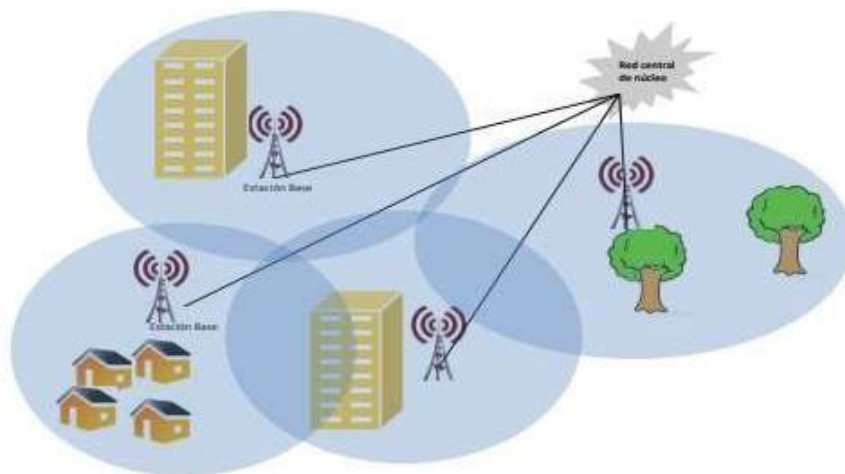


Figura 2. Cobertura de estaciones base

Fuente: Recuperado de Sánchez (2015).

Cada área cubierta se denomina celda y los operadores de redes móviles dividen el territorio en celdas hexagonales, cada uno con su propio transmisor/receptor (Salas, 2022). Al asignar diferentes recursos de radio a cada una de estas celdas, la interferencia debe ser discreta, además garantizarse un uso eficiente de los recursos de radio y la capacidad suficiente de acuerdo con el número de usuarios en cada celda. Para cubrir la mayor área posible y garantizar la continuidad del servicio, los operadores despliegan una gran cantidad de celdas con estaciones base.

El tamaño de la celda depende de muchos factores, incluido el tipo de antena utilizada, el terreno, la ubicación (rural, urbana, etcétera) y la densidad de población. Por esta razón, las áreas urbanas con alta densidad de población y mucho tráfico tienden a tener muchas y pequeñas celdas. En áreas rurales escasamente pobladas, el tamaño de la tierra es mucho mayor, a veces de varios kilómetros, como se puede observar en la figura 3.

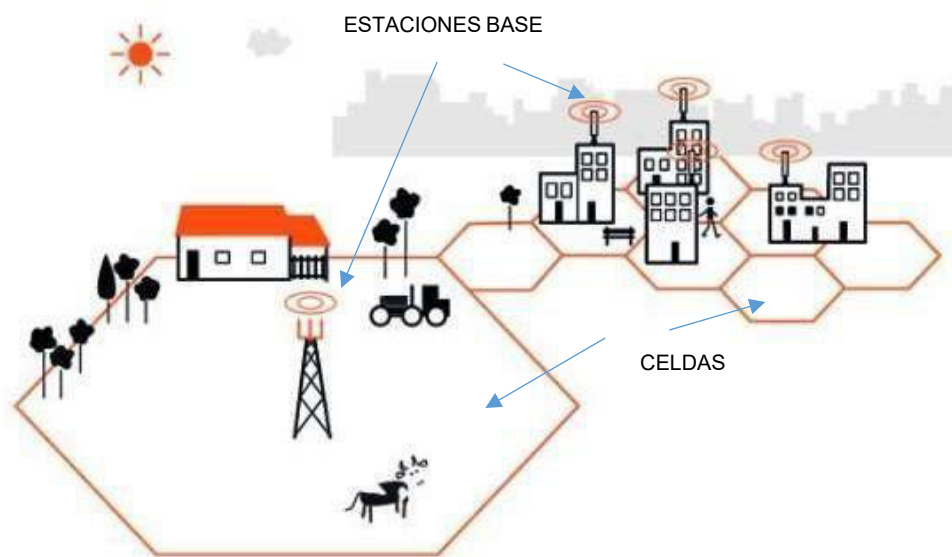


Figura 3. Sistema celular hexagonal

Fuente: Recuperado de Orange (2023).

Una llamada comienza cuando un teléfono móvil encuentra una estación base y utiliza un canal móvil en una frecuencia específica para iniciar el proceso de conexión, momento en el que el centro de conmutación de la estación controla y localiza la celda (Sánchez, 2020). Para ello, el móvil envía periódicamente el identificador del móvil más cercano al que tiene acceso. A medida que los usuarios móviles pasan de una celda a otra, comienzan a usar una de las frecuencias de la nueva celda, dejando vacío el canal de la celda anterior. Esto se le conoce como *handover*.

3.3.1.3. Reutilización de Frecuencias. Una vez dividida una zona en células hexagonales, para conseguir una reutilización de frecuencias aceptable, las células se agrupan en grupos que usarán todos los recursos radioeléctricos disponibles. A cada célula de un mismo grupo se le asigna una frecuencia diferente de modo que esta misma frecuencia pueda reutilizarse en otras células de otros grupos que se encuentren a una cierta distancia para asegurar que no haya interferencia celular apreciable. Como se muestra en la

figura 4, se emplea grupos de 7 células, a cada una se le asigna un grupo de frecuencias A, B, C, D, E, F y G, las cuales se reutilizan teniendo una separación para evitar interferencia entre ellas. Al número de células por grupo se le denomina patrón celular.

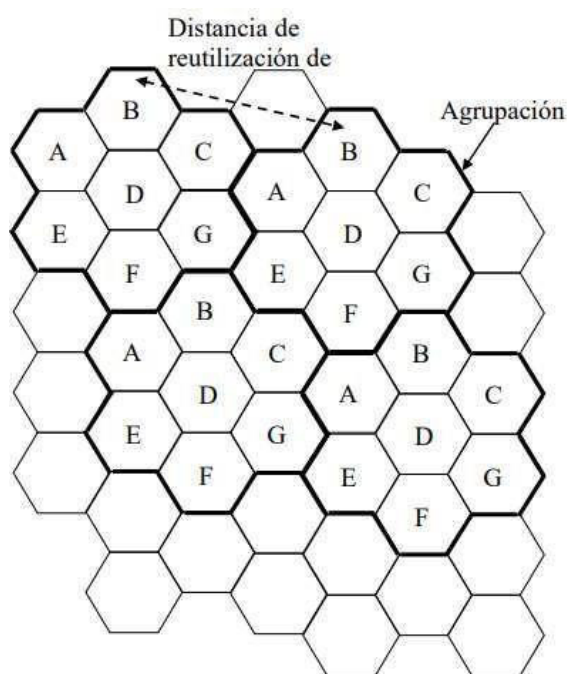


Figura 4. Agrupación de células, células con la misma letra son cocanal

Fuente: Elaboración propia (2023).

3.3.3 Marco Conceptual

3.3.3.1. Funcionamiento de Una Red Móvil con la Tecnología Single RAN. Tecnología de red de acceso por radio (RAN), diseñada por Huawei. Esta tecnología permite a los operadores móviles admitir múltiples estándares

de comunicación móvil en una sola red. También permite a los operadores móviles cambiar automáticamente entre estaciones base de tecnología 2G, 3G y 4G y usarlas simultáneamente, ahorrando espacio, equipos, infraestructura y energía eléctrica. SingleRAN se diseñó con la intención de utilizar las tecnologías 2G y 3G existentes y continuar aprovechando la infraestructura y los equipos existentes, pero con el objetivo de evolucionar hacia las redes de banda ancha móvil (LTE) de cuarta generación (Palacios, 2015).

La tecnología SingleRAN también proporciona flexibilidad de gestión, de modo que, en caso de congestión del tráfico, las frecuencias asignadas a diferentes servicios se pueden utilizar para aumentar la capacidad (Li y Yang, 2018). Anteriormente, cada tecnología tenía un canal dedicado para monitorear y administrar el tráfico, pero con SingleRAN, un solo canal de operación y mantenimiento era suficiente para las tres tecnologías. SingleRAN incorpora dispositivos de radio definidos por *software*. La radio definida por *software* (SDR) permite que los componentes tradicionalmente implementados en *hardware* (por ejemplo, mezcladores, filtros, amplificadores, controladores, moduladores/ demoduladores, detectores, etcétera) se implementen mediante *software* en computadoras personales o un sistema de comunicación integrado (Huawei Enterprise, s.f.).

La figura 5 ilustra gráficamente la idea fundamental detrás de la arquitectura de SingleRAN para estaciones base.

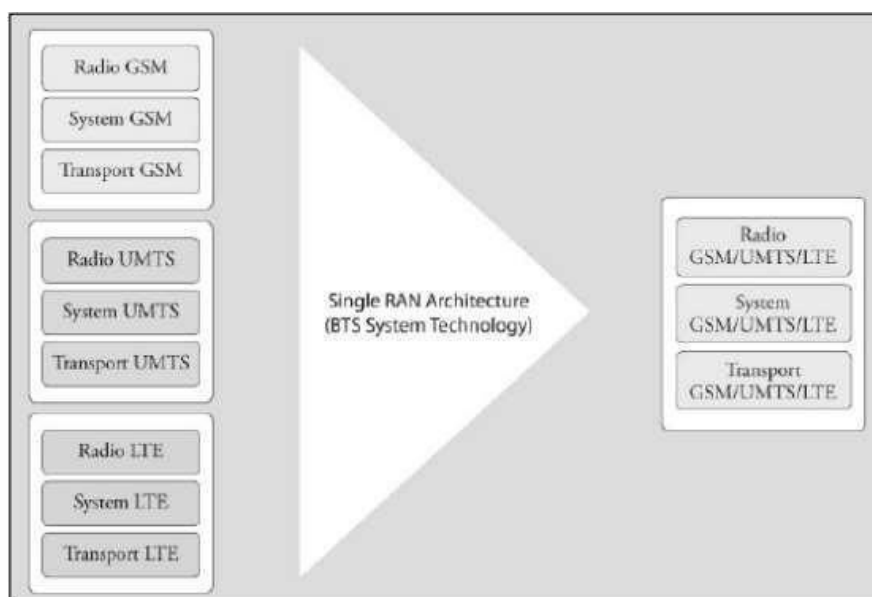


Figura 5. Arquitectura de SingleRAN para estaciones base

Fuente: Lutz (2010, p. 176).

3.3.3.2. Descripción BTS5900. Uno de los dispositivos SingleRAN más populares en los últimos años es la serie Huawei BTS5900. Esta unidad tiene la ventaja de tener una BBU totalmente modular que se puede configurar para cualquier tecnología (Huawei, s.f.). El BTS5900 RFU (la Unidad de Radiofrecuencia) también es multimodo, lo que significa que puede operar en la misma banda para diferentes tecnologías. Por ejemplo, la misma RFU operando a 850 MHz puede transmitir GSM y UMTS al mismo tiempo.

3.3.3.3. Estación Base BTS (Base Transceiver Station). La serie BTS5900 permite a los operadores instalar módulos en una variedad de modos en un solo gabinete, acelerando la introducción de nuevas tecnologías inalámbricas y bandas de frecuencia y simplificando los requisitos de las redes celulares multimodo (Huawei Technologies Co., Ltd., 2018).

La Estación Base Distribuida DBS5900 está conformada principalmente por la BBU y el sistema radiante (RRU y antenas). La BBU y la RRU están interconectados por medio de fibra óptica (ver figura 6).

En la BBU se instalan tarjetas multimodo: tarjetas UMPT y UBBP, que soportan las tecnologías GSM/UMTS/LTE.

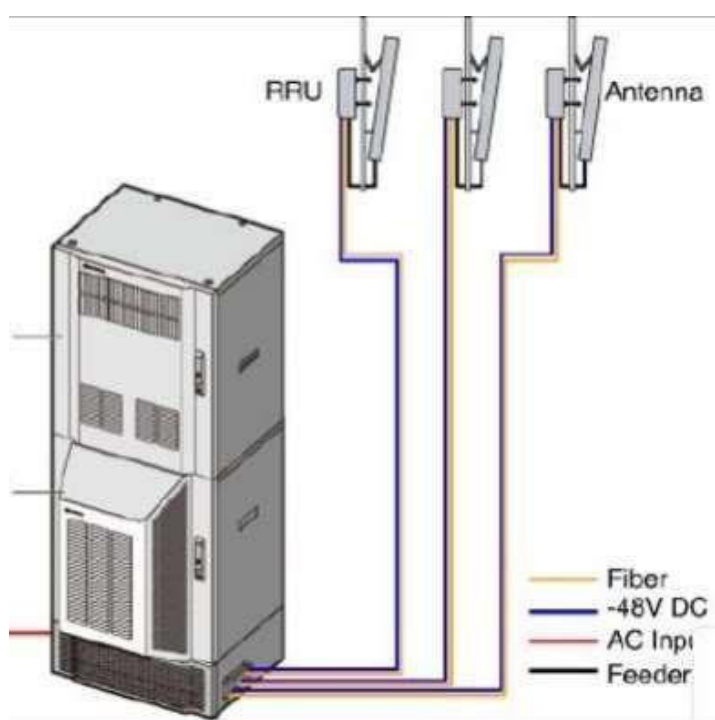


Figura 6. Estación base distribuida

Fuente: Recuperado de Cortez (2018).

3.3.3.4. Elementos de una BTS Serie DBS5900. Una instalación de la serie DBS3900 consta básicamente de un sistema de RF y un sistema de radiante. Los sistemas de RF realizan funciones de control y procesan digitalmente señales de radio para su transmisión a través de redes celulares.

Un sistema radiante modula la señal de radio del celular para que el procesador envíe la señal a la red.

- Gabinete MTS9304A / Gabinete MTS9300A / Gabinete TP48200A
- BBU (Unidad de Banda Base)
- RRU (Unidad de Radio Remota)
- Antenas sectoriales
- Torre
- Planta de energía eléctrica
- Respaldo de energía
- Equipo de transmisión
- Tarjetas electrónicas
- Fibra óptica.

A fin de que se pueda entender con mayor detalle el funcionamiento de una estación móvil, es necesario conocer las siguientes definiciones:

3.3.3.5. Equipamiento RF.

- **Antena**

Una antena es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir y/o recibir ondas electromagnéticas hacia/desde el espacio libre. Una antena transmisora transforma corrientes eléctricas en ondas electromagnéticas y una receptora realiza la función inversa. En el caso de que las antenas estén conectadas por medio de guía ondas, esta función de transformación se realiza en el propio emisor o receptor.

Las antenas se comportan de igual manera en la recepción que en emisión y se caracterizan por una serie de parámetros, entre los más habituales: ancho de banda, directividad, ganancia, rendimiento en la antena, impedancia, anchura de haz y polarización (García y García-Pardo, 2014).

Existe una gran diversidad de tipos de antena, dependiendo del uso a que van a ser destinadas. En unos casos deben expandir en lo posible la potencia radiada, es decir, no deben ser directivas (ejemplo: una emisora de radio o una estación base de teléfonos móviles), otras veces deben serlo para

canalizar la potencia y no interferir a otros servicios (antenas entre estaciones de radio enlaces).

