



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

**Migración de transporte satelital a terrestre en  
estaciones 4G realizado por el OIMR “Internet para  
Todos S.A.C.**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de  
Telecomunicaciones

**AUTOR**

Diego Leonardo MENDOZA CASTRO

**ASESOR**

Mg. Carlos Alberto CHIRI HUANCA

Lima, Perú

2022



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

---

Mendoza, D. (2022). *Migración de transporte satelital a terrestre en estaciones 4G realizado por el OIMR "Internet para Todos S.A.C."*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

## Metadatos complementarios

<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Diego Leonardo Mendoza Castro
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72379506
URL de ORCID	-
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	Carlos Alberto Chiri Huanca
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09293427
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-1203-2005">https://orcid.org/0000-0002-1203-2005</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Rejis Renato Paredes Peñafiel
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06758404
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	Chavez Irrazabal Wilbert
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08121733
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	Carlos Alberto Chiri Huanca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09293427
<b>Datos de investigación</b>	

Línea de investigación	C.0.3.3. Desarrollo de Modelos y aplicación de tecnologías de información y comunicaciones
Grupo de investigación	Tecnologías de la Información y Comunicación
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Latitud: -12.0568 Longitud: -77.0851
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2021 – Junio 2022
URL de disciplinas OCDE	Telecomunicaciones <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05</a>



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 Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



UNMSM

Firmado digitalmente por PAREDES  
PENAFIEL Rejis Renato FAU  
20148092282 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 27.08.2022 10:21:43 -05:00



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

### Nº 025/FIEE-EPIE/2022

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. REJIS RENATO PAREDES PEÑAFIEL** integrado por **MG. CARLOS ALBERTO CHIRI HUANCA** y el **MG. CHAVEZ IRAZABAL WILBERT**

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del **Bach. MENDOZA CASTRO, DIEGO LEONARDO** con código N° 14190274 que para optar el Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **MIGRACIÓN DE TRANSPORTE SATELITAL A TERRESTRE EN ESTACIONES 4G REALIZADO POR EL OIMR “INTERNET PARA TODOS S.A.C.**

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

Ciudad Universitaria, 20 de agosto de 2022

**MG. REJIS RENATO PAREDES PEÑAFIEL**  
Presidente de Jurado

**MG. CARLOS ALBERTO CHIRI HUANCA**  
Miembro Jurado

**MG. CHAVEZ IRAZABAL WILBERT**  
Miembro Jurado



**Universidad del Perú. Decana de América**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES**

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 de Electrónica.
4. Operador del programa informático de similitudes: Rejis Renato Paredes Peñafiel.
5. Documento evaluado: Trabajo de Suficiencia Profesional para título de (pregrado) MIGRACIÓN DE TRANSPORTE SATELITAL A TERRESTRE EN ESTACIONES 4G REALIZADO POR EL OIMR "INTERNET PARA TODOS S.A.C."
6. Autor de la tesis: DIEGO LEONARDO MENDOZA CASTRO  
Fecha de aplicación de recepción del documento: 23-11-2022
7. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes: 23-11-2022
8. Software utilizado: Turnitin.
9. Configuración del programa detector de similitudes:
  - Excluye citas.
  - Excluye bibliografía.
  - Excluye cadenas menores de 40 palabras
10. Porcentaje de similitudes según programa detector: cuatro por ciento – 4%
11. Fuentes originales de las similitudes encontradas.

1. pirhua.udep.edu.pe	1% Fuente de Internet
2. www.osiptel.gob.pe	1% Fuente de Internet
3. tesis.pucp.edu.pe	1% Fuente de Internet
4. hdl.handle.net	<1% Fuente de Internet
5. ipt.pe	<1% Fuente de Internet
6. virtual.urbe.edu	<1% Fuente de Internet
7. www.jemsdata.com	<1% Fuente de Internet
8. cybertesis.unmsm.edu.pe	<1% Fuente de Internet
9. iattc.org	<1% Fuente de Internet
10. www.colombiadigital.net	<1% Fuente de internet

1. Observaciones: Ninguna.

13. Calificación de originalidad.

- Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.

14. Fecha del informe: 23 de noviembre del 2022.

Atentamente,

Mg. Paredes Peñafiel, Rejis Renato

Director de la EPIE

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a quienes me guiaron, me ayudaron y dieron esperanzas de continuar: a mis padres.

## RESUMEN

El presente trabajo plantea el objetivo de la empresa Internet para Todos de migrar su planta de estaciones 4G de transporte satelital a transporte terrestre.

Para IPT, el Overlay equivale a la implementación de tecnología 4G sobre las estaciones 2G/3G. Este proceso implica la expansión de la solución de transporte que lleva conectividad a cada estación. En muchas de estas, el Overlay fue realizado con transporte satelital, significando mayores costos para la empresa y limitaciones en capacidad.

En tal situación, la alternativa para reducir la participación satelital, es reemplazarla por soluciones de fibra óptica o microondas, conectando estaciones a proveedores de transporte terceros. Soluciones como estas tienen mejores prestaciones técnicas, son más eficientes en costos operativos y cuentan con la capacidad de brindar nuevos y mejores servicios.

La planificación de este proyecto inicia con la planta de estaciones satelitales con 4G, de la cual se desprende un Low-Level Design, que identifica la solución de transporte terrestre para las estaciones. En base a este diseño, se realizan visitas a campo para evaluar la viabilidad de la solución, y posteriormente, el despliegue de los enlaces entre nodos proveedores y estaciones de IPT, para finalmente proceder a la migración de los servicios.

**Palabras clave:** Overlay, transporte satelital, costos operativos, fibra óptica, microondas.

## **ABSTRACT**

The present work raises the objective of the company Internet para Todos to migrate its plant of 4G stations from satellite transport to terrestrial transport.

For IPT, the Overlay is equivalent to the implementation of 4G technology on 2G/3G stations. This process implies the expansion of the transport solution that brings connectivity to each station. In many of them, the Overlay was carried out with satellite transport, meaning higher costs for the company and capacity limitations.

In such a situation, the alternative to reduce satellite participation is to replace it with fiber optic or microwave solutions, connecting stations to third-party transport providers. Solutions like these have better technical features, they are more efficient in operating costs and they have the ability to provide new and better services.

The planning of this project begins with the 4G satellite station plant, from which a Low-Level Design emerges, which identifies the terrestrial transportation solution for the stations. Based on this design, field visits are made to assess the viability of the solution, and subsequently, the deployment of the links between provider nodes and IPT stations, to finally proceed with the migration of the services.

**Keywords:** Overlay, satellite transport, operating costs, optical fiber, microwave.

## ÍNDICE

CAPITULO I :	INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO II :	INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD.....	3
2.1	Institución – Actividad que desarrolla.....	3
2.2	Periodo de duración de la actividad.....	3
2.3	Finalidad y objetivos de la entidad .....	3
2.4	Razón social .....	4
2.5	Dirección postal .....	4
2.6	Correo electrónico del profesional a cargo .....	4
CAPITULO III :	ACTIVIDADES DESARROLLADAS .....	5
3.1	Finalidad y objetivos de la actividad.....	5
3.1.1	Finalidad .....	5
3.1.2	Objetivos .....	5
3.2	Problemática .....	5
3.2.1	Problema General.....	5
3.2.2	Problemas Específicos.....	6
3.2.3	Justificación e importancia de la investigación.....	7
3.2.3.1	Justificación práctica.....	7
3.2.3.2	Justificación económica.....	7
3.2.3.3	Justificación social.....	7
3.3	Metodología .....	8
3.3.1	Bases Teóricas .....	8
3.3.2	Marco Conceptual.....	13
3.3.2.1	OIMR.....	13
3.3.2.2	Estación Base.....	14
3.3.2.3	Enlace Satelital.....	14
3.3.2.4	Enlace de Fibra Óptica.....	15
3.3.2.5	Enlace Microondas.....	15

3.3.2.6	Capacidad (Mbps).....	16
3.3.2.7	Overlay o Modernización. ....	16
3.3.2.8	CAPEX.....	16
3.3.2.9	OPEX.....	16
3.3.2.10	KPI. ....	17
3.4	Procedimiento.....	17
3.4.1	Alcance de la investigación.....	17
3.4.2	Diseño de la investigación.....	18
3.4.2.1	Mapeo de sitios 4G con transporte satelital. ....	18
3.4.2.2	Elaboración de LLD.....	19
3.4.2.3	Habilitación de Interconexiones. ....	20
3.4.2.4	Seguimiento al plan y ejecución del despliegue.....	20
3.4.2.5	Technical Site Survey (TSS) y adecuaciones. ....	21
3.4.2.6	Despacho de hardware. ....	23
3.4.2.7	Generación de Datafill de transporte y servicios. ....	24
3.4.2.8	Instalación e integración de transporte. ....	24
3.4.2.9	Migración de servicios.....	29
3.5	Resultados de la Actividad.....	32
3.5.1	Monitoreo de KPI's.....	35
3.5.1.1	Accesibilidad E-RAB (%).....	35
3.5.1.2	Accesibilidad S1 (%).....	36
3.5.1.3	Drop Rate (%).....	36
3.5.1.4	Trafico UL (Gbit).....	37
3.5.1.5	Trafico DL (Gbit).....	37
3.5.1.6	Resultados.....	38
CAPITULO IV : CONCLUSIONES.....		40
4.1	Justificación.....	40
4.1.1	Evaluación Económica.....	40
4.1.1.1	Inversión. ....	40
4.1.1.2	Flujos de caja.....	41
4.1.1.3	Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)..	43
4.2	Conclusiones.....	48
4.3	Recomendaciones.....	49
CAPITULO V : BIBLIOGRAFÍA.....		50

CAPITULO VI :	ANEXOS .....	52
6.1	Anexo 1: Ítems para el mapeo de sitios 4G con transporte satelital.	52
6.2	Anexo 2: ítems para la elaboración de LLD .....	57
6.3	Anexo 3: Ejemplo de interconexión GILAT-TDP.....	67
6.4	Anexo 4: Plan semanal y ejecución del despliegue. ....	69
6.5	Anexo 5: Hardware de transporte .....	78
6.6	Anexo 6: Datasheet de equipamiento para enlace microondas SIAE. 81	
6.7	Anexo 7: Datasheet de equipamiento para enlace microondas RADWIN.....	85
6.8	Anexo 8: Datasheet de equipamiento para enlace microondas HUAWEI.....	89
6.9	Anexo 9: Datasheet de Router HUAWEI ATN910C-G.....	94
6.10	Anexo 10: Imágenes complementarias de TSS .....	77
6.11	Anexo 11: Modelo de Datafill TX Fibra óptica .....	95
6.12	Anexo 12: Modelo de Datafill TX Microondas .....	95
6.13	Anexo 13: Modelo de Datafill TX para Servicios en site Mini- Macro Huawei.....	97
6.14	Anexo 14: Modelo de Datafill TX para Servicios en site Small- Cell Parallel Wireless.....	98
6.15	Anexo 15: Imágenes complementarias de instalación e integración de transporte.....	99
6.16	Anexo 16: Imágenes complementarias de migración de servicios. 100	
6.17	Anexo 17: Monitoreo de Accesibilidad E-RAB (%).....	102
6.18	Anexo 18: Monitoreo de Accesibilidad S1 (%). ....	106
6.19	Anexo 19: Monitoreo de Drop Rate (%). ....	109
6.20	Anexo 20: Monitoreo de Trafico UL (Gbit).....	113
6.21	Anexo 21: Monitoreo de Trafico DL (Gbit).....	117
6.22	Anexo 22: Análisis económico para etapa 2021 y 2022.....	121

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla comparativa de proveedores, costos y servicios.....	13
Tabla 2. Resumen de Actividades .....	33
Tabla 3. Resumen de % de incrementos en cada KPI.....	39
Tabla 4. Costo de servicios y equipamiento para despliegue .....	41
Tabla 5. Costos de OPEX Terrestre .....	43
Tabla 6. Costos de OPEX Satelital .....	43
Tabla 7. Desarrollo de flujos de caja para Plan 2020.....	45
Tabla 8. Resumen de Indicadores económicos para periodos 2020, 2021 y 2022.....	47
Tabla 9. Perfiles del proveedor satelital Hugues.....	55
Tabla 10. Combinaciones de enlaces microondas con respecto a distancia	67
Tabla 11. Resumen de actividades del Plan de Migraciones a Terrestre del año 2020.....	74
Tabla 12. Resumen de actividades del Plan de Migraciones a Terrestre del año 2021 .....	75
Tabla 13. Resumen de actividades del Plan de Migraciones a Terrestre del año 2022.....	76
Tabla 14. Ruta de postes de estación PU00203 C_COJATA_PU01 en TSS .....	77
Tabla 15. Equipamiento microondas marca Huawei en banda licenciada ....	78
Tabla 16. Equipamiento microondas marca Siae en banda licenciada.....	79
Tabla 17. Equipamiento microondas Radwin en banda no licenciada.....	79
Tabla 18. Equipamiento de router marca Huawei.....	80
Tabla 19. Datafill FO de estación C_CAUDALOSA_CHICA_HU38 .....	95
Tabla 20. Datafill MW de estación C_PAMPAMARCA_AY16.....	96
Tabla 21. Datafill de servicios de estación C_PICHUGAN_CA02.....	98
Tabla 22. Datafill de servicios de estación C_TAURIBAMBA_HU06.....	98
Tabla 23. Desarrollo de flujos de caja para Plan 2021.....	121

Tabla 24. Desarrollo de flujos de caja para Plan 2022.....	123
--	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estimación del número de Estaciones Base Celular al 2021 .....	9
Figura 2. Cobertura de Internet Móvil a nivel de Centros Poblados .....	10
Figura 3. Evolución de la tecnología móvil en el Perú (2015 - 2021) .....	11
Figura 4. Fotografía de línea de vista desde estación PU00117 CN_SOLLOCOTA_PU07 (IPT Near end) .....	22
Figura 5. Proyección de poste N°4 para despliegue de la estación IPT PU00203 C_COJATA_PU01 .....	23
Figura 6. Ruta de postes de estación PI00252 C_LASPAMPAS en KMZ ....	25
Figura 7. Topología de conexión de routers mediante enlace de FO y recursos para activación de servicios en site SM00192 NR_POSIC .....	26
Figura 8. Servicios configurados en router de site SM00192 NR_POSIC ....	27
Figura 9. Topología de enlace MW y recursos para activación de servicios en site AY00102 C_PAMPAMARCA_AY16 .....	28
Figura 10. Servicios configurados en router de site AY00102 C_PAMPAMARCA_AY16 .....	29
Figura 11. Topología de enlace satelital para una estación de IPT .....	30
Figura 12. Pruebas en estación C_SANCARLOS_SM a) Celda 4G activa, b) Celda 3G activa .....	32
Figura 13. Mapas con ubicación de estaciones planificadas (a) y migradas (b) en periodo 2020-2021 .....	33
Figura 14. Resumen de flujo de caja para Plan 2020 .....	46
Figura 15. Ejemplo código único de una estación IpT .....	52
Figura 16. Identificación del CCPP Uchupata en Sistema de Información Geográfica .....	53
Figura 17. Captura de tráfico de estación AR00357 TISCO (01/08/2021 - 09/08/2021).....	56
Figura 18. Estación Macro: estación HN00203 SAN_RAFAEL.....	58
Figura 19. Estación Mini-Macro: estación CA00302	

C_LUCMACUCHO_LLAUCAN_CA68 .....	58
Figura 20. Estación Small-Cell: estación AR00263 C_IRRIGACION SAN_ISIDRO .....	59
Figura 21. Ejemplos de última milla en QGIS para 02 estaciones. a) UM microondas, b) UM fibra óptica. ....	61
Figura 22. Ejemplo de clúster en QGIS para 05 estaciones interconectadas .....	62
Figura 23. Ejemplo de línea de vista en Pathloss entre estaciones: HU00202 (IpT) y HU00137 (IpT), distancia del enlace: 7.07 km.....	64
Figura 24. Ejemplo de ruta de fibra óptica en QGIS entre estaciones: CU00244 (IpT) y CU-0093 (Gilat), distancia de la ruta: 415 mts.....	64
Figura 25. Topología física de Interconexión entre TDP y Gilat en Huancavelica .....	68
Figura 26. Ruta de fibra óptica en QGIS entre estaciones: HU00019 (TDP) y HC-0121 (Gilat).....	69
Figura 27. Seguimiento de Plan Semanal de Migraciones a Terrestre del año 2020.....	71
Figura 28. Seguimiento de Plan Semanal de Migraciones a Terrestre del año 2021.....	72
Figura 29. Seguimiento de Plan Semanal de Migraciones a Terrestre del año 2022.....	73
Figura 30. a) Obstrucción de línea de vista por vegetación, b) Adecuación de torre para enlace microondas .....	77
Figura 31. Equipamiento microondas instalado a) Antena y ODU en torre, b) IDU en gabinete .....	99
Figura 32. Recursos para configuración de enlace MW a) Datafill, b) Enlace Budget y c) Resultados en plataforma NCE .....	100
Figura 33. Prueba de conectividad 4G desde equipo Parallel Wireless hacia controlador HNG en estación C_SANCARLOS_SM.....	100
Figura 34. Conexión a nuevo puerto de router en estación C_SANCARLOS_SM.....	101
Figura 35. Pruebas de GNTrack y SpeedTest en estación C_SANCARLOS_SM a) en 3G, b) en 4G .....	101
Figura 36. Gráfica de Accesibilidad E-RAB de estación CA00324 .....	102

Figura 37. Gráfica de Accesibilidad E-RAB de estación CA00302 .....	103
Figura 38. Gráfica de Accesibilidad E-RAB de estación PI00246 .....	103
Figura 39. Gráfica de Accesibilidad E-RAB de estación PI00251 .....	104
Figura 40. Gráfica de Accesibilidad E-RAB de estación PI00309 .....	105
Figura 41. Gráfica de Accesibilidad E-RAB de estación HU00168 .....	105
Figura 42. Gráfica de Accesibilidad S1 de estación CA00324 .....	106
Figura 43. Gráfica de Accesibilidad S1 de estación CA00302 .....	107
Figura 44. Gráfica de Accesibilidad S1 de estación PI00246 .....	107
Figura 45. Gráfica de Accesibilidad S1 de estación PI00251 .....	108
Figura 46. Gráfica de Accesibilidad S1 de estación PI00309 .....	108
Figura 47. Gráfica de Accesibilidad S1 de estación HU00168 .....	109
Figura 48. Gráfica de Drop Rate de estación CA00324 .....	110
Figura 49. Gráfica de Drop Rate de estación CA00302 .....	110
Figura 50. Gráfica de Drop Rate de estación PI00246 .....	111
Figura 51. Gráfica de Drop Rate de estación PI00251 .....	111
Figura 52. Gráfica de Drop Rate de estación PI00309 .....	112
Figura 53. Gráfica de Drop Rate de estación HU00168 .....	113
Figura 54. Gráfica de Trafico UL de estación CA00324 .....	113
Figura 55. Gráfica de Trafico UL de estación CA00302 .....	114
Figura 56. Gráfica de Trafico UL de estación PI00246 .....	115
Figura 57. Gráfica de Trafico UL de estación PI00251 .....	115
Figura 58. Gráfica de Trafico UL de estación PI00309 .....	116
Figura 59. Gráfica de Trafico UL de estación HU00168 .....	116
Figura 60. Gráfica de Trafico DL de estación CA00324 .....	117
Figura 61. Gráfica de Trafico DL de estación CA00302 .....	118
Figura 62. Gráfica de Trafico DL de estación PI00246 .....	118
Figura 63. Gráfica de Trafico DL de estación PI00251 .....	119
Figura 64. Gráfica de Trafico DL de estación PI00309 .....	120
Figura 65. Gráfica de Trafico DL de estación HU00168 .....	120
Figura 66. Resumen de flujo de caja para Plan 2021 .....	122
Figura 67. Resumen de flujo de caja para Plan 2022 .....	123

## **CAPITULO I : INTRODUCCIÓN**

El mundo digital ofrece una infinidad de posibilidades, a las cuales todos los peruanos y peruanas tienen el derecho de acceder. La conectividad, mediante redes de telecomunicaciones, es el medio que permite expandir el conocimiento y la experiencia de estudiantes, profesores, médicos o policías, quienes hoy son capaces de potenciar sus habilidades al acceder, cada vez más, a plataformas digitales.

En un entorno competitivo de alta demanda para el crecimiento de negocios de telecomunicaciones en las zonas urbanas, el despliegue del servicio móvil en las zonas rurales se encuentra en una situación incierta, debido a las grandes cantidades de inversión necesarias para realizar el despliegue, operación y mantenimiento de redes de banda ancha móvil en zonas de geografía accidentada.

Es aquí donde participa Internet para Todos (IPT), una empresa que trabaja bajo la figura de OIMR, que realiza el despliegue de servicio de internet y telefonía móvil en zonas de alta complejidad geográfica, bajo procesos que superan las dificultades técnicas y económicas que no habían permitido antes la llegada de servicios de conectividad en zonas rurales. La planta de IPT ofrece servicios móviles y empresariales mediante su red de 3154 estaciones; de las cuales, 833 poseen transporte mediante enlaces satelitales, que son insuficientes e inviables económicamente para satisfacer los requerimientos de capacidad y calidad necesarios en las tecnologías de redes móviles.

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional profundiza en la planificación, despliegue y resultados de la migración del transporte satelital

a transporte terrestre en un grupo de estaciones 4G del OIMR Internet para Todos. Dicha migración tiene la finalidad de ofrecer un mayor ancho de banda en las estaciones, mejorar la experiencia del usuario y disminuir costos operativos para la empresa.

