



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica
Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones

Desarrollo de un sistema de red móvil utilizando RAN
Sharing para mejorar los servicios móviles en la
comunidad de Mantoclla, departamento de Cusco

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Para optar el Título Profesional de Ingeniero de
Telecomunicaciones

AUTOR

Marelin Estefany HUAYTA CHUCHON

ASESOR

Rogelio Isaac VALDERRAMA ROMERO

Lima, Perú

2021



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

Huayta, M. (2021). *Desarrollo de un sistema de red móvil utilizando RAN Sharing para mejorar los servicios móviles en la comunidad de Mantoclla, departamento de Cusco*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Telecomunicaciones]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	MARELIN ESTEFANY HUAYTA CHUCHON
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76838632
URL de ORCID	-
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ROGELIO ISAAC VALDERRAMA ROMERO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09074547
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-9436-0757
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	WILBERT CHAVEZ IRAZABAL
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08121733
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	REJIS RENATO PAREDES PEÑAFIEL
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06758404
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: Cusco Provincia: Anta Distrito: Anta Centro poblado: Centro poblado rural Mantoclla Urbanización: N/A Manzana y lote: 3 Calle: Terreno ubicado en la Comunidad Campesina Mantoclla Latitud: -13.55922 Longitud: -72.18624
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Diciembre 2019 - Julio 2020
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería de sistemas y comunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04 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 INGENIERIA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezcua 375 – Lima 1 – Perú



UNMSM

Firmado digitalmente por PAREDES
PENAFIEL Rejis Renato FAU
2014092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 23.09.2021 09:20:14 -05:00



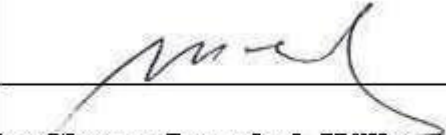
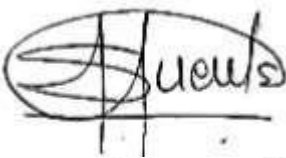
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Nº 049/FIEE-EPIE/2021

Los suscritos Miembros del Jurado, nombrados por la Comisión Ejecutiva del Programa de Perfeccionamiento Profesional de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha, bajo La Presidencia Del **Mg. Wilbert Chavez Irazabal** integrado por **Ing. Valderrama Romero, Rogelio Isaac** y **Mg. Paredes Peñafiel Rejis Renato**.

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del **Bach. HUAYTA CHUCHON, MARELIN ESTEFANY** con código N° **13190254** que para optar el Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulada **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE RED MÓVIL UTILIZANDO RAN SHARING PARA MEJORAR LOS SERVICIOS MÓVILES EN LA COMUNIDAD DE MANTOCLLA, DEPARTAMENTO DE CUSCO**.

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

Ciudad Universitaria, 18 de setiembre del 2021


Mg. Chavez Irazabal, Wilbert
Presidente de Jurado
Ing. Valderrama Romero, Rogelio Isaac
Miembro Jurado
Mg. Paredes Peñafiel, Rejis Renato
Miembro del Jurado



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA

Informe de evaluación de originalidad.

1. Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.
2. Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones.
3. Emisor del Informe el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.
4. Operador del programa informático de similitudes: Paredes Peñafiel Rejis Renato.
5. Documento evaluado: Trabajo de Suficiencia Profesional (pregrado) **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE RED MÓVIL UTILIZANDO RAN SHARING PARA MEJORAR LOS SERVICIOS MÓVILES EN LA COMUNIDAD DE MANTOCCLA, DEPARTAMENTO DE CUSCO.**
6. Autor de la tesis: **MARELIN ESTEFANY HUAYTA CHUCHON**
7. Fecha de aplicación de recepción del documento: 15/02/2022
8. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes: 15/02/2022
9. Software utilizado: Turnitin.
10. Configuración del programa detector de similitudes:
 - Excluye citas.
 - Excluye bibliografía.
 - Excluye cadenas menores de 40 palabras
11. Porcentaje de similitudes según programa detector: **siete por ciento – 7%**
12. Fuentes originales de las similitudes encontradas.

1. cybertesis.unmsm.edu.pe	5% Fuente de Internet
2. hdl.handle.net	1% Fuente de internet
3. www.powtoon.com	1% Fuente de internet
13. Observaciones: Ninguna.
14. Calificación de originalidad.
 - **Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.**
15. Fecha del informe: 15 de febrero del 2022.

Atentamente,

Mg. Paredes Peñafiel Rejis Renato.

Director de la EPIE



Dedicatoria

Este trabajo está dedicado principalmente a mis padres, Alejandra y Nicanor, por su amor y apoyo incondicional, por confiar en que podía lograr todo lo que me proponía incluso cuando yo no lo creía, dedicado también a todos lo que se fueron en 2020 y nos cuidan desde arriba como el tío Ale. Finalmente, dedicado para todas las personas que me apoyaron en este camino, por su ayuda desinteresada y palabras de aliento, especialmente para mi asesor Isaac Valderrama por la paciencia y motivación para lograr los objetivos

RESUMEN

El presente informe se centra en analizar la compartición de infraestructura para optimizar los sistemas de redes actuales, se tiene un aumento de tráfico considerable y es cuando se presentan los problemas de capacidad. Los Operadores de Telecomunicaciones al ser los encargados de brindar conectividad se ven obligados a desplegar sus redes para atender estas necesidades.

Se revisará el estado actual de los Operadores en el Perú ya que no todos cuentan con redes desplegadas que sean capaces de brindar cobertura a lo largo de todo el país, sino que se encuentran centralizadas en la capital. En el caso de las zonas rurales es diferente ya que la escasa presencia de dichos operadores debido al alto costo de implementación, operación, mantenimiento y escaso retorno, genera una carencia de acceso a los servicios móviles por parte de los abonados.

Se darán a conocer los beneficios y desventajas que se podrían obtener mediante la compartición de infraestructura, entre ellas la reducción de los elevados gastos de implementar una nueva estación celular independiente para cada Operador sino más bien realizar una compartición de la infraestructura de red de acceso (RAN) entre Operadores.

Finalmente se seleccionó a la comunidad de Mantoclla para nuestro estudio.

Palabras clave: Estación móvil, Operadores, Compartición pasiva, Compartición activa, Antena.

ABSTRACT

This report focuses on analyzing infrastructure sharing to optimize current network systems, there is a considerable increase in traffic and that is when capacity problems arise. Telecommunications Operators, being in charge of providing connectivity, are forced to deploy their networks to meet these needs.

The current status of the Operators in Peru will be reviewed since not all of them have deployed networks that are capable of providing coverage throughout the entire country, but are centralized in the capital. In the case of rural areas it is different since the scarce presence of said operators due to the high cost of implementation, operation, maintenance and little return, generates a lack of access to mobile services by subscribers.

The benefits and disadvantages that could be obtained through the sharing of infrastructure will be made known, among them the reduction of the high costs of implementing a new independent cell station for each Operator but rather to share the access network infrastructure (RAN) between Operators.

Finally, the Mantoclla community was selected for our study.

Keywords: Mobile station, Operators, Passive sharing, Active sharing, Antenna.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
TABLA DE CONTENIDO	iii
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
CAPÍTULO.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo del informe	1
1.2. Estructura del informe.....	2
CAPÍTULO II.....	4
INFORMACIÓN DE LUGAR DE DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD	4
2.1. Institución donde se desarrolló la actividad	4
2.2. Periodo de duración de la actividad.....	4
2.3. Finalidad y objetivos de la entidad.....	4
2.4. Razón social	5
2.5. Dirección Postal.....	5
2.6. Correo electrónico del Profesional a Cargo	5
CAPÍTULO III.....	6
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	6
3.1. Organización de la actividad.....	6
3.1.1. Estación móvil CS_MANTOCLLA	6

3.2. Finalidad y objetivos de la actividad	7
3.2.1. Finalidad	7
3.2.2. Objetivos.....	7
3.2.2.1 Objetivo general	7
3.2.2.1 Objetivos específicos	8
3.3. Problemática	8
3.3.1. Problemática general.....	8
3.3.2. Problemas específicos	8
3.3.3. Justificación e Importancia de la Investigación	9
3.4. Metodología.....	9
3.4.1. Bases teóricas.....	9
3.4.2. Marco Conceptual	14
3.5. Procedimiento	16
3.5.1. Revisión de la participación del mercado.....	16
3.5.2 Estado inicial de Red.....	20
3.5.3 Solución empleada para la optimización	23
3.5.4 Compartición activa de la Red	25
3.6. Resultados de la actividad	25
CAPÍTULO IV	36
CONCLUSIONES	36
4.1. Justificación	36
4.2. Metodología aplicada	39
4.2.1. Evaluación económica	39
4.2.2. Evaluación técnica.....	40
4.3. Descripción de la implementación	40

4.3.1. Cambio de equipamiento RF	40
4.3.2 Activación de nuevas celdas	44
4.4. Conclusiones	46
CAPÍTULO V	47
RECOMENDACIONES.....	47
CAPÍTULO VI	48
BIBLIOGRAFÍA.....	48
ANEXOS.....	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Líneas en servicio por departamento, Cuzco	17
Tabla 2: Bandas de frecuencia de operadores Entel y Telefónica	20
Tabla 3: Celdas iniciales en la estación CS_MANTOCLLA	22
Tabla 4: Celdas finales en la estación CS_MANTOCLLA	22
Tabla 5: Equipamiento inicial en la estación CS_MANTOCLLA	23
Tabla 6: Parámetros físicos para la nueva solución.....	23
Tabla 7: Equipamiento final en la estación MANTOCLLA	24
Tabla 8: Valores RSCP (3G)	28
Tabla 9: Valores RSRP (4G)	29
Tabla 10: Costo de Implementación de una estación móvil	37
Tabla 11: Comparación ahorro económico Compartición Pasiva y Activa	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica Mantoclla. Fuente: Google Earth	2
Figura 2. Delimitación geográfica Mantoclla. Fuente: Google Earth	3
Figura 3. Ubicación geográfica estación CS_MANTOCLLA. Fuente Propio / Google Earth	7
Figura 4: Market Share (%) del mercado móvil peruano. Fuente: PUNKU.OSIPTTEL.....	16
Figura 5: Perú: Líneas móviles por Operador. Fuente: Telesemana Perú	17
Figura 6: Cobertura en Cuzco Centro y alrededores. Fuente: OSIPTTEL	18
Figura 7: Cobertura en comunidad de Mantoclla. Fuente:OSIPTTEL.....	18
Figura 8: Tecnologías móviles en la comunidad de Mantoclla. Fuente: OSIPTTEL	19
Figura 9: Sectores Estación Mantoclla. Fuente: Elaboración propia	21
Figura 10: RAN Sharing – MORAN. Fuente: Elaboración propia	24
Figura 11: VSWR en celdas CS_MANTOCLLA. Fuente: Elaboración propia.....	26
Figura 12: Potencia en celdas CS_MANTOCLLA. Fuente: Elaboración propia.....	27
Figura 13: Estado de celdas CS_MANTOCLLA. Fuente: Elaboración propia.....	27
Figura 14: Revisión de celda 3G - Sector 1. Fuente: Aplicativo G-NetTrack	29