- **Equipos Banda Base: BBU**

Las BBU son las interfaces entre la estación base y la red de core (ver figura 7). Además, se ocupan de funciones como proporcionar un reloj al sistema, procesar y transferir paquetes en *uplink* y *downlink* y proveer de interfaz a las RRU. Adicionalmente también se encarga de monitorizar el estado de los equipos y de reportar las alarmas pertinentes. La BBU está basada en un diseño modular mediante el cual se configura una estación base según las necesidades, añadiendo simplemente nuevas tarjetas ya sea para ampliar la capacidad de transmisión, la de proceso o para implementar una nueva tecnología en un nodo ya existente.

Funciones principales de la BBU:

- Gestionar los recursos de cada tecnología.
- Proporcionar transmisión al equipo, esto es permitir la interconexión el resto de la red ya sea a través de BSC/RNC o directamente al core como en el caso de LTE.
- Proporcionar recursos de O&M, operaciones y mantenimiento, tanto en local como en remoto. Reporta estadísticos y alarmas a los servidores de gestión y permite la configuración remota.
- Procesa las señales en banda base tanto las de *uplink* como *downlink*.
- Proporciona puertos de interface radio pública común (CPRI) para comunicarse con la unidad de radio remota (RRU).
- Gestiona las alarmas externas (aquellas que no son propias de los equipos, pero puede afectar a este): temperatura del emplazamiento, puerta abierta, incendio, etcétera.

FAN	Slot 16	USCU/UBBP	Slot 0	USCU/UBBP	Slot 1	Slot 18
		USCU/UBBP	Slot 2	USCU/UBBP	Slot 3	UPEU/UEIU
		USCU/UBBP	Slot 4	USCU/UBBP	Slot 5	Slot 19
		UMPT	Slot 6	UMPT	Slot 7	UPEU

Figura 7. Distribución de slots BBU5900

Fuente: Elaboración propia (2023).

- **RRU (Unidad de Radio Remota)**

La unidad de radio remota (RRU) realiza modulación, demodulación, procesamiento de datos y combinación y división de señales de banda base y señales de RF. Con la tecnología de radio definida por *software* (SDR), la RRU puede funcionar en múltiples modos a través de la configuración del *software*. El RRU adopta un diseño 4T4R, que mejora aún más la potencia de salida y la capacidad de portadora.

La RRU realiza las siguientes funciones:

- * Recibe datos de banda base de enlace descendente de la BBU y envía datos de banda base de enlace ascendente a BBU.
- * Recibe señales de RF del sistema de antena, convierte las señales en señales de frecuencia intermedia (IF), amplifica las señales de IF, realiza la conversión de analógico a digital y convierte las señales de RF en la banda de transmisión (TX).
- * Multiplexa señales de recepción (RX) y TX en el canal RF para que estas señales puedan compartir el mismo canal de antena y filtra las señales RX y TX.

3.3.3.6. Equipamiento de Energía.

- **Gabinete de Batería MTS9300A-XA10A3**

Es un nuevo tipo de gabinete de batería diseñado por Huawei para admitir el sistema de energía 5G. Puede acomodar 5 juegos de baterías de litio BoostLi o 2 juegos de baterías de plomo-ácido de 48V / 190Ah, adecuadas para

escenarios como el sitio inalámbrico 2G / 3G / 4G de nueva construcción, la expansión 5G y el sitio inalámbrico 5G de nueva construcción.

- **Batería Litio ESM-48150B1**

ESM-48150B1 es un innovador módulo de almacenamiento de energía basado en tecnología de iones de litio especialmente diseñado para sitios de telecomunicaciones, con características avanzadas como larga vida útil, amplio rango de voltaje de carga, carga rápida, administración inteligente y software antirrobo. La ESM-48150B1 se puede conectar en paralelo con la batería de plomo-ácido directamente, lo que ayuda a los operadores a reutilizar completamente las baterías heredadas cuando se expande el sitio.

- **Gabinete Rectificador de Potencia MTS9304A-HX10A1**

MTS9304A-HX10A1 es un nuevo tipo de sistema de potencia de salida de CA/CC dividido, diseñado por Huawei para admitir la red 5G. Con las características de alta eficiencia de extremo a extremo, compatible con la evolución modular, el estabilizado inteligente de picos y la potencia de escalonamiento inteligente, la digitalización completa y la inteligencia. Es adecuado para escenarios como el sitio inalámbrico 2G/3G/4G de nueva construcción, la expansión 5G y el sitio inalámbrico 5G de nueva construcción.

- **Controlador SMU02C**

SMU02C es un tipo de unidad de monitoreo de alta gama para el sitio y la energía. Puede monitorear y administrar el sistema de energía de telecomunicaciones, y proporciona la función de monitoreo del sitio. La pantalla LCD y el teclado están equipados en la unidad para realizar la interacción hombre-máquina. Tiene un puerto de comunicación serie, un puerto CAN y un puerto Ethernet para realizar monitoreo local y remoto. SMU02C admite la gestión de monitoreo de la serie de sistemas de energía de HUAWEI, incluida la alimentación integrada, la alimentación interior y el sistema de energía exterior.

- **Interface UIM02C**

El módulo de interfaz de usuario (UIM02C) admite ocho salidas de contacto seco, seis entradas de contacto seco y siete puertos de sensor, como se observa en la figura 14 (incluida una entrada de temperatura ambiente y humedad, una entrada de sensor de agua, dos entradas de temperatura ambiente, una entrada de sensor de estado de puerta, una entrada de sensor de humo y una entrada de temperatura de batería).

- **Modulo Rectificador R4875G5**

R4875G5 es un módulo rectificador digital de alta densidad de potencia y alta eficiencia con una potencia de hasta 4000 W y una eficiencia máxima de hasta el 97 %. El módulo admite entrada de 85 VAC – 300 VAC o 85 VDC - 420 VDC, y salida de -42 VDC a -58 VDC (ajustable) o -57 VDC constante. El módulo tiene las características de arranque suave, intercambiable en caliente y bajo nivel de ruido, y adopta la última tecnología de monitoreo de energía para realizar un monitoreo en tiempo real del módulo rectificador y la carga

- **Gabinete de Transmisiones TP48200A-HX09A7**

Es un gabinete de equipo desarrollado por Huawei, que adopta un rack de 19 pulgadas y un intercambiador de calor de 85W / K y proporciona un espacio de usuario de 16U, y se puede utilizar para alojar equipos inalámbricos y de transmisión en el sitio. TP48200A-HX09A7 se utiliza en entornos de clase C para diversos escenarios al aire libre.

3.3.3.7. Equipamiento de Transmisión.

- **Router ATN10C**

El propósito de un router es enrutar tráfico, es decir se encarga de mover paquetes IP de una red a otra. Los routers funcionan en la capa de red (capa 3) del modelo OSI.

El Router Huawei modelo ATN 910C tiene una capacidad de conmutación de 136 Gbit/s, incluido el puerto 10GE/GE/FE/E1. Permite, satisfacer las necesidades de la red 4 / 4.5 G y totalmente compatible con la red de

existente. Admite hasta $12 * 10\text{GE} + 16\text{GE} / \text{FE}$. El dispositivo con una altura de 1U tiene la densidad 10GE más alta de la industria.

3.4 Procedimiento

3.4.1. Asignación del Site

Claro tiene varias contratistas que se encargan de ejecutar los diferentes proyectos, por lo cual realiza concursos semestralmente para la asignación de proyectos de implementación de nuevas estaciones base, todo esto depende de la planificación realizada por su área interna de planificación de radio frecuencia, la necesidad puede ser por cobertura, capacidad, compromiso Osiptel, proyecto corporativo o CANON.

Para el presente proyecto, Claro asignó la implementación de la radio base Girasoles Pucallpa a la contratista CJ TELECOM, esto lo formaliza a través del portal de aceptación de proyectos (PAP), donde se detalla todos los alcances.

3.4.1.1 Parámetros Geográficos

Para la realización de este proyecto se determinó que la estación Girasoles Pucallpa se encuentra en la dirección Alameda Los Girasoles S/N del Distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali (ver figuras 18 y 19). Las coordenadas son -8.414870° , -74.567288° (ver tabla 1).



Figura 8. Ubicación del site

Fuente: Google Earth (2023).



Figura 9. Panorámica del site

Fuente: Elaboración propia (2023).

Tabla 1. Coordenadas de la radio base Girasoles, Pucallpa

Nombre de sitio	Longitud	Latitud
LU0724_GIRASOLES PUCALLPA	-74.5672888888889°	-8.41486944444445°

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.4.2. Ingeniería y Costos

En esta etapa se definen todos los alcances del proyecto, se cierra el presupuesto y se emite la orden de compra con la que el proveedor posteriormente puede iniciar con la implementación de los equipos y despliegue de la fibra óptica.

- **Visita Técnica**

Posterior a la asignación del proyecto, el proveedor solicita la definición de la transmisión de la nueva radio base al área de planificación de redes de transporte urbano (RTU), con ello se define el sitio ancla al cual se conecta la nueva BTS. En este caso, se definió que la solución de transmisión será macro (en la nueva radio base se instaló un router de acceso) y el sitio ancla: PDI PUCALLPA, al cual se llega con fibra óptica utilizando una mufa existente de HFC CPMN006, ubicada en las siguientes coordenadas -8.413463°, -74.557020.

La definición de las bandas y sectores a implementar lo brinda el analista de planificación RF de Claro, posterior a las simulaciones de cobertura que realiza. Para este proyecto, se definió la implementación de 3 sectores a 30 m de altura, con las siguientes azimuts, bandas y tecnologías (ver tabla 2):

Tabla 2. Tecnologías y bandas por sector

SECTOR 1: AZ 65°			
TECNOLOGIAS	FRECUENCIAS 2G	FRECUENCIAS 3G	FRECUENCIAS 4G _
GSM/UMTS / LTE	850	850/1900	700/1900/2600
SECTOR 2: AZ 190°			
TECNOLOGIAS	FRECUENCIAS 2G	FRECUENCIAS 3G	FRECUENCIAS 4G _
GSM/UMTS / LTE	850	850/1900	700/1900/2600
SECTOR 3: AZ 305°			
TECNOLOGIAS	FRECUENCIAS 2G	FRECUENCIAS 3G	FRECUENCIAS 4G _
GSM/UMTS / LTE	850	850/1900	700/1900/2600

Fuente: Elaboración propia, 2023.

La construcción de la torre autosoportada de 30mts con mimetizado tipo Polímero está a cargo de otra empresa a la que se conoce como Torrera, el coordinador de Claro solicita a la torrera el informe donde este brinda el listo para equipos (LPE), se revisa que la torre cuente con los soportes libres en los azimuts y altura en la que se implementaran las antenas, la separación del soporte al polímero (>75 cm), las barras a tierra en torre y en piso, las escalerillas para el recorrido de cables, una losa para la ubicación de los gabinetes en piso y el tablero PDP energizado con toma para grupo electrógeno. Este informe también es compartido con el proveedor por si se tiene alguna observación antes de iniciar con la implementación. En caso se encuentre alguna observación que limite la implementación, el coordinador de Claro comunica a la torrera, la cual tiene 7 días como plazo máximo para levantar las observaciones.

- **Elaboración del Expediente PEXT**

El proveedor se desplazó al sitio para el relevamiento de información, su diseño de fibra óptica partía desde la ubicación de la mufa existente HFC

hasta la ubicación de la nueva BTS. La información recopilada es procesada y evaluada en el estado de los postes que se solicitaran en alquiler a la concesionaria Electro Ucayali y realizan el diseño de fibra óptica (PEXT).

El proveedor envía los planos de planta externa, el Kmz y el reporte fotográfico al coordinador de Claro. Este, revisó y validó que los planos elaborados se encontraran de acuerdo con el estándar definido por la empresa, ubicando la mejor ruta, utilizando la mayor cantidad de postes de terceros como puntos de apoyo y la colocando reservas cada 500 m (ver lo planos de fibra en el anexo 3).

Según el diseño final de PEXT, el metraje de fibra óptica total a tender sería de 1780 m con 5 postes de Claro existentes, 34 postes de Baja tensión, 3 postes de Media tensión de la concesionaria Electro Ucayali y con la proyección de 1 poste nuevo como puntos de apoyo.

Con el diseño de planta externa validado, el proveedor brindó la continuidad del par de hilos asignados (95-96) en la mufa CPMN006 hasta el PDI Pucallpa.

- **Presupuesto**

Ya con todos los alcances técnicos el proveedor procedió a elaborar su presupuesto de implementación usando los precios planos que cerraron con el área de compras al momento de adjudicarle el proyecto.

El presupuesto se envió a través del proveedor y fue revisado por el analista de ingeniería de Claro, se concilia el presupuesto con los alcances y proceden a gestionar la orden de compra, que una vez enviada, ya podía ser ejecutada. En la tabla 3 se muestra el resumen del presupuesto global del proyecto el cual engloba la construcción, costo de equipos y costo de la implementación.

Tabla 3. Resumen de presupuesto global

ITEM	TIPO	PARTIDAS	PARCIAL
1	CW	CONSTRUCCION DE TORRE AUTOSOPORTADA 30MTS	S/. 283.346,74
2	TI	EQUIPOS Y MATERIALES ENERGIA/RF/TX/FO	S/. 304.748,60
3	TI	IMPLEMENTACION TI HUAWEI - 3 SECTORES BANDAS 850/700/1900/2600	S/. 25.524,28
4	TI	IMPLEMENTACION DE GABINETE DE TX	S/. 1.175,00
5	FO	IMPLEMENTACION DE CSR	S/. 4.704,00
6	FO	IMPLEMENTACION DE PEXT	S/. 21.869,82
			S/. 641.368,44

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Alcances de presupuesto de construcción de la torre auto soportada triangular de 30MTS.

Torre auto soportada triangular de 30mts. Incluye suministro, montaje, accesorios, escalera de acceso peatonal, escalerilla, cable rack, línea de vida, plataformas, soportes de antenas para FDD y MW. Así como también el suministro e instalación de Polímero, instalación de pararrayos Parres, suministro e instalación de luz de balizaje solar e instalación de sistema de tierra Parres, aterramiento de todas las estructuras metálicas. Incluye hasta 04 pozos de tierra e interconexión, soldaduras y todo lo necesario para llegar a la resistencia menor a 5ohm. Además, se abarca la construcción del cerco perimétrico de albañilería 7 x 7mts, ladrillos KK 18 huecos en soga. 3mts de alto con concertina metálica, incluye soportes y alambres horizontales n°12. Por último, 01 losa de concreto para Gabinetes de 2.0x1.5mts, 01 losa de ingreso 1.5x0.9mts, gestión de suministro eléctrico hasta 9kW, tarifa BT5-b y el suministro e instalación de Tablero Eléctrico PDP.

Alcance de Presupuesto de Equipos y Materiales. En este punto el presupuesto cubrió la compra de todos los equipos de Energía, Radio Frecuencia, Transmisión y cable de fibra óptica (detalles en la tabla 4).