La distribución del presente Trabajo de Suficiencia Profesional se realizó de la siguiente manera: En el Capítulo II, se detalla la información de la empresa en la que se desarrolla el proyecto, mencionando los objetivos y funciones de la empresa Internet para Todos.

En el Capítulo III, se define la finalidad, objetivos y la problemática que justifica la importancia de este proyecto. Asimismo, se indicarán las bases teóricas y el contexto peruano sobre el despliegue de redes móviles. En este capítulo se realiza la exposición de todos los puntos identificados en el alcance del proyecto, en sus fases de planificación y despliegue. Igualmente se mostrarán los resultados del proyecto desde el punto de vista técnico.

En el Capítulo IV, se realizará una reflexión de lo desarrollado en este proyecto, justificándolo principalmente en base a evaluaciones técnicas y económicas. Por último, en el Capítulo V se indicarán recomendaciones finales.

## **CAPITULO II : INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD**

### **2.1 Institución – Actividad que desarrolla**

INTERNET PARA TODOS S.A.C. La empresa IPT, bajo un modelo de Operador de Infraestructura Móvil Rural (OIMR), realiza despliegue servicios de internet móvil y fijo en zonas rurales de alta complejidad geográfica, ofreciendo principalmente servicios de Telefónica y Entel en Perú.

### **2.2 Periodo de duración de la actividad.**

Desde mayo de 2020 hasta la actualidad. Para la presentación de este informe se tomó como fecha de corte diciembre de 2021.

### **2.3 Finalidad y objetivos de la entidad**

IPT tiene como finalidad a extender sus servicios móviles a las zonas rurales del país, brindando servicios banda ancha móvil 4G a través de más de 3100 estaciones base que tiene desplegadas en todo el Perú, mediante la implementación de tecnologías sostenibles y socialmente responsables. El objetivo de la empresa es ser el proveedor líder y de referencia para el acceso a soluciones tecnológicas que permitan acortar la brecha digital en las zonas rurales del Perú.

## **2.4 Razón social**

INTERNET PARA TODOS S.A.C.

## **2.5 Dirección postal**

Av. Camino Real Nro. 456 Int. 1202 (Centro Comercial Camino R), San Isidro, Lima, Perú.

## **2.6 Correo electrónico del profesional a cargo**

manuel.garcia@ipt.pe - Manuel Garcia Lopez (Jefe de Planificación e Ingeniería).

## **CAPITULO III : ACTIVIDADES DESARROLLADAS**

### **3.1 Finalidad y objetivos de la actividad**

#### **3.1.1 Finalidad**

Realizar la migración del transporte satelital a transporte terrestre en estaciones con Overlay 4G del OIMR Internet para Todos.

#### **3.1.2 Objetivos**

- Reducir la participación del transporte satelital en las estaciones, mediante el despliegue de enlaces de transmisión terrestre, ya sea de fibra óptica o microondas.
- Evaluar y comparar registros de KPI's en las estaciones migradas, antes y después de la migración.
- Determinar los beneficios económicos obtenidos por la empresa debido a las migraciones de transporte.

### **3.2 Problemática**

#### **3.2.1 Problema General**

Entre los objetivos estratégicos de la empresa Internet para Todos (IpT) está el despliegue de tecnologías 4G sobre su planta de estaciones que ofrecen el servicio 3G y 2G; este proceso de modernización es conocido como Overlay. Parte del proceso Overlay implica la mejora de la solución de transporte que lleva conectividad a cada estación, y la óptima solución de

transporte para la empresa es el despliegue de enlaces terrestres, ya sea de fibra óptica o microondas. Sin embargo, por múltiples condiciones de contexto social o regulatorio, no todas las estaciones pueden tener inicialmente una solución de transporte terrestre de rápido despliegue, por ende, existen casos en los que se procede a realizar el Overlay 4G con el uso de enlaces satelitales.

Las principales condiciones por las que se da prioridad al despliegue de enlaces satelitales en las estaciones son:

- Gobiernos regionales y pobladores envían cartas exigiendo servicio de 4G para sus comunidades.
- El organismo regulador envía reclamos sobre falta de cobertura 4G ya reportada con anterioridad o sobre incumplimientos en el servicio móvil brindado.
- Contingencia social: Pobladores no permiten el despliegue de enlaces microondas o de fibra óptica por proteger sus terrenos.
- Cumplimiento de promesas o deadlines: Un enlace satelital permite una activación más rápida de los servicios de cada estación.

Debido a estos casos, se tienen estaciones que han sido modernizadas con Overlay 4G mediante enlaces satelitales, los cuales además de ser inviables económicamente al generar altos costos en OPEX, son insuficientes para satisfacer los requerimientos de capacidad y calidad necesarios en las tecnologías de redes móviles; entonces; ¿Cómo ejecutar la migración del transporte satelital de las estaciones con Overlay 4G del OIMR Internet para Todos?

### **3.2.2 Problemas Específicos**

Para comprender mejor el propósito de este proyecto es necesario responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se realiza la planificación y despliegue de enlaces de fibra óptica y microondas?

- ¿Cómo evaluar y comparar registros de KPI's de las estaciones, antes y después de la migración?
- ¿De qué manera se pueden calcular los ahorros en gasto operativo que benefician a la empresa en base a las migraciones de transporte?

### **3.2.3 Justificación e importancia de la investigación**

#### **3.2.3.1 Justificación práctica.**

Este proyecto se lleva a cabo porque existe la necesidad de mejorar la calidad y capacidad de los enlaces que dan conectividad a las estaciones de IPT. Para cualquier red de telecomunicaciones, es óptimo que los operadores realicen despliegue de enlaces de fibra óptica o microondas, que les permita extender su red de servicios a nivel técnico y comercial. El beneficio principal de utilizar enlaces terrestres es la mayor capacidad que ofrecen (hasta rangos de Gbps), lo cual puede permitir llevar una gran cantidad de servicios a través de ellos y utilizarlos como troncales para futuras ramificaciones.

#### **3.2.3.2 Justificación económica.**

Uno de los grandes problemas que padece IPT actualmente son los enlaces satelitales, ya que estos generan altos costos en OPEX (gastos de operación por el pago de ancho de banda contratado). Uno de los objetivos de este proyecto es determinar el beneficio económico que se generaría al migrar el transporte de satelital a terrestre, y dentro de este análisis, dar notoriedad en la diferencia de costos por Mbps contratado a un proveedor satelital en comparación con un proveedor terrestre.

#### **3.2.3.3 Justificación social.**

IPT tiene como finalidad brindar servicios móviles en zonas rurales del país donde muchos pobladores no tienen el acceso a internet, pero el beneficio no es solo aumentar la conectividad, sino también acelerar el desarrollo de las comunidades a través de la inclusión digital, ofreciéndoles beneficios mediante las plataformas digitales como lo son la telemedicina, teleducación, inclusión financiera, etc. A pesar de que este proyecto se basa

en la migración de transporte de estaciones que ya tienen el servicio 4G, es sabido que, al brindar un mejor servicio en la red de un operador, las comunidades accederán aún más a los beneficios de esta red.

### **3.3 Metodología**

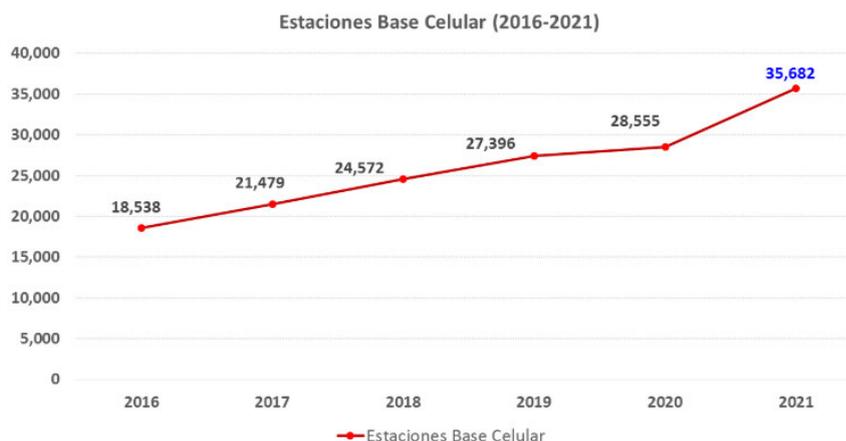
La metodología de investigación utilizada en el presente proyecto es de enfoque cuantitativo, ya que se realizará recolección de datos basados en mediciones numéricas y se analizarán patrones de comportamiento, en ese sentido, se propone la siguiente secuencia de actividades:

- Como punto de partida se realizó un listado de ítems que corresponden al alcance de esta investigación. Cada ítem se refiere a una acción importante dentro de la planificación y el despliegue para la migración de las estaciones.
- Como segundo punto de acción se desarrolló la explicación de cada ítem, con la finalidad de detallar los procesos que ejecuta IPT al implementar las soluciones de transporte objetivo de este proyecto.
- En tercer lugar, tomando como base lo consolidado a nivel técnico y económico durante el proyecto, se realiza una demostración de resultados, tomando como muestra 5 estaciones de IPT para el análisis técnico de KPI's y los costos de despliegue (de todo el proyecto) para el análisis económico.
- Finalmente, se evaluaron los resultados de ambos análisis, a fin otorgar conclusiones específicas sobre la viabilidad del proyecto y justificar la iniciativa de inversión.

#### **3.3.1 Bases Teóricas**

Los servicios de telecomunicaciones son un estímulo importante para la industria, creando diferentes tipos de comercios, originando más empleo, bienestar y crecimiento social. Los servicios móviles son prestaciones que en los últimos años han crecido rápidamente y a un alto nivel de penetración; no obstante, aún existe una importante brecha en su cobertura y accesibilidad en

las zonas rurales, principalmente debido a los altos costos de inversión que implica su implementación.

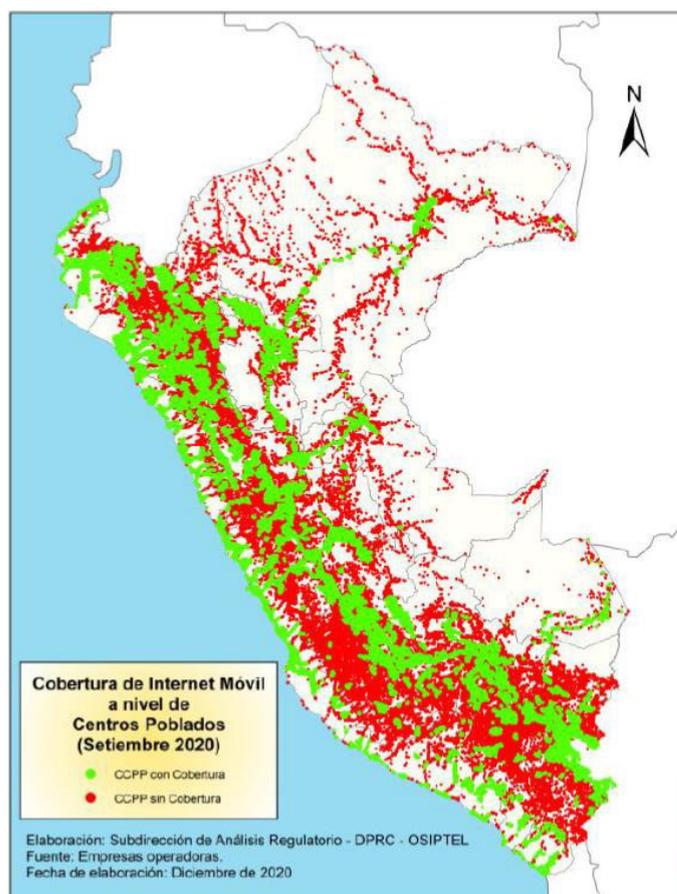


**Figura 1. Estimación del número de Estaciones Base Celular al 2021**

Fuente: More et al. (2021)

Elaboración: Subgerencia de Análisis Regulatorio - GPRC - OSIPTEL

En la Tesis de Alejandro Rojas (2020) sobre el rol de los Operadores de Infraestructura Móvil Rural, expone la situación del país en cuanto a iniciativas para brindar servicios de telecomunicaciones móviles a zonas rurales: En el escenario actual, los operadores móviles han estado enfrentado barreras de implementación, que van desde el alcance de la gestión hasta los poderes impuestos localmente sobre el despliegue de infraestructura, la imposición de compromisos de ampliación de cobertura en zonas rurales y demanda de un alto nivel de calidad de servicio, así como compromisos de provisión de banda ancha gratuita para la prestación de servicios públicos como educación, seguridad y salud, obligaban un despliegue superior a lo económicamente sostenible. Sin embargo, la demanda de servicios móviles, especialmente de internet móvil, aumenta cada año, por lo que el despliegue de infraestructura móvil ha cobrado especial importancia, y según el documento de Osipitel realizado por More, Trelles y Pacheco (2017) se tuvo la estimación que para el año 2021 la cantidad de estaciones base que brinden servicios 3G y 4G. serían alrededor de 35600 (Ver Figura 1).



**Figura 2. Cobertura de Internet Móvil a nivel de Centros Poblados**

Fuente: Empresas Operadoras

Elaboración: Subgerencia de Análisis Regulatorio - GPRC - OSIPTEL

De acuerdo con el informe de Córdova (2020), se tiene el siguiente panorama en cuanto a la brecha de servicios móviles que existe en nuestro país al tercer trimestre del año 2020: En el Perú se tienen más de 90,000 Centros Poblados (CCPP) pero sólo 35,754 de ellos cuentan con cobertura de Internet móvil en tecnologías 3G o 4G (Ver Figura 2).

Asimismo, se observa que la demanda de servicios móviles 4G en nuestro país ha venido incrementando desde el 2015, esto se puede apreciar la Figura 3., obtenida desde el trabajo de Gonzales Chavez (2021). De esta gráfica se desprende que las líneas 2G y 3G vienen decreciendo desde el 2016 y el número de líneas móviles 4G continúa creciendo: en el primer trimestre de 2021 la cantidad de líneas 4G es 7 veces la del 2015



**Figura 3. Evolución de la tecnología móvil en el Perú (2015 - 2021)**

Fuente: Empresas Operadoras

Elaboración: Gonzales Chavez, Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La mayor parte de esta expansión de servicios generalmente son llevadas a cabo por los operadores móviles y proyectos regionales; sin embargo, para acelerar esta expansión, Osiptel promulgó una legislación que promueve el crecimiento de la infraestructura de telecomunicaciones mediante procesos y requisitos para la aprobación automática de modernizaciones de estaciones base. Mediante la promulgación de la Ley 30083, se incorporan dos nuevos modelos de operadores móviles con el objetivo de incentivar el despliegue de infraestructura móvil en zonas rurales, los Operadores Móviles Virtuales (OMV) y Operadores de Infraestructura Móvil Rural (OIMR) (Alejandro Rojas, 2020).

En la tesis de Balarezo León (2017) se muestra como parte de sus objetivos el encontrar un modelo de despliegue sostenible y responsable de Banda Ancha Móvil, que sea replicable para los diferentes operadores de telecomunicaciones en el Perú, creando una propuesta de valor que se ajuste a las necesidades y contexto de zonas rurales. Principalmente, indica realizar upgrade de tecnología 2G a 3G/4G en 341 estaciones Macros y 2500 estaciones femtoceldas que la empresa Telefónica tiene ya desplegadas en zonas urbanas y rurales, además, realizar un despliegue nuevas estaciones de cobertura 3G/4G en zonas donde no se tiene presencia del servicio de Telefónica, de la mano de un Operador de Infraestructura Móvil Rural (OIMR).

Estas mejoras en tecnología y realización de nuevas implementaciones vienen de la mano de modernizaciones de transporte, el objetivo es hacer más eficiente el uso del medio de transmisión que conecta cada estación, siendo este más costoso en zonas rurales, por sus zonas accidentadas. Por lo regular, los enlaces satelitales son los indicados para el despliegue de transporte en zonas rurales, sin embargo, en el contexto mostrado en la Figura 3., con el crecimiento de la tecnología móvil 4G LTE, se busca que dicha red de transporte cuente con más capacidad y mejores prestaciones que permitan brindar nuevos servicios. En dichas instancias, la opción predilecta es realizar despliegue de soluciones terrestres, ya sea por enlaces microonda o de fibra óptica, este tipo de despliegue tiene mejores cualidades técnicas, además de ser mucho más eficaces en costos operativos.

En un estudio de la Revista Internacional de Investigación En Ciencia y Tecnologías Emergentes (2016) se hace una comparativa entre enlaces satelitales y terrestres: A pesar de que los enlaces satelitales son adecuados para terrenos irregulares y áreas remotas donde no se puede usar fibra óptica ni microonda, la comunicación establecida puede verse perturbada por ciclones u otros fenómenos ambientales; la eficiencia del enlace puede verse reducida debido al envejecimiento de componentes, además, el costo inicial de diseño y lanzamiento de un sistema satelital es muy alto. En cambio, los sistemas de comunicación óptica ofrecen ciertas ventajas sobre los sistemas satelitales, ya que incluyen un ancho de banda más amplio, mayor capacidad, menor consumo de energía, e inmunidad a las interferencias. La industria de las comunicaciones por fibra óptica está en constante evolución y se ha visto un enorme crecimiento en la industria durante la última década (Sujitha, 2016).

Paralelamente, en una investigación realizada en Universidad Autónoma de Sinaloa (2021), se identificaron diferentes costos del servicio de internet ofrecido por operadores satelitales y terrestres en zonas rurales. El objetivo de esta parte del estudio fue recabar información de diferentes proveedores y realizar una comparativa que muestre la mejor opción a contratar.

**Tabla 1. Tabla comparativa de proveedores, costos y servicios**

Fuente: Reta Gutierrez et al. (2021)

Compañía	Velocidad Máxima de Plan	Costo por mes	Costo por mes (USD)	Disponibilidad en zonas de difícil acceso
Hughes Net	25 Mbps	\$1999 mxn.	\$ 100.30	SI
Starlink	200 Mbps	\$2299 mxn.	\$ 115.36	SI
Fibra óptica	1000 Mbps	\$2200 mxn.	\$ 110.39	NO
ADSL	1000 Mbps	\$1270 mxn.	\$ 63.72	NO

De esta información recopilada se desprende que, para el proveedor Hughes Net (satelital), el costo por Mbps es de 4 dólares, para el proveedor Starlink (satelital) es de 0.57 dólares, para el proveedor de fibra óptica, es de 0.1 dólares y para el proveedor de ADSL es de 0.06 dólares. A pesar de que indican que los proveedores de Fibra óptica y ADSL no se encuentran disponibles en zonas de difícil acceso, es notoria la disparidad de precios al contratar capacidad a proveedores satelitales y proveedores terrestres. Además, en el mismo estudio de Reta Gutierrez et al (2021) se listan algunas desventajas complementarias del servicio satelital, como por ejemplo:

- Mayor latencia: Entre más latencia, más se tarda en transmitirse un paquete dentro de la red, se tardaría más en cargar una página web. El servicio del internet satelital al tener mayor latencia no es recomendable para transmisiones a tiempo real.
- Velocidad variante: La velocidad que se puede llegar a alcanzar utilizando esta tecnología, puede variar considerablemente, dependiendo de la distancia que nos encontremos del satélite más cercano
- Resulta muy costoso: El Internet Satelital suele tener un precio elevado en comparación a los diferentes tipos de conexión a internet (ADSL y a la fibra Óptica).

### **3.3.2 Marco Conceptual**

#### **3.3.2.1 OIMR.**

De acuerdo con la Ley N° 30083:

Un OPERADOR DE INFRAESTRUCTURA MÓVIL RURAL es el

concesionario habilitado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para prestar servicios portadores y operar estaciones radioeléctricas de los servicios públicos móviles en áreas rurales y/o lugares de preferente interés social donde los operadores móviles con red no cuentan con infraestructura de red propia. El OIMR no tiene usuarios finales móviles y ni asignación de espectro radioeléctrico para servicios públicos móviles (El Peruano, 2013).

### **3.3.2.2 Estación Base.**

Dependiendo de la tecnología implementada, una Estación Base Celular (EBC) está compuesta por diversos elementos:

- Estructura de soporte para las antenas: Torres, postes, mástiles, etc.
- Antenas: para telefonía móvil, para enlaces microondas.
- Equipamiento de radio: de tecnologías 2G, 3G, 4G, las cuales reciben diversas denominaciones de acuerdo con los estándares tecnológicos: BTS (Base Station Transceiver) para tecnologías 2G (GSM, GPRS y EDGE), Nodo B para tecnologías 3G (UMTS, HSDPA, HSUPA, HSPA+) y eNodo B para tecnologías 4G (LTE).
- Equipamiento del enlace de backhaul: Equipos de radio microondas, fibra óptica o satelitales.
- Cableado: Guía de onda, Cable coaxial, Fibra Óptica.
- Sistema de Energía: Banco de baterías, Sistema de UPS, tableros, paneles solares.
- Estructura de soporte de equipamiento de radio: Racks, Shelter, Gabinetes, bandejas.

Es preciso señalar que existen diversos tipos de estaciones, pudiendo algunas tener coberturas de muchos kilómetros, también conocidas como macroceldas y algunas de unas cuantas decenas de metros, también conocidas como picoceldas (More & Trelles & Pacheco, 2021).

### **3.3.2.3 Enlace Satelital.**

Un enlace satelital es un medio de transmisión utilizado para conectar dos o más transmisores/receptores de microondas terrestres a través de un

transponder estacionario. El satélite recibe transmisiones en una banda de frecuencia (enlace ascendente o uplink), amplifica o repite la señal y la transmite en otra frecuencia hacia los receptores (enlace descendente o downlink). El sistema satelital de terminal de apertura muy pequeña (VSAT), es el sistema que proporciona una alternativa de menor costo, en este, varias estaciones están equipadas con antenas VSAT, estas estaciones comparten una capacidad de transmisión satelital y van dirigidas a una estación central (Stallings, 2014).