Figura 15: Revisión de celda 3G - Sector 2. Fuente: Aplicativo G-NetTrack	30
Figura 16: Revisión de celda 3G - Sector 3. Fuente: Aplicativo G-NetTrack	30
Figura 17: Revisión de celda 4G - Sector 1. Fuente: Aplicativo G-NetTrack	31
Figura 18: Revisión de celda 4G - Sector 2. Fuente: Aplicativo G-NetTrack	31
Figura 19: Revisión de celda 4G - Sector 3. Fuente: Aplicativo G-NetTrack	32
Figura 20: Descarga de datos 3G - Sector 1. Fuente: Aplicativo SpeedTest.....	33
Figura 21: Descarga de datos 3G - Sector 2. Fuente: Aplicativo SpeedTest.....	33
Figura 22: Descarga de datos 3G - Sector 3. Fuente: Aplicativo SpeedTest.....	34
Figura 23: Descarga de datos 4G - Sector 1. Fuente: Aplicativo SpeedTest.....	34
Figura 24: Descarga de datos 4G - Sector 2. Fuente: Aplicativo SpeedTest.....	35
Figura 25: Descarga de datos 4G - Sector 3. Fuente: Aplicativo SpeedTest.....	35
Figura 26: Reparto del CAPEX. Fuente:	
https://www2.coitt.es/res/revistas/10ComparticionRH1.pdf.....	38
Figura 27: Reparto del OPEX. Fuente:	
https://www2.coitt.es/res/revistas/10ComparticionRH1.pdf.....	38

Figura 28: Vista panorámica instalación antes - Sector 1. Fuente:	
Elaboración propia	41
Figura 29: Vista panorámica instalación antes - Sector 2. Fuente:	
Elaboración propia	41
Figura 30: Vista panorámica instalación antes - Sector 3. Fuente:	
Elaboración propia	42
Figura 31: Vista panorámica instalación despues - Sector 1. Fuente:	
Elaboración propia	43
Figura 32: Vista panorámica instalación despues - Sector 2. Fuente:	
Elaboración propia	43
Figura 33: Vista panorámica instalación despues - Sector 3. Fuente:	
Elaboración propia	44
Figura 34. Celdas RAN Sharing. Fuente: Elaboración propia	45

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos del informe

Los sistemas de redes móviles existentes en las zonas rurales como la comunidad de Mantoclla actualmente no cuentan con la capacidad de brindar servicios móviles de calidad ni cobertura en toda la comunidad y zonas aledañas debido a la escasa presencia de estaciones móviles de Operadores. Es debido a esta problemática que la comunidad de Mantoclla se ve limitada en tener un mayor desarrollo en temas educativos, económicos y sociales.

La presente investigación se centra en la importancia de la implementación de nuevos Sistemas de Red Compartida o Network Sharing entre Operadores ya que presenta múltiples beneficios tanto para las zonas en las que se despliega que en su mayoría son rurales como para los Operadores que son partícipes del mismo ya que implica un ahorro significativo en el CAPEX y OPEX requerido para ampliar su cobertura y mejorar los servicios móviles prestados.

En la actualidad existen diversos tipos de compartición de infraestructura entre Operadores que son utilizados para brindar sus servicios, desde comparticiones pasivas y comparticiones activas o las cuales dependen de las necesidades de los Operadores.

1.2 Estructura del informe.

El área de estudio se centra básicamente en comunidad rural Mantoclla, que se encuentra ubicada en el distrito de Anta, departamento de Cusco. En la comunidad de Mantoclla existe la presencia del operador Entel, al implementar un Sistema de Red Compartido se sumaría la presencia del operador Telefónica, esto es posible ya que existe un acuerdo entre ambos operadores, además de ello trabajan sobre las mismas bandas de frecuencia, que es uno de los requisitos para implementar este Sistema de Red Compartido. Es así que mediante esta compartición se beneficiaría la comunidad de Mantoclla y comunidades aledañas.

A continuación, se presenta la ubicación geográfica:



Figura 1. Ubicación geográfica Mantoclla. Fuente: Google Earth.

A continuación, se muestra los límites geográficos de la comunidad de Mantoclla:

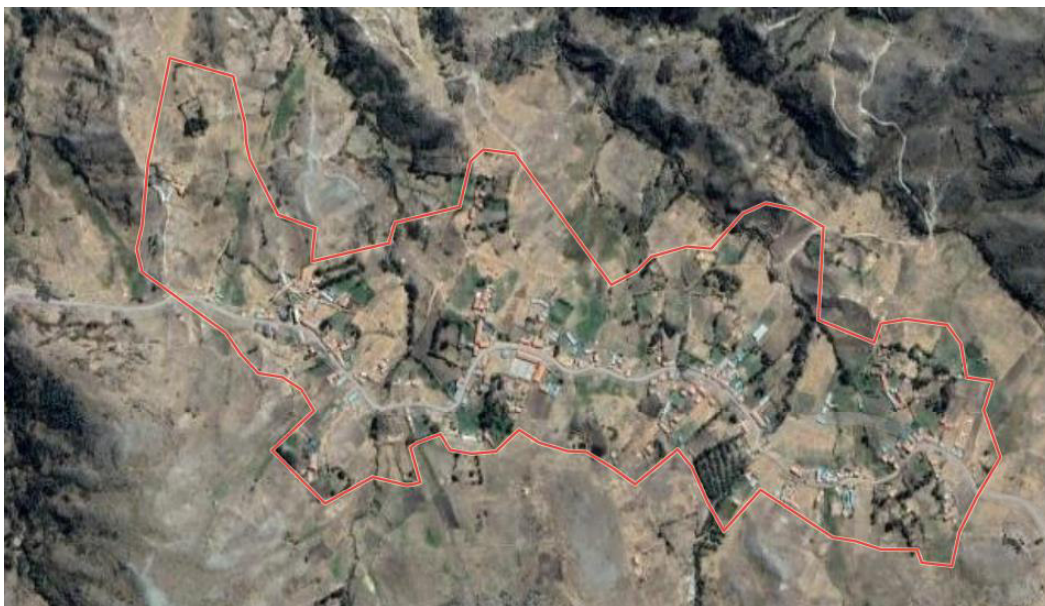


Figura 2. Delimitación geográfica Mantoclla. Fuente: Google Earth.

En el presente informe se explica la Compartición Activa o Active Mobile Network Sharing que se da entre 2 o más operadores, para nuestro caso tenemos a los operadores Entel y Telefónica, se debe tener en cuenta que ambos operadores tendrán control de los parámetros lógicos que determinan la calidad de sus servicios sin que esta compartición afecte a los mismos.

CAPÍTULO II INFORMACIÓN DE LUGAR DE DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

2.1. Institución donde se desarrolló la actividad

La institución donde se desarrollaron las actividades a detallarse en el presente informe es I&M Telecomunicaciones, empresa colaboradora de ENTEL PERÚ, la cual tiene participación en el rubro de Telecomunicaciones brindando soluciones integrales en telecomunicaciones, los servicios incluyen soluciones de Implementación y mantenimiento de infraestructura de red celular.

Actualmente realiza trabajos en las áreas Indoor e Outdoor a lo largo del Perú.

2.2. Periodo de duración de la actividad

El desarrollo de actividad en campo fue del 03/12/2019 al 10/12/2019.

2.3. Finalidad y objetivos de la entidad

a) Finalidad:

- Garantizar la correcta implementación de soluciones en telecomunicaciones para mejorar la cobertura en diversas zonas del país.

b) Objetivos:

- Realizar la optimización de redes 2G,3G y 4G en estaciones móviles.
- Realizar la instalación de estaciones móviles
- Garantizar la óptima operación y confiabilidad de estaciones y servicios móviles.

2.4. Razón social

La razón social de la empresa es I&M TELECOMUNICACIONES SAC.

2.5. Dirección Postal

Dirección Legal: DIRECCION: JR. INDEPENDENCIA NRO. 856.

Urbanización: Ascona.

Distrito / Ciudad: Breña.

Departamento: Lima, Perú.

2.6. Correo electrónico del Profesional a Cargo

Se señala correo electrónico: pedro.fuentes@iymtel.com.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la actividad.

Entel Perú, empresa de Telecomunicaciones viene ejecutando operaciones en nuestro país desde 2014 mediante diversos colaboradores como I&M Telecomunicaciones que ofrece múltiples soluciones integrales en telecomunicaciones brindando servicios que incluyen principalmente la Implementación y Mantenimiento de infraestructura de red celular entre los cuales se es participe del proyecto RAN Sharing que comprende múltiples zonas del país en su mayoría rurales como la comunidad de Mantoclla, distrito de Anta, departamento de Cusco. En esta comunidad se tiene la presencia de una estación móvil perteneciente al operador Entel que brinda cobertura 3G y 4G.

3.1.1 Estación móvil CS_MANTOCLLA

En la Figura 3 se muestra la ubicación de la estación:



Figura 3. Ubicación geográfica estación CS_MANTOCLLA. Fuente Propio / Google Earth

3.2. Finalidad y objetivos de la actividad

3.2.1. Finalidad

En la presente investigación se busca proponer un nuevo modelo de red compartido que permitirá brindar múltiples beneficios a las zonas donde se implementa y a los Operadores móviles.

3.2.2. Objetivos

3.2.2.1. Objetivo general.

Desarrollar y explicar un Sistema de Red Móvil empleando la compartición de infraestructura de red entre Operadores que permitan brindar servicios de calidad y aumentar la penetración de éstos en zonas rurales como la comunidad de Mantoclla.

3.2.2.2. *Objetivos Específicos.*

Identificar y analizar los tipos de compartición de infraestructura de red que permitan que los operadores puedan unificar sus sistemas de red y de esa forma mejorar los servicios móviles en zonas rurales como la comunidad de Mantoclla.

Identificar el impacto económico hacia los Operadores al realizar los distintos tipos de compartición de infraestructura de red móvil.

3.3. Problemática

3.3.1. *Problemática general*

Los sistemas de comunicaciones móviles actuales no son capaces de cubrir la cobertura necesaria para brindar servicios móviles de calidad especialmente en zonas de penetración rural.

Los operadores no suelen desplegar sus redes e implementar estaciones móviles en zonas rurales debido a que el retorno obtenido no será proporcional a la inversión que se tendrá en implementación, operación y mantenimiento de las mismas.

3.3.2. *Problemas específicos*

¿Qué tipo de compartición de infraestructura móvil se debería emplear en zonas rurales como la comunidad de Mantoclla?

¿Cómo impacta la compartición de infraestructura a los Operadores de Telecomunicaciones?

3.3.3. Justificación e importancia de la investigación

La importancia de implementar un Sistema de Red Móvil Compartida en la Comunidad de Mantoclla radica en la necesidad de contar con servicios móviles de buena calidad para poder mejorar las condiciones socioeconómicas de la población, entender los beneficios que trae la compartición de infraestructura móvil entre operadores y por ende a los usuarios.

3.4. Metodología

3.4.1 Bases Teóricas

3.4.4.1. Internacional

- a) Nicolás Ponte en su trabajo de investigación denominado: “LA FACTIBILIDAD DE LA NIMPLEMENTACIÓN DE RAN SHARING EN ARGENTINA plantea como objetivo general: Analizar si es posible hacer más eficiente el despliegue de las redes de telefonía móvil existentes en Argentina a partir de la implementación del tipo de compartición denominado RAN Sharing y de esta forma mejorar la calidad de servicio ofrecido” (Ponte, 2016). El estudio se realizó bajo una investigación del enfoque cuantitativo, sustantivo, no experimental.

Se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- “Se requiere realizar un análisis profundo de todas las variables involucradas de cada caso de compartición a implementar para poder verificar la factibilidad de la instalación en distintos puntos.”

- “La compartición de infraestructura sólo podría darse cuando los operadores presenten las mismas condiciones de prestación de servicios móviles, es decir se debe llegar a un acuerdo entre ambos.”
- “Se puede garantizar el éxito de este tipo de instalación para áreas de baja rentabilidad debido a que la aplicación de RAN Sharing resulta tener mejores resultados cuando se implementa dentro de una etapa de expansión de las redes.”

b) Martínez en su estudio de investigación denominado “ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE RAN SHARING PARA EL SERVICIO MÓVIL AVANZADO CON TECNOLOGÍA UMTS EN EL ECUADOR plantea como objetivo general: Analizar la factibilidad técnica y económica de implementar una nueva arquitectura de compartición de Red como RAN Sharing dentro del marco regulatorio de las telecomunicaciones existentes en Ecuador para poder determinar las limitantes que se tienen” (Martínez, 2010) el estudio se realizó bajo una investigación de tipo cuantitativo, sustantivo, no experimental.