Tabla 4. Presupuesto de adquisición de Equipos y materiales

Partidas	Cant	Costo x Und	TOTAL
Equipamiento Radio frecuencia			
DISTRIBUIDOR HUAWEI DCU 02120731 POWER	2	S/. 2.280,00	S/. 4.560,00
CABLE 25030430 P-16mm^2-Blue 450/750V	20	S/. 28,50	S/. 570,00
CABLE 25030428, P-16mm^2-NEGRO 450/750V	20	S/. 28,50	S/. 570,00
CABLE 450/750V,6MM YELLOW/GREEN,25030191	8	S/. 28,50	S/. 228,00
NODO HUAWEI 5900 SINGLE RAN 02311VFF	1	S/. 4.712,00	S/. 4.712,00
CONSUMIBLES Y ETIQUETAS	1	S/. 380,00	S/. 380,00
TRANSCEIVER,ESFP1310 ,1.25G-10KM	1	S/. 380,00	S/. 380,00
RRU5512 DUAL BAND 700-850MHZ	3	S/. 1.900,00	S/. 5.700,00
RRU 5904W FOR MULTI-MODE 1900M(4*60W)	3	S/. 786,60	S/. 2.359,80
RRU5304W MULTI-MODE 2600MHZ 60W	3	S/. 524,40	S/. 1.573,20
MODULO HUAWEI SFP+,1310NM,9.8G	18	S/. 380,00	S/. 6.840,00
CABLE HUAWEI DULCK DLC/UPC 50M	9	S/. 190,00	S/. 1.710,00
CABLE JUMPER1/2-4.3 MALE TO 4.3 MALE 3M	34	S/. 68,40	S/. 2.325,60
CABLE JUMPER1/2-7/16 TO 4.3 MALE10M	2	S/. 114,00	S/. 228,00
CABLE 450/750V 60227 IEC 02(RV)25030429	120	S/. 28,50	S/. 3.420,00
CABLE ELECTR Y PODER 300V,BLACK	300	S/. 28,50	S/. 8.550,00
CABLE ELECTRONIC 25030749	300	S/. 28,50	S/. 8.550,00
ANTENA 12 PUERTOS ASI4518R10V06	3	S/.11.400,00	S/. 34.200,00
CABLE RET CON CONECTOR AISG-DB9 5M	3	S/. 494,00	S/. 1.482,00
Equipamiento Energia			
GABINETE MTS9304A-HX10A1 01075308-002	1	S/.44.954,00	S/. 44.954,00
GAB BAT LIT MTS9300A-XA10A3	2	S/.23.560,00	S/. 47.120,00
GAB EQUIPOS TP48200A-HX09A7	1	S/.21.751,20	S/. 21.751,20
CONSUMIBLES, CABLES Y SENSORES	1	S/. 1.900,00	S/. 1.900,00
BATERIA DE LITIO 150AH HUAWEI	4	S/.12.783,20	S/. 51.132,80
Equipamiento transmision			
CHASIS ATN910C-B 2DC,4*10GE,8*10GE,8*GE	1	S/.38.000,00	S/. 38.000,00
FUENTE HUAWEI 170W DC 02310GBM	2	S/. 1.596,00	S/. 3.192,00
MODULO HUAWEI OMXD30002 OPTICAL	2	S/. 380,00	S/. 760,00
Equipamiento Pext			
CABLE ADSS 400N (69186) 24 HILOS	1780	S/. 7.600,00	S/. 7.600,00
TOTAL			S/.304.748,60

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Alcances de presupuesto de Implementación de equipos. El presupuesto asignado, cubrió la instalación del equipamiento RF (BBU, RRU y antenas), el comisionamiento del nodo, la integración, el reporte fotográfico, los reportes

de voz/datos y la validación IT/OYM. Así como también, el proceso de ON AIR, que debía terminar en el portal de aceptación de proyectos (PAP) en máximo de 1 semana luego de la activación. También se cubrió la instalación del gabinete rectificador + gabinete de baterías + baterías. suministro e instalación de cable THW 25mm² para energización de rectificador. Por último, el suministro e instalación de cableado eléctrico, aterramiento y tuberías Conduit de protección para el energizado del *powercore*, baterías, alarmas, ventiladores y demás elementos interiores de los gabinetes rectificador y gabinetes de baterías con la puesta en servicio de todos los elementos y pruebas. gestión de alarmas (detalle en la tabla 5).

Tabla 5. Presupuesto de implementación de equipos

PRESUPUESTO DE TI LU0724 GIRASOLES_PI CALLPA						
ITEM	DESCRIPCION	UM	CANT	UNIT.	TOTAL	
1.00	Servicios Instalación del Equipamiento RF (TI)					
1.01	Instalación del Equipamiento RF (3 Sectores/4 bandas) + Gabinete Rectificador + 2 Gabinetes de Baterías + Baterías	UND	1.00	S/.25,524.28	S/.	25,524.28
TOTAL					S/.	25,524.28

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Alcances de presupuesto de implementación de gabinete. En este punto el presupuesto cubrió la instalación del Gabinete de Transmisión (TX) incluyendo el suministro e instalación de cableado eléctrico, aterramiento y tuberías de protección el energizado de alarmas, ventiladores y demás elementos interiores de los TX, además de la puesta en marcha de los servicios de todos los elementos y pruebas y la gestión de alarmas (detalles en la tabla 6).

Tabla 6. Presupuesto de implementación de gabinete

ITEM	DESCRIPCION	UM	CANT	UNIT.	TOTAL
2.00	Servicios instalación de gabinetes Tx				
2.01	Instalación de Gabinete de TX	UND	1.00	S/. 1,175.00	S/. 1,175.00
TOTAL					S/ 1,175.00

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Alcances de presupuesto de implementación de CSR router. En este punto el presupuesto cubrió la instalación del router de acceso: Instalación, configuración e integración de equipos Cell Site Router. También, incluyó el traslado de personal y equipamiento, la creación de equipos y servicios en el SGA, energizado, aterramiento, provisionamiento de materiales (*breakers*, jumpers FO, ordenadores, *patch pannel*, etcétera), validación de RTN, BackOffice y OYM Claro (detalles en la tabla 7).

Tabla 7. Presupuesto de implementación de router

ITEM	DESCRIPCION	UM	CANT	UNIT.	TOTAL
3.00	Servicios Instalación de Router				
3.01	Instalación de Router de Acceso en Provincia	UND	1.00	S/. 4,704.00	S/. 4,704.00
TOTAL					S/ 4,704.00

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Presupuesto de planta externa

Diseño: incluyó visita técnica, diseño de Tendido de FO desde el punto de diseño indicado por Planificación de Transmisiones hacia la ubicación del candidato definido.

Gestión de permisos y licencias: incluyó el armado de expediente según diseño, ingreso del expediente y gestión municipales, entidades gubernamentales, concesionarias eléctricas y entidades necesarias para conseguir todos los permisos de implementación. También incluyó el pago de tasas municipales, CIRA, PMA, gestión de servidumbre, pagos por derecho de paso y todo pago necesario para la instalación de postes por la no factibilidad de la Empresa Eléctrica.

Instalación del cable de fibra óptica aéreo o subterráneo sobre infraestructura existente o habilitada según diseño aprobado: incluyó suministro e instalación de mufas, pigtails, cintillos, preformados y toda la ferretería, herrajes y accesorios para la correcta instalación del cable de FO. Incluyó también: cajas terminales (panduit), empalmes rectos, derivación, empalmes fin de acometida y mediciones reflectométricas. El cable será suministrado por Claro.

Las mediciones reflectométricas se realizaron de manera bidireccional. Las pérdidas por empalme en mufas no podían ser mayores a 0.15 dB (en cada dirección). Las pérdidas por empalme en conector tampoco podían ser mayores a 0.5 dB. Los valores de reflectancia deberán estar de acuerdo con el fabricante. La atenuación de la fibra en ventana de 1310 no debía superar los 0,35 dB/km y a 1550, los 0,22 dB/km.

Los nuevos postes proyectados podrán ser de concreto armado centrifugado (CAC) o de fibra de vidrio de acuerdo con el diseño aprobado. Alturas de 9 m o 11 m (ver tabla 8).

Tabla 8. Presupuesto de implementación de planta externa

PRESUPUESTO DE PEXT LU0724_ GIRASOLES_PUCALLPA							
ITEM	DESCRIPCION	UM	CANT	UNIT.	TOTAL		
4.00	Servicios Implementación de la Planta Externa						
4.01	Diseño ingeniería 1.5km-4.5km, gestión de permisos Municipales y con las Concesionarias Eléctricas	Proy	1	S/.	5.718,40	S/.	5.718,40
4.02	Tendido aéreo de cable de FO en Postes BT o postería propia existente	m	1602	S/.	8,66	S/.	13.873,32
4.03	Tendido aéreo de cable de FO en Postes MT	m	118	S/.	9,45	S/.	1.115,10
4.04	Transporte, suministro e instalación de Poste telefónico de concreto de 9 m en zona urbana	UND	1	S/.	1.163,00	S/.	1.163,00
TOTAL						S/. 21.869,82	

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.4.3. Cronograma del Proyecto

En el cronograma del proyecto se detalla cada una de las etapas del proceso de implementación desde la asignación hasta la declaración de los equipos instalados

Tabla 9. Cronograma de implementación

CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION RADIO BASE GIRASOLES PUCALLPA																														
ITEM	NOMBRE DE ETAPA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1.0	Asignación del proyecto																													
1.0	Asignación de Contratasta	1																												
2.0	Ingeniería y Costos																													
2.0	Visita técnica		1	1																										
2.0	Elaboración del expediente Pext				1	1	1																							
2.0	Cierre de Presupuesto							1	1																					
2.0	Emisión de la Orden de Compra									1	1	1																		
3.0	Implementación de Equipos																													
3.0	Asignación de equipos y materiales							1	1																					
3.0	Despacho de equipos de almacén de Claro										1																			
3.0	Traslado de Equipos Terrestre-Pluvial												1	1	1	1														
3.0	Delivery de Equipos															1														
3.0	Anclado de Gabinetes															1	1													
3.0	Izaje de Antenas y RRUS																	1												
3.0	Instalación de equipos y sistema rectificador en gabinetes																	1	1											
3.0	Conexiones de fibra, energía y aterramientos																		1	1										
3.0	Comisionamiento de BBU																			1										
3.1	Integración de la BBU																				1									
3.1	Activación de servicios Móviles																					1	1							
4.0	On Air y Pruebas de Calidad																													
4.0	Pruebas de Roe																					1	1							
4.0	Pruebas de Voz y Datos																							1	1					
4.0	Aprobación de Optimización/OYM																								1	1	1	1		
5.0	Cierre de Proyecto																													
5.0	Declaración del equipamiento instalado																												1	1

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.4.4. Verificación de equipos y materiales

El proveedor asignado del proyecto solicitó el listado de equipamiento necesario para implementar la radio base equipos de Radio Frecuencia (RF), energía, transmisión y fibra óptica.

3.4.4.1. Verificación de Equipos RF: De acuerdo con la definición de las bandas y sectores se asignaron los materiales y equipos de radio frecuencia. La asignación fue realizada por el analista RF, quien pertenece a la gerencia de radio frecuencia, encargada de la compra y adquisición de materiales y equipos de radiofrecuencia que se desplegaron en toda la red móvil de Claro. En la tabla 10 se muestra la asignación de materiales y equipos RF.

Tabla 10. Materiales y equipos de radio frecuencia

ID MATERIAL	DESCRIPCION	CANTIDAD
4005067	DISTRIBUIDOR HUAWEI DCDU 02120731 POWER	2
1004143	CABLE 25030430 P-16mm^2-Blue 450/750V	20
1004151	CABLE 25030428, P-16mm^2-NEGRO 450/750V	20
1002180	CABLE 450/750V,6MM YELLOW/GREEN,25030191	8
4047541	NODO HUAWEI 5900 SINGLE RAN 02311VFF	1
1047698	MPE SITE MATERIAL KIT DBS5900 02232PAN	1
1048075	CABLE POWER 04152214 0.7M FOR BBU5900	1
4048890	CONTROLADOR UPEUe UNIV POWER 02311TVH	1
1030651	STICKER DKBA8.807.0202 29040907	4
1002161	CABLE SINGLE SHIELDING STRAIGHT 04070012	4
1048356	KIT DBS CABLE SUITE LABEL - 29080220	3
1003271	STICKER MBTS DBS SUITE LABEL 29080025	4
1003648	CABLE 10.00M,MP8-04023275	4
1003759	CABLE DLC/UPC,2FC/UPC 2B1.3 20M 14130505	1
4061799	TARJETA UMPGA2 03059607 HUAWEI	1
1004044	CABLE IT EQUIPM BBU 0.38MUSB3.0 04050386	1
4005266	TRANSCEIVER,ESFP1310,34060290,1.25G-10KM	1
4054761	TARJ UNIVERSAL UBBPG2 HUAWEI	2
4053463	RRU5512 DUAL BAND 700-850MHZ	3
4053721	RRU 5904W FOR MULTI-MODE 1900M(4*60W)	3
4059145	RRU5304W MULTI-MODE 2600MHZ 60W 02312GCS	3
1031009	MODULO HUAWEI 34060713 SFP+,1310NM,9.8G	18
1030887	CABLE HUAWEI DULCK DLC/UPC 50M 14130645	9
1041347	CABLE JUMPER1/2-4.3 MALE TO 4.3 MALE 3M	34
1041346	CABLE JUMPER1/2-7/16 MALE TO 4.3 MALE10M	2
1002182	CABLE 450/750V 60227 IEC 02(RV)25030429	120
1003673	CABLE ELECTR Y PODER 300V,BLACK,25030891	300
1002162	CABLE ELECTRONIC 25030749	300
1003767	ANTENA FEEDER ACCESORIES FIXIN 27150086	140
1003794	ANTENA FEEDER DBS AUX INSTAL 02237428	18
1042711	BBU LABEL,DKBA4.409.1919 29080033	36
1041793	CINTA AISLANT PURPL/ORANG/GREEN 02232HHS	12
4057698	ANTENA 12 PUERTOS ASI4518R10V06	3
1033917	CABLE RET CON CONECTOR AISG-DB9 5M	3
1054663	KIT-H DOWNTILT ANTENA 27151294 HUAWEI	3
1003389	CINTA DKBA0.480.0497,30070011	72

Fuente: Elaboración propia, 2023

3.4.4.2. Verificación de Equipos de Energía. La asignación del combo de equipamiento de Energía a utilizar lo realizó el analista de Climatización, quien pertenecía a la gerencia de construcción, encargada de la compra y adquisición de equipos y materiales de energía que se desplegaron en la red móvil de Claro.