#### **3.3.2.4 Enlace de Fibra Óptica.**

Un enlace de fibra óptica es un medio de transmisión delgado y flexible capaz de guiar un rayo óptico a través del recorrido de un cable, este tiene forma cilíndrica y consta de tres secciones concéntricas: el núcleo, el revestimiento y el revestimiento amortiguador. El núcleo es la sección más interna y consta de hilos finos de vidrio o plástico. El núcleo está rodeado por un revestimiento, el cual tiene propiedades ópticas diferentes a las del núcleo. La interfaz entre el núcleo y el revestimiento actúa como un reflector para confinar la luz que, de otro modo, escaparía del núcleo. La capa más externa es el revestimiento amortiguador, que es un revestimiento de plástico duro que protege la fibra de vidrio de algún daño físico. Los enlaces de fibra óptica otorgan un ancho de banda potencial y, por lo tanto, la velocidad de datos es inmensa. Se han demostrado velocidades de datos de cientos de Gbps a lo largo de decenas de kilómetros (Stallings, 2014).

#### **3.3.2.5 Enlace Microondas.**

El uso principal de los sistemas de enlaces microondas terrestres es el servicio de telecomunicaciones de larga distancia, siempre y cuando se obtenga línea de vista entre las antenas transmisora y receptora. El tipo más común de antena de microondas es el plato parabólico, sus tamaños típicos son de 0.3 mts. a 3 mts. de diámetro. Las antenas se fijan rígidamente a torres y enfocan un haz angosto para lograr una transmisión de línea de vista entre ellas. Las antenas de microondas generalmente se ubican a alturas considerables sobre el nivel del suelo para extender el rango y poder transmitir sobre obstáculos intermedios. Los enlaces microondas se usan comúnmente

para la transmisión de voz y datos entre estaciones. Las frecuencias comunes utilizadas para la transmisión están en el rango de 1 a 40 GHz y cuanto mayor sea la frecuencia utilizada, mayor será el ancho de banda potencial (Stallings, 2014).

#### **3.3.2.6 Capacidad (Mbps).**

De acuerdo con las definiciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (2010), la capacidad de transmisión de banda ancha fija es: *“La cantidad máxima de datos en megabits por segundo (Mbps) que se pueden transferir durante un mes y que está incluida en el abono a la banda ancha fija”*

Cabe destacar existen casos en que la capacidad de transmisión es asimétrica, es decir, la capacidad de entrada puede ser superior a la de salida, esto es común en enlaces satelitales, donde se asigna un perfil con una capacidad en downlink y una menor en uplink.

#### **3.3.2.7 Overlay o Modernización.**

El proceso que comúnmente se utiliza para la implementación 4G LTE utilizando un enfoque de Overlay, implica la ubicación conjunta de equipos LTE RAN dedicados junto con la infraestructura existente como servicios 2G/3G heredados. Este modelo dedicado tiene varios beneficios relacionados con el rendimiento: proporciona un control independiente de las antenas LTE y las heredadas, lo que permite a los operadores optimizar los patrones de cobertura y la configuración para cada servicio (Irola, 2015).

#### **3.3.2.8 CAPEX.**

El CAPEX (Capital Expenditure en inglés) se define como la inversión destinada a bienes de capital para mejorar la productividad de la empresa, esto es, el gasto destinado a la adquisición o renovación del inmovilizado (Boronat et al., 2019).

#### **3.3.2.9 OPEX.**

El OPEX (Operational Expenditure en inglés) se entiende como el gasto

destinado al funcionamiento de la operativa para poder desarrollar la actividad de la empresa. Por lo tanto, el OPEX se enmarcaría como un gasto recurrente en corto plazo (Boronat et al., 2019).

#### **3.3.2.10 KPI.**

Los KPI's (sigla de Key Performance Indicators) son los indicadores de desempeño que nos ayudan a controlar y monitorear el estado de un proceso u organización. Es una medida para identificar qué tan bien está funcionando un sistema. En telecomunicaciones, un KPI indica el rendimiento de la red, elemento de red, de acuerdo con una recepción de data real y un confiable método de evaluación, se puede determinar si el rendimiento es bueno o si el elemento debe ser optimizado (Moreno, 2022).

### **3.4 Procedimiento**

#### **3.4.1 Alcance de la investigación**

En los siguientes ítems se listarán cada una de las etapas contempladas para desarrollar con éxito el proyecto de migración de transporte satelital a terrestre en las estaciones 4G de IPT. Conviene especificar que lo mostrado en este Trabajo de Suficiencia Profesional tiene como fecha de corte el 31 de Diciembre de 2021, por lo cual sólo se mostrará información del despliegue real ejecutado durante los años 2020 y 2021, y sólo se mostrará lo planificado para 2022.

1. Mapeo de sitios 4G con transporte satelital.
2. Elaboración de LLD (Low Level Design).
3. Habilitación de Interconexiones.
4. Seguimiento al plan y ejecución del despliegue.
5. Technical site survey (en adelante TSS) y adecuaciones.
6. Despacho de hardware.
7. Generación de Datafill con respecto al medio de transporte y servicios.

8. Instalación e integración de hardware de transporte.
9. Migración de servicios.

Cada una de las etapas mencionadas anteriormente serán explicadas una a una dentro del acápite 3.4.2 Diseño de la investigación, esto con la finalidad de dar seguimiento al proceso de planificación y despliegue de la migración del transporte satelital.

### **3.4.2 Diseño de la investigación**

#### **3.4.2.1 Mapeo de sitios 4G con transporte satelital.**

Esta es la etapa inicial de la planificación, donde se identifica la información del total de sitios con transporte satelital y tecnología 4G en una base de datos, la cual debe incluir los siguientes ítems:

- Código y nombre del site: Estación base de IpT
- Zona, departamento, provincia y distrito, y coordenadas de Near end.
- Proveedor satelital
- Banda de frecuencia
- Perfil configurado (Capacidad en DL y UL)
- Consumo promedio

Esta información es básica para el análisis, ya que en el sub-acápite 3.4.2.2. Elaboración de LLD se verá que muchas de estas estaciones tienen una posible solución terrestre viable mediante la conexión a un proveedor de transporte tercero. Además, los datos indicados anteriormente nos permitirán realizar una estimación para el análisis económico mediante una comparación de los gastos del transporte satelital actual y los gastos del transporte terrestre planificado para la migración.

En el Anexo 1 del presente informe se detallará cada uno de los ítems mencionados anteriormente, con la finalidad de esclarecer su significado, y dar pie a la documentación.

### **3.4.2.2 Elaboración de LLD.**

El Low Level Design, o también llamado pre-ingeniería, es una base de datos donde se documenta la información básica de la solución de transporte terrestre de las estaciones. La información documentada es la siguiente:

- Código único y nombre de lado A (Near end): Estación base de IpT
- Departamento, provincia y distrito de ubicación de la estación.
- Tipo de site/estación y vendor RAN.
- Tipo de transporte terrestre propuesto: Fibra óptica o Microondas.
- Tipo de topología, código de Cluster.
- Código único y nombre de lado B (Far end): Estación base de proveedor (o de IPT en caso de clústeres).
- Coordenadas de Near end y Far end.
- Alturas de torre de Near end y Far end.
- Distancia aproximada de despliegue de fibra óptica, o de enlace microondas, dependiendo de la solución de transporte viable.
- Alturas propuestas para antenas microondas, y azimuts respectivos.
- Asignación de stock para el tipo de transporte respectivo.

La finalidad de esta información es que los equipos de despliegue realicen los estudios de campo (TSS, Technical site survey), para verificar la viabilidad de la solución de transporte terrestre: como la línea de vista entre las estaciones planificadas con transporte microondas, la ruta del cableado para las estaciones planificadas con transporte de fibra óptica, así como posibles adecuaciones que sean necesarias en las torres. Además, el igual que en el sub-acápite 3.4.2.1., esta información también permitirá la realización de la evaluación económica y hacer una comparación del costo del transporte satelital y el costo del nuevo transporte terrestre.

En el Anexo 2 del presente informe se detallará cada uno de los ítems mencionados anteriormente, con la finalidad de esclarecer su significado, y dar pie a la documentación:

### **3.4.2.3 *Habilitación de Interconexiones.***

Tal como se comentaba en el Marco Conceptual del presente informe, el modelo de OIMR en el Perú es identificado como cualquier empresa proveedora de infraestructura de telecomunicaciones concesionaria de un servicio portador y que no tenga asignación de espectro radioeléctrico para servicios públicos móviles. Los servicios que brindarían a un operador móvil con red (“OMR”) bajo esta figura serían: el servicio de transporte y las facilidades de acceso a la infraestructura desplegada en zonas rurales donde los OMR no cuenten con red”.

Por lo tanto, para que las estaciones de IpT puedan obtener soluciones de transporte terrestre en zonas rurales, es necesaria la interconexión con proveedores de transporte terceros que permitan distribuir el tráfico hacia los equipos Core del operador móvil con red; en el caso de IpT, los servicios entregados son del operador móvil con red Telefónica.

Estos proveedores de transporte son compañías terceras, ajenas a la jurisdicción de IpT, que poseen estaciones, o nodos de transporte en diferentes zonas del territorio peruano. Estas compañías operan bajo la figura de OMR (Operados Móvil con Red: TDP, Entel, Claro, etc.), OIMR (Operador de Infraestructura Móvil Rural: Mayutel, Moche, etc.) o Redes regionales (Gilat, Orocom, Azteca, etc.), con el objetivo de ofrecer servicios de telefonía y conectividad a clientes afiliados. Para IpT, estos proveedores tienen la función de llevar el transporte de sus estaciones hacia la red a través de una interconexión entre el Core de Telefónica y el Core del proveedor.

En el Anexo 3 del presente informe, se mostrará un modelo de topología y de las conexiones necesarias en una interconexión con un proveedor tercero, en este caso se tomará como ejemplo al proveedor Gilat.

### **3.4.2.4 *Seguimiento al plan y ejecución del despliegue.***

La planta IpT comprende 3,154 estaciones; 833 con Overlay satelital, de las cuales 270 fueron seleccionadas para realizar la migración de transporte satelital a terrestre, planificado para los años 2020, 2021 y 2022. Como parte

de la planificación de este proyecto, es necesario realizar un plan de despliegue programado en semanas, con la finalidad de que los equipos involucrados realicen las actividades necesarias para la migración del transporte de las estaciones.

A nivel técnico, los equipos involucrados son principalmente dos: área de Ingeniería de IpT, la cual otorga los recursos necesarios para la realización de TSS, datafills y migración de la estación; y al área de despliegue de IpT, la cual recibe estos recursos, y los distribuye a los grupos en campo (empresas terceras), dándoles soporte para las actividades asignadas. Las actividades necesarias para la migración de los sitios son las siguientes:

- Visita a las estaciones para realizar TSS (realizada por Área de despliegue).
- Realización de los Datafill para configuración de servicios (realizada por Área de Ingeniería).
- Instalación de equipamiento de transporte y adecuaciones (realizada por Área de despliegue en coordinación con Área de Ingeniería).
- Migración del transporte, validación de parámetros y desmontaje de equipos satelitales (realizada por Área de despliegue en coordinación con Área de Ingeniería).

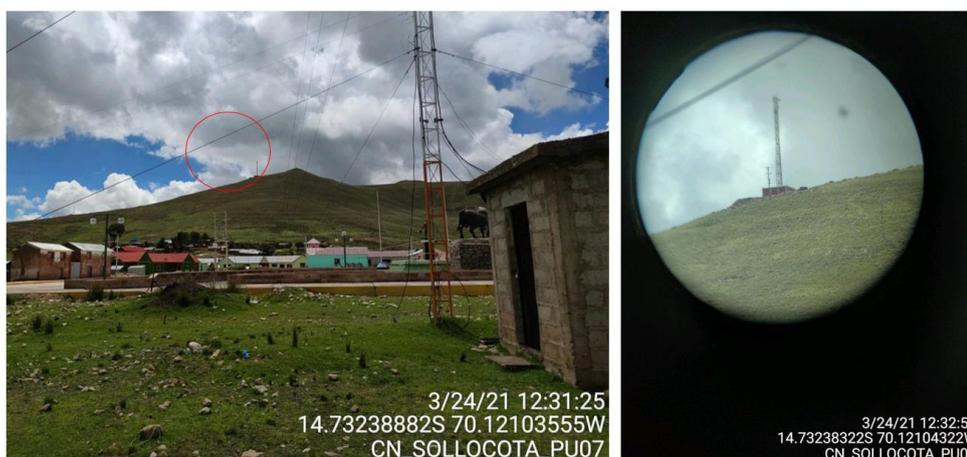
En el Anexo 4 del presente informe, detallará cada uno de los ítems mencionados anteriormente, y se mostrará el plan semanal de entregables y despliegue.

#### **3.4.2.5 *Technical Site Survey (TSS) y adecuaciones.***

Las contratistas de despliegue realizan visitas a campo para realizar los TSS, los cuales son documentos donde se almacenan fotografías y datos recopilados en campo con respecto a la estación de interés y su far end respectivo. Los siguientes datos son necesarios al documentar los TSS:

- Se identifica la ubicación exacta de la estación (mediante coordenadas) y la altura de la infraestructura construida.

- Se identifican los equipos existentes montados en las torres, tanto de tecnologías RAN como de transporte.
- Para enlaces microondas: desde cierta altura de la torre se toman fotografías de la línea de vista entre el Near end y el Far end, apuntando hacia los azimuts documentados en el LLD. El objetivo es verificar que no existan obstrucciones entre ambas estaciones, y que la instalación del enlace microondas sea totalmente viable. En caso existan obstrucciones, se deberán identificar las adecuaciones necesarias para ganar altura en las torres, como también formas de evadir las obstrucciones, por ejemplo, realizando el desbroce o tala de árboles.



**Figura 4. Fotografía de línea de vista desde estación PU00117  
CN\_SOLLOCOTA\_PU07 (IPT Near end)**

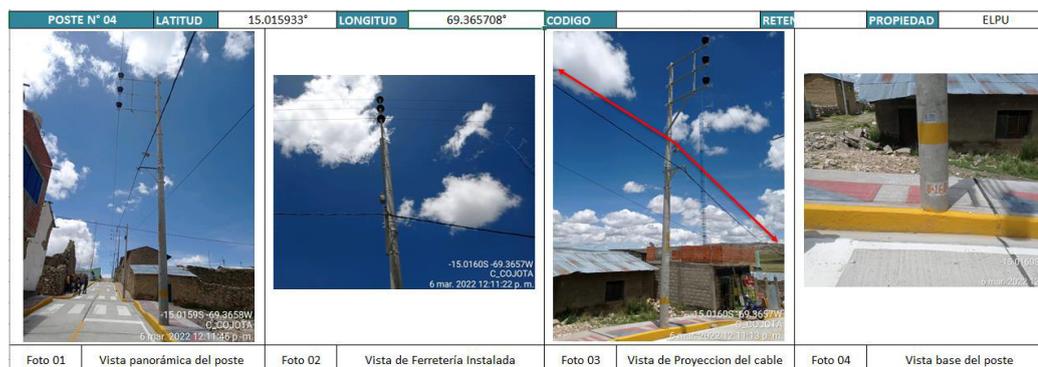
Fuente: TSS de estación CN\_SOLLOCOTA\_PU07

Elaboración: Propia

- Para enlaces de fibra óptica: se identifica el recorrido de la fibra entre el Near end y el Far end, tanto como la ubicación tentativa de postes para el tendido. En muchos casos se tienen postes existentes de empresas eléctricas que se pueden arrendar para el despliegue. El objetivo es verificar que la instalación del enlace sea viable técnica y económicamente. Al tener definida la ruta, es necesario generar un archivo KMZ, el cual permite visualizar las coordenadas de los postes y el recorrido de una estación a otra mediante la plataforma Google Earth. En

la siguiente imagen se visualiza la proyección del tendido en postes para la estación COJATA, en el departamento de Puno.

En el Anexo 5 del presente informe se encontrarán imágenes complementarias de los TSS para enlaces microondas y de fibra óptica.



**Figura 5. Proyección de poste N°4 para despliegue de la estación IPT PU00203 C\_COJATA\_PU01**

Fuente: TSS de estación C\_COJATA\_PU01

Elaboración: Equipo de despliegue IPT

### 3.4.2.6 Despacho de hardware.

Posterior a la realización del TSS, se identifica el hardware de transporte necesario para la solución de terrestre. Comúnmente este hardware es el mismo equipamiento que se definió en el LLD, sin embargo, puede haber replanteos en el equipamiento en base a lo encontrado en campo, por ejemplo, enlaces microondas pueden cambiar a enlaces de fibra debido a obstrucciones, o enlaces de fibra pueden cambiar a microondas debido a contingencias en la ruta planificada.

Las tablas mostradas en el Anexo 6 corresponden al equipamiento utilizado por IPT para enlaces microondas en banda licenciada, banda no licenciada y routers. Cada material es especificado en base a su descripción y también se especifica la cantidad requerida en el kit. En base a este formato se realiza el despacho de equipamiento desde Lima, y es recibido por las contratistas en provincia, para proceder con el despliegue.

En los Anexos 7, 8, 9 y 10 del presente informe se adjuntan los datasheet de cada equipo utilizado en el despliegue. En este caso son enlaces en banda licenciada SIAE y HUAWEI, enlaces en banda no licenciada RADWIN y routers HUAWEI ATN910C.

#### **3.4.2.7 Generación de Datafill de transporte y servicios.**

Los Datafill de transporte tienen los recursos necesarios para la integración de enlaces microondas, activación de routers backhaul, integración y gestión de servicios tales como redes móviles 2G, 3G y 4G y gestión de rectificadores.

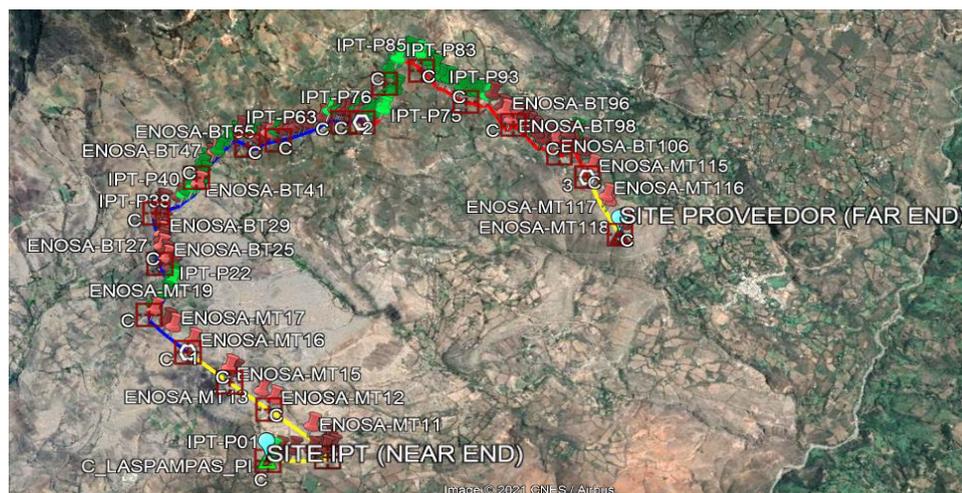
Cabe recalcar que todos los segmentos y vlan's asignados vienen a partir de un planning IP acondicionado para los diferentes servicios de red móvil ofrecidos por IPT. Este planning IP es organizado y subnetado a partir de las subredes maestras y vlan's otorgadas por Telefónica para la red del IPT, así como de los vendor RAN asignados a cada sitio y su zonificación.

En los Anexos 11, 12 , 13 y 14 del presente informe mostrarán ejemplos de cada tipo de Datafill, con la finalidad de esclarecer el formato de cada uno y la distribución de sus recursos.

#### **3.4.2.8 Instalación e integración de transporte.**

##### **- Para transporte mediante enlaces de Fibra Óptica:**

Mediante el TSS y el archivo KMZ generado a partir de él (mencionados en el sub-acápite 3.4.2.5.), es posible tener una referencia de la ubicación de postes y tendido de fibra óptica. Por ejemplo, en la siguiente imagen se aprecia el plan de despliegue en KMZ de un enlace terrestre para un sitio ubicado en el centro poblado Las Pampas (Ubigeo: 2003080028), en Piura:



**Figura 6. Ruta de postes de estación PI00252 C\_LASPAMPAS en KMZ**

Fuente: TSS de estación C\_LASPAMPAS

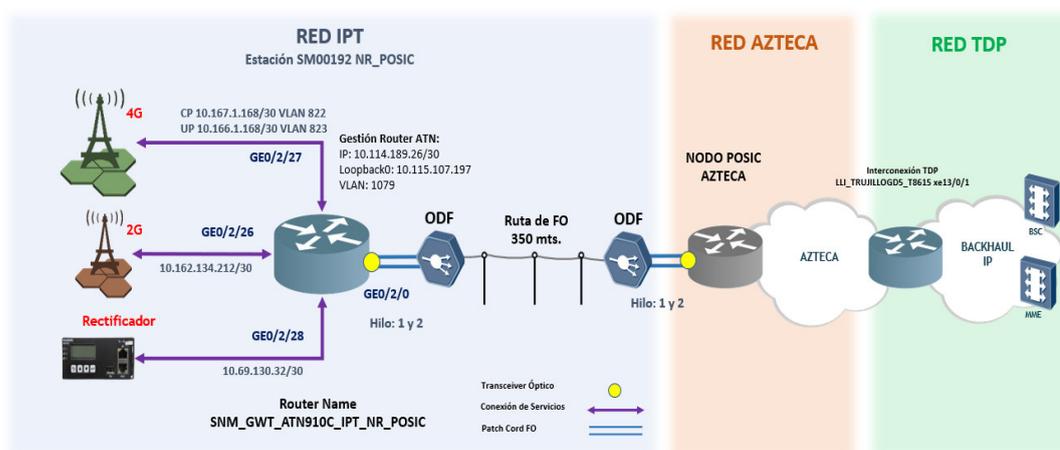
Elaboración: Equipo de despliegue IPT

Este despliegue abarca una ruta aproximada de 9.7 Km desde el Nodo proveedor de transporte (Far End) hasta el sitio de IPT (Near End). Como se puede apreciar, los puntos de color verde tienen un código que incluye el diminutivo “IPT”, esto quiere decir que son postes contemplados a instalar como infraestructura propia. Además, se observan puntos de color rojizo identificados con el diminutivo “ENOSA”, lo cual proviene del nombre de la empresa Electronoreste S.A.; esta es una empresa privada encargada de la distribución de energía eléctrica en varias zonas del norte del país. IPT, así como muchas otras empresas de telecomunicaciones, arrienda infraestructura de empresas eléctricas con la finalidad de realizar despliegue de fibra óptica.