El estudio arribó a las siguientes conclusiones:

- “Debido a la contaminación visual que se genera al tener múltiples estaciones base sumado con la complejidad de la instalación e incluso las contingencias sociales, reducir el número de estaciones resulta beneficioso para la población en general, sin que ello afecte la calidad de servicio brindada para los usuarios”.
- “Al implementar RAN Sharing se puede migrar a tecnologías más avanzadas y finalmente, la tercera conclusión sería entender que las ventajas que tendrán los operadores son notables ya que se reducen los costos de CAPEX y OPEX de los mismos.”

- c) Puchaicela en la tesis denominada: “CONVERGENCIA DE TECNOLOGÍAS DE ACCESO A REDES MÓVILES DE BANDA ANCHA, plantea como objetivo principal: Implementar la tecnología LTE y la expansión de la misma vista desde una perspectiva técnica, pero incluyendo también el ámbito regulatorio ya que se implicarían nuevos modelos de convergencia de redes” (Puchaicela,2016). El estudio se realizó bajo una investigación de enfoque cuantitativo, sustantivo, no experimental. La tesis arribó a las siguientes conclusiones:
- “Debido a la creciente demanda por parte de los usuarios los nuevos sistemas de redes móviles desarrollados por los Operadores requieren de mayor interoperabilidad entre los mismos.”
 - “Los países cada vez muestran mayor interés en que las tecnologías de la información y comunicación lleguen a toda la población especialmente en las zonas rurales y comunidades alejadas.”
 - “Se busca el fortalecimiento de la calidad de servicio y la escalabilidad de los sistemas de redes a lo largo del tiempo para que puedan darse mecanismos de compartición de redes tales como RAN Sharing.”

3.4.1.2. Nacional

- a) Ccahuana en su tesis titulada “DISEÑO DE UNA RED MÓVIL COMPARTIDA PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELEFONÍA MÓVIL EN ZONAS RURALES planteó como objetivo principal: Presentar nuevas metodologías para acercar las nuevas prestaciones de las redes y servicios móviles a comunidades rurales mediante la compartición de infraestructura” (Ccahuana, 2018) el estudio se realizó bajo una investigación de tipo cuantitativo, sustantivo, no experimental. Se obtuvieron las siguientes conclusiones:
- “Se realizó un análisis económico que demuestra la alta rentabilidad que trae la compartición de infraestructura para los Operadores, ello avivaría la participación de los mismos dentro del mercado de Telecomunicaciones”

- “Se busca asegurar la mejora socioeconómica y el acercamiento de zonas rurales con la implementación de este tipo de instalación ya que el empleo de tecnología permitiría mejoras en salud, educación y seguridad.”
- “Se requiere revisar el marco legislativo existente y actual sobre la compartición de elementos de comunicaciones entre los Operadores debido a que hasta el momento sólo se encuentra regulada la compartición pasiva de infraestructura de red lo cual no permitiría un mayor despliegue de los otros tipos de compartición.”

b) Tafur en la tesis denominada: “ANÁLISIS DE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS QUE UTILICEN EL USO COMPARTIDO DE ESPECTRO Y PROPUESTAS TÉCNICAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN EL MARCO NORMATIVO PERUANO, nos presentó como objetivo principal: Explicar la compartición del espectro radioeléctrico como base para lograr un uso más eficiente de dicho espectro en el país, así como el uso compartido de infraestructura activa de redes móviles” (Tafur, 2017). El informe se realizó bajo una investigación del enfoque cuantitativo, sustantivo, no experimental. Se logró concluir lo siguiente:

- “La progresiva necesidad de contar con mayor infraestructura y espectro hace que sea imperativo que los Operadores se encuentren en la búsqueda de nuevas soluciones tecnológicas para que puedan atender esta demanda de la mano con la participación del Gobierno.”
- “Se debe realizar un reordenamiento y distribución de la asignación actual de espectro radioeléctrico en el país de acuerdo a las necesidades actuales para que sea viable la compartición de redes entre Operadores.”
- “Se tiene como evidencia la experiencia de otros países respecto al uso compartido del espectro entre Operadores brinda ahorros significativos en el despliegue y operación de infraestructura móvil”

d) Masa en el proyecto de investigación denominado: “PROPUESTA DE CAMBIO A LAS LEYES QUE PERMITEN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA COMPARTICIÓN DE INFRAESTRUCTURA EN EL MERCADO DE COMUNICACIONES MÓVILES DE PERÚ, planteó como objetivo:

Realizar un estudio profundo de la legislación vigente actual de telecomunicaciones en el país en cuanto a compartición de sistemas de redes entre Operadores y proponer mejoras en la normativa que permitan la implementación regulada y supervisada de estas nuevas arquitectura de red y modelos de negocio que implicaría” (Masa, 2013). La investigación se realizó bajo un enfoque cuantitativo, sustantivo, no experimental. Se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- “El marco regulatorio actual presenta muchos vacíos en cuanto a los contratos de compartición de infraestructura de manera activa y recursos entre operadores.”
- “Se plantea la compartición activa de los principales elementos para poder reducir los costos operativos y de mantenimiento para los Operadores Involucrados.”
- “El modelo de compartición de red más allá de ser una posible solución es necesaria para la implementación y desarrollo de nuevas tecnologías, de forma que se pueda atender satisfactoriamente las necesidades de las poblaciones especialmente en zonas rurales.”

3.4.2. Marco Conceptual

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

3.4.2.1. Estación Base: Una Estación Base (EB) de telefonía móvil es una estación de transmisión y recepción situada en un lugar fijo, compuesta de una o más antenas de recepción/transmisión, dispone de algún medio de transmisión, vía radio o cable, para efectuar el enlace con la central de conmutación y de un conjunto de circuitos electrónicos.

Es decir, son estaciones bidireccional y multicanal de baja potencia, emiten y reciben varias señales a la vez, forman parte importante de la Red Móvil y de

acuerdo a la tecnología con la que cuentan se denominan: BTS (2G), Nodo B (3G), eNodo (4G). (León, 2015)

3.4.2.2. Espectro: Se trata del medio por el cual se transmiten las frecuencias de ondas de radio electromagnéticas que permiten las telecomunicaciones (radio, televisión, Internet, telefonía móvil, televisión digital terrestre, etc.), y son administradas y reguladas por los gobiernos de cada país. (MINTIC, 2020)

3.4.2.3. Arquitectura de Red: La arquitectura es el “plan” con el que se conectan los protocolos y otros programas de software. Esto es benéfico tanto para los usuarios de la red como para los proveedores de hardware y software. Es decir, es el sistema funcional que está compuesto por los protocolos de comunicación, programas de software y demás elementos que hacen posible la interconexión. Los protocolos de comunicaciones a su vez son lineamientos perfectamente organizados cuyo objetivo es permitir el intercambio de información entre los dispositivos, se requieren tener estos reglamentos para garantizar el correcto desarrollo de las comunicaciones y evitar inconvenientes en el proceso. (Tintín, Caiza y Caicedo, 2018)

3.4.2.4 Compartición Pasiva: En esta configuración de infraestructura, cualquier o todos de los elementos no radiales del sitio pueden ser compartidos por dos o más proveedores de servicios móviles. Esta compartición incluye el espacio físico (recintos in situ, tejados, gabinetes y albergues), mástil, torres, instalaciones técnicas pasivas (aire acondicionado, fuentes de energía, baterías de respaldo, alarmas de instalaciones), u otros servicios in situ (seguridad). (Mas y Rubio, 2013)

3.4.2.5 Compartición Activa: En esta configuración existen parámetros comunes a nivel de sitio (infraestructura pasiva, antenas, gabinetes, unidades de radio remota) pero los operadores pueden controlar los parámetros a nivel

de celdas de manera independiente, lo que admite una posible y necesaria diferenciación de servicio, es decir compartirán la infraestructura de la estación base en su totalidad lo que implica una reducción de inversión notable, pero manteniendo sus parámetros de red separados. Se presentan diversos tipos de compartición activa, pero éstos se emplearán de acuerdo a las necesidades de los operadores y acuerdos que estos concierten. (Mas y Rubio, 2013)

3.4.2.6 RAN Sharing (Radio Access Network sharing): La compartición de este tipo permite a dos o más operadores del servicio móvil avanzado compartir la infraestructura de la red de acceso (RAN), necesaria para proveer servicios móviles, disminuyendo los costos de equipos, licencias y permisos. Esto debido a que es un tipo de compartición activa de red, es decir la infraestructura en su totalidad es compartida por ambos operadores reduciendo el CAPEX y OPEX entre otras dificultades que se presentan al instalar estaciones base. (Martínez, 2010)

3.4.2.7 Red de Acceso: Es el segmento de la red de telecomunicaciones que brinda conexión a los usuarios finales con la red del proveedor, es decir realiza la conexión entre ambos. Es decir, se extiende desde la estación celular hasta la vivienda del usuario, por otro lado, estas redes están constituidas por enlaces que pueden ser cobre, cable coaxial, fibra óptica, satélite, etc. que emplean diferentes tecnologías. (Philco, 2017).

3.4.2.8 Antena: Se tiene como concepto básico que es un elemento o dispositivo electrónico capaz de recepcionar y emitir ondas electromagnéticas. (IEEE, 1983).

3.4.2.9 RRU: Es una unidad remota de radio, se encuentran diseñadas para ser instaladas cerca de las antenas en una estación móvil. (León, 2015).

3.5. Procedimiento

3.5.1. Revisión de la participación del mercado.

Actualmente en el Perú se cuentan con la presencia de 4 Operadores móviles con infraestructura propia:

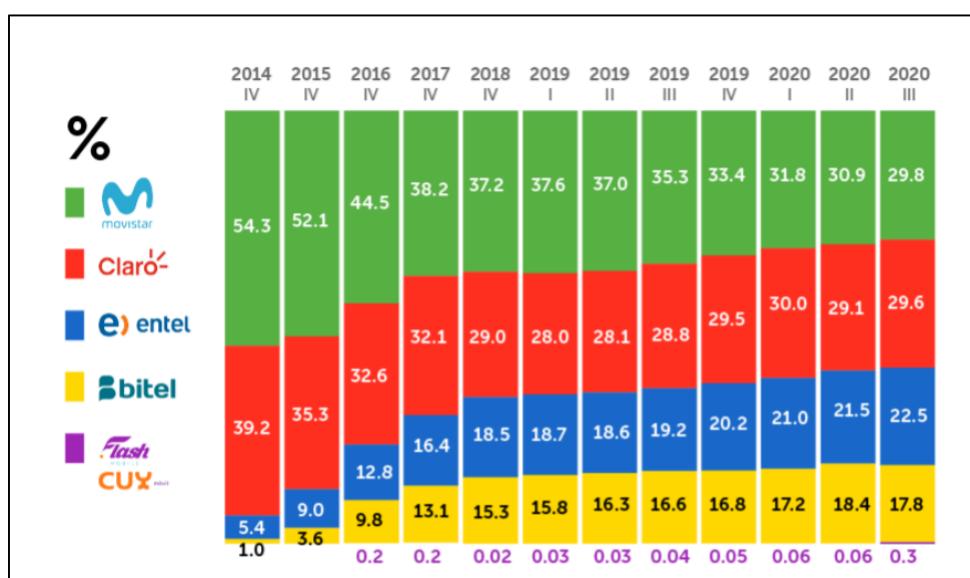


Figura 4: Market Share (%) del mercado móvil peruano. Fuente: PUNKU.OSIPTTEL

A continuación, se muestra la cantidad de líneas móviles a lo largo de los años:

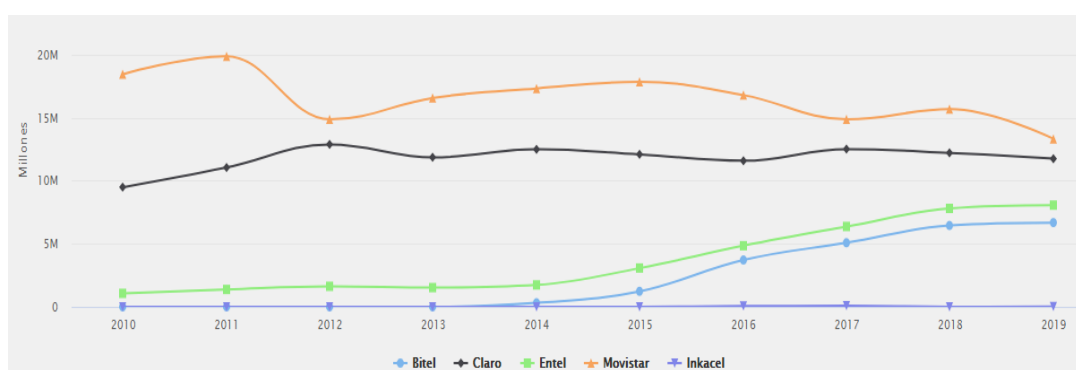


Figura 5: Perú: Líneas móviles por Operador. Fuente: Telesemana Perú.