Por estándar de Claro en una nueva implementación de una radio base se asigna como equipamiento 1 gabinete rectificador + Rectificador de 12KW + 1 gabinete de transmisiones + 2 gabinetes de baterías + bancos de baterías con una capacidad total de 600Ah + consumibles y cables como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Materiales de energía

ID MATERIAL	DESCRIPCION	CANTIDAD
4059853	GABINETE MTS9304A-HX10A1 01075308-002 H	1
4059855	GAB BAT LIT MTS9300A-XA10A3 01074557-002	2
4067837	GAB EQUIPOS TP48200A-HX09A7	1
4005067	DISTRIBUIDOR HUAWEI DCDCU 02120731 POWER	2
4059852	MODULO RECT 4KW R4875G5 02312NFE-002 HW	3
1052131	INTERRUPTOR MCB80V63A01 16021473 HUAWEI	6
1052130	INTERRUPTOR MCB80V32A01 16021519 HUAWEI	2
1052129	INTERRUPTOR MCB80V16A01 16021476 HUAWEI	2
4059854	DISTRIBUIDOR DCDB48-200-16B 01074731-002	1
1058435	CONECTOR PCBIT88 14080270 HW	1
1052282	SENSOR H&T EBTSensor005PAC 02232XGC HW	2
1052283	SENSOR HUMO ESSSensorPAC 02232XGD HUAWEI	1
1052284	SENSOR ANIEGO ELILSEN03 33010444-003 HW	1
1052285	LUMINARIA PTAE4LAMP490 23050107 HUAWEI	1
1054685	PANEL DKBA80804593.ASM 21140652 HUAWEI	3
1052287	KIT APMTS01 02232RRK HUAWEI	1
1052288	KIT ACCPackage20 02232XJM HUAWEI	1
1047684	CABLE SINGLE 1.2M 04070047 MP8	1
1002194	CABLE HUAWEI CSST00301 04070006 MP8-II	2
1048886	CABLE PWR 450V/750V16MM^2NEGRO//25030639	4
1003670	CABLE PODER 450/750V 16MM^2 BLUE25030586	4

ID MATERIAL	DESCRIPCION	CANTIDAD
1056757	CABLE POWER 450V/750V H072-K 25030742	6
1056758	CABLE POWER 450V H072-K 35M 25030720	6
1054686	CABLE C1016YG00 25030429 HUAWEI	6
4067795	BATERIA DE LITIO 150AH HUAWEI	4
1057877	CABLE ENERGIA DC H07VK&RV N1X25 00011452	12
1057878	CABLE ENERGIA DC H07VK&RV N1X25 00011453	12

Fuente: Elaboración propia, 2023

3.4.4.3. Verificación de Equipos de Transmisión. La solución de la transmisión para la nueva radio base fue definida por el analista de planificación de redes de transporte urbano, quien pertenecía a la gerencia de RTU, encargada de la compra y adquisición de equipos y materiales de transmisión que se desplegaran en la red móvil de Claro.

Para la presente investigación se mantuvo un enfoque de solución de transmisión macro, por lo que se asignó un router con los módulos correspondientes como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Materiales de transmisión

ID MATERIAL	DESCRIPCION	CANTIDAD
4053164	CHASIS ATN910C-B 2DC,4*10GE,8*10GE,8*GE	1
4062192	FUENTE HUAWEI 170W DC 02310GBM	2
1045813	SINGLE, SERIAL PORT CABLE,3M 04040838	1
1045814	SIGNAL,0.3M, SERIA LADAPTER CABLE 04070730	1
4033378	MODULO HUAWEI OMXD30002 OPTICAL S4017484	2

Fuente: Elaboración propia, 2023

3.4.4.4. Verificación de Fibra Óptica. La asignación fue realizada por la jefatura de fibra, la cual pertenece a la gerencia de construcción e implementación, esta es la encargada de la compra y adquisición de fibra óptica que se desplegara en toda la red móvil de Claro.

Según el diseño de fibra óptica realizada por el proveedor se tuvo un metraje de 1780 m de fibra óptica con vanos menores a 100 m.

Por estándar de Claro en la red de acceso se despliega fibra de 24 hilos, en la red de transporte de 48, 96 hilos. En la tabla 13 se muestra la asignación de fibra.

Tabla 13. Materiales de planta externa

ID MATERIAL	DESCRIPCION	CANTIDAD
1004200	CABLE ADSS 400N (69186) 24 HILOS	1780 m

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.4.5. Procedimiento de Implementación de Equipos

Con la asignación de equipos, el proveedor cargó el listado del equipamiento por categoría y lo solicitó a través del portal de aceptación de proyectos. Posterior a ello, se generó el pedido con el cual el almacén de Claro programó la cita para el despacho de los equipos y materiales dentro de las próximas 24 horas. Al momento de recoger los equipos el proveedor verificó que no faltan materiales o equipos, terminado el despacho se firmó la guía de remisión.

El proveedor trasladó todo el equipamiento a su almacén donde realizó una segunda revisión verificando que todo el equipamiento este completo, con ello procedió a enviar los equipos a Pucallpa Vía Terrestre – Pluvial.

Después de 3 días los equipos llegan a zona y se realizó el envío, que consistía en el traslado de equipos, herramientas y consumibles a la ubicación de la radio base, el grupo de trabajo es conformado por 4 personas.

Realizado el delivery, se informó al supervisor de Claro el inicio de las actividades, luego se empezó con los preparativos previos en piso.

- **Instalación en Torre**

Se preparó la antena, se instaló su *bracket* (elementos de fijación para soportes), kit downtilt y se realizaron las conexiones de los jumpers coaxiales (conectores 4.3 Din a 4.3 Din 3 m) a la antena, además se etiquetaron con los colores respectivos para cada sector según el código de colores que se muestra en la figura 10.

Sector 0	Sector 1	Sector 2	Sector 3

Figura 10. Código de colores, para sectores

Fuente: Elaboración propia (2023).

Se subieron las antenas apoyadas con poleas según se muestra en la figura 11, teniendo el cuidado adecuado para no dañar los equipos. Se anclaron las antenas a los soportes con azimuth 65°, 90° y 305°

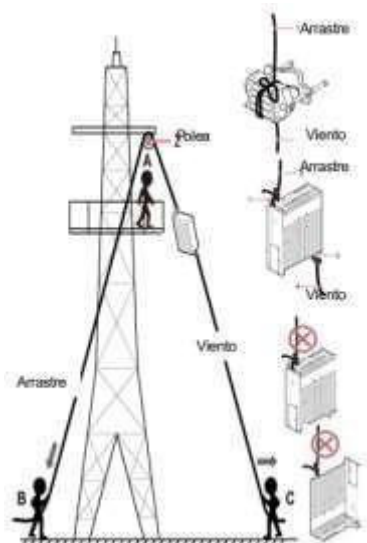


Figura 11. Izaje de antenas y RRUs

Fuente: Elaboración propia (2023).

Se preparó la RRU en piso, se instalaron sus *brackets* y se etiquetó según el código de colores. Las RRUs se subieron a la torre y se anclaron en el mismo soporte de la antena, en la parte posterior. A esta instalación (figura 12) se le conoce como *back to back*.



Figura 12. Instalación back to back Antena-RRU

Fuente: Elaboración propia (2023).

Se realizó la conexión de los jumpers coaxiales entre antena y RRU según el estándar mimo de la Antena ASI4518R10v06 12 puertos, figura 13.

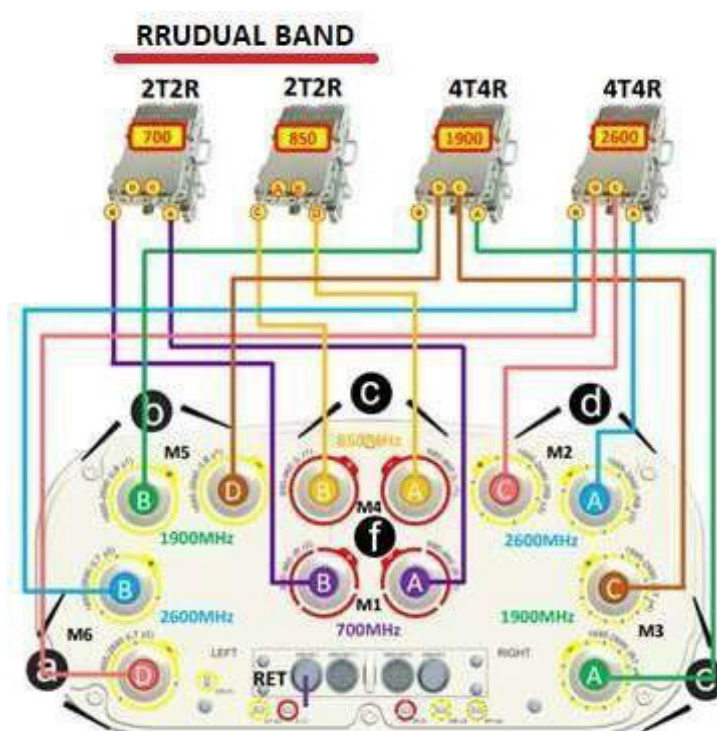


Figura 13. Estándar MIMO antena ASI4518R10v06

Fuente: Elaboración propia (2023).

Posteriormente se realizó el tendido de los cables de energía y fibra óptica, recorrido vertical en torre y recorrido horizontal por las escalerillas en piso. Se utiliza tubería Conduit pesado para el recorrido horizontal (figura 16). El cable óptico excedente se ordena sobre la escalerilla remanente de fibra óptica (figura 14).

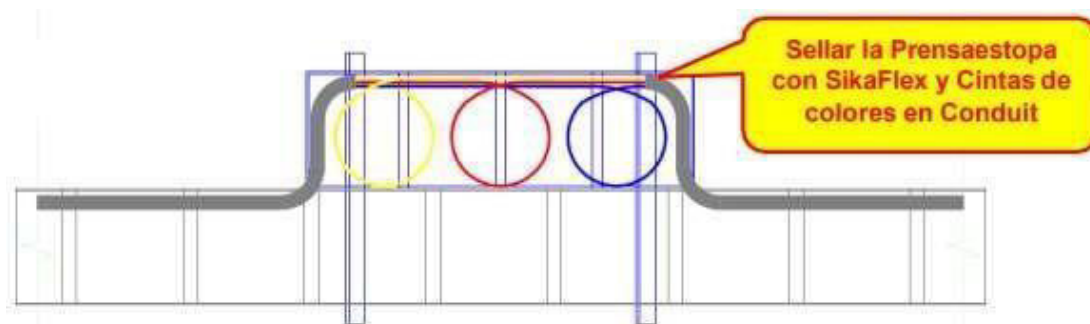


Figura 14. Remanente de cable de fibra óptica

Fuente: Elaboración propia (2023).

Se inserta los módulos ópticos para realizar la conexión de fibra óptica entre las RRUs CPRI 0 en torre y la BBU en piso, se conectaron al par de cables azul (+) y negro (-) para energizar la RRU desde la DCDU y se conectó con cable verde/amarillo a la barra a tierra (figura 15 y 19).

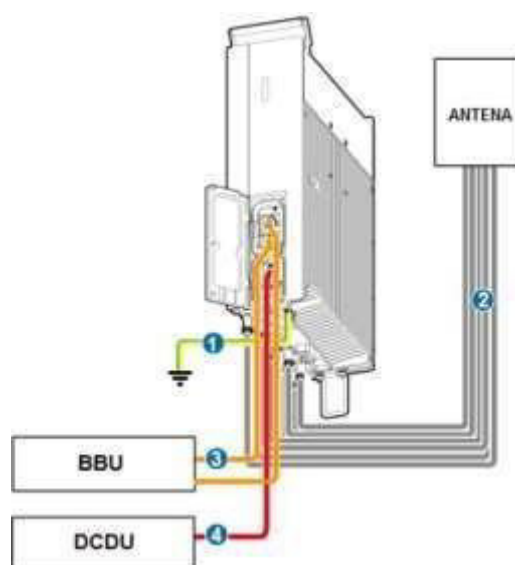


Figura 15. Conexiones de las RRUs – BBU – DCDU

Fuente: Elaboración propia (2023).



Figura 16. Recorrido de cables de fibra y energía.

Fuente: Elaboración propia (2023).

- **Instalación en Piso**

En piso se anclaron los gabinetes a la losa de equipos. Los gabinetes de baterías se apilaron, así como el gabinete rectificador y el gabinete de transmisiones como se muestra en la figura 17.



Figura 17. Anclado de gabinetes en losa de equipos

Fuente: Elaboración propia (2023).

- **Instalación en Gabinete de transmisiones**

En el Gabinete de Transmisiones se procedió a instalar dos DCDUs con una unidad de rack de separación. De la DCDU se energizan las RRUs de las bandas 850/700/1900/2600 de los 3 sectores y la BBU del Nodo. Cada DCDU utiliza 2 breaker de 63Amp, con cables de 16 mm para energizarse desde gabinete rectificador (figura 18).

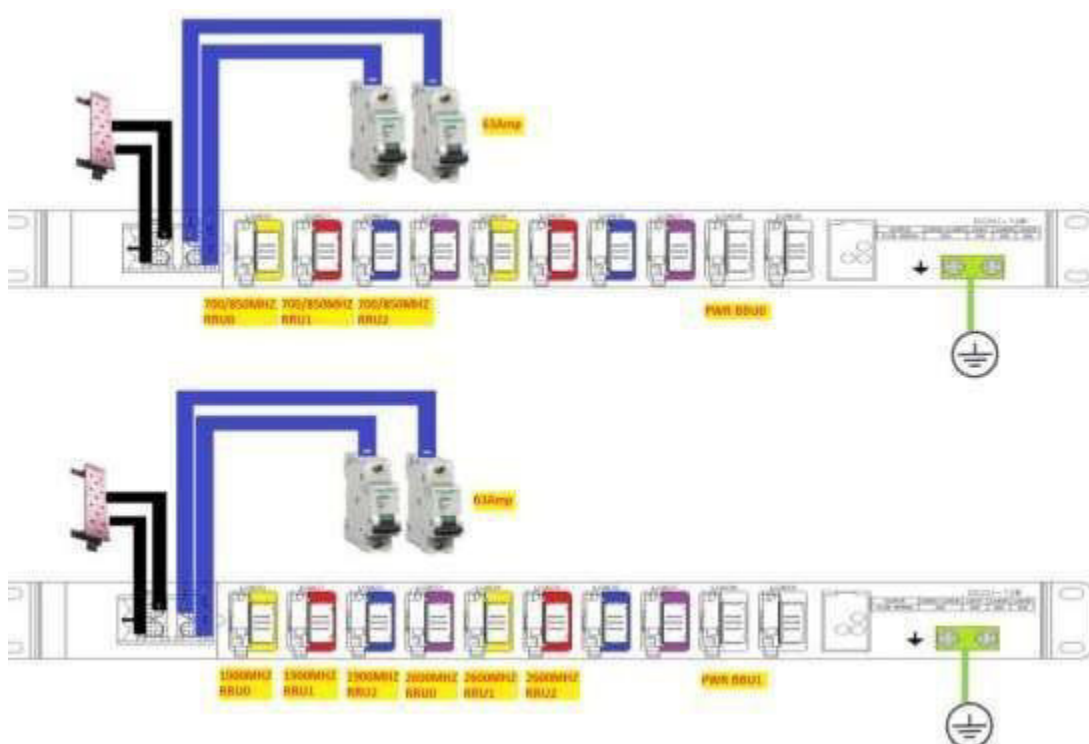


Figura 18. Energizado DCDU-RRUs en gabinete transmisiones

Fuente: Elaboración propia (2023).