El tipo de fibra comúnmente utilizado por IPT en el despliegue Outdoor es la Fibra aérea de 24 hilos Monomodo Span 200m. El cable monomodo se presta sólo de un modo de propagación: sólo una longitud de onda de luz en el núcleo de fibra, con la finalidad de que no existan interferencias entre las distintas longitudes de onda que pudieran distorsionar sus datos a grandes distancias, lo cual sí puede ocurrir con el cable multimodo. También se indica que el cable es Span 200, el span es la distancia entre postes que soporta este cable, esto lo determina la estructura interna del cable que brinda la fuerza de tracción y la distancia máxima que soporta el cable, los valores más comerciales son de 100 y 200m.

A cada lado (Near End y Far End) se completa la fusión de los hilos de fibra en los ODF (organizador de fibra), del cual se seleccionarán 02 hilos para la conexión física a los Routers que otorgarán el transporte lógico, el resto de hilos de fibra óptica quedarán como reserva para futuros trabajos o incidencias. El router y ODF mencionados deben ir correctamente colocados en los racks de los gabinetes instalados en cada estación, para proteger y salvaguardar el continuo funcionamiento de estos equipos.

El equipo de despliegue realiza la configuración del router de acuerdo con los segmentos y vlan's detallados en el Datafill de Fibra Óptica; segmento WAN, loopbacks, vlan del proveedor que ofrece el transporte, los respectivos segmentos para las tecnologías 2G, 3G, 4G y segmento para gestión de rectificadores. Todas las anteriores son configuraciones de segmentos estáticos en capa 3. Estos mismos servicios configurados son asociados a puertos del router para la conexión a los equipos de banda base (RAN). En la siguiente topología se muestra la distribución de segmentos IP y demás recursos para la configuración del router y los servicios. Para efectos prácticos, se tomó una estación que actualmente ofrece servicios 2G y 4G.



**Figura 7. Topología de conexión de routers mediante enlace de FO y recursos para activación de servicios en site SM00192 NR\_POSIC**

Fuente: Datafill de estación NR\_POSIC

Elaboración: Propia

```

GigabitEthernet0/2/24(100M)  unassigned  down
GigabitEthernet0/2/25(100M)  unassigned  down
GigabitEthernet0/2/26(100M)  10.162.134.213/30  down  SM00192_FEEMTO_2G_NR_POSIC ← 2G
GigabitEthernet0/2/27(100M)  unassigned  down
GigabitEthernet0/2/27.822    10.167.1.169/30   down  SM00192_HW_4G_CP_NR_POSIC ← 4G
GigabitEthernet0/2/27.823(100M)  10.166.1.169/30   down  SM00192_HW_4G_UP_NR_POSIC ←
GigabitEthernet0/2/27.824(100M)  10.162.135.245/30  down  SM00192_HW_SYNC_NR_POSIC
GigabitEthernet0/2/27.825(100M)  10.15.200.117/30  down  SM00192_HW_OYM_NR_POSIC
GigabitEthernet0/2/28(100M)  10.69.130.33/30   down  SM00192_SMU_NR_POSIC ← Rectificador
GigabitEthernet0/2/29(100M)  unassigned  down
LoopBack0                    10.115.107.197/32  up    Loopback de Gestion ← Router ATN
LoopBack1                    10.125.53.197/32  up
NULL0                        unassigned         up
<SNM_GWT_ATN910C_IPT_NR_POSIC>

```

**Figura 8. Servicios configurados en router de site SM00192 NR\_POSIC**

Fuente: Reporte de instalación de estación NR\_POSIC

Elaboración: Propia

Al finalizar todos los pasos anteriores de instalación e integración del enlace de fibra óptica y los servicios RAN es cuando se puede proceder a la migración de servicios de transporte satelital a transporte terrestre, este paso lo veremos en el sub-acápite 3.4.2.9.

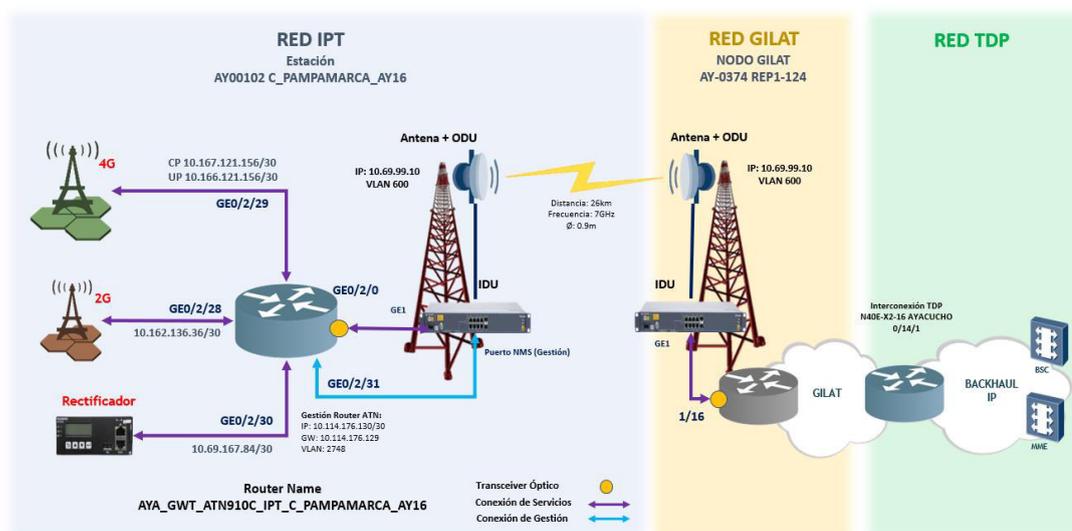
#### - Para transporte mediante enlaces Microondas:

Los enlaces microondas poseen IDU's, ODU's y antenas. Las IDU's van instaladas en un rack del gabinete a cada lado (en Near End y Far End), las antenas van acopladas con las ODU's y en conjunto ambas se instalan en soportes habilitados en las torres. La altura de la instalación de este equipamiento fue propuesta en el LLD, y confirmada en el TSS. Comúnmente estas alturas son de 2 a 6 mts. menores a la altura total de la torre, ya que se propone dejar el espacio superior de la torre para la ubicación del equipamiento RAN (antenas RF, RRU, etc.), sin embargo, existen casos en los que las antenas y ODU's se pueden instalar en alturas mayores mediante soportes adicionales (para evitar obstrucciones).

El transporte de estas estaciones es principalmente configurado en las IDU's en base a lo documentado en los Datafills. Como se refleja en el Anexo 8, existe un segmento IP /29 que otorga las IP's que deben ser configuradas en las IDU's, las cuales tienen como finalidad otorgar la gestión de los elementos del enlace microondas. Además de esto se definen otros parámetros en el Datafill que deben ser configurados en la IDU, por ejemplo: la modulación, el ancho de banda, las frecuencias de recepción y de transmisión, y la potencia de transmisión desde cada lado. Estos parámetros

también son indicados en el Link Budget, y son necesarios para la correcta puesta en servicio del enlace, esta configuración de recursos en el enlace se puede apreciar en las imágenes complementarias del Anexo 15.

Otro punto muy importante para tomar en cuenta en el despliegue de enlaces microondas es el alineamiento fino de antenas en base a su azimut y elevación (identificados en el Link Budget). La finalidad de este alineamiento es alcanzar los valores de recepción más cercanos a lo planificado. El personal técnico debe subirse a las torres y alinear a cada lado las antenas instaladas hasta obtener los valores adecuados según el Link Budget.



**Figura 9. Topología de enlace MW y recursos para activación de servicios en site AY00102 C\_PAMPAMARCA\_AY16**

Fuente: Datafill de estación C\_PAMPAMARCA\_AY16

Elaboración: Propia

Para darle continuidad al transporte de servicios, las IDU's deben tener habilitado sus puertos de gestión y servicio, con la finalidad de darle conexión a otros elementos de transporte. El router es el elemento en el cual se configuran los segmentos y vlan's detallados en el Datafill; segmento WAN, loopbacks, vlan del proveedor que ofrece el transporte, además los respectivos segmentos para las tecnologías 2G, 3G, 4G y segmento para

gestión de rectificadores. En la topología de la Figura 9. se muestra la distribución de segmentos IP y demás recursos para la configuración del enlace microondas, router y los servicios. Para efectos prácticos, se tomó una estación que actualmente ofrece servicios 2G y 4G.

```

GigabitEthernet0/2/26(100M)  unassigned  down  down
GigabitEthernet0/2/27(100M)  unassigned  down  down
GigabitEthernet0/2/28(100M)  10.162.136.37/30  up  up ← 2G
GigabitEthernet0/2/29(100M)  unassigned  up  down
GigabitEthernet0/2/29.812(100M)  10.167.121.157/30  up  up ← 4G
GigabitEthernet0/2/29.813(100M)  10.166.121.157/30  up  up
GigabitEthernet0/2/29.815(100M)  10.15.105.157/30  up  up
GigabitEthernet0/2/29.818(100M)  10.53.6.153/30  up  up
GigabitEthernet0/2/29.819(100M)  10.53.14.153/30  up  up
GigabitEthernet0/2/30(100M)  10.69.167.85/30  up  up ← Rectificador
GigabitEthernet0/2/31(100M)  10.69.99.9/29  up  up ← Gestión MW
LoopBack0  10.115.93.221/32  up  up(s) ← Gestión ATN
LoopBack1  10.123.14.221/32  up  up(s)
LoopBack1023  128.155.161.41/16  up  up(s)
NULL0  unassigned  up  up(s)
<AYA_GWT_ATN910C_IPT_C_PAMPAMARCA_AY16> ← Router Name

```

**Figura 10. Servicios configurados en router de site AY00102  
C\_PAMPAMARCA\_AY16**

Fuente: Reporte de instalación de estación NR\_POSIC  
Elaboración: Propia

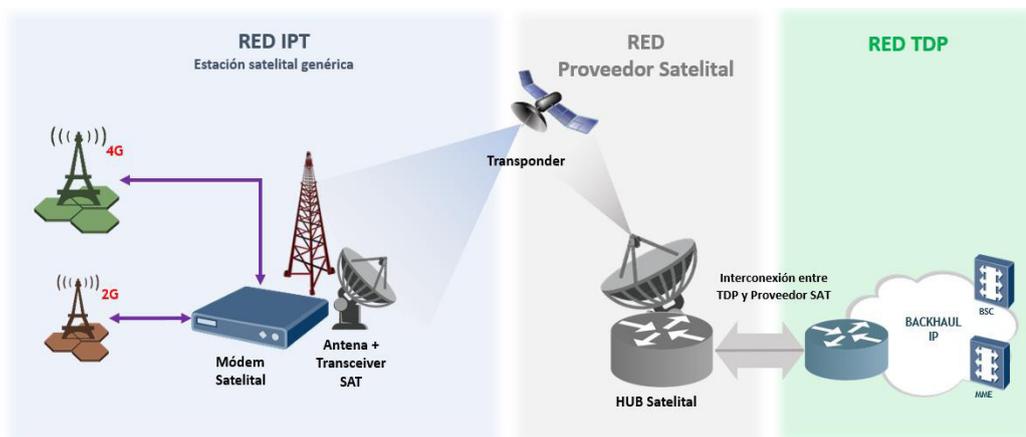
Al finalizar todos los pasos anteriores de instalación e integración del enlace microondas y los servicios RAN es cuando se puede proceder a la migración de servicios de transporte satelital a transporte terrestre, este paso lo veremos en el sub-acápite 3.4.2.9.

### 3.4.2.9 Migración de servicios.

Teniendo ya el transporte terrestre instalado y gestionado, es momento de proceder con la migración de servicios, la cual es la actividad final de todo el proceso de despliegue, y es el propósito de este proyecto.

Como se muestra en la siguiente topología, el transporte de los servicios actuales de una estación es proporcionado a partir de un módem satelital. Este medio de transporte se basa en un enlace satelital contratado a un proveedor, el cual posee un HUB satelital, desde el cual se entregan los datos hacia un transponder orbitante; dicho transponder es el encargado de irradiar los beams con la cobertura necesaria para llegar a las estaciones de interés y ofrecerles los servicios contratados mediante señales de radiofrecuencia.

Estos servicios principalmente se basan en tecnologías VSAT, y se ofrecen en bandas KA, KU y C.



**Figura 11. Topología de enlace satelital para una estación de IPT**

Elaboración: Propia

Las estaciones con transporte satelital tienen instaladas una antena parabólica de 1.2 o de 1.8 metros de diámetro, la cual es la encargada de recibir el haz otorgado por el transponder. Delante de la antena se sitúa un Transceiver que sirve como convertidor de frecuencia de la señal dirigida hacia el modem satelital mediante un cable coaxial.

Como se observa en la topología anterior, el módem es el encargado de otorgar el transporte de servicios a el equipamiento RAN; este transporte es básicamente otorgado en base a conexiones de cable UTP entre los equipos mencionados. Dichos servicios son encapsulados en segmentos IP y VLAN indicadas en los Datafill y configurados por el proveedor satelital, desde su HUB hasta el modem, con la finalidad de otorgar conectividad y servicios al equipamiento RAN instalado en la estación. Ahora, luego de toda la instalación e integración del transporte desarrollada en el sub-acápite 3.4.2.8., se procede con los siguientes pasos para realizar la migración de servicios:

- Se configuran los nuevos servicios de transporte terrestre en los equipos RAN (esto es realizado por el equipo de campo en soporte con

integradores).

- Al tener los nuevos servicios configurados, se procede a desconectar cada equipo RAN del modem, y conectarlo al puerto habilitado del transporte terrestre, que según lo mostrado en las figuras 7 y 9, sería en los puertos designados del router ATN.
- Luego de conectar el equipo RAN al nuevo router, es necesario realizar una prueba de conectividad desde el equipo RAN hacia los respectivos controladores de cada servicio (BSC para 2G, RNC para 3G y MME o HNG para 4G), con la finalidad de asegurar que el transporte está correctamente configurado desde los backhaul (ver Anexo 16 - Figura 33).
- Los pasos anteriores: “desconexión del modem”, “conexión al router” y “prueba de conectividad” , deben ser realizados uno a uno para cada servicio, por ejemplo: primero se desconecta el equipo 2G y se conecta al router, se hace la prueba de conectividad, luego se procede a desconectar el equipo 3G, se hace la prueba de conectividad y así sucesivamente. Esto con la finalidad de evitar largos cortes en el servicio móvil en cada tecnología (ver Anexo 16 - Figura 43).
- Al tener todos los servicios activos en transporte terrestre, es necesario que los integradores verifiquen si las celdas están activas y otorgando servicio, además, el personal de campo debe hacer pruebas de conexión a las celdas para cada servicio, estas pruebas generalmente se realizan mediante la aplicación de celular “GNTrack”, la que permite identificar parámetros de la red celular a la cual el usuario se está conectando. También se realizan pruebas de speed test en 3G, esperando una velocidad media y para el 4G también se realiza la prueba, pero |esta vez esperando una velocidad mayor (ver Anexo 16 - Figura 35).

```

CELL
REFERENCE
SIGNAL
POWER
STATE
NAME NAME PCI RSI ECI
-----
SM003827B91_SANCARLOS SM003827B91_SANCARLOS 67 536 0x0D36639 16 InService

hng02# show subscriber venb | select connect-time | select access-peer-name | select cell-identity 0xbd36639 | sel
select e-rab bytes-ul | select e-rab bytes-dl | select e-rab state | tab | nomore
CALL ID IMSI STATE CONNECT TIME ACCESS PEER NAME ERAB ID STATE QCI BYTES UL BYTES DL
-----
194393 - Active Thu Jun 2 10:48:25 2022 SM003827B91_SANCARLOS 5 Active 9 398007 2908713
130125 - Active Thu Jun 2 10:49:01 2022 SM003827B91_SANCARLOS 5 Active 9 183432 2795812
195270 - Active Thu Jun 2 10:48:54 2022 SM003827B91_SANCARLOS 5 Active 9 533256 2947827

```

a)

Name/RAT/ID/Status	Color Up	Refresh	Activate	Block
<input type="checkbox"/> Operation Base Station Name RAT Cell ID Cell Name Administrative Status	<input type="checkbox"/> 3G_SM00382_IPT_SANCARLOS_SM UMTS 17793 ISM003827311_IPT_SANCARLOS_S... Unlocked	<input type="checkbox"/> Activation Status	<input type="checkbox"/> Operating Status	<input type="checkbox"/> Availability

b)

**Figura 12. Pruebas en estación C\_SANCARLOS\_SM a) Celda 4G activa, b) Celda 3G activa**

Fuente: Informe de Instalación de estación C\_SANCARLOS\_SM  
Elaboración: Propia

Finalmente, cuando todos los servicios fueron migrados y se realizaron las pruebas respectivas, es necesario desmontar los equipos satelitales (modem, transceiver y antena) para que sean retornados a almacén.

### 3.5 Resultados de la Actividad

De acuerdo con el plan semanal y ejecución del despliegue (ver Anexo 4), en el año 2020 se tenía un plan de realizar la migración de 50 estaciones, pero sólo fue posible realizar 20 de ellas; y en el año 2021 se tenía un plan de realizar la migración de 70 estaciones, pero sólo fue posible realizar 30 de ellas. En la siguiente tabla se muestra un resumen de las actividades que fueron finalmente desarrolladas y su cantidad acumulada.

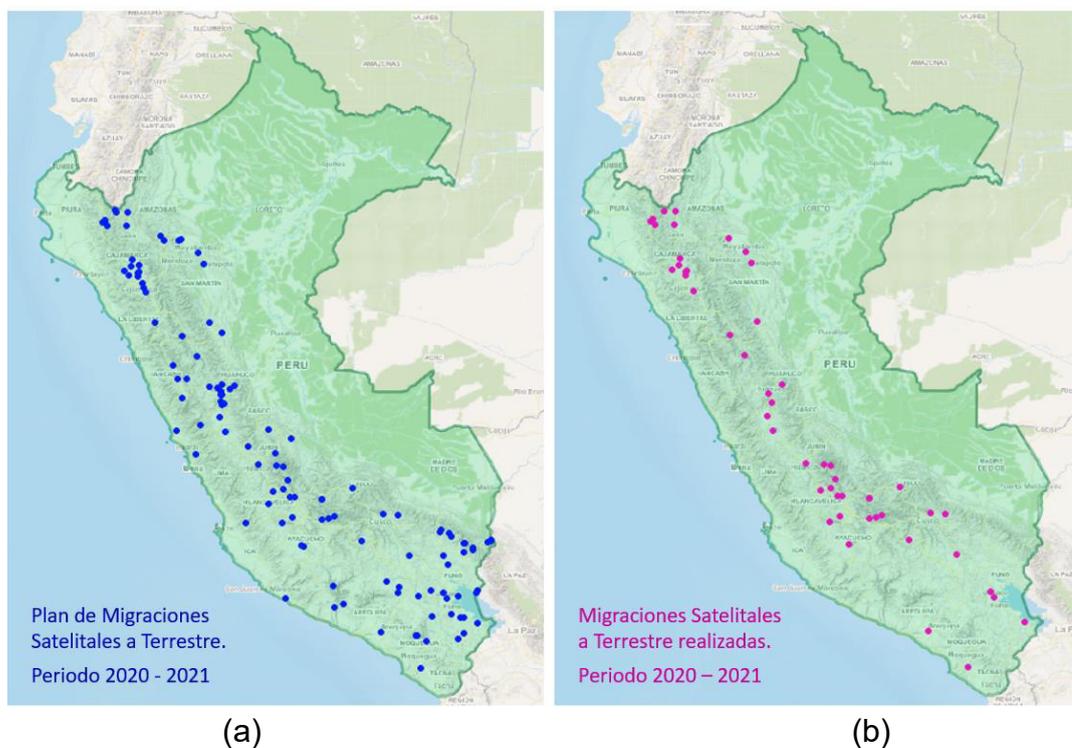
**Tabla 2. Resumen de Actividades**

Fuente: Base de datos PMO

Elaboración: Propia

Item	2020		2021		Real Acumulado
	Plan 2020	Real 2020	Plan 2021	Real 2021	
TSS	50	36	54	54	90
Datafills	50	34	56	44	78
Instalaciones	50	27	63	26	53
<b>Migraciones</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>50</b>

Además, de manera gráfica se presentan los siguientes mapas en los que se muestra la penetración del plan de migración (de color azul), comparado con las estaciones que fueron finalmente migradas (de color rosado).