Realizando una investigación a cerca del departamento de Cuzco se tiene que hasta Setiembre del 2019 contaba con las siguientes líneas móviles en su totalidad:

Tabla 1: Líneas en servicio por departamento, Cuzco.

Departamento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	sep-2019
Cusco	973,631	1,039,381	1,083,517	1,076,987	1,009,463	970,959	1,124,030

A continuación, se muestra la cobertura actual existente en la parte central del departamento de Cuzco:

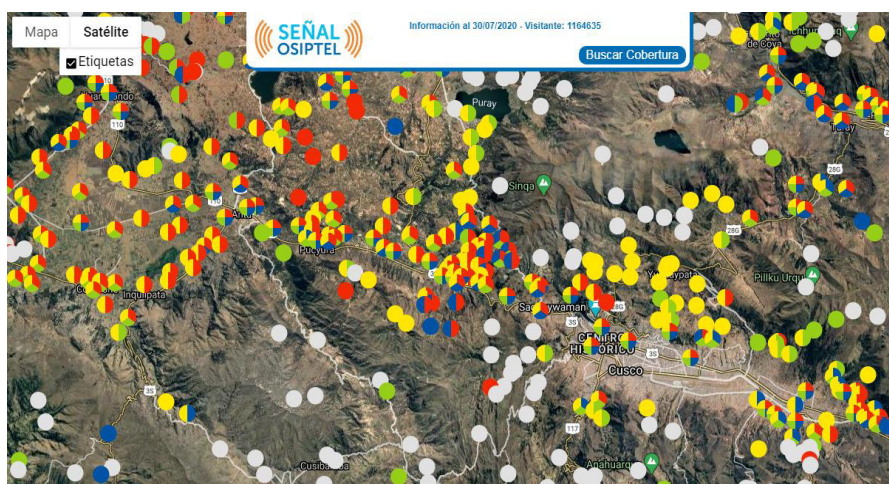


Figura 6: Cobertura en Cuzco Centro y alrededores. Fuente: OSIPTEL.

Revisamos con mayor detalle la cobertura en la comunidad de Mantoclla:

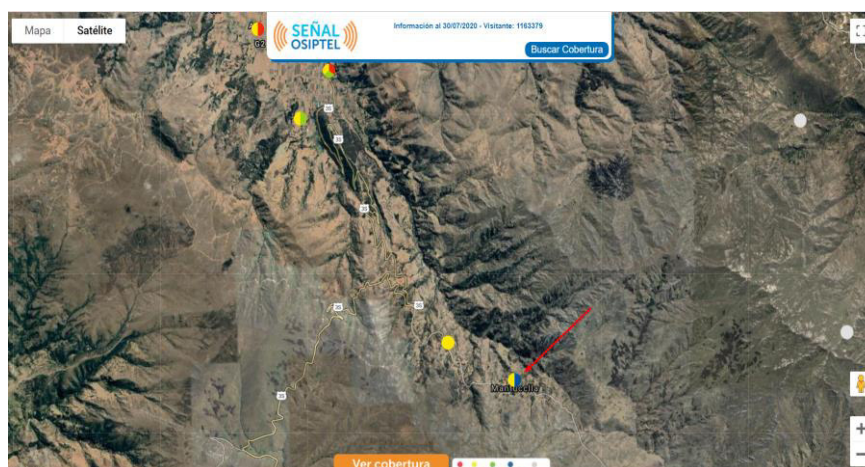


Figura 7: Cobertura en comunidad de Mantoclla. Fuente: OSIPTEL.

Cómo se puede apreciar en la imagen actualmente la comunidad de Mantoclla sólo cuenta con presencia de los operadores Entel y Bitel mas no con la presencia de los operadores Telefónica y Claro.

A continuación, se muestran datos de cobertura presentados por los operadores Entel y Bitel, así mismo se visualizan las tecnologías con las que cuentan:

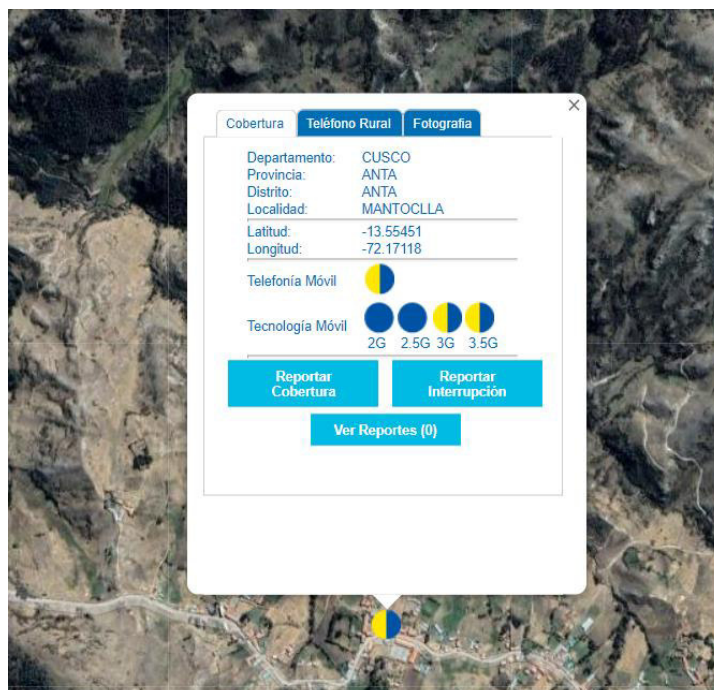


Figura 8: Tecnologías móviles en la comunidad de Mantoclla. Fuente: OSIPTEL.

Se puede apreciar que las comunidades colindantes con Mantoclla si cuentan con la presencia de los operadores Telefónica y Claro por lo cual al aumentar la presencia del operador Telefónica en Mantoclla se expande su cobertura.

Es por ello que para poder mejorar los servicios móviles y ampliar la cobertura en la comunidad de Mantoclla y alrededores tales como otras comunidades colindantes y carreteras se plantea desarrollar un Sistema de Red Móvil Compartida que tendrá como base la estación correspondiente al operador Entel y sobre la cual se co-ubicará al operador Telefónica, debido a las siguientes razones:

- Al sumar la presencia del operador Telefónica en la comunidad de Mantoclla se tendrá mayor acceso a los servicios móviles y al verse reducido el CAPEX/OPEX de este operador ya que compartirá una infraestructura de red

existente, los costos de accesos para los abonados se reducirán debido a la competencia entre operadores.

- El operador Telefónica requiere ampliar su cobertura hasta la comunidad de Mantoclla debido a que es uno de los puntos en el departamento del Cuzco que no cuentan con su presencia.
- Uno de los requisitos principales para la compartición activa de infraestructura móvil es que ambos operadores trabajen sobre las mismas bandas de frecuencias ya que emplearan el mismo equipamiento de transmisión y recepción (antenas y unidades de radio) los cuales operan sobre determinadas bandas de frecuencia. Los operadores Entel y Telefónica trabajan sobre las siguientes bandas:

Tabla 2: Bandas de frecuencia de operadores Entel y Telefónica.

OPERADOR	2G	3G	4G
TELEFONICA	850 (B5)	1900 (B2)	AWS (B4) 700 (B28)
ENTEL	1900 (B2)	1900 (B2)	AWS (B4) 700 (B28)

Debido a esto, se puede realizar la compartición de infraestructura móvil tanto para las tecnologías 3G y 4G.

3.5.2 Estado inicial de Red:

En la comunidad de Mantoclla se cuenta con la estación:

Estación CS_MANTOCLLA (Operador ENTEL)

La estación MANTOCLLA de Entel se sitúa como sigue:

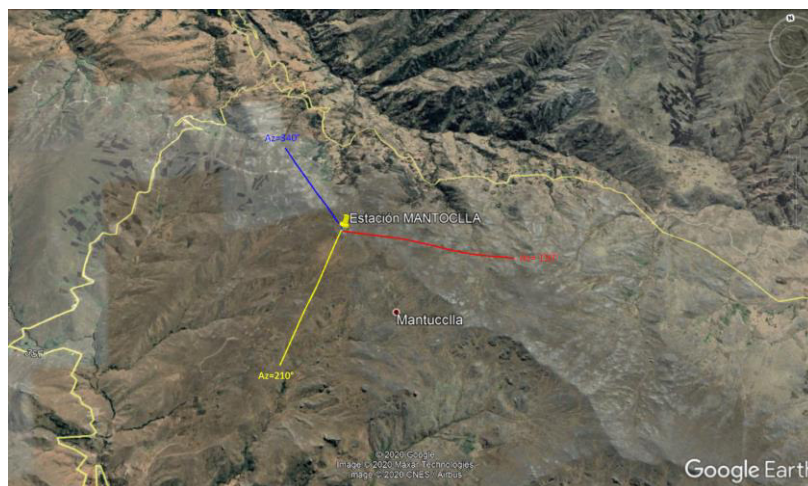


Figura 9: *Sectores Estación Mantoclla. Fuente: Google Earth / Elaboración propia.*

El Azimuth (Az) es el ángulo de orientación de las antenas, para nuestro caso consideramos 3 antenas, una antena por sector. Los valores son definidos de acuerdo a las zonas que se requiere coberturar, en nuestro caso la comunidad de Mantoclla, comunidades aledañas y áreas de las carreteras, en este caso se tienen (Figura 9):

- ❖ Primer sector: $Az = 110^\circ$
- ❖ Segundo sector: $Az = 210^\circ$
- ❖ Tercer sector: $Az = 340^\circ$

Estos valores de azimuth son definidos por el Operador Entel ya que la estación inicialmente debía cumplir con las características solicitados por éste, al realizar la compartición activa de elementos para el operador Telefónica se mantendrán los valores.

Se muestra el estado inicial de las celdas de la estación:

Tabla 3: Celdas iniciales en la estación CS_MANTOCLLA.

Estación MANTOCLLA (Inicial)		
Tecnologías	Celda	Carrier
3G	25291	Entel
	25292	
	25293	
4G	71	Entel
	72	
	73	

Y en el estado final, agregando al operador Telefónica (TDP):

Tabla 4: Celdas finales en la estación CS_MANTOCLLA.

Estación MANTOCLLA (Final)		
Tecnologías	Celda	Carrier
3G	25291	Entel
	25292	
	25293	
4G	71	Entel
	72	
	73	
3G	Tdp 1	TdP
	Tdp 2	
	Tdp 3	
4G	Tdp 4	TdP
	Tdp 5	
	Tdp 6	

3.5.3 Solución empleada para la optimización:

En la estación CS_MANTOCLLA inicialmente se cuenta con el siguiente equipamiento:

Tabla 5: Equipamiento inicial en la estación CS_MANTOCLLA.