La BBU se instala separando 2 unidades de rack de la DCDU, en la BBU se insertan las tarjetas UBBPg2 en los slots 0 y 2. La tarjeta UMPT en el slot 7, La tarjeta UPEU en el slot 19 y la FAN en el slot 16.

En la UBBPg2 del Slot 0 se insertaron los disparadores ópticos para conectar las fibras ópticas *outdoor* DLC/UPC hacia las RRUS de las bandas 2600 de los sectores S0, S1 y S2 en los CPRIS 3, 4 y 5 respectivamente. Y en la UBBPg2 del Slot 2 se insertan los disparadores ópticos para conectar las fibras hacia las RRUS de las bandas 700/850 y 1900 de los sectores S0, S1 y S2 en los Cpris 0,1,2 las bandas 700/850 y 3,4 y 5 las bandas 1900 de los sectores S0, S1 y S2 respectivamente (ver figura 19).



Figura 19. Conexión de la BBU

Fuente: Elaboración propia (2023).

En la UMPT del slot 7, se conecta al router por donde tendrá la transmisión. del puerto ethernet 0/2/20 del router rCSRGirasolesPucallpa; además, se conecta un cable ethernet al puerto ethernet Fe0/0 de la BBU. Con ello se garantiza la conectividad de los servicios 2G3G4G.

Del puerto ethernet 0/2/27 del router rCSRGirasolesPucallpa se conecta al puerto Fe0/0 de controlador SMU02B; con ello se garantiza la conectividad a la plataforma Neteco, donde se monitorea las alarmas y performance de la energía AC, rectificador, baterías y sensores de la BTS.

En la tarjeta UPEU del slot 19, se conecta el cable de alimentación hacia la DCPU, se configuran y conectan las alarmas del nodo hacia el rectificador.

El router de acceso se instala con dos unidades de *rack* de separación de la BBU. Se energizan las 2 fuentes de alimentación (Main/Standby) con 2 *breakers* de 10Amp del gabinete rectificador. El calibre de cables usado es 10mm² azul (+) y negro (negativo) y el aterramiento con cable V/A (ver figura 20).

En el puerto óptico del router rCSRGirasolesPucallpa 0/2/3, se conecta con un *jumper* de fibra con la planta externa hacia el puerto 0/2/6 del router de agregación UCA-PDI-DN01 del PDI Ucayali. En ambos puertos se inserta un módulo óptico Huawei 10G 40km (ver anexo c: diagrama de empalme).

Con una unidad de *rack* de separación se instala el ordenador de fibra, lo cual ayuda a guardar la reserva del *jumper* de fibra.



Figura 20. Energizado y aterramiento del router

Fuente: Elaboración propia (2023).

- **Instalación en Gabinete Rectificador**

Para el energizado del gabinete rectificador, se usó cable azul y marrón de 25mm desde el tablero PDP AC con un *breaker* bipolar de 63Amp.

En el gabinete rectificador se ubica el controlador SMU02B, la interface UIM02C y los slots para los módulos rectificadores.

En el controlador SMU02B se conecta con un cable ethernet del puerto Fe0/0 al puerto del router 0/2/27 por donde se tiene gestión a través de la plataforma Neteco, dónde se puede monitorear todos los parámetros de energía de los equipos.

En la interfaz UIM02C puerto COM, se conecta con un cable ethernet al puerto COM_IN de la batería de litio. En los puertos de sensor se conectan los sensores de humedad, temperatura, humo, puerta abierta y aniego. En los puertos de contacto seco se conectan las alarmas externas hacia el puerto de MON1 de la UPEU, por donde se verán reflejados todas las alarmas del nodo a través de la plataforma MAE.

En el gabinete rectificador se insertan 3 módulos rectificadores R4875G5 de 4KW; con ello se logra obtener 12KW en total de potencia, como se observa en la figura 21.



Figura 21. Equipos en gabinete rectificador

Fuente: Elaboración propia (2023).

- **Instalación en Gabinete de Baterías**

Se instaló los bancos de baterías de litio: 2 bancos de 150Amp en cada gabinete, tal como se muestra en la figura 23. Con esto, se realiza las conexiones de alimentación positivo (clave rojo), negativo (clave azul), tierra a (cable amarillo/verde) y de comunicación cable Ethernet en cascada

COM_IN/COM_OUT, este se interconecta con el puerto COM de la interfaz UIM02C. Desde el controlador SMU02B se configura los parámetros del respaldo de baterías como limitar la corriente de carga, carga flotante, tensión de carga y tensión nominales.

Los bancos de baterías en cada gabinete se conectan a un *breaker* de 32Amp en el gabinete rectificador (ver figura 22).

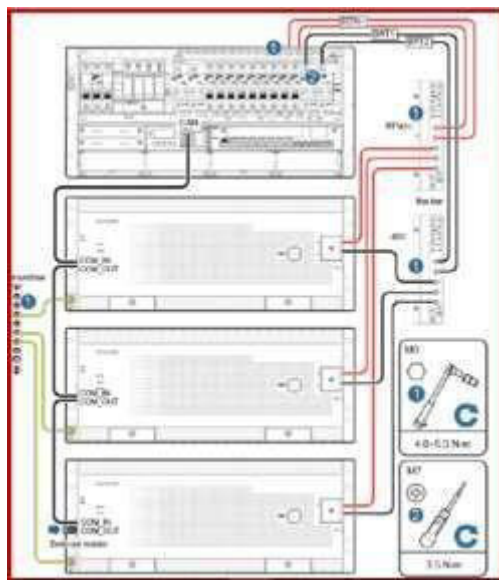


Figura 22. Estándar de conexiones de baterías de litio

Fuente: Elaboración propia (2023).



Figura 23. Instalación de baterías en gabinete 1 y 2.

Fuente: Elaboración propia (2023).

Los equipos se aterran con un cable A/V de 25mm² a la barra de tierra que se ubica dentro de los gabinetes, El gabinete se aterra con cable parres a la barra a tierra que se ubica en la losa de equipos (ver figura 34).



Figura 24. Aterramiento de gabinetes

Fuente: Elaboración propia (2023).

- **Integración**

Una vez culminada la implementación de equipos, se procede a configurar el router, personal en campo realiza el *upgrade* cargando el sistema operativo al router y según la *work order* de integración de router enviada por el área de planificación de redes de transporte urbano (ver tabla 14), configuran la IP en coordinación con el área de back office transporte nacional. Con ello, se logra la gestión remota del router, con la gestión lista se procede a coordinar con el área de administración de transporte IP para la integración de este y la configuración de protocolos de enrutamiento. Este proceso se culmina realizando las pruebas de fuente del router, con ello se valida de que la fuente de alimentación principal y secundaria funcionen correctamente.

Tabla 14. Recursos de la work order de integración de router

Site	Código Site	PUNTO DE LLEGADA	Ip System Agregador	Equipo	Puerto Agg	Puerto rCSR
GIRASOLES PUCALLPA	LU0724	PDI PUCALLPA	10.140.132.67	UCA-PDI-DN01	0/2/6	0/2/3
RECURSOS Ips de rCSRs						
rCSR	WAN rCSR	LoopBack Sync	LoopBack Gestión	Loopback System	Reserva do	Area OSPF
rCSRGirasoles Pucallpa	10.134.66.44	10.134.66.75	10.134.66.91	10.134.66.107		5.1.61.51

Fuente: Elaboración propia (2023).

Con la integración culminada se coordina con el área de administración de redes de transporte nacional para validar la transmisión entre el nuevo router de acceso con el router agregador. Se envían las mediciones reflectométricas con el trazo de la ruta de la planta externa. Esta área revisa de que no existan pérdidas de paquetes y monitorean el enlace por una hora. Con ello proceden a liberar el router y se pone en producción.

Con el router liberado se procede a coordinar con el área de BO, se configura allí las IPs en la red según la *work order* de servicios y se valida la conectividad de servicios 2G, 3G y 4G a la BBU, como se observa en la tabla 15.

Tabla 15. Recursos de la work order de servicios 2G, 3G y 4G

	Escenario	Site Name	Site Code	Router	Puerto	Port Description
2 G	BE-SR01	GIRASOLES PUCALLPA	LU0724	rCSR Girasoles Pucallpa	0/2/20	"to BTS IP-GIRASOLES PUCALLPA-LU0724"
	Velocidad en puerto	VLAN	Gateway	IP BTS	MASC ARA	
	1000	500	10.148.136.234	10.148.136.233	30	
	Escenario	Site Name	Site Code	Router	Puerto	Port Description
3 G	NE-SR01	GIRASOLES PUCALLPA	LU0724	rCSR Girasoles Pucallpa	0/2/20	"to NODE-B-GIRASOLES PUCALLPA-LU0724"
	Velocidad en puerto	VLAN	Gateway	IP NodoB	MASC ARA	
	1000	400	10.146.132.38	10.146.132.33	29	
	Pre-Agregador	Site	Cod Site	CellSiteRouter	Puerto	Port Description
4 G	UCA-PDI-DN01	GIRASOLES PUCALLPA	LU0724	rCSR Girasoles Pucallpa	0/2/20	"to eNODE-B-GIRASOLES PUCALLPA-LU0724"
	Interface S1-MME	Interface S1-U	Sincronismo	Gestión	MASC ARA	
	10.194.75.12	10.194.203.12	10.251.75.12	10.231.75.12	30	
	Vlans: 510	511	512	513		

Fuente: Elaboración propia (2023).

Con la conectividad validada, se inicia con el proceso de integración de la BBU. El servicio de integración lo realiza el proveedor Huawei, asigna un recurso que realiza la configuración en la plataforma iMaster MAE, creación de las celdas, declaración de todos los parámetros de radiofrecuencia como adyacencias, vecindades, prioridades, ancho de banda por tecnología, etcétera. Toda esa información contiene el Data Fiell 2G, 3G y 4G, enviado por el área de planificación RF.

- **Activación**

Culminada la integración se solicita la activación a través del portal de aceptación de proyectos (PAP); el área de administración back office core voz datos es la encargada de revisar de que todo se halla integrado correctamente según *data fiell* y no se tenga interferencia ni duplicidad de celdas. Culminada

la revisión y sin observaciones lógicas ni físicas, se procede a activar los servicios en la plataforma iMaster MAE. Con ello la radio base empieza a estar en servicio.

3.4.6. On Air y pruebas de Calidad

Durante el proceso de integración y activación el personal en campo revisa las conexiones entre la RRU y la antena para asegurar que los valores de la relación de onda estacionaria o ROE no superen el valor de 1.3 que significaría que la potencia máxima reflejada es del 1.7% de la potencia emitida.

VSWR Query Result								
BS Name	Sector No.	Cabinet No.	Subrack No.	Slot No.	TX Channel No.	RF Port	VSWR(0.01)	Test Result
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	0	0	60	0	0	NULL	113	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	0	0	60	0	1	NULL	111	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	0	0	60	0	2	NULL	106	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	0	0	60	0	3	NULL	105	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	1	0	61	0	0	NULL	112	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	1	0	61	0	1	NULL	109	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	1	0	61	0	2	NULL	103	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	1	0	61	0	3	NULL	106	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	2	0	62	0	0	NULL	107	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	2	0	62	0	1	NULL	103	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	2	0	62	0	2	NULL	100	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	2	0	62	0	3	NULL	111	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	0	0	80	0	0	NULL	121	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	0	0	80	0	1	NULL	107	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	0	0	80	0	2	NULL	110	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	0	0	80	0	3	NULL	108	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	1	0	81	0	0	NULL	120	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	1	0	81	0	1	NULL	107	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	1	0	81	0	2	NULL	120	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	1	0	81	0	3	NULL	105	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	2	0	82	0	0	NULL	125	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	2	0	82	0	1	NULL	113	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	2	0	82	0	2	NULL	126	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	2	0	82	0	3	NULL	103	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	0	0	90	0	0	NULL	114	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	0	0	90	0	1	NULL	108	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	0	0	90	0	2	NULL	108	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	0	0	90	0	3	NULL	115	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	1	0	91	0	0	NULL	114	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	1	0	91	0	1	NULL	105	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	1	0	91	0	2	NULL	110	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	1	0	91	0	3	NULL	119	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	2	0	92	0	0	NULL	113	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	2	0	92	0	1	NULL	109	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	2	0	92	0	2	NULL	113	Successful
MBTS_LU0724_GIRASOLES_PUCALLPA	2	0	92	0	3	NULL	116	Successful

(Number of results = 36)

--- END

Figura 25. Mediciones de ROE

Fuente: Elaboración propia (2023).

- ❖ Subrack 60 Banda 1900Mhz Sector 0 Modo 4T4R
- ❖ Subrack 61 Banda 1900Mhz Sector 1 Modo 4T4R
- ❖ Subrack 62 Banda 1900Mhz Sector 2 Modo 4T4R
- ❖ Subrack 80 Banda 2600Mhz Sector 0 Modo TX 4T4R
- ❖ Subrack 81 Banda 2600Mhz Sector 1 Modo TX 4T4R
- ❖ Subrack 82 Banda 2600Mhz Sector 2 Modo TX 4T4R
- ❖ Subrack 90 Banda 850 /700Mhz Sector 0 Modo 4T4R
- ❖ Subrack 91 Banda 850 /700Mhz Sector 1 Modo 4T4R
- ❖ Subrack 92 Banda 850 /700Mhz Sector 2 Modo 4T4R

Posterior a la activación, el proveedor elabora el reporte de instalación y el reporte de voz y datos, carga los reportes para iniciar el proceso de *initial tuning*, el área de optimización de sistemas de radio es el encargado de revisar los KPIs y los reportes, con ello validan que las instalaciones y conexiones se hayan realizado correctamente según el estándar mimo.

Pruebas en 2G

Se realiza la prueba desactivando las celdas 3G y 4G.

En la figura 26 se visualiza la velocidad de datos sin llamada en proceso y la velocidad de datos con llamada en proceso.

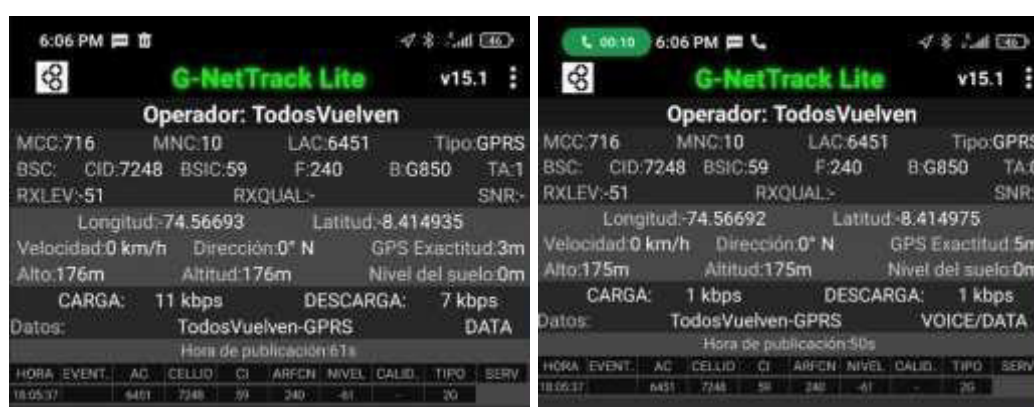


Figura 26. Prueba de llamadas en 2G

Fuente: Elaboración propia (2023).