**Figura 13. Mapas con ubicación de estaciones planificadas (a) y migradas (b) en periodo 2020-2021**

Fuente: LLD de proyecto Migración Satelital a Terrestre.

Elaboración: Propia.

Ahora, es notorio que, para cada año, IPT no ha cumplido el objetivo propuesto de migrar todas las estaciones; como en toda compañía de

telecomunicaciones, existen dependencias que generan retrasos en el despliegue, principalmente en la fase de instalación; estas dependencias son:

- Falta de capacidad en el nodo proveedor tercero: Como se comentaba en el sub-acápite 3.4.2.3. , IPT depende de proveedores de transporte para poder llevar conectividad a cada estación. Luego de planificar una conexión viable entre una estación de IPT y un nodo proveedor, puede ocurrir el caso de que este nodo no tenga suficiente capacidad para ofrecer el servicio a IPT, y se tenga que esperar meses para que otorgue dicha capacidad.
- Contratos para el despliegue de fibra: Como se comentó en 3.4.2.8, el despliegue de fibra requiere del arrendamiento de postes propiedad de empresas eléctricas o municipios. Dicho arrendamiento es establecido mediante contratos, validación de espacios, estudios ambientales, y procesos burocráticos que generan retrasos en el despliegue.
- Contingencia social: Existen casos en los que pobladores de zonas rurales se resisten ante instalaciones de estaciones cercanas a sus terrenos, estos generalmente manifiestan que las antenas son perjudiciales para la salud.
- Acceso a mineras: Varias estaciones de IPT se encuentran dentro del área restringida de empresas mineras, las cuales tienen un estricto protocolo de documentación para los accesos del personal, además de limitaciones en horarios para instalaciones.

A pesar de no haber alcanzado el objetivo propuesto en cuanto a cantidades planificadas, la migración finalmente realizada en 50 estaciones durante 2020 y 2021 ofrece beneficios técnicos y económicos para la empresa; prueba de ello son los resultados del análisis de indicadores, así como el análisis económico desarrollado en el presente informe.

### 3.5.1 Monitoreo de KPI's

En telecomunicaciones, un KPI indica el rendimiento de la red, elemento de red, o como en el caso de este proyecto, de una estación base. De acuerdo con una recepción de data real y un confiable método de evaluación, se puede determinar si el rendimiento es bueno o si los elementos deben ser optimizados.

En este proyecto, se realizará una evaluación de KPI's que pertenecen a la componente RAN, con la finalidad de verificar su evolución luego de la migración de transporte. Los KPI's utilizados para evaluar la calidad de una red varían según los vendor's u operadores, en adelante se indicarán los KPI's que son usualmente considerados por la mayoría de los operadores, y que pueden ejemplificar de manera efectiva el desempeño de las estaciones.

#### 3.5.1.1 Accesibilidad E-RAB (%).

La denominación de la sigla E-RAB es: E-UTRAN Radio Access Bearer, lo cual significa: Portadora de acceso de radio E-UTRAN. En las redes LTE, se conoce como E-UTRAN a una red conformada por un conjunto E-Nodos B interconectados entre sí; los cuales, son nodos o estaciones que ofrecen el servicio 4G. Asimismo, en una red LTE existen flujos de señalización y flujos de servicios. Los flujos de señalización son transportados mediante interfaces S1 y los flujos de servicios son llevados a cabo mediante solicitudes E-RAB (Zanoni Pedrini, 2013).

El KPI de Accesibilidad E-RAB está principalmente enfocado en el flujo de servicios, y nos indica la probabilidad de que un usuario final sea provisto de una portadora de servicio LTE al ser solicitada por el equipo móvil. Los valores son obtenidos al comparar los establecimientos E-RAB exitosos y el total de intentos (Huawei Technologies CO., 2018).

$$\text{Accesibilidad E - RAB} = \frac{\text{Establecimientos E - RAB exitosos}}{\text{Total de intentos de establecimientos de E - RAB}} * 100\%$$

En el Anexo 17 del presente informe se muestran las gráficas de este KPI en 05 estaciones migradas durante el año 2021.

### **3.5.1.2 Accesibilidad S1 (%).**

En una red LTE, existe un elemento controlador llamado MME (Entidad de Gestión de Movilidad), el cual es el nodo responsable del control de conexiones de portadoras hacia los usuarios finales, así como de la elección de un SGW (Serving Gateway), para enrutar los paquetes de datos del usuario hacia una interconexión de internet. La interfaz que conecta los eNodeBs, el MME, el SGW y otorga señalización a los usuarios finales es la interfaz de señalización S1 CP (Plano de Control) (Cable Free, 2015).

El KPI Accesibilidad S1 está principalmente enfocado al plano de control o señalización, el cual nos indica la tasa de éxito de las conexiones de señalización del usuario final a través de la interfaz S1. Los valores son obtenidos al comparar los establecimientos de señalización S1 exitosos y el total de intentos (Huawei Technologies CO., 2018).

$$\text{Accesibilidad S1} = \frac{\text{Establecimientos S1 exitosos}}{\text{Total de intentos de establecimientos de S1}} * 100\%$$

En el Anexo 18 del presente informe se muestran las gráficas de este KPI en 05 estaciones migradas durante el año 2021.

### **3.5.1.3 Drop Rate (%).**

El KPI Drop Rate indica la tasa de caída de los servicios en una red celular, este KPI mide las liberaciones anormales de usuarios finales desde el eNodeB. Una caída de servicio en 4G LTE significa que la sesión en curso de un usuario es interrumpida y requiere que el usuario inicie una nueva conexión para reanudar los servicios. Este tipo de caídas sucede cuando los canales de radio están saturados, ya que la capacidad de la celda de la estación no es suficiente para ofrecer los servicios a todos los usuarios que intentan conectarse. El Drop Rate se muestra como un porcentaje, calculando el número de liberaciones anormales de servicios contra el total de

establecimientos exitosos (Huawei Technologies CO., 2018).

$$\text{Drop Rate (\%)} = \frac{\text{Liberaciones Anormales E – RAB}}{\text{Establecimientos E – RAB exitosos}} * 100\%$$

En el Anexo 19 del presente informe se muestran las gráficas de este KPI en 05 estaciones migradas durante el año 2021.

#### **3.5.1.4 Trafico UL (Gbit).**

Este KPI mide la cantidad total de datos transferidos desde los equipos de los usuarios al eNodeB. Este contador se utiliza para informar el volumen de tráfico de enlace ascendente en bits, es decir, obtiene el cálculo total de datos que los usuarios cargan a la red (Sheen et al., 2018). La fórmula con la que se calcula este KPI es:

$$\text{Trafico UL} = \frac{\sum L.Thrp.bits.UL}{10^9}$$

Donde L.Thrp.bits.UL es el volumen de tráfico total de paquetes de datos transferidos en la celda desde el equipo final hacia la estación. En el Anexo 20 del presente informe se muestran las gráficas de este KPI en 05 estaciones migradas durante el año 2021.

#### **3.5.1.5 Trafico DL (Gbit).**

Este KPI mide la cantidad total de datos transferidos desde el eNodeB hacia el equipo del usuario final. Este contador se utiliza para informar el volumen de tráfico de enlace descendente en bits, es decir, obtiene el cálculo total de datos que los usuarios descargan de la red (Sheen et al., 2018). La fórmula con la que se calcula este KPI es:

$$\text{Trafico DL} = \frac{\sum L.Thrp.bits.DL}{10^9}$$

Donde L.Thrp.bits.DL es el volumen de tráfico total de paquetes de datos transferidos en la celda desde el eNodeB hacia el equipo final. En el Anexo 21 del presente informe se muestran las gráficas de este KPI en 05 estaciones

migradas durante el año 2021.

### **3.5.1.6 Resultados.**

Cada uno de los KPI explicados anteriormente y sus respectivas gráficas (Anexos 17 - 21) nos permite verificar que en cada estación existió un cambio notoriamente positivo en el periodo posterior a la migración. Dichos cambios fueron contabilizados como porcentajes de incremento, lo cual nos indica la relación de la variación entre dos series contabilizadas, expresado como porcentaje.

Se hicieron 25 revisiones: 05 KPI's en cada una de las 05 estaciones seleccionadas, y para todos los casos se realizó una estimación de mejora, comparando el valor promedio de lo registrado cuatro días antes de la migración y el valor promedio de lo registrado cuatro días después de la migración (incluyendo el mismo día de la migración).

La Tabla 3. muestra, en síntesis, el recuento de todos los porcentajes de mejora calculados para cada KPI en cada estación. Es necesario incidir en que, el aumento es mucho más notorio, y hasta podría considerarse exorbitante, para los KPI de tráfico DL y UL (Anexos 20 y 21). Esto es una alteración tanto técnica como social: En un inicio, las estaciones tuvieron transporte satelital que ofrece poca capacidad en Mbps, poca disponibilidad y con caídas por climas húmedos o lluviosos, por esto, los usuarios no estarían tan conformes con el servicio brindado. Ahora, el nuevo transporte terrestre ofrece una mayor capacidad en Mbps, mayor disponibilidad y servicios sin interrupciones, por consiguiente, los usuarios utilizarán el servicio móvil en mayor medida, comprendido en más aplicaciones, audio, video y plataformas digitales, lo cual se traduce en un notable aumento de tráfico.

**Tabla 3. Resumen de % de incrementos en cada KPI**

Fuente: LLD de proyecto Migración Satelital a Terrestre.

Elaboración: Propia.

<b>Código Único</b>	<b>CA00324</b>	<b>CA00302</b>	<b>PI00246</b>	<b>PI00251</b>	<b>PI00309</b>	<b>HU00168</b>	
<b>NombreSite</b>	<b>C_ROMERO_CIRCA_CA04</b>	<b>C_LUCMACUCHO_LL AUCAN_CA68</b>	<b>C_UCHUPATA</b>	<b>C_IMBO</b>	<b>C_SONDROR_PI01</b>	<b>C_TAURIBAMBA_HU06</b>	
<b>Tipo_Site</b>	<b>MINI-MACRO</b>	<b>MINI-MACRO</b>	<b>MINI-MACRO</b>	<b>MINI-MACRO</b>	<b>MINI-MACRO</b>	<b>SMALL-CELL</b>	
<b>Vendor RAN</b>	<b>Huawei</b>	<b>Huawei</b>	<b>Huawei</b>	<b>Huawei</b>	<b>Huawei</b>	<b>Parallel Wireless</b>	
<b>Fecha Migración</b>	<b>18/06/2021</b>	<b>17/06/2021</b>	<b>16/07/2021</b>	<b>17/07/2021</b>	<b>16/07/2021</b>	<b>22/11/2021</b>	
<b>% de Mejora</b>	<b>Accesibilidad E-RAB</b>	1.06%	102.63%	28.61%	8.78%	46.50%	12.13%
	<b>Accesibilidad S1</b>	0.47%	10.55%	112.91%	470.38%	108.08%	12.93%
	<b>Drop Rate</b>	35.97%	97.20%	63.22%	12.90%	90.76%	80.41%
	<b>Trafico UL</b>	13.85%	756.65%	741.89%	255.94%	656.79%	10.58%
	<b>Trafico DL</b>	165.68%	245.19%	662.36%	306.51%	537.38%	10.58%

## **CAPITULO IV : CONCLUSIONES**

### **4.1 Justificación**

El presente trabajo muestra la importancia del despliegue de enlaces de transporte terrestre sobre su contraparte satelital, con el objetivo de identificar la oportunidad que tienen los operadores de mejorar sus indicadores de desempeño, mejorar la calidad de servicio para sus clientes, y fundamentalmente, identificar maneras de generar ahorros para sí mismos.

El desarrollo de este proyecto genera beneficios tanto para la empresa como para los usuarios de la red móvil. Según lo analizado en el sub-acápite 3.5.1.6, el aumento de tráfico cursado en las estaciones resulta relevante para entender que los usuarios utilizan el servicio de internet móvil en mayor medida luego de la migración. En el acápite siguiente se realizará la evaluación a nivel económico de este proyecto, con la finalidad de justificar la inversión en equipamiento y despliegue realizados.

#### **4.1.1 Evaluación Económica**

El análisis para la evaluación económica de este proyecto incluye los siguientes indicadores: Inversión, Flujos de caja, el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

##### **4.1.1.1 Inversión.**

El despliegue de transporte terrestre requiere la ejecución de actividades por parte cooperadores en campo, y también de la adquisición de equipamiento de transporte. El costo de ambos nos resulta el monto de inversión o CAPEX para el este proyecto. A continuación, se muestran los costos por cada ítem de inversión necesario para el proyecto, estos mismos

son diferenciados como “Servicios” de cooperadores y “Equipamiento”.

**Tabla 4. Costo de servicios y equipamiento para despliegue**

Fuente: Inventario de servicios y equipamiento de IpT.

Elaboración: Propia.

Servicio	Item	Precio
Servicio: Technical Site Survey	Servicios TSS MW	\$ 200.00
	Servicios TSS FO	\$ 400.00
Servicio: Instalación de equipamiento	Servicios inst. MW hasta 0.9 m	\$ 1,402.78
	Servicios inst. Router	\$ 222.22
	Servicio inst. FO (metro)	\$ 5.50
Equipamiento: Enlaces MW en Banda no Licenciada	0.18 5GHz - RADWIN	\$ 1,688.00
	0.6 5GHz - RADWIN	\$ 2,160.00
	0.9 5GHz - RADWIN	\$ 2,520.00
Equipamiento: Enlaces MW en Banda Licenciada	0.3 15GHz - SIAE	\$ 2,210.59
	0.6 15GHz - SIAE	\$ 2,261.43
	0.6 7GHz - SIAE	\$ 2,261.43
	1.2 7GHz - SIAE	\$ 2,949.23
Equipamiento: Enlaces MW en Banda Licenciada	0.3 15GHz - HUAWEI	\$ 1,943.04
	0.6 15GHz - HUAWEI	\$ 1,988.32
	0.6 7GHz - HUAWEI	\$ 1,988.32
	0.9 7GHz - HUAWEI	\$ 2,461.21
Equipamiento: Routers	ATN 910C-F	\$ 1,080.00
	ATN 910C-G	\$ 800.00

Para cada etapa (año) del proyecto se toma como inversión a la sumatoria de costos de los equipos y servicios necesarios en el proyecto de ese año. Por ejemplo, para el análisis económico del año 2020 se obtiene la suma de los costos de los equipos y servicios para los 50 sitios planificados en dicho año, esta cifra de inversión llega a los \$ 247,949.99 (ver Tabla 7.). Esta sumatoria incluye tanto a los routers y enlaces microondas que se comprarán, como a los servicios de TSS e instalación para los cooperadores.

#### **4.1.1.2 Flujos de caja.**

Para el proyecto de migración de transporte satelital a terrestre se toma en cuenta dos tipos diferentes de flujo de caja: El flujo negativo será el OPEX terrestre, es decir, los gastos operativos y continuos que requieren los nuevos enlaces de transporte de fibra óptica o de microondas, como lo son:

- Pago por Mbps Terrestre: Este es el pago por ancho de banda que realiza

IpT al proveedor de transporte tercero. Cada proveedor tiene su tarifa por Mbps, este precio es multiplicado por la cantidad de Mbps que solicita IpT.

- OYM Terrestre: El pago por Operación y Mantenimiento es realizado para soportar averías en los sistemas. Este es un monto mensual que debe cubrir repuestos, configuraciones y pagos a cooperadores en campo.
- Canon MW: El pago anual por Canon es un derecho otorgado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para mantener activos enlaces microondas en banda licenciada, sin generar interferencias y configurados de acuerdo con la canalización de frecuencias del PNAF.

Asimismo, el flujo de caja positivo será el ahorro por baja satelital, es decir, los gastos operativos que se están dejando de pagar por dar de baja al transporte satelital. Sabemos comúnmente que estos gastos son mayores a los gastos de OPEX terrestre, ya que el pago por ancho de banda satelital es mucho más caro. Los gastos operativos que se estarían dejando de pagar son los siguientes:

- Liberación de pago Mbps SAT: Este es el pago que se dejará de realizar por el consumo del ancho de banda otorgado por un proveedor de transporte Satelital. Este costo es calculado a partir del promedio de picos del consumo satelital de la estación IpT (Ver Anexo 1, Consumo Promedio). Cada proveedor satelital tiene su tarifa por Mbps, este precio es multiplicado por la cantidad de Mbps que solicita IpT.
- Liberación de pago OYM SAT: Este es el pago que se dejará de realizar por el servicio de Operación y Mantenimiento, el cual es realizado para soportar posibles averías en los sistemas. Este es un monto mensual que debe cubrir repuestos, configuraciones y pagos a cooperadores en campo.

En los siguientes cuadros se puede visualizar los costos de OPEX terrestre, y de OPEX satelital. Es notable la diferencia de precios en cuanto al

pago por ancho de banda en cada tipo de transporte. Los precios del Mbps satelital generan altos costos en OPEX, este es uno de los motivos por el cual se le da importancia al proyecto de migración satelital a terrestre.

**Tabla 5. Costos de OPEX Terrestre**

Fuente: Inventario de servicios y equipamiento de IpT.

Elaboración: Propia.

Servicio	Item	Precio
Mbps Terrestre por proveedor	1 Mbps Proveedor TDP	\$ 3.00
	1 Mbps Proveedor Gilat	\$ 5.00
	1 Mbps Proveedor Orocom	\$ 4.00
	1 Mbps Proveedor Azteca	\$ 23.00
	1 Mbps Proveedor Entel	\$ 15.00
	1 Mbps Proveedor Mayutel	\$ 17.00
OYM Terrestre	OYM Site	\$ 194.44
Canon MW	Canon MW	\$ 238.89

**Tabla 6. Costos de OPEX Satelital**

Fuente: Inventario de servicios y equipamiento de IpT.

Elaboración: Propia.

Servicio	Item	Precio
Mbps Satelital por proveedor	1 Mbps Banda Ka - Proveedor Hugues	\$ 70.00
	1 Mbps Banda Ka - Proveedor Gilat S2X	\$ 70.00
	1 Mbps Banda Ka - Proveedor TIWS	\$ 130.00
	1 Mbps Banda Ku - Proveedor Andesat	\$ 280.00
OYM Satelital	OYM Site	\$ 194.44

Para cada etapa (año) del proyecto se toma como ingresos a la diferencia entre el flujo de caja positivo y el flujo de caja negativo de ese mismo año. Por ejemplo, para el análisis económico del año 2020 se obtiene la sumatoria de los costos liberados en OPEX satelital: \$ 226,841.10, y esta misma se resta con la sumatoria de los costos de OPEX terrestre: \$ 121,111.67; la diferencia de ambas nos dará la cifra de ingresos para la empresa: \$ 105,729.43 (Tabla 7), principalmente basados en los ahorros luego de la baja satelital.

#### **4.1.1.3 Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).**

En este punto, se realizará el análisis de viabilidad del proyecto en base a los indicadores VAN y TIR. Cabe recalcar que el Valor Actual Neto (VAN) es

un indicador que nos permite conocer el valor presente de los flujos de caja realizados a futuro en un proyecto. El procedimiento se basa en descontar todos estos flujos de caja traídos al presente a la inversión inicial. Su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

$F_t$  : Son los flujos de dinero realizados en cada periodo  $t$

$I_0$  : Es la inversión o desembolso inicial, cuando  $t = 0$

$n$  : Es el número de periodos de tiempo en que se identifican flujos de caja

$k$  : Es la tasa de descuento privada o también llamada tasa de actualización que se exige a la inversión

Además, se utilizará el indicador llamado Tasa Interna de Retorno (TIR), el cual es la tasa de descuento o de actualización (valor  $k$  en la fórmula anterior) que hace que el VAN sea cero, por lo cual es la tasa que nos indica que el proyecto está rindiendo y generará rentabilidad a partir de la misma.

A continuación, en la Tabla 7 se muestran los cálculos realizados en base a los indicadores económicos expuestos previamente. Este análisis se basa en el plan de migración de sitios para el año 2020, que contemplaba 50 sitios. Los análisis económicos para el año 2021 (70 sitios), y para el año 2022 (150 sitios) se pueden encontrar en el Anexo 22 del presente informe.

**Tabla 7. Desarrollo de flujos de caja para Plan 2020**

Fuente: LLD de proyecto Migración Satelital a Terrestre.  
Elaboración: Propia.