EQUIPAMIENTO INICIAL		
Sector	Antena	RRU
1	ATR4518R6	RRU3268
2	ATR4518R6	RRU3268
3	ATR4518R6	RRU3268

Se requiere cambiar de equipamiento tales como antenas y RRUs para poder realizar la compartición RAN Sharing desarrollada por el operador ENTEL:

Tabla 6: Parámetros físicos para la nueva solución:

ENODE B NAME	Latitude	Longitude	Azimuth	DownTilt	E-DownTilt	M-DownTilt	RET	Ground Height (As built)	Antenna Type	Antenna Gain (dBi)	H-Beamwidth (Cell Antenna opening)	V-Beamwidth (Cell Antenna opening)
CS_Mantoclla	-13.55922	-72.1862	110	5	5	0	Yes	41	AQU4518R24	15	68	10.5
CS_Mantoclla	-13.55922	-72.1862	210	6.5	6.5	0	Yes	41	AQU4518R24	15	68	10.5
CS_Mantoclla	-13.55922	-72.1862	340	8.5	8.5	0	Yes	41	AQU4518R24	15	68	10.5

EQUIPAMIENTO FINAL		
Sector	Antena	RRU
1	AQU4518R24	RRU5301cw
2	AQU4518R24	RRU5301cw
3	AQU4518R24	RRU5301cw

3.5.4 Compartición activa de la Red.

La compartición activa que se empleará es del tipo RAN SHARING:

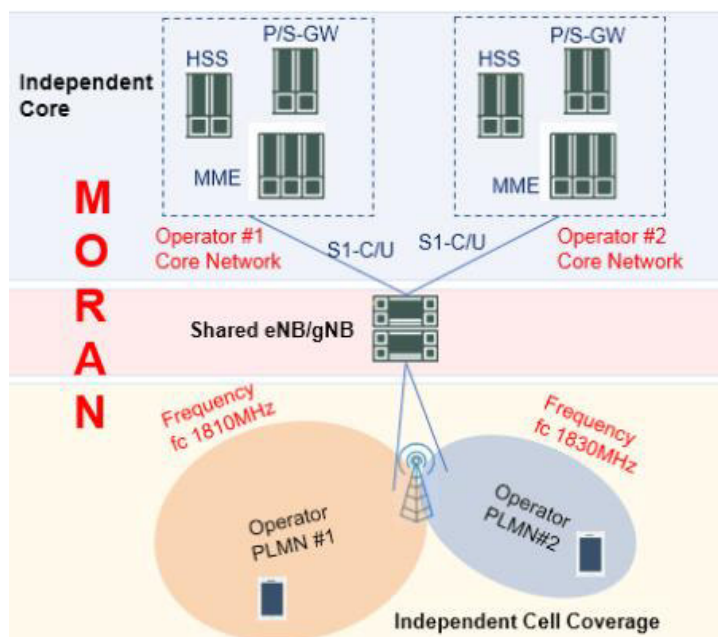


Figura 10: RAN Sharing – MORAN. Fuente: <https://www.techplayon.com/5g-network-sharing-concept-benefits-and-architectures/>.

Cómo se puede apreciar los operadores compartirán las redes de acceso radio, en otras²⁵ palabras, los elementos RAN que incluye la estación móvil y el controlador de RED. Cada Operador conservará su propia red central y aunque se comparta la infraestructura activa ambos siguen empleando sus propias bandas de frecuencia.

3.6. Resultados de la actividad

Los principales parámetros a evaluar después de la compartición son:

VSWR:

La Relación de Onda Estacionaria (ROE o VSWR) hace referencia al cociente entre la intensidad máxima y mínima de una línea de transmisión, para el caso de las antenas se considera que un valor aceptable de ROE debe oscilar entre 1 y 1.4, mientras más se acerque a 1 el valor será más óptimo. En la figura 4.7 se puede apreciar que los valores de ROE para las celdas 3G son menores a 140 las cuales multiplicadas por 0.01 cómo se indica darían valores aceptables como 1.12, 1.23, 1.05 hasta 1.33 cómo valor máximo.

```

DSP VSWR:
0132529_CS_Mantoclla
+++ 0132529_CS_Mantoclla 2021-07-08 11:02:45
O&M #1751
%%/*1926910766*/DSP VSWR:;%
RETCODE = 0 Operation succeeded.

Dsp VSWR Test Result
-----
Cabinet No. Subrack No. Slot No. TX Channel No. VSWR(0.01)

0 70 0 0 112
0 70 0 1 123
0 70 0 2 104
0 70 0 3 109
0 71 0 0 105
0 71 0 1 113
0 71 0 2 104
0 71 0 3 108
0 72 0 0 106
0 72 0 1 112
0 72 0 2 105
0 72 0 3 109
0 80 0 0 124
0 80 0 1 132
0 81 0 0 124
0 81 0 1 135
0 82 0 0 120
0 82 0 1 114

(Number of results = 18)

--- END

```

Figura 11: VSWR en celdas CS_MANTOCLLA. Plataforma U2020/Propia.

POTENCIA:

La potencia emitida por las fibras ópticas conectadas a las antenas debe oscilar entre los siguientes valores:

- Potencia de transmisión > 3500 microwatt
- Potencia de recepción > 2500 microwatt

Cómo se puede apreciar los valores que hacen referencia a las celdas 3G (80,81,82) superan los valores indicados por lo cual el estado sería válido.

```

DSP SFP:QRYINFOTYPE=MODULE,CN=0,SRN=70;
0132529_CS_Mantoclla
+++ 0132529_CS_Mantoclla 2021-07-08 11:06:43
O&M #1766
%%/*1926915226*/DSP SFP:QRYINFOTYPE=MODULE,CN=0,SRN=70;%%
RETCODE = 0 Operation succeeded.

```

Display SFP Module Dynamic Information

Cabinet No.	Subrack No.	Slot No.	Port Type	Port No.	TX optical power(0.1microwatt)	RX optical power(0.1microwatt)
0	70	0	CPRI	0	6480	6520
0	70	0	CPRI	1	NULL	NULL
					6380	4140
0	71	0	CPRI	0	NULL	NULL
0	71	0	CPRI	1		
					6420	5620
0	72	0	CPRI	0	NULL	NULL
0	72	0	CPRI	1		
					6500	5510
0	80	0	CPRI	0	NULL	NULL
0	80	0	CPRI	1	NULL	NULL
0	81	0	CPRI	0	6470	5930
0	81	0	CPRI	1	NULL	NULL
0	82	0	CPRI	0	6480	5440
0	82	0	CPRI	1	NULL	NULL

Figura 12: Potencia en celdas CS_MANTOCLLA. Plataforma U2020/Propia.

Se tienen los parámetros VSWR y Potencia dentro de los rangos permitidos para el operador Entel y por lo tanto para el operador Telefónica ya que se está realizando la compartición de los elementos activos y por ende de sus parámetros. En la figura 4.9 se muestra el estado óptimo de las celdas ya que los parámetros están dentro de los niveles indicados anteriormente.

*** PROGRAMA ROMA *****

+++ Chequeo Operacional +++++

Nombre de sitio: 0132529_CS_Mantoclla

Fecha y Hora de Consulta: 2021-07-08 11:26:31

Celdas LTE						Celdas UMTS					
71	72	73	TdP-1TdP-2TdP-3	TdP-5TdP-6TdP-7	2	3					
Estado de Celda	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
VSWR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Potencia Optica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figura 13: Estado de celdas CS_MANTOCLLA. Fuente: Plataforma U2020/Propia.

El operador Entel configura las nuevas celdas creadas para el operador Telefónica según los requerimientos que le solicite de acuerdo a sus necesidades. El operador Telefónica realiza revisiones constantes de los parámetros lógicos e indicadores de red, cómo se mencionó anteriormente ambos operadores deben consensuar y llegar a un acuerdo que beneficie a ambas partes. Se verificó que las nuevas celdas cumplen con todos los indicadores para ofrecer servicios de forma óptima.

Una celda en sus mejores condiciones puede coberturar 300 usuarios, para el caso de las celdas nuevas TDP se manejarían 120 usuarios como máximo debido a los recursos limitados que se le proveen a este operador que se está coubicando.

Actualmente no se tiene una legislación que limite o regule la compartición de infraestructura activa detalladamente entre operadores, pero cada vez se viene haciendo mayor hincapié para que pueda dársele la importante que merece este tema. El 02 de abril del presente año la viceministra de Comunicaciones sostuvo que esta iniciativa (Compartición activa de infraestructura) tendrá un impacto muy positivo en las áreas rurales ya que el Gobierno brindará servicios como la educación virtual entre otros.

La Viceministra también afirma que otros operadores pueden tomar el ejemplo de la compartición realizada por Telefónica y Entel, de manera que el MTC tratará de brindar las facilidades para aprobar este tipo de iniciativas que tengan como objetivo beneficiar a los ciudadanos.

A continuación, se muestran capturas correspondientes al aplicativo G-Net Track que es una interfaz que permite realizar prueba de llamadas y de carga/descarga de datos, donde se muestra el valor del RSCP (3G) y RSRP (4G), estos parámetros hacen referencia a la medida de la fortaleza o nivel de la señal que es percibida por el móvil, es medida en dBm.

Para los parámetros indicados se tienen los siguientes umbrales:

Tabla 8: Valores RSCP (3G).

$RSCP \geq -88dBm$	Bueno
$-95dB \leq RSCP < -88dBm$	Aceptable
$RSCP < -95dBm$	Malo

Tabla 9: Valores RSRP (4G).

		RSRP (dBm)	RSRQ (dB)	SINR (dB)
RF Conditions	Excellent	≥ -80	≥ -10	≥ 20
	Good	-80 to -90	-10 to -15	13 to 20
	Mid Cell	-90 to -100	-15 to -20	0 to 13
	Cell Edge	≤ -100	≤ -20	≤ 0

Se comparten las capturas de las pruebas realizadas:

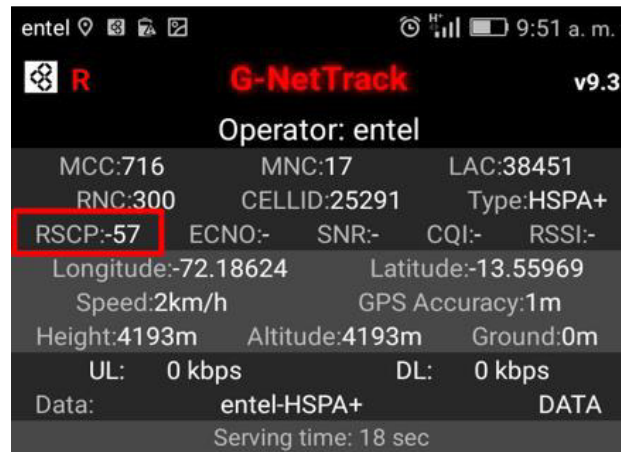
3G:

- 1er Sector:

 G-NetTrack v9.3				
Operator: entel				
MCC:716	MNC:17	LAC:38451		
PNC:300	CELLID:25291	Type:HSPA		
RSCP:-51	ECNO:-	SNR:-	CQI:-	RSSI:-
Longitude:-72.18584		Latitude:-13.55939		
Speed:0km/h		GPS Accuracy:2m		
Height:4166m	Altitude:4166m	Ground:0m		
UL: 0 kbps			DL: 0 kbps	
Data:	entel-HSPA+			IDLE
Serving time: 43 sec				