Pruebas en 3G

Se realiza la prueba desactivando las celdas 2G y 4G.

En la figura 36 se visualiza la velocidad de datos sin llamada en proceso y la velocidad de datos con llamada en proceso. En la figura 28, se muestra los datos en 3G.

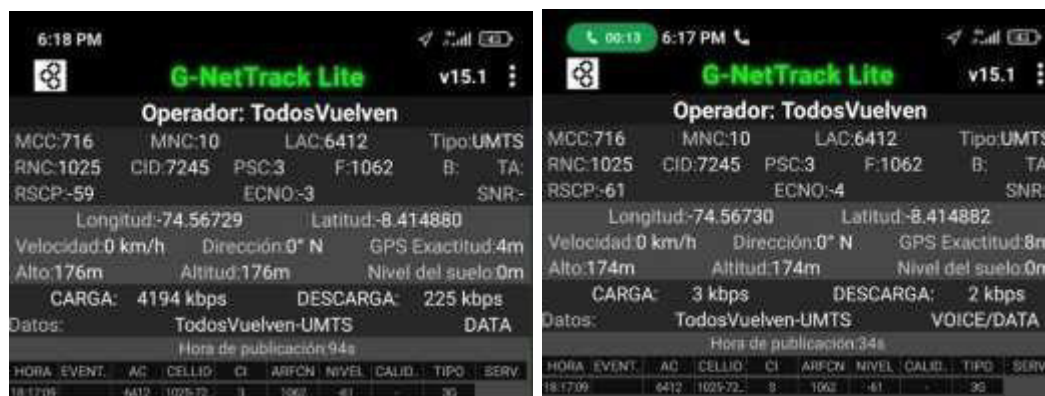


Figura 27. Prueba de llamadas en 3G

Fuente: Elaboración propia (2023).



Figura 28. HSPDA Throughput HSUPA 3G G-Nettrack

Fuente: Elaboración propia (2023).

Pruebas en 4G

Llamadas CSFB (G-Nettrack). Cuando el móvil se encuentra en 4G y pasa al estado de una llamada, este realiza un salto de celda al servicio 3G o 2G

dependiendo la prioridad definida. Al culminar la llamada realiza otro salto de celda para regresar al servicio 4G, como se observa en las figuras 29 y 30.

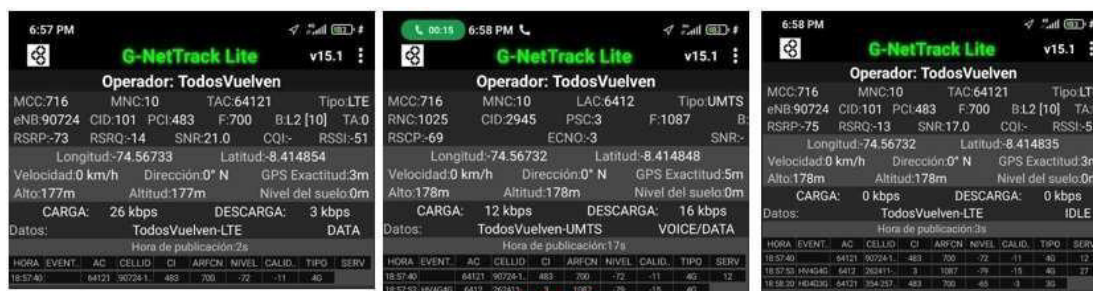


Figura 29. Prueba de llamadas en 4G CSFB

Fuente: Elaboración propia (2023).



Figura 30. Pantallazo DL Throughput UL Throughput 4G

Fuente: Elaboración propia (2023).

Con la validación del área de optimización se prosigue la validación del área de operación y mantenimiento. Se agenda una visita en la radio base con el analista de operación y mantenimiento con el cual se firmó el Cen File donde se encuentra el listado final con los números de serie de los equipos instalados (Ver Anexo 5). Además, se firmó el acta de aceptación (ATP) y con el cual se

entrega de manera formal la nueva infraestructura implementada a esta área, quienes se encargará de la operación y mantenimiento.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones

1. La información debidamente recopilada y procesada permitió realizar una ingeniería adecuada del proyecto, asegurando así que el personal técnico responsable de la ejecución realice su trabajo correctamente y cumpliendo con el cronograma indicado.
2. Se optimizo el diseño de planta externa usando infraestructura de postes de terceros para reducir el costo de la implementación de la fibra óptica que da conectividad a la nueva estación
3. La correcta verificación de los equipos asignados permitió contar con todos los accesorios, materiales y complementos de equipos, con lo cual no hubo retrasos durante la implementación
4. Para una correcta integración para la activación de servicios móviles se requirió que el Data Fiell contenga todos los datos de configuración de la nueva radiobase, sin errores.
5. Se logró concluir de forma satisfactoria la puesta en servicio de la radio base Girasoles Pucallpa verificando que los parámetros de ROE se encuentre dentro del rango permitido con lo cual no se tiene problemas para el usuario final en la prueba de Voz y Datos.
6. La creciente demanda del ancho de banda hace que los operadores mejoren esfuerzos para desplegar más infraestructura como la construcción e implementación de nuevas radio bases y la

modernización con nuevas tecnologías a las radios bases existentes, buscando satisfacer la demanda para mantener la fidelidad de los usuarios y ganar nuevos usuarios.

5.2. Recomendaciones

Se deben mejorar los procesos logísticos de Claro, de modo que los equipos y materiales puedan ser entregados al proveedor sin retraso.

En caso de utilizar equipamiento reutilizado en la implementación, este debería pasar por un proceso de mantenimiento para que se garantice que se encuentra operativo y no retrase la implementación en caso de falla.

Se debe tener una mayor prolijidad al momento de enviar los documentos donde se encuentran todos los parámetros de configuración de la radio base (Data Fiell), ya que de lo contrario retrasara la activación por errores que contenga este.

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

Agusti, R., Bernardo, F., Casadevall, F., Ferrús, R., Pérez, J. y Sallent, O. (2010). *LTE: Nuevas tendencias en comunicaciones móviles*. Fundación Vodafone España.

Cortez, G. (2018). *Despliegue de un Sistema Celular Utilizando SingleRAN 2G, 3G y 4G*. (Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de México).

García, J. P. y García-Pardo, J. M. M. (2014). *Sistemas de comunicaciones móviles: caracterización del canal móvil*. RAI UPCT Ediciones.

Huawei Enterprise. (s.f.). *Estación base macro para interiores BTS3900 - Productos de Huawei*. <https://e.huawei.com/es/products/wireless/gsm-r/radio-access-network/bts3900>

Huawei. (s.f.) *Huawei MTS9300A Support Guide, Manuals & PDF*. <https://support.huawei.com/enterprise/en/site-power-facility/mts9300a-pid-21895152>

Huawei Technologies Co., Ltd. (2018). *BTS5900 series base stations*. <https://e.huawei.com/en/products/wireless/bts5900>

Huidobro, J. (2013). Antenas de telecomunicaciones. *Revista Digital de ACTA*
https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/020001.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2022). *Estadísticas de Telecomunicaciones. Primer trimestre 2022*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1756/index.html#p=63

Li, H., y Yang, X. (2018). 5G mobile networks: vision, requirements and challenges. *Science China Information Sciences*, 61(9), 090301.

Lutz, J. (2010). *SingleRAN architecture for mobile network base stations* (pp. 173-176). John Wiley & Sons.

Orange. (2023). *Las ondas. ¿Cómo funciona una red móvil?*. <https://radio-waves.orange.com/es/como-funciona-una-red-movil/>

Palacios, I. (2015). *Consideraciones para la migración de una red de acceso 2G y 3G independientes a una sola red de acceso móvil multitecnología a través de Single Ran*. (Trabajo de grado).
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/3071/1/Ivonne%20Alejandra%20Palacios%20Rodr%C3%ADguez.pdf>

Salas, J. D. P. (2022). *Proyecto de aplicación: modernización de la red de acceso de un operador móvil - Caso Arequipa Metropolitana*. (Trabajo de Suficiencia Profesional).
http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/17382/8/SALAS_MANRIQUE_JOS_PRO.pdf

Sánchez, V. (2015). *Renovación Tecnológica de la Red de Acceso de un Operador Móvil*. (Trabajo de fin de carrera, Universidad Autónoma de Madrid). <https://blog.csdn.net/u010378992/article/details/113860019>

Sánchez, J. (2020). *Fundamentos de telecomunicaciones: Redes y servicios de comunicaciones móviles*. Ediciones Díaz de Santos.

Telefónica del Perú. (2022). *Nuestra Red*.
<https://www.telefonica.com.pe/personas/nuestra-red/>

ANEXOS

Anexo 1. Hojas Técnicas

Power Outdoor Battery Cabinet MTS9300A-XA10A3

System	Dimension (W * D * H)	Cabinet: 650mm * 650mm * 1000mm (include base) Base: 650mm * 650mm * 100mm
	Weight	<65kg (without battery or packaging)
	Cooling mode	PC300D air conditioner, 300W cooling/heating capability
	Installation mode	Grounding\ rooftop\ wall hanging\ stacking with distributed power cabin
	Cabling mode	At the bottom, inlet/outlet downwards
	Noise level	Satisfied GR487, noise ≤ 65dBA @ 1.5m, 45°C
	Protection level	IP55
	Battery space	5 sets of ESM-48100B1 BoostLi (or 4 sets of ESM-48150B1)
	MTBF	≥200,000 hours (excluding battery)
Controller	Communication port	RS485/Dry contact
Environment	Operating temperature	-20°C to +45°C (+ solar radiation) with lithium battery
	Storage temperature	-40°C to +70°C
	Operating humidity	5% - 95% (non-condensing)
	Altitude	0 - 4000m (High temperature derating in the environment of 2000m - 4000m, the operating temperature is reduced by 1 °C for every 200m increase)

Power Outdoor Series MTS9304A-HX10A1-5308-002

Product Type		MTS9304A-HX10A1
System	Dimension (W × D × H)	Cabinet: 650mm × 650mm × 1000mm (include base) Top heat exchanger (optional): 650mm × 650mm × 250mm Base: 650mm × 650mm × 100mm
	Weight	< 80kg (without rectifier module, top heat exchanger or packaging)
	Cooling mode	Power cabin: heat exchange (150W/K is standard, 100W/K is optional expansion module)
	Installation mode	Grounding\ rooftop\ wall against\ stacking with battery cabin
	Cabling mode	At the bottom, inlet/outlet downwards
	Maintenance mode	In front
	Noise level	Satisfied GR487, noise ≤ 65dBA @ 1.5m, 45℃
	Protection level	IP55
	User space	13U
	MTBF	≥ 200,000 hours
	Height of power embedded power *	3U
	Number of module slots *	6
AC Distribution	Input mode	Dual-live wire compatible with three-live-wire and three-phase
	Input voltage	Dual-live and three-live-wire 200VAC - 240VAC; three-phase: 346VAC~415VAC
	Input frequency	45Hz - 65Hz, rated value: 50Hz/60Hz
	Input capacity	1×125A/3P MCB
	SPD	Nominal lightning strike discharge current 30kA (8/20μs);
	AC output	1 pcs of AC output box with 1×16A/1P MCB, 1 pcs all-purpose maintenance socket
DC Distribution	Output voltage	Normal mode: 42VDC - 58VDC, rated value: 53.5VDC 5G mode: 57VDC constant (must integrate with BoostLI lithium battery)
	Maximum capacity	Dual-live wire: 18kW Three-live-wire and three phase: 24kW
	Battery branch	4×125A MCB(Default configuration, installed on the side)
	LLVD branch (Adding DCDB)	1×125A MCB, 5×63A MCB, 2×32A MCB, 2×16A MCB
	BLVD branch (Adding DCDB)	6×63A MCB, 2×32A MCB, 2×16A MCB
	SPD	Nominal lightning strike discharge current: Differential mode - 10kA (8/20μs); Common mode - 20kA (8/20μs)
Rectifier	Type	R4875G1
	Input voltage	85VAC - 300VAC, rated 220VAC
	Rated power	4000W (176VAC - 300VAC) 4000W - 1600W (176VAC - 85VAC linear derating)
	Efficiency	Maximum 97% ≥ 96% (230VAC, 30% - 80% load rate)
	Working temperature	-40℃ to +75℃
	Dimension (W × D × H)	105mm × 269mm × 40.8mm
	Weight	≤ 2.2kg
	Power factor	≥ 0.99
Controller	THD	≤ 5%
	Signal input	2 AI (battery temp., ambient temp.) 4 DI (gate, smoke, water, 1 reserved)
	Alarm output	8 DO
	Communication port	RS232, RS485, CAN, FE
	Storage capacity	Up to 1000 historical records
Controller	Display mode	LCD

Outdoor Power System TP48200A-HX09A7

System	Dimension	650mm(W)×650mm(D)×900mm(H) (excluding base)
	Weight	≤50kg (without rectifier module)
	Cooling mode	Heat exchange 850W
	Installation mode	Grounding/rooftop/wall against /stacking with battery cabinet
	Cabling mode	At the bottom, inlet/outlet downwards
	Maintenance mode	In front
	Noise level	Satisfied GR487, noises≤65dBA@1.5m
	Protection level	IP55
	Battery space	N/A
	User space	15U
	MTBF	200,000 hours
Environment	Operating temperature	-40℃→+45℃ (+ solar radiation)
	Storage temperature	-40℃→+70℃
	Operating humidity	5%~95%(non-condensing)
	Altitude	0~4000m

ANTENA ASI4518R10v06

Antenna Specifications

Electrical Properties										
Frequency range (MHz)		2 x (690 - 960)				4 x (1695 - 2690)				
		690 - 803	790 - 862	824 - 894	880 - 960	1695 - 1990	1920 - 2200	2200 - 2490	2490 - 2690	
Polarization		+45°, -45°								
Electrical downtilt (°)		0 - 10, continuously adjustable, each band separately				2 - 12, continuously adjustable, each band separately				
Gain (dBi)		at mid Tilt	15.8	16.5	16.7	17.0				
		over all Tilts	15.5 ± 0.5	16.3 ± 0.5	16.5 ± 0.5	16.7 ± 0.5				
	Bottom	at mid Tilt					16.6	17.0	17.2	17.6
		over all Tilts					16.4 ± 0.6	16.8 ± 0.5	17.0 ± 0.5	17.4 ± 0.5
	Top	at mid Tilt					16.6	17.0	17.2	17.6
		over all Tilts					16.4 ± 0.6	16.8 ± 0.5	17.0 ± 0.5	17.4 ± 0.5
Side lobe suppression for first side lobe above main beam (dB)		> 16	> 17	> 17	> 17	> 16	> 16	> 16	> 16	
Horizontal 3dB beam width (°)		68 ± 5	65 ± 5	62 ± 5	60 ± 5	65 ± 5	63 ± 5	61 ± 5	60 ± 5	
Vertical 3dB beam width (°)		8.8 ± 0.7	8.0 ± 0.6	7.8 ± 0.5	7.5 ± 0.5	7.0 ± 0.7	6.0 ± 0.5	5.5 ± 0.4	5.0 ± 0.5	
VSWR		< 1.5								
Cross polar isolation (dB)		≥ 28								
Interband isolation (dB)		≥ 28								
Front to back ratio, ±30° (dB)		> 23	> 26	> 26	> 26	> 26	> 27	> 27	> 28	
Cross polar ratio (dB)	0°	> 17	> 18	> 19	> 20	> 15	> 16	> 17	> 17	
Max. power per input (W)		500 (at 50°C ambient temperature)				250 (at 50°C ambient temperature)				
Total power (W)		1200 (at 50°C ambient temperature)								
Intermodulation IM3 (dBc)		≤ -153 (2 x 43 dBm carrier)								
Impedance (Ω)		50								
Grounding		DC Ground								

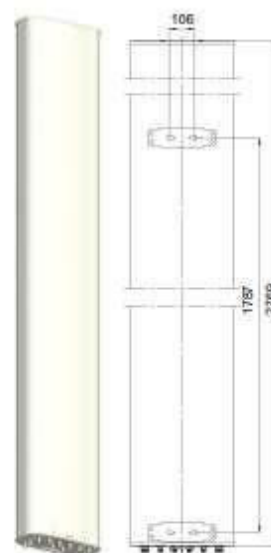
1. Values based on NGMN recommendations on Base Station Antenna Standards (BASTA).