Plan 2020 (50 Sitios)				
Item	Año 0	Año 1	Año 2	
Servicio TSS MW	\$ 8,800.00	-	-	
Servicio TSS FO	\$ 2,400.00	-	-	
Equipamiento MW	\$ 93,633.38	-	-	
Equipamiento Router	\$ 23,480.00	-	-	
Servicios inst. MW	\$ 61,722.22	-	-	
Servicios inst. Router	\$ 4,888.89	-	-	
Servicio inst. FO (m)	\$ 53,025.50	-	-	
<b>CAPEX TOTAL (Inversión)</b>	<b>\$ -247,949.99</b>	-	-	
Mbps Terrestre	\$ 78,045.00	\$ 282,612.00	\$ 282,612.00	
OYM Terrestre	\$ 37,333.33	\$ 116,666.67	\$ 116,666.67	
Canon MW	\$ 5,733.33	\$ 5,733.33	\$ 5,733.33	
<b>OPEX Terrestre (Flujo Negativo)</b>	<b>\$ 121,111.67</b>	<b>\$ 405,012.00</b>	<b>\$ 405,012.00</b>	
Liberación de pago Mbps SAT	\$ 189,507.77	\$ 589,460.84	\$ 589,460.84	
Liberación de pago OYM SAT	\$ 37,333.33	\$ 116,666.67	\$ 116,666.67	
<b>OPEX SAT Liberado (Flujo Positivo)</b>	<b>\$ 226,841.10</b>	<b>\$ 706,127.50</b>	<b>\$ 706,127.50</b>	
<b>INGRESOS TOTALES</b>	<b>\$ 105,729.43</b>	<b>\$ 301,115.50</b>	<b>\$ 301,115.50</b>	

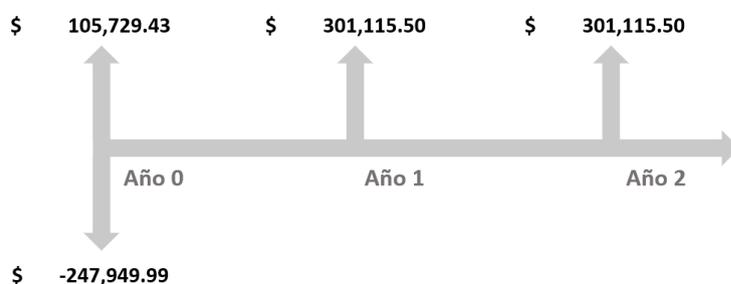
De los ítems mostrados en la Tabla 7. se identifican los siguientes grupos importantes:

- Periodo en Años: contempla los años en los cuales se realiza el análisis para la viabilidad del proyecto, para este caso se toman tres años (0, 1 y 2), estos son identificados como  $n$  en la fórmula del VAN.
- CAPEX Total: contempla todos los costos de inversión del proyecto, identificados como  $I_0$  en la fórmula del VAN, mencionados en sub-acápite 4.1.1.1.
- OPEX Terrestre: contempla todos los costos del flujo de caja negativo, que son costos operativos y continuos, mencionados en sub-acápite 4.1.1.2.
- OPEX SAT Liberado: contemplan todos ahorros generados a partir de la baja satelital y son tomados ingresos para la empresa, mencionados en sub-acápite 4.1.1.2.
- Finalmente, los Ingresos Totales son obtenidos a partir de la diferencia de

los flujos de caja positivo y los flujos de caja negativo. Estos valores de Ingresos Totales son identificados como  $F_t$  en la fórmula del VAN.

Conviene especificar que, los costos en OPEX y los ingresos obtenidos en el Año 0 son menores a los de los años posteriores, esto se debe a que se tiene planificado que los sitios se vayan migrando progresivamente de acuerdo con las fechas proyectadas en un plan de despliegue; por consiguiente, los sitios en el Año 0 gastarán menos en OPEX que en el Año 1 y Año 2, ya que transcurren menos meses (por ende menos gastos) durante el Año 0. En el Año 1 y Año 2 sí se deberán hacer los pagos por todos los gastos en OPEX durante los 12 meses de cada año.

En la siguiente gráfica se pueden apreciar los principales valores obtenidos a partir de los cálculos realizados en la Tabla 7; la flecha hacia abajo indica el monto de inversión realizado para el plan del 2020, y las flechas hacia arriba indican los ingresos totales proyectados. La tasa de descuento que se está utilizando para este proyecto (y en general para diferentes proyectos de telecomunicaciones) es del **20%**.



**Figura 14. Resumen de flujo de caja para Plan 2020**

Fuente: LLD de proyecto Migración Satelital a Terrestre.  
Elaboración: Propia.

Por lo tanto, con estos valores de flujo de caja es posible obtener el VAN y el TIR para el plan de migración satelital a terrestre del año 2020. Para el caso práctico de este proyecto, ambos indicadores se pueden desarrollar a partir de las fórmulas de Excel =NPV() para el VAN y =IRR() para el TIR. Los

valores obtenidos son:

**VAN : \$ 223,522.51**

**TIR: 63%**

Para los 50 sitios planificados en 2020, el VAN obtenido es mayor a cero, lo cual nos indica que el valor presente o actualizado de los ingresos futuros en los tres periodos de evaluación de este proyecto (Año 0, Año 1 y Año 2) generarán beneficios en base a la tasa de descuento escogida. Lo mismo ocurre en los análisis realizados de los periodos 2021 (VAN: \$ 134,420.08) y 2022 (VAN: \$ 39,807.16): el VAN se mantiene mayor a cero (ver Anexo 22).

Par el caso de interpretación de la TIR, esta debe ser comparada con la tasa de descuento, con la finalidad de estimar los rendimientos futuros de la inversión. En los tres casos calculados, la TIR es notoriamente mayor a la tasa de descuento utilizada en el análisis: Para 2020 la TIR es de 63%, para 2021 la TIR es de 31% y para 2022 la TIR es de 23% (ver Anexo 22), en todos los casos la TIR es mayor que la tasa de descuento utilizada  $k = 20\%$ ; de lo que se entiende que, para cada periodo, el proyecto generará rentabilidad a una tasa mayor que la proyectada

**Tabla 8. Resumen de Indicadores económicos para periodos 2020, 2021 y 2022**

Fuente: LLD de proyecto Migración Satelital a Terrestre.  
Elaboración: Propia.

Indicador	2020	2021	2022
<b>VAN</b>	\$ 223,522.51	\$ 134,420.08	\$ 39,807.16
<b>TIR</b>	63%	31%	23%

En definitiva, de estos indicadores se interpreta que el proyecto de Migración de transporte Satelital a Terrestre resulta rentable en cada una de sus etapas.

## 4.2 Conclusiones.

1. El presente proyecto permite identificar los factores a tomar en cuenta en la planificación de enlaces terrestres de fibra óptica y microondas, principalmente para zonas rurales, partiendo desde un Low Level Design desarrollado en base a software como Pathloss y QGis.
2. Desde el punto de vista técnico, la migración de transporte satelital a terrestre resulta viable debido a que los indicadores de desempeño presentan mejoras en todas las muestras, comparándolas antes y después de la migración. Para KPI's de accesibilidad se tienen mejoras de entre 0.47% y 470.38%, y para KPI's de tráfico cursado se tienen mejoras de entre 10.58% y 756.65%.
3. El considerable aumento de tráfico en downlink y uplink. en las estaciones es relevante para entender que los usuarios utilizan el servicio de internet móvil en mayor medida luego de la migración, ya que el transporte terrestre ofrece mayor capacidad en Mbps.
4. El presente proyecto además permite identificar los factores a tomar en cuenta en el despliegue de enlaces terrestres zonas rurales, desde la realización de Technical Site Survey, el despacho de equipamiento, la instalación de los equipos y la migración de servicios.
5. Desde el punto de vista económico, la migración de transporte satelital a terrestre resulta factible debido a que los indicadores económicos presentan valores que confirman la rentabilidad del proyecto. El valor actual neto es positivo para los tres periodos de análisis, así como la tasa interna de retorno es mayor que la tasa de descuento escogida; ambos indicadores demuestran que el desarrollo de este proyecto generará beneficios para la empresa.
6. El costo de contratar capacidad a un proveedor satelital resulta

dispendioso, ya que llega a generar altos costos en OPEX, por tal motivo se da importancia a la migración de estos enlaces a terrestres.

### **4.3 Recomendaciones**

1. Los operadores de telecomunicaciones que realicen despliegue en zonas rurales deben generar alianzas con Redes Regionales y Pronatel, para extender sus servicios de manera eficaz y aprovechar los recursos provistos por dichas redes.
2. Las soluciones de transporte terrestre deben ser desarrolladas mediante uso de software como QGis, Google Earth o Autocad para planificar enlaces de fibra óptica; además, el software Pathloss es óptimo para realizar diseños de enlaces microondas.
3. Es necesario realizar un monitoreo constante de KPI's para las estaciones o elementos de red. Accesibilidad, disponibilidad, drop rate y tráfico son los principales indicadores que utilizan los operadores.
4. Para la planificación de enlaces microondas en zonas rurales, se recomienda tomar en cuenta la vegetación de la zona (con ayuda de Google earth, o de preferencia con visitas a campo), con la finalidad de determinar adecuaciones necesarias para la altura de instalación de las antenas.
5. Como parte del CAPEX de un proyecto, siempre es importante identificar el equipamiento necesario para el despliegue de enlaces, sus costos de compra e instalación; ya que todo esto representa el monto de inversión del proyecto.

## CAPITULO V : BIBLIOGRAFÍA

- Alejandro Rojas, E. G. (2020). *El Rol de los Operadores de Infraestructura Móvil Rural en la expansión de la cobertura y en la reducción de la brecha de accesibilidad a los servicios públicos de telecomunicaciones móviles*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Balarezo León, C. (2017). *Banda Ancha Móvil para zonas rurales por TELEFÓNICA DEL PERÚ S.A.A*. Universidad de Piura.
- Boronat, G., Leotescu, R., & Navarro, J. (2019). CAPEX Y OPEX. La gestión de las inversiones empresariales. *Técnica Contable y Financiera*, 1–13.
- Cable Free. (2015). *LTE S1 Interface : LTE RAN to Evolved Packet Core*. Cable Free. <https://www.cablefree.net/wirelesstechnology/4glte/lte-s1-interface/>
- Córdova, L. (2020). *Retos para cerrar la brecha digital en el Perú*.
- El Peruano. (2013, September 22). *Ley N° 30083, “Ley que Establece Medidas para Fortalecer la Competencia en el Mercado de los Servicios Públicos Móviles” - DECRETO SUPREMO - N° 004-2015-MTC*. 5.
- Gonzales Chavez, E. (2021). *Perú: Atractiva oportunidad de inversión en Bandas de Espectro Radioeléctrico AWS-3 y 2.3 GHz "*.
- Huawei Technologies CO. (2018). *eRAN KPI Reference* (p. 93).
- Irola, J. (2015). *New Same-Band Combining Technology Improves LTE Deployment*.
- More, J., Trelles, J., & Pacheco, L. (2017). Estimación del número de Estaciones Base Celular (EBC) requeridas al año 2021. In *Osiptel*.
- Reta Gutierrez, I., Ibarra Lopez, E. A., Lujano Gonzalez, J., & Tostado

Ramirez, M. I. (2021). *Evolución Del Costo-Beneficio Del Internet Satelital Para Áreas Rurales*.

- Sheen, B., Li, Y., Yang, J., Wang, J., & Zhao, W. (2018). *Prediction of Performance Indicators in Celular Networks* (Patent No. No.: US 9900790 B1).
- Stallings, W. (2014). Data and Computer Communications. In M. Mitra Manna (Ed.), *Data and Computer Communications: Networking and Internetworking* (10th ed.). Pearson. <https://doi.org/10.1201/9781420041316>
- Sujitha, B. (2016). *Comparative Study on Satellite Communication and Optical Fiber Communication* (Issue 6).
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2010). *Definiciones de los Indicadores Mundiales de las Telecomunicaciones/TIC* (p. 23).
- Zaroni Pedrini, L. (2013). *What is RRC and RAB?* Telecom Hall Forum. <https://www.telecomhall.net/t/what-is-rrc-and-rab/6303>



plataforma “Sistema de Información Geográfica” (INEI).



**Figura 16. Identificación del CCPP Uchupata en Sistema de Información Geográfica**

Fuente: Sistema de información geográfica INEI

Elaboración: Propia

Conviene especificar que las coordenadas del CCPP encontradas en la plataforma de INEI, y las coordenadas de la estación son bastante cercanas, por 400 metros aproximadamente:

CCPP Uchupata: **-5.38326166699994 -79.4798466669999**

Estación PI00246 C\_UCHUPATA: **-5.38027 -79.48184**

Por lo cual podemos asegurar que la estación PI00246 C\_UCHUPATA está ofreciendo el servicio de telefonía e internet móvil en el centro poblado Uchupata, ubigeo 2003080031, distrito de Sondorillo, Piura.

- **Zona, departamento, provincia y distrito de ubicación de las estaciones.**

La zona de las estaciones es un dato que resulta necesario identificar, debido a la distribución de los equipos Core dentro de la red IP de IpT , equipos como BSC, RNC, HNG, y Hubs satelitales son distribuidos en tres zonas: norte, centro y sur. Los datos como departamento, provincia, distrito y coordenadas de la estación generalmente ya se tienen identificados en bases

de datos precedentes, desde que estas estaciones fueron implementadas.

- **Proveedor satelital:**

El proveedor satelital es la empresa que ofrece el medio de transporte de datos y la capacidad satelital para el activar el servicio de las estaciones a lo largo del territorio nacional, principalmente trabajando bajo la tecnología de redes VSAT (Very small aperture terminal). Esta tecnología resulta ser una solución factible para muchos clientes que se encuentran geográficamente dispersos; y es una solución capaz de ofrecer diferentes servicios tales como Internet, comunicaciones de voz, redes LAN, datos y video.

- **Banda de frecuencia:**

La banda de frecuencia es el rango del espectro electromagnético en la cual el proveedor tiene la licencia de transportar sus servicios de radiocomunicación. La mayoría de los proveedores satelitales activos en el Perú trabajan en bandas C, Ku y Ka, con rangos de frecuencia de 3 - 7 GHz, 10 - 18 GHz y 18 - 30 GHz respectivamente

- **Perfil configurado:**

El perfil es la capacidad de subida (uplink) y de bajada (downlink) que se asigna en cada estación. Se le llama perfil debido a que viene dado mediante configuraciones predeterminadas de valores en Mbps y nomenclaturas jerarquizadas. Por ejemplo, en el caso del proveedor satelital Hughes Network Systems en Perú, tenemos las siguientes configuraciones de perfiles detalladas en la Tabla 9.:

**Tabla 9. Perfiles del proveedor satelital Hugues**

Fuente: Plataforma satelital Hugues EM7

Elaboración: Propia

Perfil	Nomenclatura	DL (Mbps)	UL (Mbps)	Garantizado	DL garantizado (Mbps)	UL garantizado (Mbps)
Platino	Platino 50/10 90%	50	10	90%	45	9
Oro2	Oro2 30/8 80%	30	8	80%	24	6.4
Oro	Oro 24/6 80%	24	6	80%	19.2	4.8
Plata2	Plata2 15/6 50%	15	6	50%	7.5	3
Plata	Plata 12/3 50%	12	3	50%	6	1.5
Bronce	Bronce 8/4 50%	8	4	50%	4	2

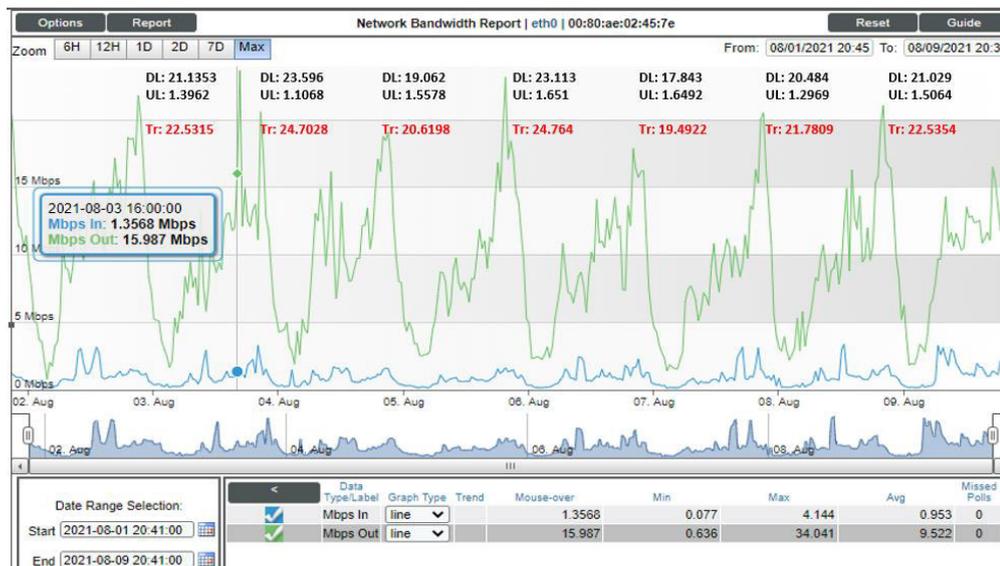
El perfil se debe asignar con valores mayores al tráfico cursado en la estación, por ejemplo, si en hora cargada una estación tiene picos de 20Mbps en bajada y de 5Mbps en subida, el perfil asignado debe tener una capacidad mayor a estos valores para poder evitar la saturación del canal; por lo tanto, tomando el caso de la tabla anterior, se debe asignar el perfil Oro2 30/8 45%, el cual otorga un ancho de banda garantizado de 24Mbps en bajada y de 6.4Mbps en subida.

- **Consumo promedio:**

A diferencia del perfil, el consumo es el parámetro que nos muestra el valor real del tráfico utilizado por los clientes en cada estación, generalmente este valor se mide en el puerto de transporte de la estación, es decir, el puerto donde se entregan los servicios del proveedor satelital y mediante el cual se conectan los equipos de banda base que ofrecen el servicio de red móvil 2G, 3G y 4G. Este valor puede variar dependiendo la hora y el día. Durante horas de la madrugada, el consumo es bastante bajo, debido a que pocos usuarios están utilizando el servicio móvil de la estación; sin embargo, en horas de la tarde, este consumo aumenta por que el servicio ya se está aprovechando mediante el uso de redes sociales, la realización de videollamadas, descarga de archivos, etc.

En la siguiente imagen se puede apreciar la variación de consumo durante una semana de la estación AR00357 TISCO. Esta captura fue tomada en un rango de tiempo desde el día 01/08/2021 hasta el día 09/08/2021. En efecto, se observan picos de tráfico cada día a partir de las 16:00 horas cada

día, lo cual indica que una mayor cantidad de usuarios está utilizando el servicio.



**Figura 17. Captura de tráfico de estación AR00357 TISCO (01/08/2021 - 09/08/2021)**

Fuente: Plataforma satelital Hugues EM7

El valor del consumo promedio es importante, debido a que sirve para estimar el pago por ancho de banda consumido que la IPT factura al proveedor satelital. El estándar para el cálculo del consumo promedio es tomar el promedio de los picos máximos de tráfico en cada día de una semana, el valor de estos picos debe ser la suma del tráfico en DL y UL encontrados.

Tomando como caso el mismo ejemplo de la estación AR00357 TISCO, podemos ver sobre la gráfica los valores pico de downlink, uplink y la suma de estos (etiquetada como tráfico "Tr"). Podemos promediar los 7 valores de color rojo mediante la ecuación:

$$\frac{22.5315 + 24.7028 + 20.6198 + 24.764 + 19.4922 + 21.7809 + 22.5354}{7} = 22.346657$$

Mediante este ejercicio se obtiene el consumo promedio de la estación, el cual es 22.346657 Mbps. Este es el valor que se utilizará como base para

el cálculo del pago de ancho de banda consumido la estación AR00357 TISCO, asimismo para el resto de las estaciones.

## 6.2 Anexo 2: ítems para la elaboración de LLD

- **Código único y nombre de lado A (Near end):**

Este ítem ya fue explicado en el Anexo 1. Se replica para la documentación en el LLD.

- **Departamento, provincia y distrito de ubicación de la estación:**

Este ítem ya fue explicado en el Anexo 1. Se replica para la documentación en el LLD.

- **Tipo de site/estación y vendor RAN:**

Los tipos de site o tipo de estación son los modelos de estaciones que posee IpT para ofrecer el servicio de telefonía e internet móvil. Cada uno de estos modelos de estaciones trabaja bajo diferentes configuraciones de antenas, equipamiento de banda base, estructura y energía. Además, el vendor RAN (vendor de Radio Access Network) es la marca de los equipos de radiofrecuencia adquiridos por IpT, esta información es necesaria debido a que cada marca tiene composiciones lógicas distintas en cuanto a sus servicios, configuraciones y equipamiento. A continuación, se detallarán los tipos de estación y sus vendor respectivos:

**Sitios Macro:** son estaciones con torres autosoportadas, con una altura mínima de 30 metros, tienen energía comercial, y están ubicados en zonas urbano-rurales. Este tipo de estación llevan instaladas como mínimo 03 antenas sectoriales y los servicios de banda base vienen a partir de una BBU (Baseband Unit) para los servicios 2G, 3G y 4G. Los vendor asignados para este tipo de estación son Huawei y Ericsson.



**Figura 18. Estación Macro: estación HN00203 SAN\_RAFAEL.**

Fuente: Technical Site Survey y base de datos visual de IpT en QGIS  
Elaboración: Propia

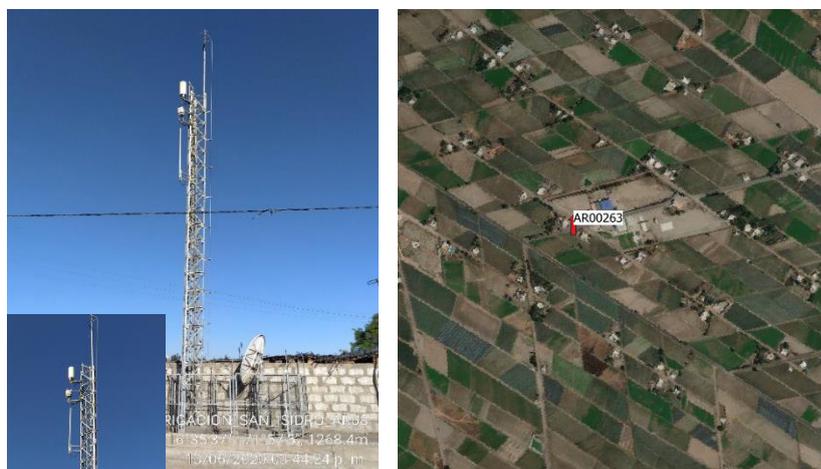
**Sitios Mini-Macro:** son estaciones con torres autoportadas, con una altura de 15 metros, tienen energía comercial, y están ubicados en zonas rurales y centros poblados con menor cantidad de pobladores. Llevan instalados como mínimo 01 antena sectorial para el servicio 4G y 01 antena omnidireccional para el servicio 2G. Los servicios de banda base 4G vienen a partir de una BBU (Baseband Unit) y los servicios de banda base 2G vienen equipados con la antena. Los vendedores asignados para este tipo de estación son Huawei y Ericsson.