Figura 14: Revisión de celda 3G - Sector 1. Fuente: Aplicativo G-NetTrack

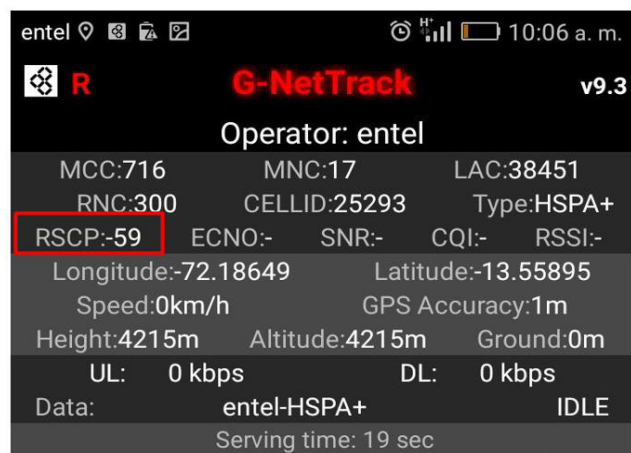
- 2do Sector:



Operator: entel				
MCC:716	MNC:17	LAC:38451		
RNC:300	CELLID:25291	Type:HSPA+		
RSCP:-57	ECNO:-	SNR:-	CQI:-	RSSI:-
Longitude:-72.18624		Latitude:-13.55969		
Speed:2km/h		GPS Accuracy:1m		
Height:4193m	Altitude:4193m	Ground:0m		
UL: 0 kbps		DL: 0 kbps		
Data:	entel-HSPA+		DATA	
Serving time: 18 sec				

Figura 15: Revisión de celda 3G - Sector 2. Fuente: Aplicativo G-NetTrack

- 3er Sector:

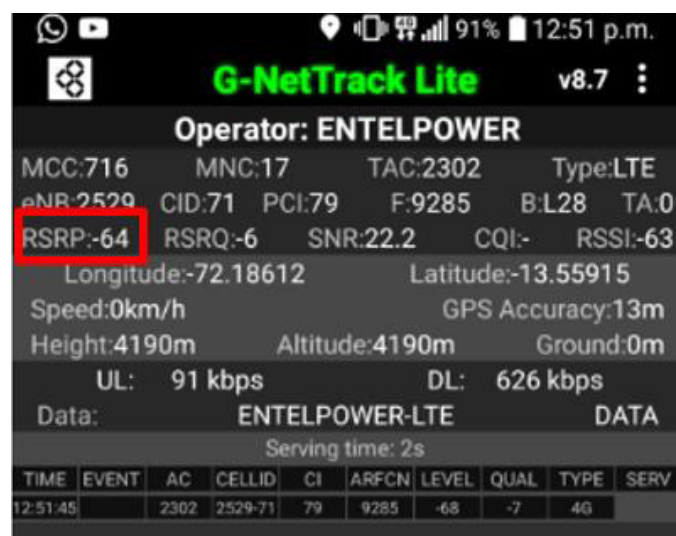


Operator: entel				
MCC:716	MNC:17	LAC:38451		
RNC:300	CELLID:25293	Type:HSPA+		
RSCP:-59	ECNO:-	SNR:-	CQI:-	RSSI:-
Longitude:-72.18649		Latitude:-13.55895		
Speed:0km/h		GPS Accuracy:1m		
Height:4215m	Altitude:4215m	Ground:0m		
UL: 0 kbps		DL: 0 kbps		
Data:	entel-HSPA+		IDLE	
Serving time: 19 sec				

Figura 16: Revisión de celda 3G - Sector 3. Fuente: Aplicativo G-NetTrack

4G:

- 1er Sector:

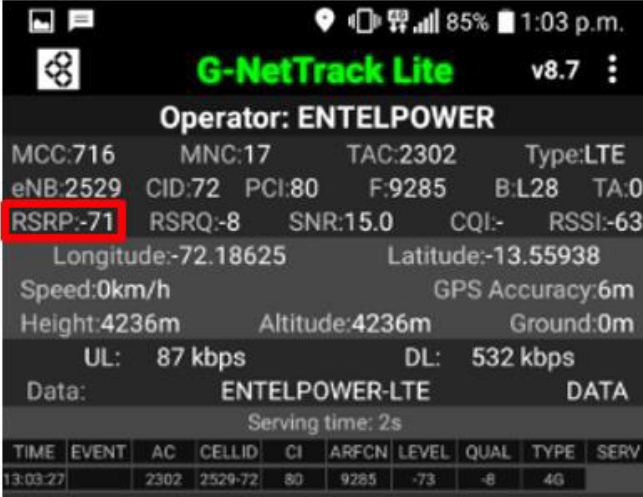


The screenshot displays the G-NetTrack Lite v8.7 interface. At the top, the status bar shows 91% battery and 12:51 p.m. The app title 'G-NetTrack Lite' is in green. Below it, the operator is 'ENELPOWER'. The main display area shows various network parameters: MCC:716, MNC:17, TAC:2302, Type:LTE, eNR:2529, CID:71, PCI:79, F:9285, B:L28, TA:0. The RSRP value of -64 is highlighted with a red box. Other values include RSRQ:-6, SNR:22.2, CQI:-, and RSSI:-63. Location data shows Longitude:-72.18612 and Latitude:-13.55915. Speed is 0km/h, GPS Accuracy is 13m, Height is 4190m, and Altitude is 4190m. Uplink (UL) speed is 91 kbps and Downlink (DL) speed is 626 kbps. The data network is ENELPOWER-LTE. A table at the bottom shows a log of events.

TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
12:51:45		2302	2529-71	79	9285	-68	-7	4G	

Figura 17: Revisión de celda 4G - Sector 1. Fuente: Aplicativo G-NetTrack

- 2do Sector:



G-NetTrack Lite v8.7

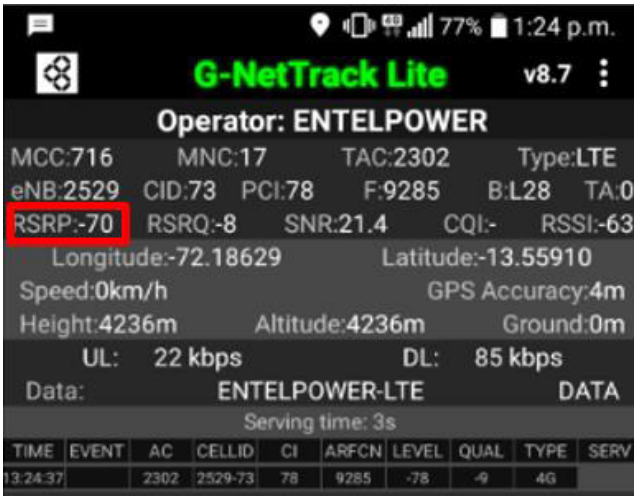
Operator: ENTEPOWER

MCC:716 MNC:17 TAC:2302 Type:LTE
 eNB:2529 CID:72 PCI:80 F:9285 B:L28 TA:0
RSRP:-71 RSRQ:-8 SNR:15.0 CQI:- RSSI:-63
 Longitude:-72.18625 Latitude:-13.55938
 Speed:0km/h GPS Accuracy:6m
 Height:4236m Altitude:4236m Ground:0m
 UL: 87 kbps DL: 532 kbps
 Data: ENTEPOWER-LTE DATA
 Serving time: 2s

TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
13:03:27		2302	2529-72	80	9285	-73	-8	4G	

Figura 18: Revisión de celda 4G - Sector 2. Fuente: Aplicativo G-NetTrack

- 3er Sector:



G-NetTrack Lite v8.7

Operator: ENTEPOWER

MCC:716 MNC:17 TAC:2302 Type:LTE
 eNB:2529 CID:73 PCI:78 F:9285 B:L28 TA:0
RSRP:-70 RSRQ:-8 SNR:21.4 CQI:- RSSI:-63
 Longitude:-72.18629 Latitude:-13.55910
 Speed:0km/h GPS Accuracy:4m
 Height:4236m Altitude:4236m Ground:0m
 UL: 22 kbps DL: 85 kbps
 Data: ENTEPOWER-LTE DATA
 Serving time: 3s

TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
13:24:37		2302	2529-73	78	9285	-78	-9	4G	

Figura 19: Revisión de celda 4G - Sector 3. Fuente: Aplicativo G-NetTrack

Cómo se puede observar los valores de nivel de señal son óptimos ya que están dentro de los rangos permitidos por lo cual el operador Telefónica al ubicarse de manera activa brindaría un nivel de señal aprobado.

A continuación, se muestran capturas de pruebas velocidad de carga/descarga de datos

en Mbps por segundo realizados en la estación Mantoclla con el aplicativo³³
SPEEDTEST para el operador ENTEL.

3G:

- 1er Sector:



Figura 20: Descarga de datos 3G - Sector 1. Fuente: Aplicativo SpeedTest

- 2do Sector:

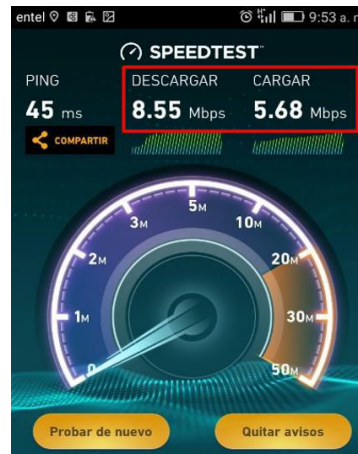


Figura 21: Descarga de datos 3G - Sector 2. Fuente: Aplicativo SpeedTest

- 3er Sector:



Figura 22: Descarga de datos 3G - Sector 3. Fuente: Aplicativo SpeedTest

4G:

- 1er Sector:

35



Figura 23: Descarga de datos 4G - Sector 1. Fuente: Aplicativo SpeedTest

- 2do Sector:



Figura 24: Descarga de datos 4G - Sector 2. Fuente: Aplicativo SpeedTest

- 3er Sector:



Figura 25: Descarga de datos 4G - Sector 3. Fuente: Aplicativo SpeedTest

Cómo se puede observar los valores obtenidos de carga y descarga (11.10 Mbps y 5.53 Mbps, 8.55 Mbps y 5.68 Mbps, 11.13 Mbps y 5.25 Mbps) son óptimos ya que cumplen los niveles permitidos por lo cual el operador Telefónica al ubicarse de manera activa estaría brindando valores de carga y descarga aceptables.

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES

4.1. Justificación

Esta investigación se realiza debido a la necesidad existente de mejorar los servicios móviles brindados actualmente en la Comunidad de Mantoclla así como la cobertura existente. Con el empleo de los diversos tipos de compartición de red se presentan múltiples beneficios tanto para la Comunidad de Mantoclla como para los Operadores, se puede tener un precedente para la posterior adaptación de estas arquitecturas de red en diversas comunidades de zonas rurales.

De lo comentando, se desprende que un Sistema de red compartido genera muchos

beneficios tanto para los usuarios como para los Operadores debido a la reducción de los costos de inversión y mantenimiento de los mismos, a continuación, se muestra un cuadro donde figura el costo aproximado de implementar una estación móvil. Considerando una estación base con una torre cuya altura no es mayor a 25 mts:

Tabla 10: Costo de Implementación de una estación móvil.

	DESCRIPCION	COSTO (S/.)	COMENTARIO
ANTE PROYECTO	Memoria descriptiva	12045. 68	01 Estación
INFRAESTRUCTURA	Obras Civiles	75000	-
	Suministro de Materiales	32500	-
EQUIPAMIENTO / SERVICIOS DE INSTALACIÓN	Gabinete de Telecomunicaciones	114056	03 Antenas + 03 RRUs + 01 BBU + 02 Gabinetes + Cableado
	Equipos de Transmisión	87000	01 ODU + 02 IDU
	Servicio de Instalación	32500	Implementación de la

	(Gabinetes, Antenas)		estación celular 38
	Servicio de instalación de Transmisión	53625	Implementación de la transmisión
SERVICIOS DE INTEGRACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO	Integración de la transmisión	2200	Configuración lógica de parámetros
	Integración de la estación	2400	Configuración de enrutamiento
COSTO TOTAL	411,326.68		

Cómo se puede apreciar el gasto de implementación de una estación móvil es un monto significativo que bordea el medio millón de soles que multiplicado por la cantidad de estaciones necesarias para que los Operadores puedan mejorar los servicios móviles que brindan y ampliar su cobertura implican altas inversiones que no serán necesariamente proporcionales al retorno obtenido especialmente en zonas rurales o áreas marginales.