2. Electrical datasheet in XML format is available.

Mechanical Properties	
Antenna dimensions (H x W x D) (mm)	2769 ± 429 x 196
Packing dimensions (H x W x D) (mm)	2980 x 530 x 275
Antenna weight (kg)	45.6
Clamps weight (kg)	5.8 (2 units)
Antenna packing weight (kg)	66.1 (included clamps)
Mast diameter supported (mm)	50 - 115
Radome material	Fiberglass
Radome colour	Light grey
Operational temperature (°C)	-40 ... +65
Wind load (N)	Frontal: 1320 (at 150 km/h) Lateral: 380 (at 150 km/h) Rear side: 1320 (at 150 km/h)
Max. operational wind speed (km/h)	200
Survival wind speed (km/h)	250
Connector	12 x 4.3-10 Female
Connector position	Bottom

Accessories

Item	Model	Description	Weight	Units per antenna
Downtilt kit	ASMDT0F01	Mechanical downtilt: 0 - 8°	3.1 kg	1 (Separate packing)



CONTROLADOR SMU02C

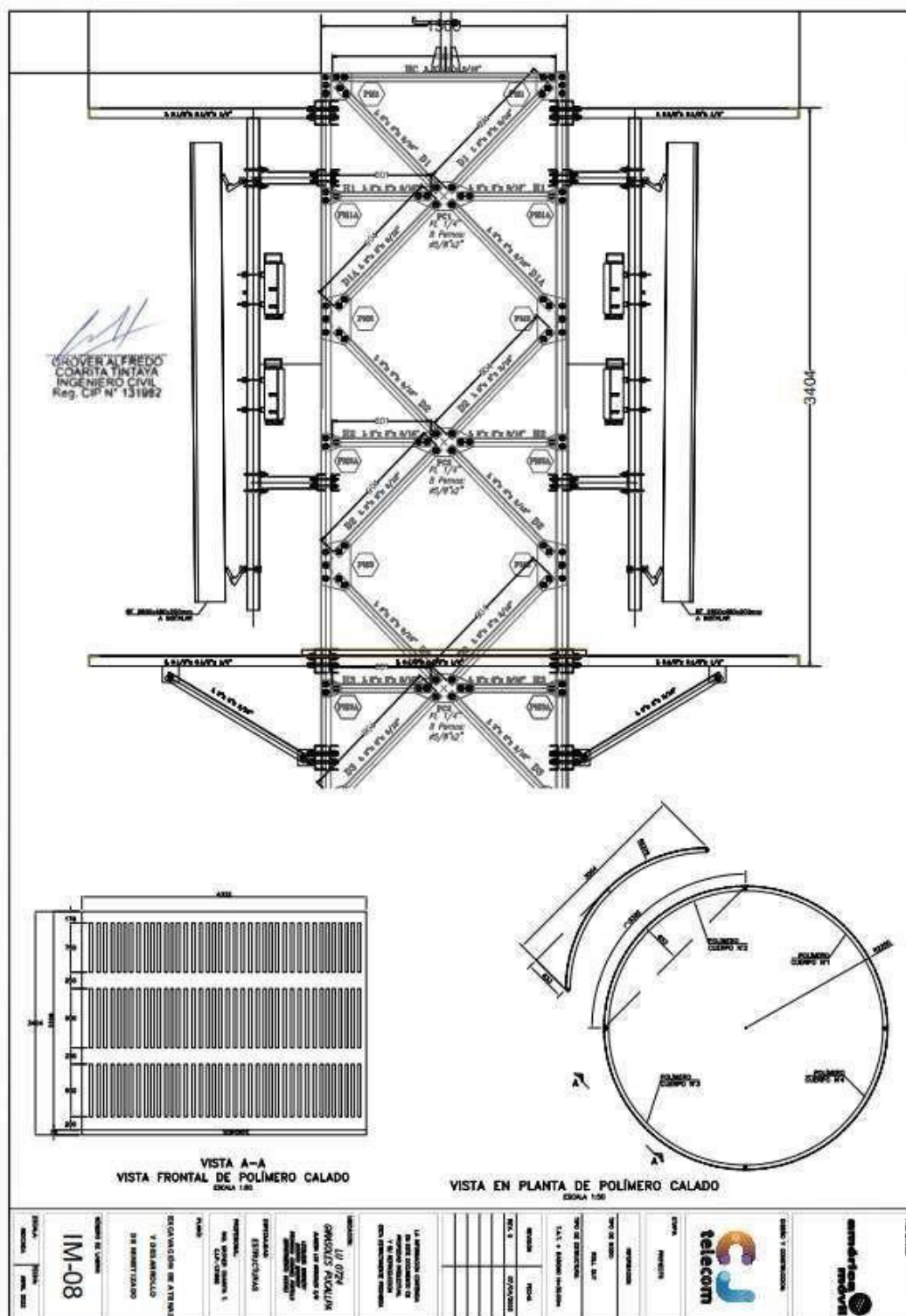
Detection	Alarm
AC input voltage	Internal fault
AC input current	AC phase failure
AC frequency	AC/DC over voltage/under voltage, AC outage
DC output voltage	Load/battery fuse break
Total load current	Battery discharging
Total battery current	Load low voltage disconnection (LLVD1, LLVD2)
Battery temperature	Battery low voltage disconnection (BLVD)
Ambient temperature & humidity	Battery temperature high/very high/low/very low
	Rectifier failure, rectifier communication failure
Rectifier Management	Battery Management
Rectifier operation information	Battery manual and automatic control
Rectifier power-on/off control	Battery boost and floating charge
Rectifier output voltage control	Battery test
Rectifier output current control	current <u>limiting</u> Battery
Rectifier overvoltage protection	Battery temperature compensation
Sequential rectifier startup	Battery high temperature protection
Rectifier dormancy management	Multi-mode and multi-level disconnecting protection
	Battery imbalance detection
	Battery capacity detection and report/backup time calculation

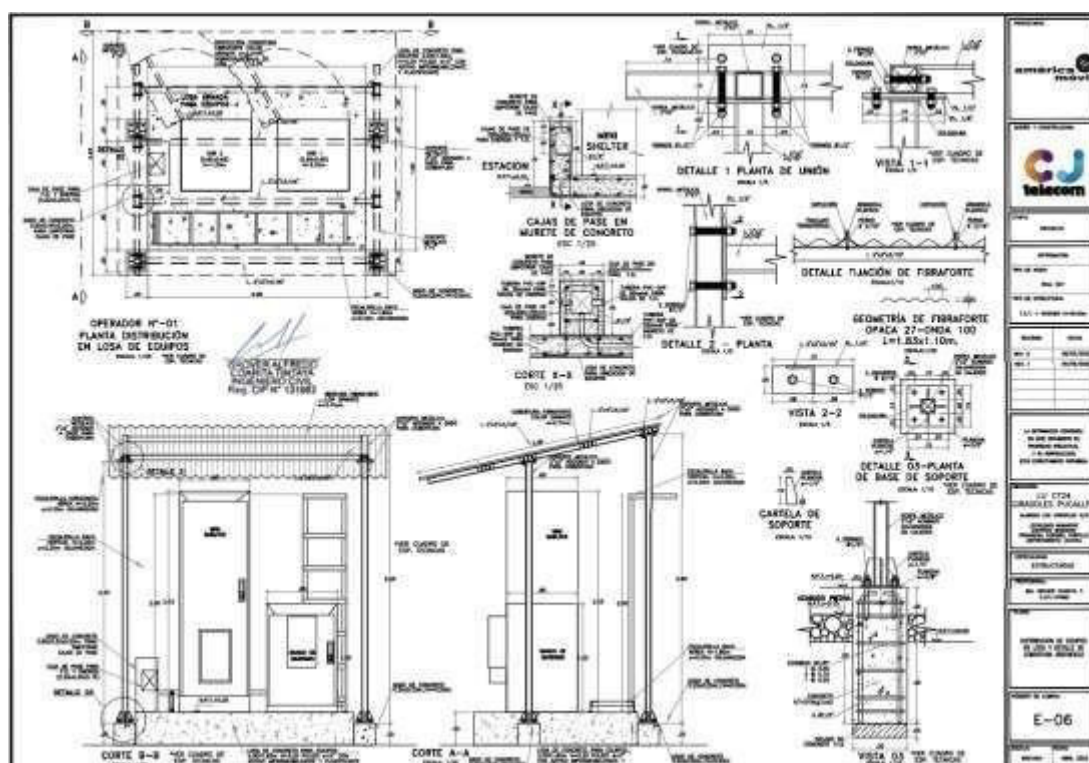
MÓDULO RECTIFICADOR R4875G5

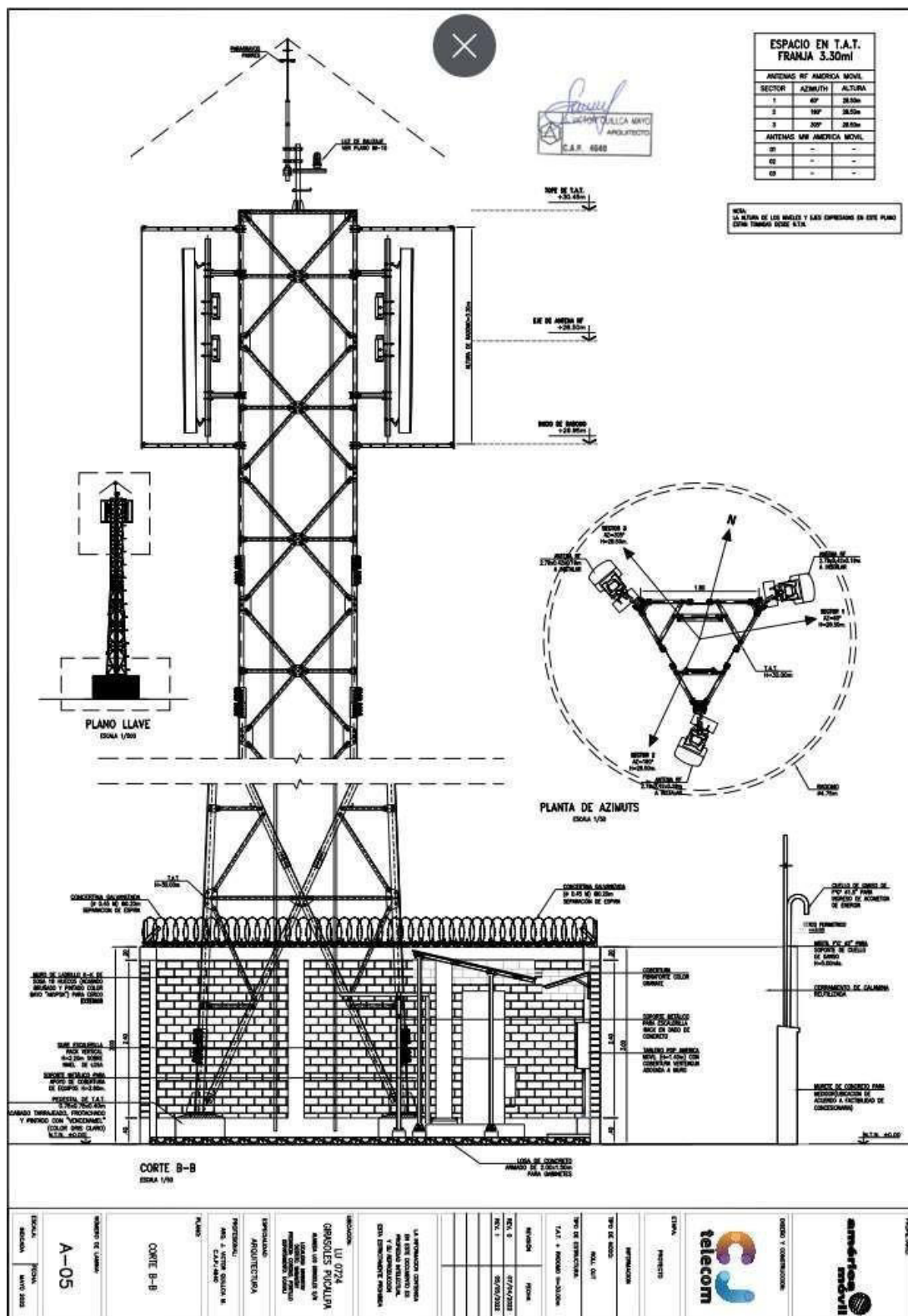
Product Type		R4875G5	
Basic Specifications		105mm × 281mm × 40.8mm	
	Weight	≤ 2.2kg	
	Cooling	Forced air cooling (Built-in fan)	
Input Feature	Input Mode	AC: 220VAC single-phase (or 110VAC dual-live lines)	DC
	Input Voltage	85VAC - 300VAC	85VDC - 420VDC
	Frequency	45Hz - 66Hz, rated: 50/60 Hz	-
	Rated Input Current	< 21A	
	Power Factor	≥ 0.99 (load ≥ 50%)	-
	THD	≤ 3% (load ≥ 50%)	-
Output Feature	Efficiency	97% Max ≥ 96% (230VAC, 30% - 80% load)	
	Output Voltage	42VDC - 58 VDC, rated voltage: 53.5VDC / 57VDC	
	Output Power	4000W (176VAC - 300VAC) , 1600W (85VAC - 175VAC linear derating)	
	Ripple and Noise	≤ 200mVp-p (bandwidth ≤ 20 MHz)	
	Hold-up Time	> 10ms	
	Output Regulated Voltage Precision	≤ 0.6% Vo from no load to full load	
	Current Share	±5% output rated current from 10% to 100% load	
Environmental Specifications	Operating Temperature	-40°C to +75°C	
	Storage Temperature	-40°C to +75°C (without packaging)	
	Relative Humidity	5% - 95% RH (non-condensing)	
	Altitude Range	0 - 5000m (When the altitude ranges from 2000m to 5000m, the operating temperature decreases by 1°C for each additional 200m)	
Protection	Input Overvoltage Protection	AC protection threshold: > 300VAC DC protection threshold: > 420VDC	
	Input Under-voltage Protection	AC protection threshold: < 80VAC DC protection threshold: < 80VDC	
	Output Over-voltage Protection	Protection range: 56VDC - 60VDC (can be set on the monitoring module)	
	Output Short Circuit Protection	A long term short circuit is allowed. After the fault disappears, the rectifier is restored to a healthy state automatically	
	Over-temperature Protection	The rectifier protects against over-temperature	
Reliability	MTBF	≥ 500,000 hours	
Audible Noises	Specification	≤ 55dB (40°C, full load)	
Safety/EMC/ Lightning Protection	Safety Certification	TUV, CE, and UL, CB certificate Complies with UL60950-1, IEC60950-1, CAN/CSA C22.2 No. 60950-1, and EN60950-1.	
	EMC	EN55032 Class B; EN55024; EN61000-3-2; EN61000-3-3; ETSI EN300386 ITU-T K.20	
	Lightening protection	5kA	