**Figura 19. Estación Mini-Macro: estación CA00302  
C\_LUCMACUCHO\_LLAUCAN\_CA68**

Fuente: Technical Site Survey y base de datos visual de IpT en QGIS  
Elaboración: Propia

**Sitios Small-Cell:** son estaciones con torres autoportadas, con alturas entre 5 y 15 metros, en su mayoría tienen energía comercial, sin embargo, existen casos en que funcionan mediante energía solar (equipados con paneles y banco de baterías), están ubicados en zonas rurales y centros poblados con menor cantidad de pobladores. Llevan instaladas 01 antena omnidireccional para el servicio 4G y 01 antena omnidireccional para el servicio 2G. Los servicios de banda base vienen a partir de un equipo llamado CWS (Converged Wireless System) para el 4G y para el 2G ya tiene equipado los elementos de banda base en la antena. El vendor asignado para este tipo de estación es Parallel Wireless.



**Figura 20. Estación Small-Cell: estación AR00263 C\_IRRIGACION  
SAN\_ISIDRO**

Fuente: Technical Site Survey y base de datos visual de IpT en QGIS  
Elaboración: Propia

- **Tipo de transporte terrestre propuesto:**

En este ítem se indica el nuevo transporte por el cual la estación base será conectada. Según la planificación, puede ser por fibra óptica o por enlace microondas. Los criterios para la planificación de enlaces de fibra óptica son los siguientes:

- La ruta viable debe estar dirigida hacia los nodos proveedores de

transporte (nodos de operadores o de redes regionales) o a una estación de IpT que ya tenga transporte activo hacia uno de estos proveedores.

- La distancia máxima planificada de un enlace viable debe ser de 5 KM.
- En pocas ocasiones se pueden implementar enlaces de mayor distancia (hasta 11KM), siempre que la aprobación del presupuesto sea factible.
- La ruta planificada para la implementación de fibra debe trazarse mediante software como google earth y/o QGIS.

Los criterios para la planificación de enlaces microondas son los siguientes:

- El enlace viable debe estar dirigido hacia los nodos proveedores de transporte (nodos de operadores o de redes regionales) o a una estación de IpT que ya tenga transporte activo hacia uno de estos proveedores.
- La línea de vista debe verificarse en el software Pathloss.
- La distancia máxima del enlace debe ser de 26 KM.
- En pocas ocasiones se pueden incluir enlaces de mayor distancia, con un máximo hasta 31 KM; esto debido al limitado stock, limitado espacio para antenas de mayor diámetro y la capacidad (Mbps) que este enlace puede brindar en base a su modulación.
- Para los sitios de IpT, la altura de la antena microondas puede variar  $\pm 3$  metros de la altura de la torre. Por ejemplo, si la altura de la torre es de 15 mts, la altura mínima de la antena microondas puede ser de 12 mts (instalada y soportada en la misma torre), y la altura máxima de la antena microondas puede ser de 18 mts (instalada y soportada en un mástil adicional, en caso de requerir mayor altura).
- En caso de tener obstrucciones de montes o vegetación, el software Pathloss permite añadir dichas obstrucciones, para tener una estimación de la pérdida por difracción que se generaría.

- **Tipo de topología, código de Cluster.**

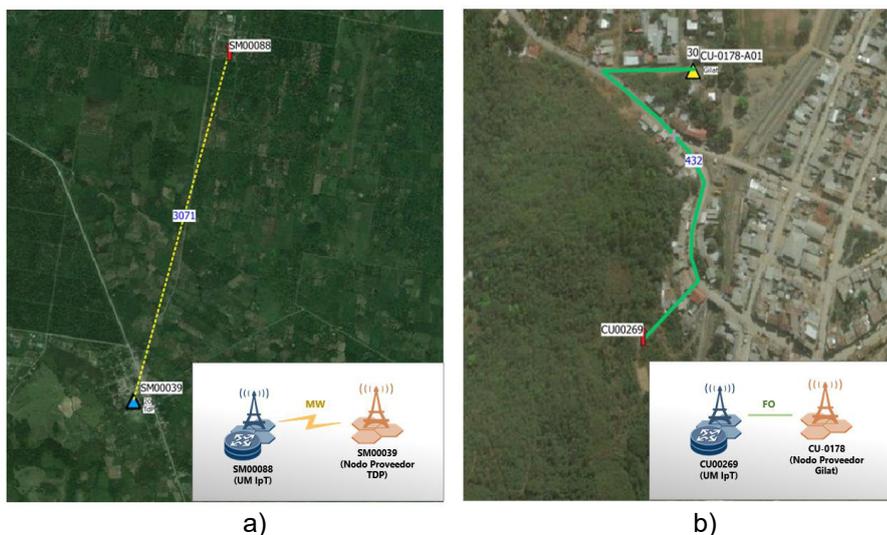
Los tipos de topología utilizados en la planificación son los siguientes:

- Última milla: Los enlaces de última milla son conexiones directas de fibra óptica o microondas entre una estación de IpT, y un nodo proveedor de transporte. Este es el tipo de solución de transporte más simple y

económica ya que sólo conecta a una estación. Para la documentación, los sitios con enlaces de última milla se identifican con la sigla “UM”.

- Clúster: Debido a las condiciones del terreno, no todas las estaciones de IpT tienen soluciones viables de última milla directa hacia un nodo de transporte, por lo tanto, es necesario utilizar una solución alternativa llamada “clustering”, en la cual se interconectan varias estaciones de IpT próximas, y así formar entre ellas una red de estaciones en árbol o bus, denominada “clúster”. Una de las estaciones del clúster debe ser conectada hacia un nodo proveedor, esta estación es quien agrega todo el tráfico del clúster y se denomina “Cabecera”; el resto de las estaciones son denominadas “Cadenas”. Para la documentación, los cluster son identificados con códigos entre “C001” y “C999”.

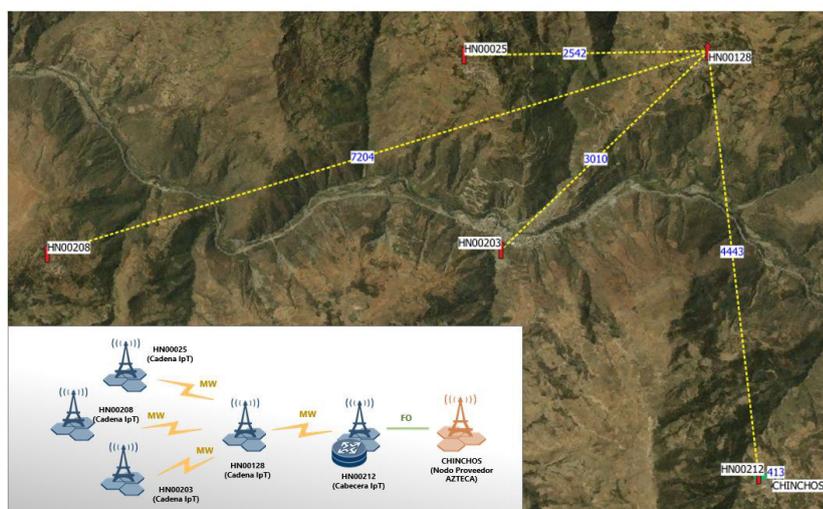
En las siguientes imágenes se ejemplifican ambos tipos de topología:



**Figura 21. Ejemplos de última milla en QGIS para 02 estaciones. a) UM microondas, b) UM fibra óptica.**

Fuente: Base de datos visual de IpT en QGIS

Elaboración: Propia



**Figura 22. Ejemplo de clúster en QGIS para 05 estaciones interconectadas**

Fuente: Base de datos visual de IpT en QGIS

Elaboración: Propia

- **Código único y nombre de lado B (Far end): Estación base de proveedor (o de IPT en caso de clústeres)**

En este ítem es necesario definir las siguientes nomenclaturas que se utilizan para el entendimiento de topologías:

- Near end: también llamado “Lado A”, es el nodo de IpT de interés, el cual será conectado a un nodo con transporte terrestre.
- Far end: también llamado “Lado B”, es el nodo que otorga el transporte al Near end. En el caso de últimas millas, el Far end es un nodo de un Proveedor de Transporte; en el caso de clústeres, el Far end puede ser un nodo de IpT.
- Proveedor de Transporte: Los proveedores de transporte son compañías terceras, ajenas a la jurisdicción de IpT, que poseen estaciones, o nodos de transporte en diferentes zonas del territorio peruano. Estas compañías operan bajo la figura de OMR (TDP, Entel, Claro, etc.), OIMR (Mayutel, Moche, etc.) o Redes regionales (Gilat, Orocom, Azteca, etc.), con el objetivo de ofrecer servicios de telefonía y conectividad a clientes afiliados. Para IpT, estos proveedores tienen la función de llevar el transporte de las estaciones hacia la red de Telefónica a través de una

interconexión entre el core de telefónica y el core del proveedor.

Tomando como referencia las Figura 20, para el caso de última milla a), el Near end es la estación de IpT SM00088 C\_TANANTA\_SM06, y su far end es un nodo de transporte de Telefónica SM00039 NUEVO\_BAMBAMARCA. Para el caso del clúster de la Figura 21, uno de los Near end puede ser la estación de IpT HN00203 SAN\_RAFAEL, y su Far end también es una estación de IpT HN00128 C\_CHACOS\_HN50 (en los clústeres se conectan los nodos de IpT por proximidad geográfica).

- **Coordenadas de Near end y Far end.**

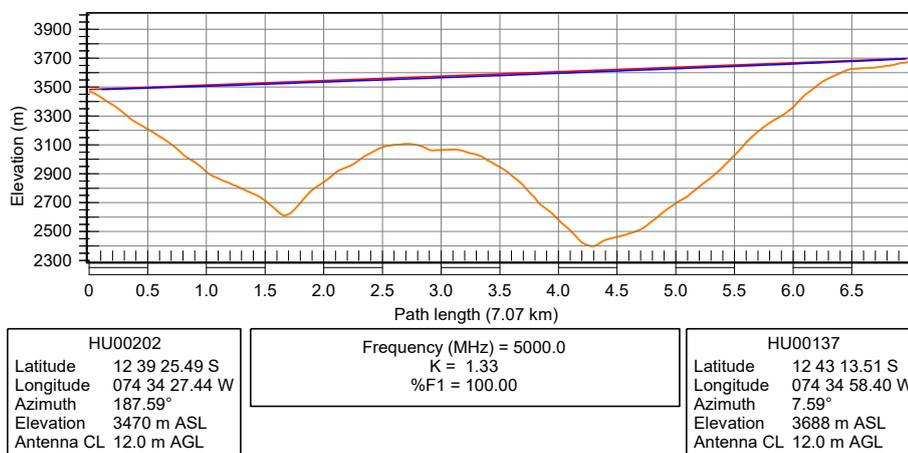
La información de las coordenadas de las estaciones de IpT (Near end) generalmente ya se tiene identificados en bases de datos antiguas, desde que estas estaciones fueron implementadas. Paulatinamente, esta información es actualizada en base a las visitas en campo. Las coordenadas de los nodos proveedores (Far end) son entregadas por los mismos proveedores, en base a los acuerdos comerciales que se logren obtener para la utilización de sus nodos.

- **Alturas de torre de Near end y Far end.**

La información de las alturas de torre de las estaciones de IpT (Near end) generalmente ya se tiene identificados en bases de datos antiguas, desde que estas estaciones fueron implementadas. Paulatinamente, esta información es actualizada en base a las visitas en campo. Las alturas de torre de los nodos proveedores (Far end) son entregadas por los mismos proveedores, en base a los acuerdos comerciales que se logren obtener para la utilización de sus nodos.

- **Distancia aproximada de despliegue de fibra óptica, o de enlace microondas.**

La distancia del enlace microondas es tomada como la distancia de la línea recta que une al Near end y al Far end. Este valor (en mts. o km.) es obtenido a partir del Link Budget generado en Pathloss, identificado en esta plataforma como "Path Lenght" (Longitud de trayecto).

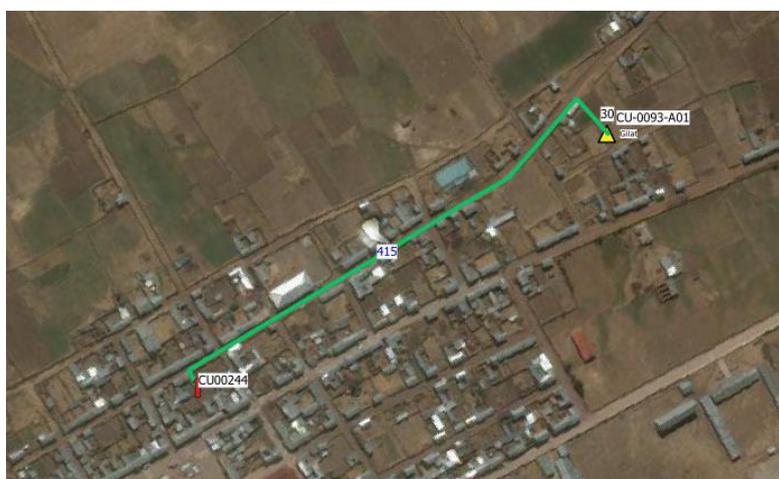


**Figura 23. Ejemplo de línea de vista en Pathloss entre estaciones: HU00202 (IpT) y HU00137 (IpT), distancia del enlace: 7.07 km**

Fuente: Software Pathloss5.

Elaboración: Propia

La distancia del enlace de fibra óptica es tomada como la distancia de la ruta que une al Near end y al Far end, generalmente es una ruta que sigue una acera urbana, una línea de postes o de torres eléctricas. Este valor (en mts. o km.) es obtenido a partir de la ruta gráfica generada en QGIS o Google Earth, tal como se observa en la figura 23.



**Figura 24. Ejemplo de ruta de fibra óptica en QGIS entre estaciones:**

**CU00244 (IpT) y CU-0093 (Gilat), distancia de la ruta: 415 mts**

Fuente: Base de datos visual de IpT en QGIS

Elaboración: Propia

- **Alturas propuestas para antenas microondas, y azimuts respectivos.**

Para la planificación de los enlaces microondas, es siempre necesario proponer alturas referenciales para la ubicación de las antenas. Estas alturas vienen definidas a partir del análisis realizado en Pathloss con respecto a las alturas de las torres, obstrucciones de campo y vegetación de la zona. Comúnmente estas alturas propuestas son de 2 a 6 mts. menores a la altura total de la torre, ya que se propone dejar el espacio superior de la torre para la ubicación del equipamiento RAN (antenas RF, RRU, etc.).

- **Asignación de stock para el tipo de transporte respectivo:**

**Stock para enlaces de fibra óptica:**

- Las estaciones última milla con transporte de fibra óptica deben tener un router. Los router establecidos según el stock de IpT son de marca Huawei, modelo ATN. La funcionalidad de este router es ofrecer un puerto óptico para el enlace de fibra, y puertos ópticos o eléctricos para el resto de equipamiento RAN que ofrece el servicio.
- Las estaciones con transporte de fibra óptica que pertenecen a la cadena de un cluster deben tener un router, y también la estación anterior a esta (un router entrega el transporte de fibra óptica mediante su puerto óptico, y el otro router lo recibe).
- Es preciso tener presente que el resto de equipamiento para los enlaces de fibra óptica como: organizadores de fibra, patch cord, pigtail, conectores, mufas, etc., no están incluidos dentro del inventario ni de las compras de IpT; este equipamiento es adquirido principalmente por las contratistas que realizan el despliegue de los enlaces.

**Stock para enlaces microondas:**

- Las estaciones última milla y cabecera de clúster con transporte microondas deben tener un router. Los router establecidos según el stock

de IpT son de marca Huawei, modelo ATN.

- Las estaciones última milla (que, según el ítem anterior, tienen router) pueden tener enlaces en banda no licenciada (BNL). Los enlaces en banda no licenciada establecidos según el stock de IpT son de marca Radwin. Se asigna este tipo de enlace debido a que las últimas millas no requieren de tanta capacidad; la cual es fácilmente cubierta por los enlaces BNL, que, de acuerdo con su modulación, pueden llegar hasta capacidades de 250Mbps.
- Los enlaces que son cabecera o cadena de un clúster deben tener enlaces en banda licenciada (BL). Los enlaces en banda licenciada establecidos según el stock de IpT son de marca Siae y Huawei. Se asigna este tipo de enlace debido a que los cluster agregan a varios sitios, que en conjunto pueden consumir más de 300Mbps; esta capacidad puede ser cubierta por los enlaces BL, que, de acuerdo a su modulación, pueden llegar hasta capacidades de 500Mbps.
- Es preciso tener presente que la asignación de los enlaces microondas también puede depender de la disponibilidad del stock en el periodo de tiempo en que se planifica el despliegue, o del consumo eléctrico disponible en la estación (enlaces BNL consumen menos que los BL).
- Los enlaces microondas del stock de IpT vienen en diferentes combinaciones de diámetros de antena y bandas de frecuencia. La asignación de estas diferentes combinaciones depende de la distancia del enlace planificado. En la siguiente tabla se identifican las combinaciones mencionadas con respecto al rango de distancia del enlace:

**Tabla 10. Combinaciones de enlaces microondas con respecto a distancia**

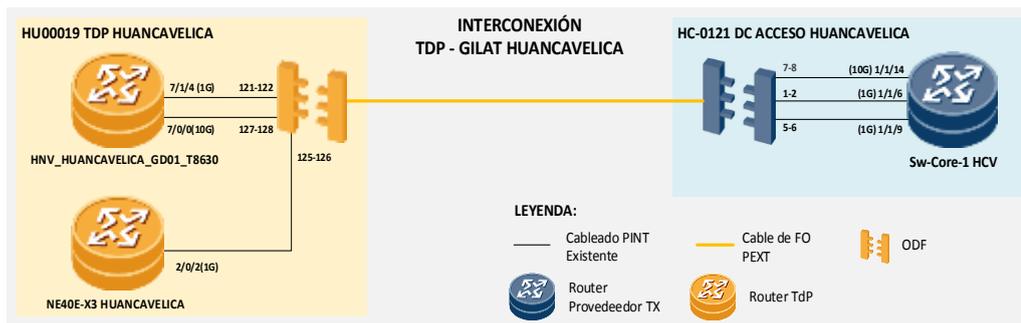
Fuente: Inventario de stock de IpT.

Elaboración: Propia.

Vendor	Diámetro de Antena	Banda de frecuencia	Rango de distancia
<b>RADWIN</b>	0.18	5GHz	0 Km a 10 Km
<b>RADWIN</b>	0.6	5GHz	10 Km a 15 Km
<b>RADWIN</b>	0.9	5GHz	15 Km a 25 Km
<b>SIAE</b>	0.3	15GHz	0 Km a 5.5 Km
<b>SIAE</b>	0.6	15GHz	5.5 Km a 10 Km
<b>SIAE</b>	0.6	7GHz	10 Km a 16 Km
<b>SIAE</b>	1.2	7GHz	16 Km a 25 Km
<b>HUAWEI</b>	0.3	15GHz	0 Km a 5.5 Km
<b>HUAWEI</b>	0.6	15GHz	5.5 Km a 10 Km
<b>HUAWEI</b>	0.6	7GHz	10 Km a 16 Km
<b>HUAWEI</b>	0.9	7GHz	16 Km a 30 Km
<b>HUAWEI</b>	1.8	7GHz	30 Km a 35 Km

### 6.3 Anexo 3: Ejemplo de interconexión GILAT-TDP.

Para ejemplificar, en las siguientes imágenes se muestra la topología de una interconexión con un proveedor de transporte tercero. En este caso, se trata de la interconexión entre la red de Gilat en Huancavelica y la red de Telefónica. La parte izquierda de la Figura 24 nos muestra que, en el gabinete del nodo de Telefónica HU00019 HUANCAVELICA existe el router core con la nomenclatura HNV\_HUANCAVELICA\_GD01\_T8630, el cual otorga un puerto óptico (7/0/0) con un ancho de banda de 10Gbps. A partir de este puerto se entregan los servicios, configuraciones y capacidad necesaria para soportar a todas las estaciones de IpT que se conecten a nodos de Gilat en Huancavelica.

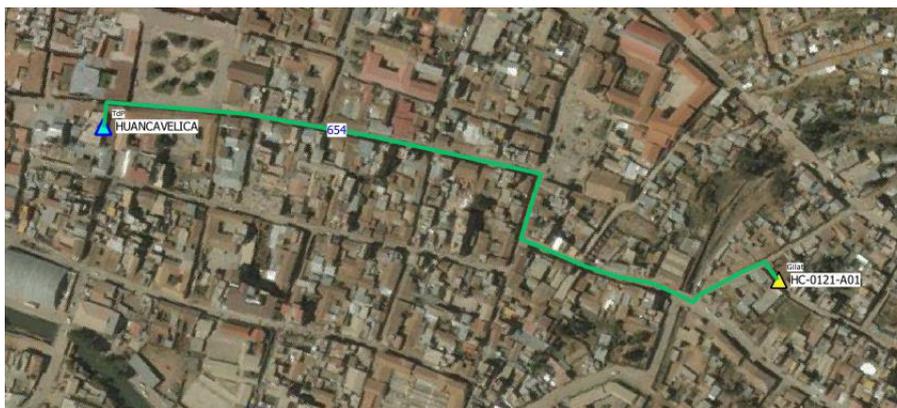


**Figura 25. Topología física de Interconexión entre TDP y Gilat en Huancavelica**

Fuente: Topologías de Interconexiones de IpT.  
Elaboración: Área de ingeniería de IpT.