A continuación, se muestra una visión general de distribución de gastos respecto al CAPEX:

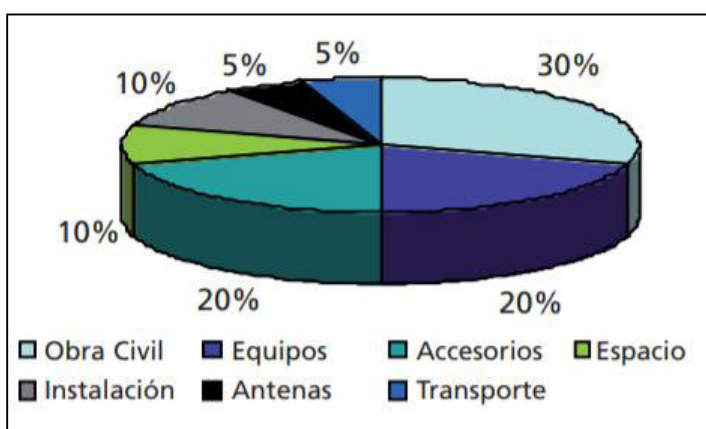


Figura 26. Reparto del CAPEX

Para el OPEX se tendría:

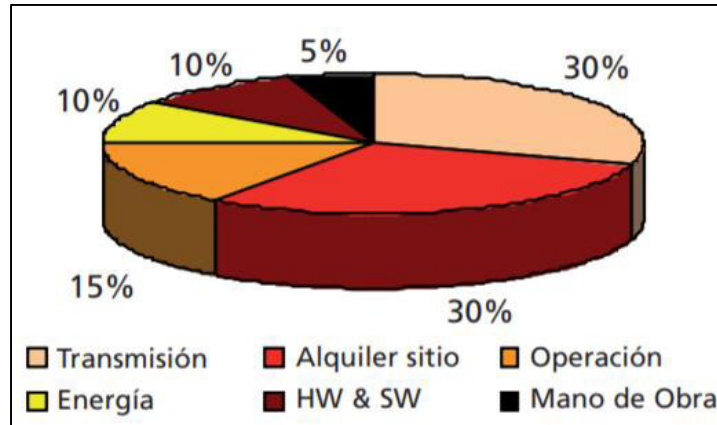


Figura 27. Reparto del OPEX

Fuente: <https://www2.coitt.es/res/revistas/10ComparticionRH1.pdf>

Se puede verificar de forma inicial que al implementar una compartición activa de red del tipo RAN Sharing (MORAN) se obtendrán ahorros considerables que beneficiarán al Operador.

4.2. Metodología aplicada.

4.2.1. Evaluación Económica

Según lo evaluado previamente entre los principales beneficios que se tienen al implementar una compartición de tipo RAN Sharing es el significativo ahorro económico que obtendrán los Operadores. De lo visto anteriormente en cuanto a la

repartición de CAPEX y OPEX se desprende que los Operadores que implementen la compartición activa RAN Sharing obtendrán un ahorro significativo:

Tabla 11: Comparación ahorro económico Compartición Pasiva y Activa.

	COMPARTICIÓN PASIVA	COMPARTICIÓN ACTIVA
CAPEX	-18%	-33%
OPEX	-9%	-20%

4.2.2. Evaluación Técnica

Según la revisión de parámetros físicos y lógicos se obtiene la solución como viable, se obtiene valores correctos de VSWR, Potencia y las celdas funcionan de forma óptima.

4.3. Descripción de la implementación.

4.3.1. Cambio de equipamiento RF

En la estación CS_MANTOCLLA como se mencionó anteriormente se cuenta con 3 sectores que brindan cobertura a la comunidad, se muestra nuevamente la

Tabla 5. Equipamiento inicial en la estación CS_MANTOCLLA

EQUIPAMIENTO INICIAL		
Sector	Antena	RRU
1	ATR4518R6	RRU3268
2	ATR4518R6	RRU3268
3	ATR4518R6	RRU3268

La RRU 3268 cuenta con 2 puertos que transmiten y reciben por lo que trabaja en configuración 2T2R, esto se requiere optimizar para lograr tener una configuración 4T4R y poder mejorar la potencia. Se anexa Datasheet.

Se muestra los sectores de la estación CS_MANTOCLLA y sus respectivas líneas de vista a solicitud del Operador.

▪ Sector 1:



Figura 28: Vista panorámica instalación antes - Sector 1. Fuente: Elaboración propia.

- Sector 2:



Figura 29: Vista panorámica instalación antes - Sector 2. Fuente: Elaboración propia.

- Sector 3:



Figura 30: Vista panorámica instalación antes - Sector 3. Fuente: Elaboración propia.

Se realiza el cambio de equipamiento, nueva antena y RRUs como se mostró en:

Tabla 7: Equipamiento final en la estación MANTOCLLA

EQUIPAMIENTO FINAL		
Sector	Antena	RRU
1	AQU4518R24	RRU5301cw
2	AQU4518R24	RRU5301cw
3	AQU4518R24	RRU5301cw

La RRU 5301cw cuenta con 4 puertos que transmiten y reciben por lo que se logra la configuración 4T4R. Se anexa Datasheet.

Se muestra los sectores de la estación CS_MANTOCLLA y sus respectivas líneas de vista a solicitud del Operador.

▪ Sector 1:



Figura 31: Vista panorámica instalación después - Sector 1. Fuente: Elaboración propia.

- Sector 2:



Figura 32: Vista panorámica instalación después - Sector 2. Fuente: Elaboración propia.

- Sector 3:

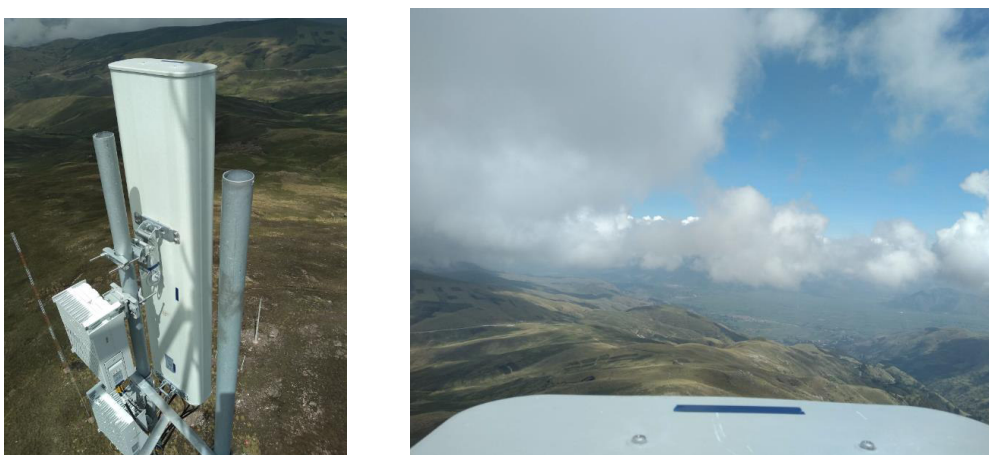


Figura 33: Vista panorámica instalación después - Sector 3. Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Activación de nuevas celdas

Una vez realizado el cambio de equipamiento en la estación CS_MANTOCLLA y verificado los parámetros físicos comentados anteriormente se procede a la activación de las nuevas celdas RAN Sharing, celdas que pertenecen al operador Telefónica. En la figura 16 se aprecia que las celdas marcadas de azul pertenecen al operador ENTEL y las celdas marcadas en verde pertenecen al operador Telefónica, todas las celdas figuran en estado ACTIVO.

RAT	Cell ID	Activation Status
LTE(FDD)	71	Active
LTE(FDD)	72	Active
LTE(FDD)	73	Active
LTE(FDD)	91	Active
LTE(FDD)	92	Active
LTE(FDD)	93	Active
UMTS	12215	Active
UMTS	12216	Active
UMTS	12217	Active
UMTS	25291	Active
UMTS	25292	Active
UMTS	25293	Active

Figura 34. Celdas RAN Sharing. Fuente: Elaboración propia.

- El empleo de las comparticiones activas de tipo RAN Sharing permite optimizar al máximo el uso de recursos disponibles y aumentar la velocidad del despliegue de las redes de los Operadores hacia nuevas tecnologías como el 5G, por ejemplo.
- Se ha demostrado que con la compartición activa de tipo RAN Sharing se obtiene un ahorro considerable del CAPEX (inversión inicial) y OPEX (operación y mantenimiento) relacionado al despliegue de las estaciones móviles especialmente en zonas rurales.
- La reducción en las inversiones sumadas con la reducción de tiempo debido a los trámites legales que implican instalar una nueva estación móvil hacen que las redes de los Operadores puedan desplegarse de manera más rápida y de esta forma aumentar su cobertura.
- También se debe tener en cuenta la influencia positiva que se tendrá en el impacto paisajístico y contaminación visual que producen las múltiples y redundantes estaciones móviles de los Operadores ya que éste número se verá reducido al compartir muchas de estas estaciones lo que disminuye también la contingencia social que se presenta en muchos casos generando retrasos en los despliegues de las redes.
- Se cuenta con el apoyo del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) ya que según indicó se busca maximizar el aprovechamiento de recursos ya instalados (estaciones), sostuvo también que las empresas deberán cumplir con sus obligaciones según lo señalado en la normativa vigente del MTC, entre las cuales se plantea fortalecer la competencia y expansión del mercado de servicios móviles en zonas rurales y de preferente interés social.

CAPÍTULO V

RECOMENDACIONES

- Se debería realizar un análisis por parte de los Operadores respecto a las diversas variables que se verán involucradas en la compartición activa de infraestructura, así mismo se debe determinar las tecnologías que en las que trabajarán, la ubicación de las estaciones a compartir, entre otros.
- Se debe realizar una nueva distribución y organización de las bandas de frecuencias existentes actualmente para que se pueda dar la compartición

activa de infraestructura entre más operadores y las bandas de frecuencia no sean limitante para ello.

- Si bien se cuenta con el apoyo del MTC, se requiere que la normativa vigente se actualice a mayor detalle respecto a los tipos de compartición activa de infraestructura (espectro) y a determinar limitantes dentro de todo el proceso de compartición.

CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA

Casas (2018) “Los Operadores Móviles Virtuales (OVM): Factores que han determinado su limitado desarrollo en el Perú” obtenido de:

<https://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/2245?show=full>

Ccahuana (2018) “Diseño de una Red Móvil Compartida para brindar Servicios de Telefonía Móvil en zonas rurales” obtenido de:

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13454>

Chanab (2007) “Telecom Infrastructure Sharing. Regulatory Enablers and Economic Benefits.” recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/301560300_Telecom_Infrastructure_Sharing_as_a_Strategy_for_Cost_Optimization_and_Revenue_Generation_A_Case_Study_of_Telecommunications_companies_in_Yemen_Collocation

Chapin (2011) “Mobile Broadband Growth, Spectrum Scarcity and Sustainable Competition” obtenida de:

https://www.researchgate.net/publication/228166625_Mobile_Broadband_Growth_Spectrum_Scarcity_and_Sustainable_Competition

Diario Correo (2020) “MTC aprobó compartición de infraestructura entre Entel y Telefónica” recuperado de:

<https://diariocorreo.pe/economia/mtc-aprobo-que-entel-y-telefonica-compartan-infraestructura-economia-coronavirus-noticia/>

Felipe Reyes (2016) “Telecomunicaciones: Mercados y Tecnologías” recuperado de:

<http://telecomunicaciones-peru.blogspot.com/2021/05/los-influencers-del-top-50-mundial.html>

Leza (2014) “Mobile Infrastructure Sharing: Trends in Latin America” recuperado de

https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Documents/CostaRica/Presentations/Session8_Daniel%20Leza%20-%20Mobile%20Infrastructure%20Sharing%20-%202012%20March%202014.pdf

MTC (2020) “Compartición de infraestructura de telecomunicaciones mejora el aprovechamiento de recursos y los servicios” recuperado de:

<https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/111796-comparticion-de-infraestructura-de-telecomunicaciones-mejora-el-aprovechamiento-de-recursos-y-los-servicios>

50

Nicolás Ponte (2016) “La Factibilidad de la Implementación de RAN Sharing en Argentina” obtenida de:

<https://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/handle/10908/11886>

OVUM (2015) “Consideraciones clave en los concursos de Espectro Móvil – América Latina” obtenida de:

<https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/05/OVUM-concursos-de-espectro-latam.pdf>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Datasheet equipos:

MODELO DE ANTENA EXISTENTE

ATR4518R6v06

DXXX-690-960/1695-2690/1695-65/65/65-16i/18i-M/M/M-R
EasyRET Tri-Band Antenna with 3 Integrated RCUs - 2.0m

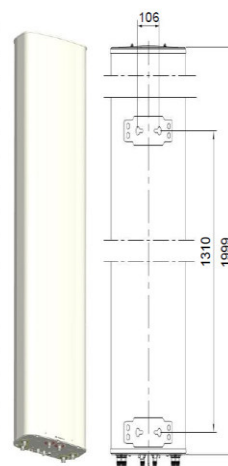
**Antenna Specifications**

Electrical Properties									
Frequency range (MHz)	690 - 960				2 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				0 - 10, continuously adjustable, each band separately				
Gain (dBi)	at mid Tilt	15.5	15.9	16.0	16.1	17.1	17.5	17.8	18.3
	over all Tilts	15.5 ± 0.5	15.8 ± 0.5	15.8 ± 0.5	16.0 ± 0.6	17.1 ± 0.5	17.5 ± 0.4	17.8 ± 0.5	18.2 ± 0.4
Side lobe suppression for first side lobe above main beam (dB)	> 18	> 18	> 18	> 18	> 19	> 19	> 19	> 19	
Horizontal 3dB beam width (°)	65 ± 1.7	65 ± 1.4	65 ± 1.7	65 ± 2.4	65 ± 4.3	64 ± 3.2	63 ± 4.4	62 ± 4.1	
Vertical 3dB beam width (°)	10.3 ± 0.7	9.5 ± 0.5	9.2 ± 0.6	8.6 ± 0.5	7.1 ± 0.5	6.5 ± 0.5	5.8 ± 0.4	5.3 ± 0.2	
VSWR	< 1.5								
Cross polar isolation (dB)	≥ 28								
Interband isolation (dB)	≥ 30								
Front to back ratio, ±30° (dB)	> 25	> 25	> 25	> 25	> 25	> 27	> 26	> 25	
Cross polar ratio (dB)	0°	> 18	> 18	> 18	> 18	> 18	> 17	> 17	
Max. power per input (W)	500 (at 50°C ambient temperature)				250 (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)	1999 x 349 x 166
Packing dimensions (H x W x D) (mm)	2350 x 415 x 240
Antenna weight (kg)	23.4
Clamps weight (kg)	3.6 (2 units)
Antenna packing weight (kg)	35.7 (included clamps)
Mast diameter supported (mm)	50 - 115
Radome material	Fiberglass
Radome colour	Light grey
Operational temperature (°C)	-40 .. +65
Wind load (N)	Frontal: 705 (at 150 km/h) Lateral: 230 (at 150 km/h) Rear side: 730 (at 150 km/h)
Max. operational wind speed (km/h)	200
Survival wind speed (km/h)	250
Connector	6 x 4.3-10 Female
Connector position	Bottom

**Accessories**

Item	Model	Description	Weight	Units per antenna
Downtilt kit	ASMDT0D01	Mechanical downtilt: 0 - 12°	2.1 kg	1 (Separate packing)

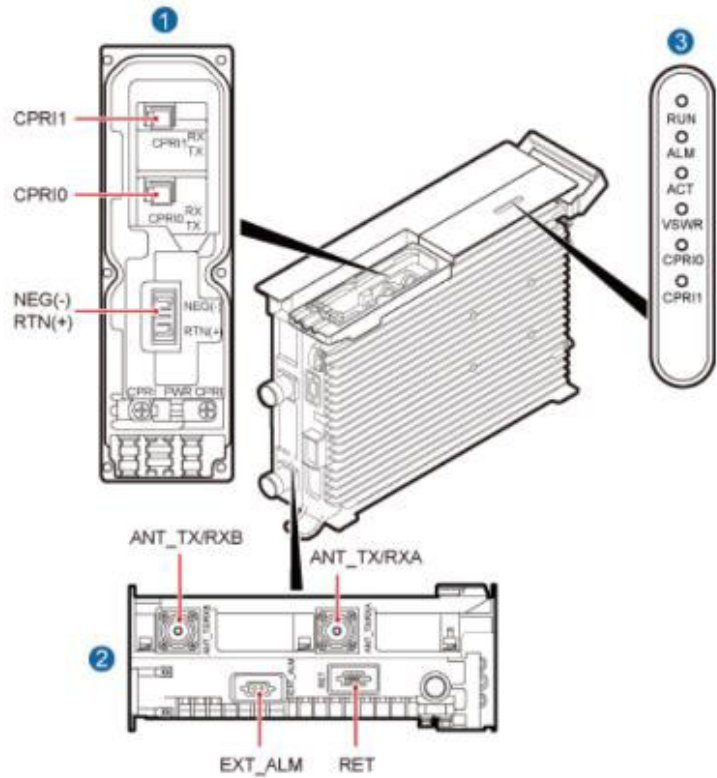
MODELO DE RRU EXISTENTE (Sólo cuenta con 2 puertos)

3.2 RRU Ports

This section describes ports on the RRU panels. An RRU has a bottom panel, cabling cavity panel, and indicator panel.

Figure 3-3 shows the ports on the RRU panels.

Figure 3-3 Ports on the RRU panels



PAR47C0002

MODELO DE ANTENA INSTALADA FINAL:

AQU4518R24v06

DXXXX-690-960/690-960/1695-2690/1695-2690-65/65/65-16i/16i/18i/18i-M/M/M/M-R
EasyRET Quad-Band Antenna with 4 Integrated RCUs - 2.0m

**Antenna Specifications**

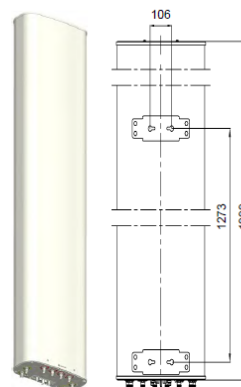
Electrical Properties									
Frequency range (MHz)		2 x (690 - 960)				2 x (1695 - 2690)			
		690 - 803	790 - 862	824 - 894	880 - 960	1695 - 1990	1920 - 2200	2200 - 2490	2490 - 2690
Polarization		+45°, -45°							
Electrical downtilt (°)		0 - 10, continuously adjustable, each band separately				2 - 12, continuously adjustable, each band separately			
Gain (dBi)	at mid Tilt	15.0	15.5	15.8	16.0	17.0	17.2	17.7	18.1
	over all Tilts	14.7 ± 0.5	15.3 ± 0.5	15.6 ± 0.5	15.8 ± 0.5	16.8 ± 0.5	17.1 ± 0.5	17.5 ± 0.5	17.9 ± 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 (°)		10.5 ± 0.9	9.5 ± 0.8	9.2 ± 0.7	8.5 ± 0.7	6.8 ± 0.7	5.8 ± 0.5	5.3 ± 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	> 25	> 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)		960 (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)		1999 x 429 x 196
Packing dimensions (H x W x D) (mm)		2195 x 530 x 270
Antenna weight (kg)		32.2
Clamps weight (kg)		3.6 (2 units)
Antenna packing weight (kg)		45.9 (Included clamps)
Mast diameter supported (mm)		50 - 115
Radome material		Fiberglass
Radome colour		Light grey
Operational temperature (°C)		-40 ... +65
Wind load (N)		Frontal: 910 (at 150 km/h)
		Lateral: 265 (at 150 km/h)
		Rear side: 910 (at 150 km/h)
Max. operational wind speed (km/h)		200
Survival wind speed (km/h)		250
Connector		8 x 4.3-10 Female
Connector position		Bottom

**Accessories**

Item	Model	Description	Weight	Units per antenna
Downtilt kit	ASMDT0D01	Mechanical downtilt: 0 - 12 °	2.1 kg	1 (Separate packing)

MODELO DE RRU EXISTENTE (Cuenta con 4 puertos)

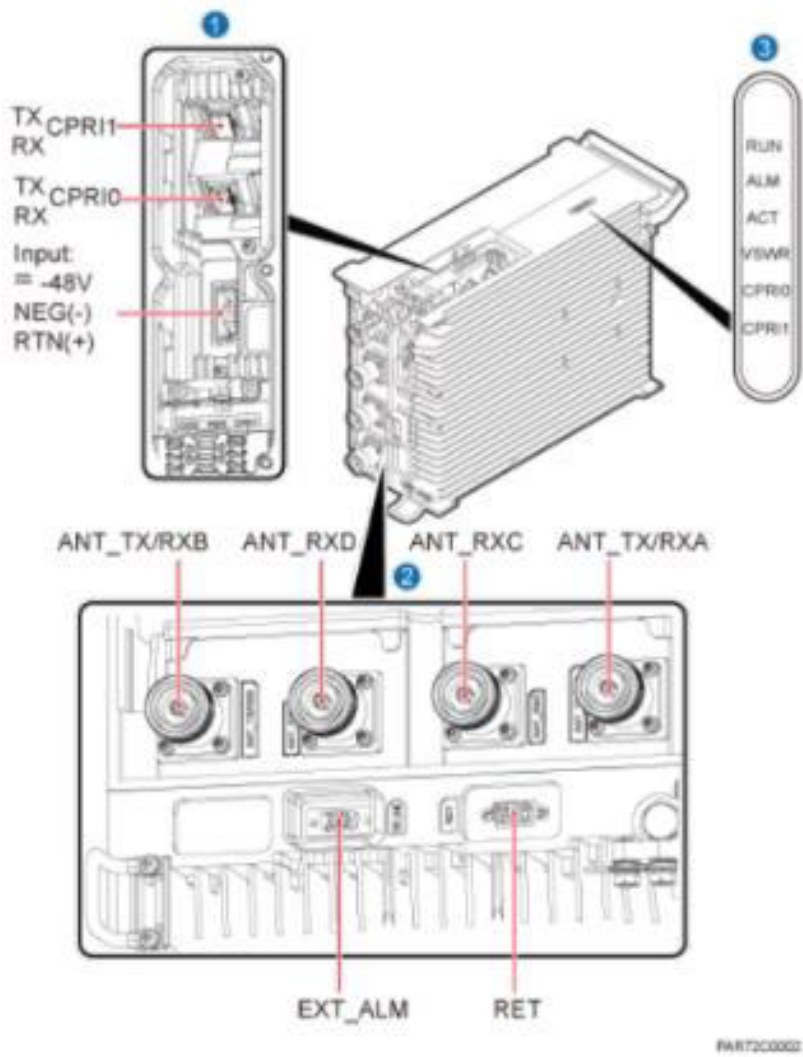


Table 2-1 describes ports and indicators on the RRU panels.

Table 2-1 Ports and indicators on the RRU panels