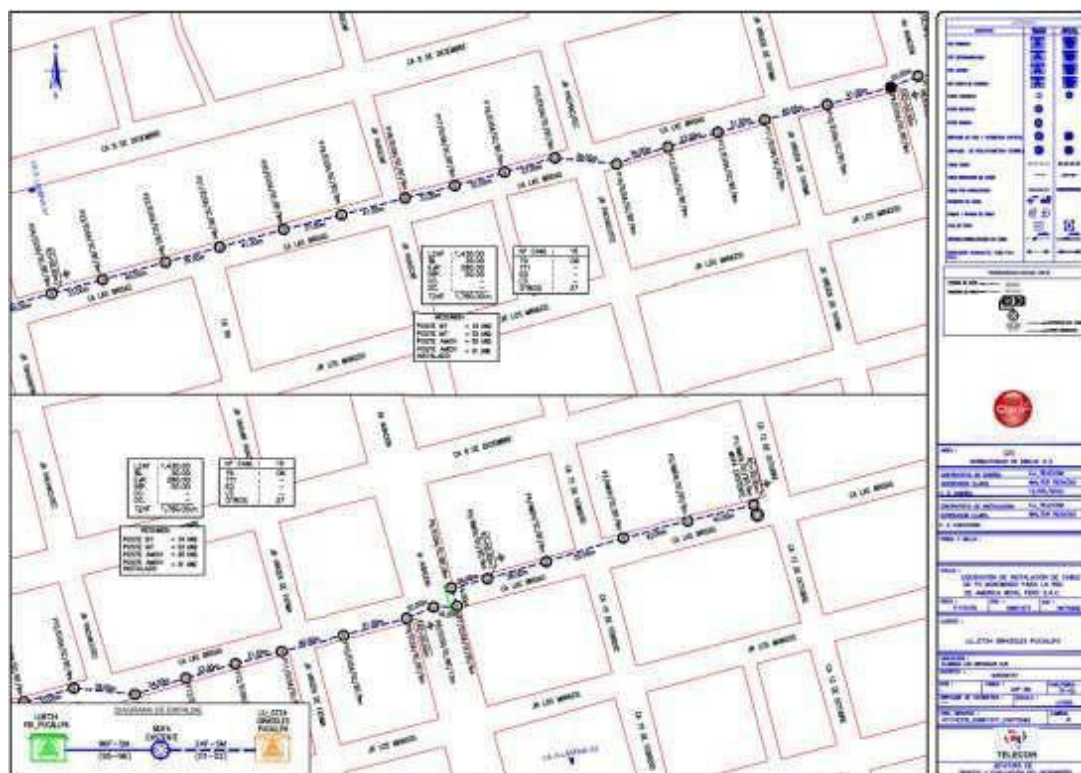
Anexo 2. Planos del Proyecto

[illegible]









Anexo 4. Reporte Fotográfico Final



01

02



03

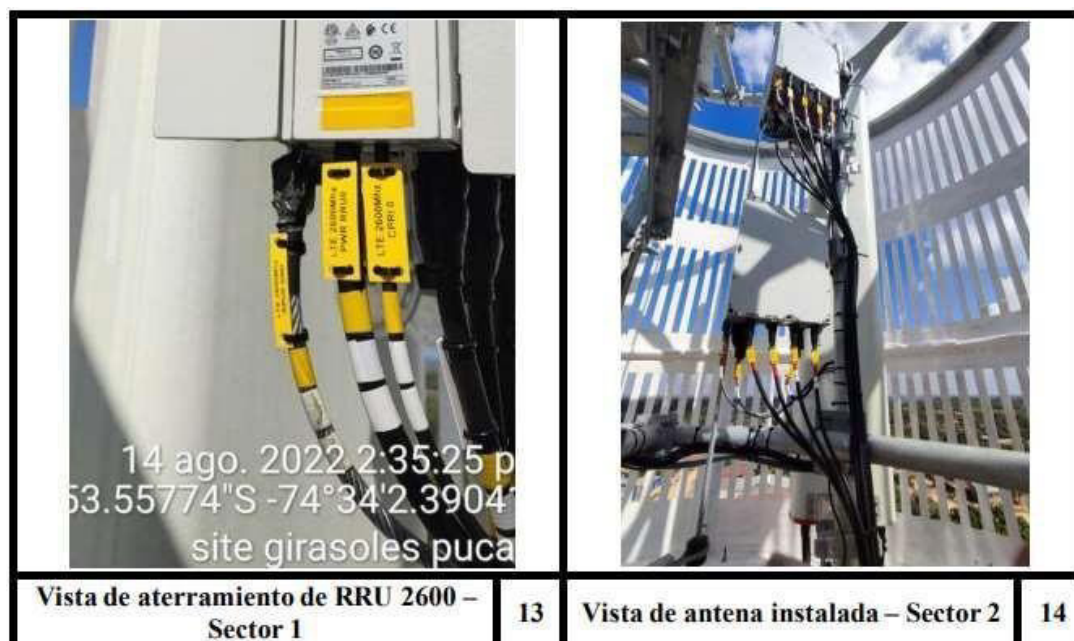
04

 22 ago. 2022 10:40:51 a.m. -8°24'53.81139"S -74°34'2.62459"W site girasoles pucallpa	 22 ago. 2022 10:42:36 a.m. -8°24'53.81139"S -74°34'2.15994"W site girasoles pucallpa
Vista de RRU 850 & 700 – Sector 1 y 2	Vulcanizado y etiquetado de RRU 850 & 700 – Sector 1 y 2
05	06

 22 ago. 2022 -8°24'53.47195"S -74°34'2.15994"W site girasoles pucallpa	 14 ago. 2022 2:34:20 p.m. -8°24'53.51483"S -74°34'2.1051"W site girasoles pucallpa
Vista de aterramiento de RRU 850 & 700 – Sector 1 y 2	Vista de RRU 1900 – Sector 1
07	08

 14 ago. 2022 2:55:58 p. m. 8°24'53.58679"S -74°13'42.16571"W site:grasoles.pucallpa	 14 ago. 2022 2:36:28 p. m. 8°24'53.53186"S -74°13'32.11663"W site:grasoles.pucallpa
Vulcanizado y etiquetado de RRU 1900 – Sector 1	Vista de aterramiento de RRU 1900 – Sector 1
09	10

 14 ago. 2022 2:34:20 p. m. 8°24'53.51483"S -74°13'42.11051"W site:grasoles.pucallpa	 14 ago. 2022 2:37:46 p. m. 8°24'53.49583"S -74°13'42.7497"W site:grasoles.pucallpa
Vista de RRU 2600 – Sector 1	Vulcanizado y etiquetado de RRU 2600 – Sector 1
11	12





Vista de RRU 700 & 850 – Sector 2

17



Vulcanizado y etiquetado de RRU 700 & 850 – Sector 2

18



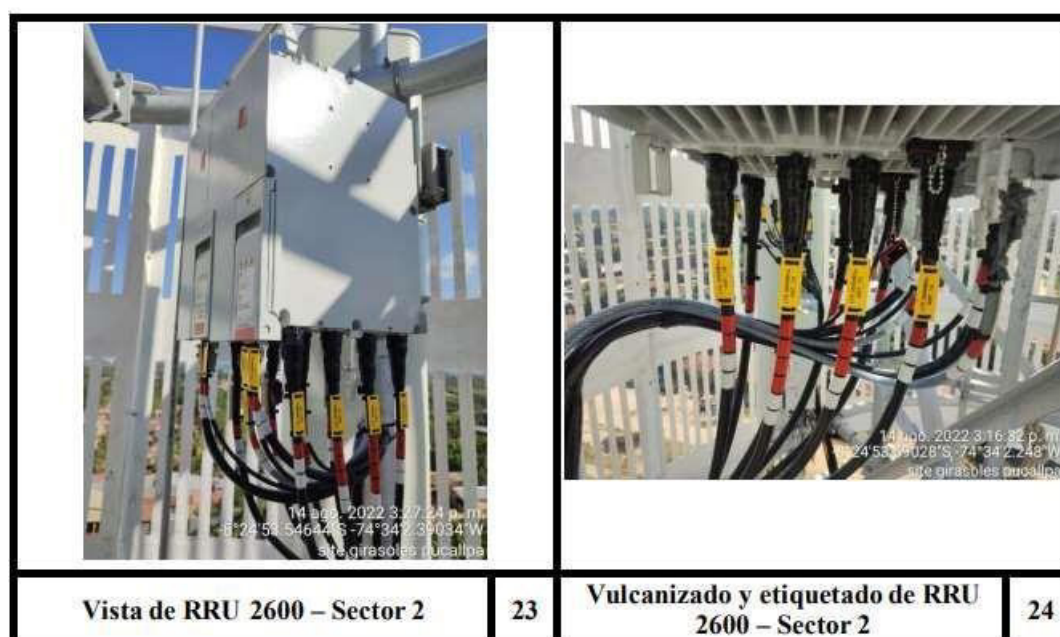
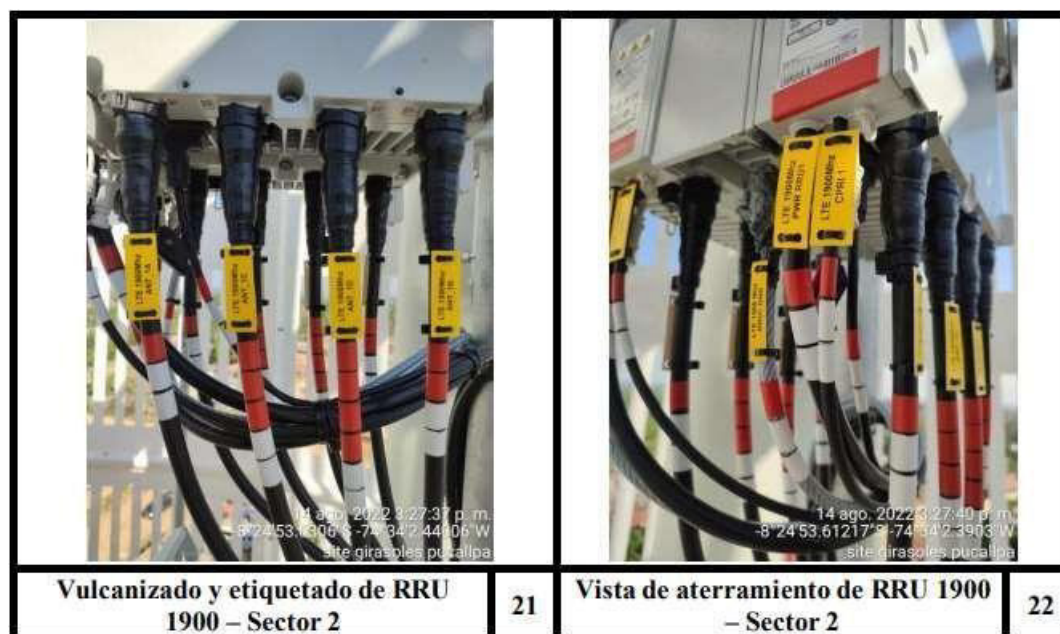
Vista de aterramiento de RRU 700 & 850 – Sector 2

19



Vista de RRU 1900 – Sector 2

20



Vista de aterramiento de RRU 2600 – Sector 2	25	Vista de antena instalada – Sector 3	26

Vulcanizado y etiquetado de antena – Sector 3	27	Vulcanizado y etiquetado de antena – Sector 3	28

Vista de RRU 850 & 700 – Sector 3	Vulcanizado y etiquetado de RRU 850 & 700 – Sector 3

29

30

Vista de aterramiento de RRU 800 & 700 – Sector 3	Vista de RRU 1900 – Sector 3

31

32

 14 ago. 2022	 14 ago. 2022 4:31:12 p. m. -8°24'53.4969"S -74°34'2.2157"W site girasoles pucallpa
Vista de aterramiento de RRU 2600 – Sector 3	Aterramiento de RRU's
37	38

 14 ago. 2022 4:31:19 p. m. -8°24'53.53326"S -74°34'2.21423"W site girasoles pucallpa	 20 ago. 2022 2:39:08 p. m. -8°24'53.59676"S -74°34'2.37749"W site girasoles pucallpa
Aterramiento de RRU's	Recorrido vertical de cables
39	40



Vista de curva de drenaje

41



Vista de tablero PDP

42



Vista de tablero PDP abierto

43



Vista de PDP de donde se energiza gabinete rectificador

44



Vista panorámica de gabinetes

45



Vista panorámica de gabinete TX 1

46

Vista panorámica de gabinete
Rectificador

47

Vista panorámica de gabinete de
baterías N°1

48



Vista panorámica de gabinete de
baterías N°2

49



Vista panorámica de BBU

50



Vista de conexión de FO en BBU

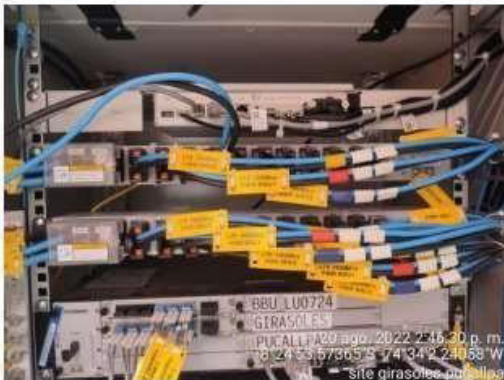
51



Vista de conexión de FO en BBU

52

 24 ago. 2022 6:29:41 p.m. -8°24'52.15"S -74°34'11.656"W site girasoles pucallpa	 20 ago. -8°24'53.56508"S site		
Vista de energizado de DCU's	53	Vista panorámica de módulos rectificadores	54

 24 ago. 2022 3:44:49 p. m. -8°24'53.30628"S -74°34'11.9799" W site girasoles pucallpa	 BBU LU0724 GIRASOL 65 PUCALLPA 20 ago. 2022 2:45:30 p. m. -8°24'53.57965"S -74°34'2.24068" W site girasoles pucallpa		
Vista de configuración de alarmas	55	Vista panorámica de DCU'S	56