Mediante el despliegue de un enlace de aproximadamente 654 mts de fibra óptica, este puerto llega a conectarse en su otro extremo con el nodo del proveedor de transporte tercero, en este caso es el router del nodo HC-0121 DC ACCESO HUANCVELICA, del proveedor de transporte Gilat, que se aprecia en la parte derecha de la Figura 24. Este router con nomenclatura Sw-Core-1 HCV recibe los servicios de Telefónica a través del puerto 1/1/14, el cual también tiene un ancho de banda de 10Gbps, y permite llevar los servicios al resto de nodos de Gilat.

Cabe destacar que el resto de routers y puertos de 1Gbps mostrados en la imagen ejercen la función de redundancia, con el fin de asegurar la continuidad de servicios ante algún fallo en el enlace principal de 10Gbps. El objetivo de esta interconexión de 10Gbps es que el tráfico de todas las estaciones de IpT, que sean conectadas a los nodos de la red de Gilat en Huancavelica, pase a través de esta interconexión y se haga posible el envío/recepción de datos para el servicio móvil de Telefónica mediante las estaciones de IpT.



**Figura 26. Ruta de fibra óptica en QGIS entre estaciones: HU00019 (TDP) y HC-0121 (Gilat).**

Fuente: Base de datos visual de IpT en QGIS  
Elaboración: Propia

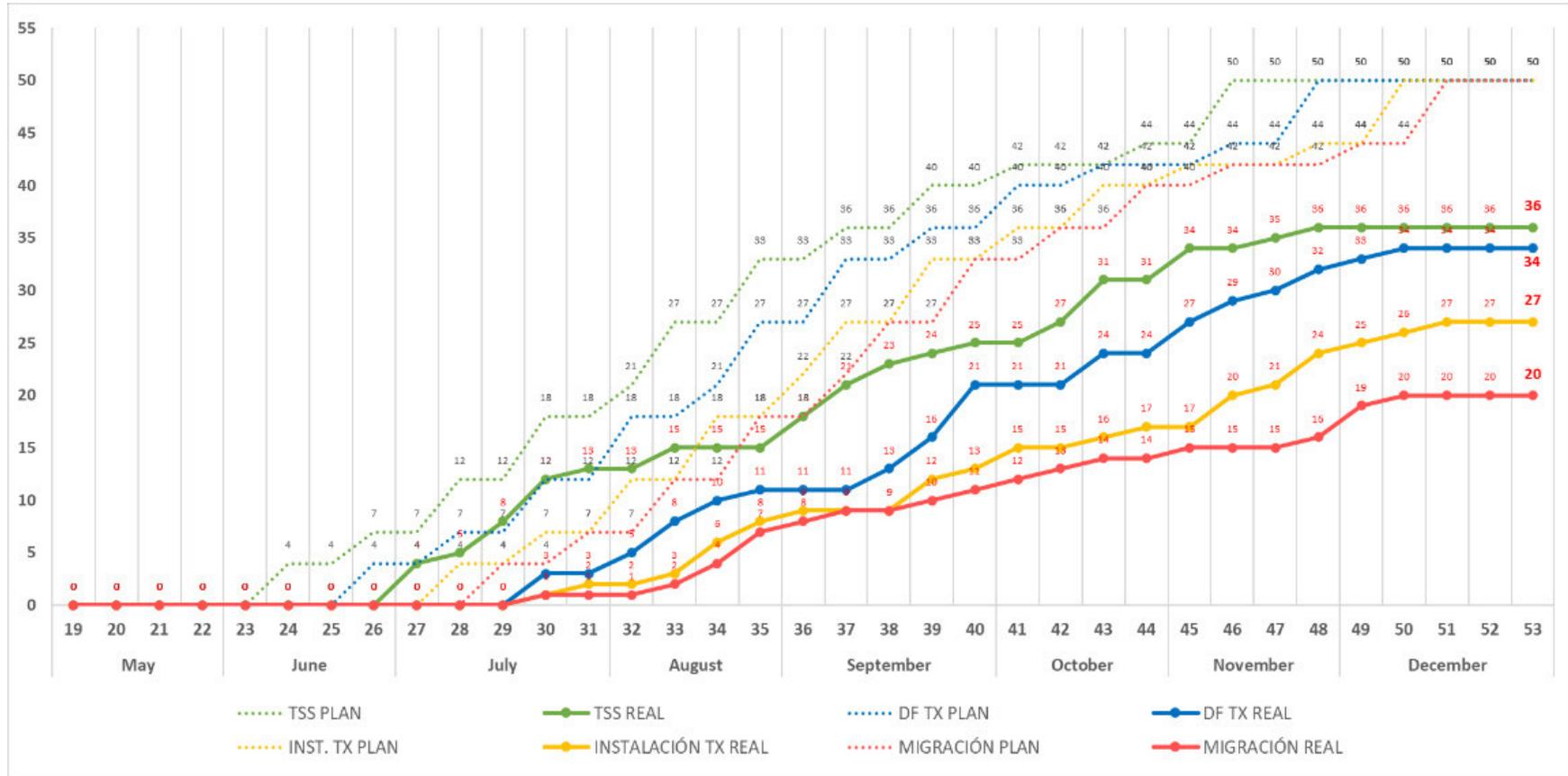
Así como el caso de la interconexión ejemplificada, existen y existirán más interconexiones con los proveedores que IpT tenga la oportunidad comercial de desplegar transporte terrestre. Las interconexiones no sólo se ejecutan individualmente por cada proveedor de transporte tercero, sino también se despliegan estratégicamente por zonas para distribuir el tráfico; por ejemplo, las interconexiones activas que IpT tiene con Gilat son en Huancavelica (ejemplo anterior), Ayacucho, Cusco y Apurímac; y a futuro, se tiene contemplado desplegar interconexiones en Amazonas e Ica.

#### **6.4 Anexo 4: Plan semanal y ejecución del despliegue.**

En las siguientes gráficas se muestran los planes de despliegue programados en semanas, con las respectivas tareas (en líneas punteadas), y la ejecución de las mismas (en líneas remarcadas); tanto para el año 2020 como para el año 2021. Para el año 2022 sólo se muestran sólo las líneas punteadas que indican el plan, ya que el presente trabajo toma como fecha de corte el 31 de Diciembre de 2021.

Cada una de las tareas posee un color diferente para ser identificadas más fácilmente: El plan y realización de TSS son graficados de color Verde, el plan

y realización de Datafills son graficados de color Azul, el plan de instalación y la instalación en sí misma son graficados de color Amarillo; finalmente, el plan de migración y la migración en sí misma son graficados de color Rojo.



**Figura 27. Seguimiento de Plan Semanal de Migraciones a Terrestre del año 2020**

Fuente: Base de datos PMO IPT  
 Elaboración: Propia

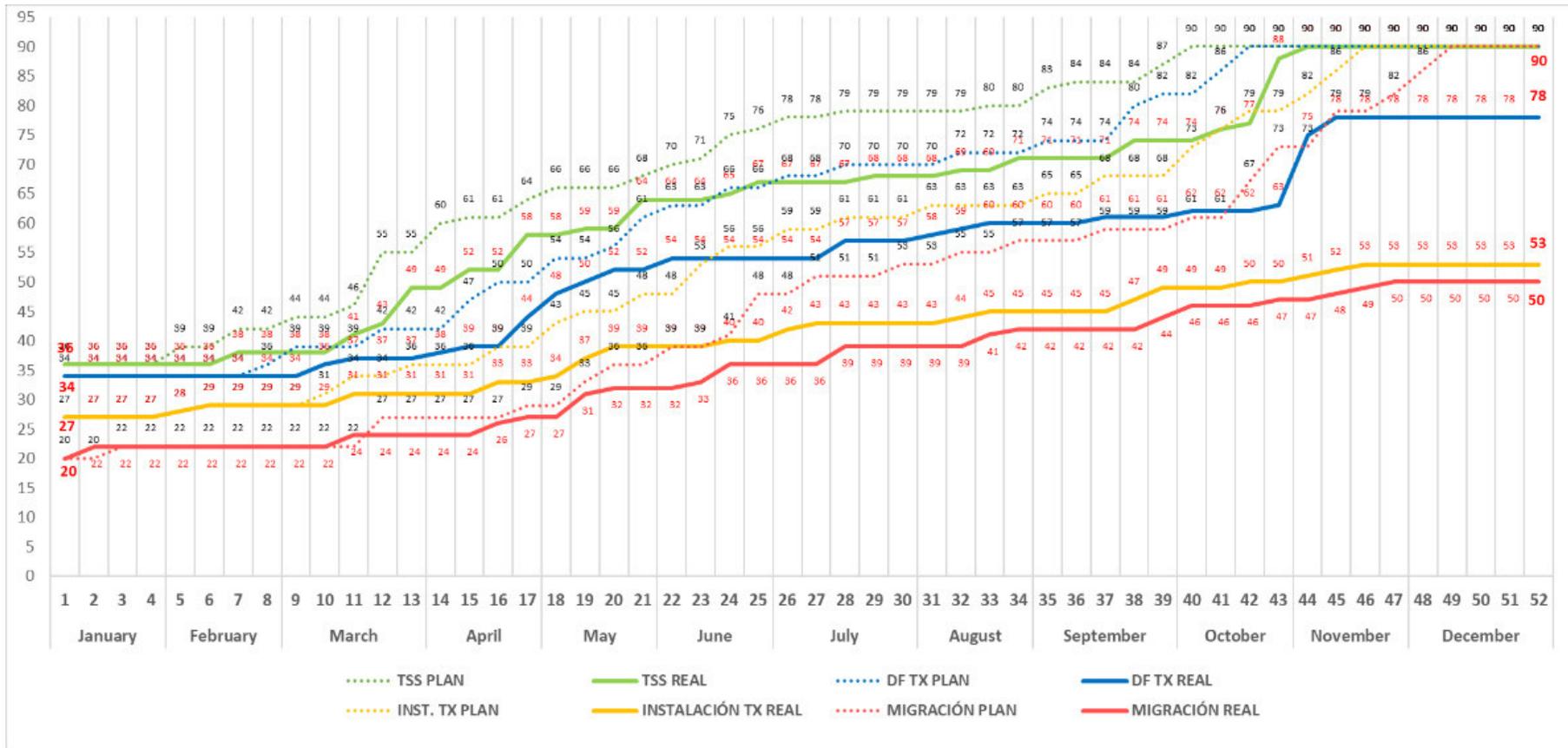
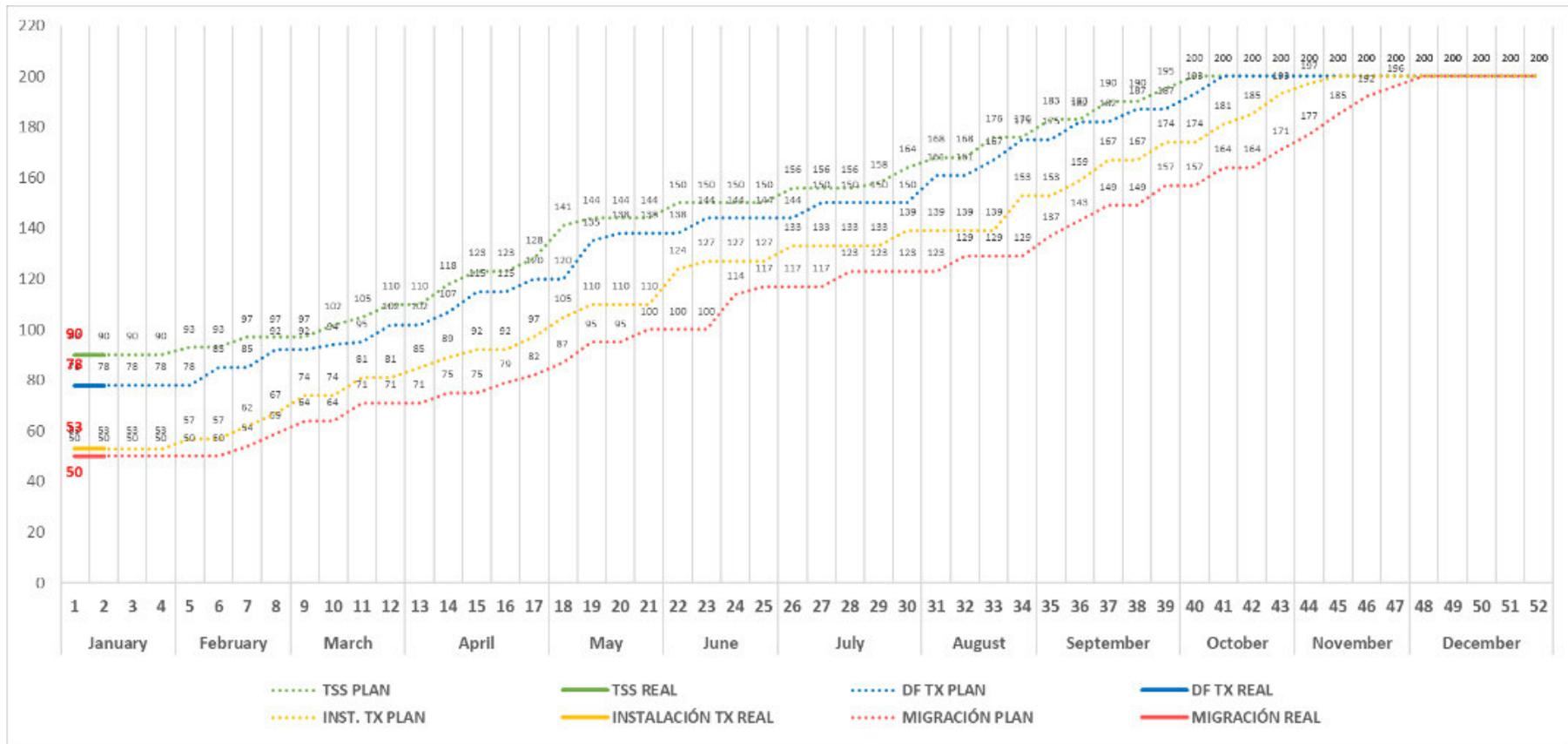


Figura 28. Seguimiento de Plan Semanal de Migraciones a Terrestre del año 2021

Fuente: Base de datos PMO IPT  
 Elaboración: Propia



**Figura 29. Seguimiento de Plan Semanal de Migraciones a Terrestre del año 2022**

Fuente: Base de datos PMO IPT

Elaboración: Propia

Como se puede apreciar en la Figura 27, en el año 2020 (año en el que inició el proyecto) se tenía contemplado realizar 50 migraciones de transporte satelital a terrestre, iniciando actividades desde junio del mismo año. Las líneas punteadas de color verde nos indican el plan de realización de TSS, el cual debió finalizarse con 50 TSS realizados hasta la semana 46 de 2020, sin embargo, las líneas remarcadas de color verde nos indican que sólo se pudieron realizar 36 TSS de los 50 planificados. Las líneas punteadas de color azul nos indican el plan de realización de Datafills, el cual debió finalizarse con 50 Datafills realizados hasta la semana 48 de 2020, sin embargo, las líneas remarcadas de color azul nos indican que sólo se pudieron realizar 34 Datafills de los 50 planificados. Las líneas punteadas de color amarillo nos indican el plan de instalación de transporte, el cual debió finalizarse con 50 sitios instalados hasta la semana 50 de 2020, sin embargo, las líneas remarcadas de color amarillo nos indican que sólo se pudieron instalar 27 sitios de los 50 planificados. Finalmente, las líneas punteadas de color rojo nos indican el plan de migración de transporte, el cual debió finalizarse con 50 sitios migrados hasta la semana 51 de 2020, sin embargo, las líneas remarcadas de color rojo nos indican que sólo se pudieron migrar 20 sitios de los 50 planificados.

**Tabla 11. Resumen de actividades del Plan de Migraciones a Terrestre del año 2020**

Fuente: Base de datos PMO  
Elaboración: Propia

<b>Año 2020</b>	<b>Plan</b>	<b>Real</b>	<b>Success Rate</b>
TSS	50	36	72%
Datafills	50	34	68%
Instalaciones	50	27	54%
<b>Migraciones</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>40%</b>

Similar al caso de la Figura 27; en la Figura 28 se visualiza que para el año 2021 se tenía contemplado realizar 70 migraciones de transporte satelital a terrestre, iniciando actividades desde enero del mismo año. Cabe señalar que en esta gráfica se toma como punto de partida a la cantidad de actividades

culminadas en 2020, es por esto que las líneas de planificación contemplan 90 sitios como total a finales de 2021 (20 sitios migrados de 2020 más 70 sitios en plan de migración de 2021). Las líneas punteadas de color verde nos indican el plan de realización de TSS, el cual debió finalizarse con 54 TSS realizados hasta la semana 40 de 2021; en este caso las líneas remarcadas de color verde nos indican que sí se llegó a cumplir con la cantidad de TSS realizados, pero estos fueron culminados en la semana 44 de 2021. Las líneas punteadas de color azul nos indican el plan de realización de Datafills, el cual debió finalizarse con 56 Datafills realizados hasta la semana 42 de 2021, sin embargo, las líneas remarcadas de color azul nos indican que sólo se pudieron realizar 44 Datafills de los 56 planificados. Las líneas punteadas de color amarillo nos indican el plan de instalación de transporte, el cual debió finalizarse con 63 sitios instalados hasta la semana 46 de 2021, sin embargo, las líneas remarcadas de color amarillo nos indican que sólo se pudieron instalar 26 sitios de los 63 planificados. Finalmente, las líneas punteadas de color rojo nos indican el plan de migración de transporte, el cual debió finalizarse con 70 sitios migrados hasta la semana 49 de 2021, sin embargo, las líneas remarcadas de color rojo nos indican que sólo se pudieron migrar 30 sitios de los 70 planificados.

**Tabla 12. Resumen de actividades del Plan de Migraciones a Terrestre del año 2021**

Fuente: Base de datos PMO  
Elaboración: Propia

Año 2021	Plan	Real	Success Rate	Acumulado (2020 + 2021)
TSS	54	54	100%	90
Datafills	56	44	79%	78
Instalaciones	63	26	41%	53
<b>Migraciones</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>43%</b>	<b>50</b>

En la Figura 29 se visualiza que para el año 2022 se tiene contemplado realizar 150 migraciones de transporte satelital a terrestre, iniciando actividades desde febrero del mismo año. Cabe señalar que en esta gráfica

se toma como punto de partida a la cantidad de actividades culminadas en 2021, es por esto que las líneas de planificación contemplan 200 sitios como total a finales de 2022 (50 sitios migrados hasta 2021 más 150 sitios en plan de migración de 2022). Las líneas punteadas de color verde nos indican el plan de realización de TSS, el cual tiene contemplado finalizarse con 110 TSS realizados hasta la semana 40 de 2022. Las líneas punteadas de color azul nos indican el plan de realización de Datafills, el cual tiene contemplado finalizarse con 122 Datafills realizados hasta la semana 41 de 2022. Las líneas punteadas de color amarillo nos indican el plan de instalación de transporte, el cual tiene contemplado finalizarse con 147 sitios instalados hasta la semana 45 de 2022. Finalmente, las líneas punteadas de color rojo nos indican el plan de migración de transporte, el cual debió finalizarse con 150 sitios migrados hasta la semana 48 de 2022

**Tabla 13. Resumen de actividades del Plan de Migraciones a Terrestre del año 2022**

Fuente: Base de datos PMO  
Elaboración: Propia

<b>Año 2022</b>	<b>Plan</b>	<b>Real Acumulado 2021</b>
TSS	110	90
Datafills	122	78
Instalaciones	147	53
<b>Migraciones</b>	<b>150</b>	<b>50</b>



## 6.6 Anexo 6: Hardware de transporte

**Tabla 15. Equipamiento microondas marca Huawei en banda licenciada**

Fuente: Inventario de stock de IpT.

Elaboración: Propia.

ITEM	Descripción	UMB	CTD. REQUERIDA
1	RTN 905 BASAL CONFIGURATION 4*GE(RJ45)+2*GE(SFP)+16 48VDC	UND	2
2	MICROWAVE ODU,RTN XMC,7G-3,HIGH SITE,H,7666MHZ,7729MHZ	UND	1
3	MICROWAVE ODU,RTN XMC,7G-3,LOW SITE,H,7508.5MHZ,7568MHZ	UND	1
4	MICROWAVE ANTENNA,A7WS06MAC-3NX,7W,600MM,UHP-M,SINGLE POLAR	UND	2
5	Coaxial Cable ,Copper-clad Aluminium Wire,50ohm,7.6mm,4.8mm,1.8mm,Black,5D	Mts	90
6	Twisted-Pair Cable,100ohm,Category 5e UTP,0.51mm,24AWG,8Cores,PANTONE 430U,Use with Plug:14080082	Mts	10
7	OPTICAL FUNCTIONAL MODULE,1000BASE-T-SFP MODULE,RJ45 ELECTRICAL TRANSMISSION DISTANCE 100M	UND	2

El ítem 1 de la Tabla 14 hace referencia a la IDU del enlace microondas Huawei en banda licenciada, se despachan dos ya que debe ir una a cada lado del enlace. Los ítems 2 y 3 son las ODU's High y Low respectivamente, en este caso se muestran ODU's de 7GHz (esta frecuencia baja sirve para enlaces de distancias mayores a 10 km), sin embargo, esto puede variar a frecuencias mayores dependiendo del tipo y el diseño del enlace (generalmente menor a 10 km). El ítem 4 se refiere a las antenas, que de la misma manera va una a cada lado, en este caso son antenas de 600 mm, o sea de 0.6 mts. de diámetro, estos diámetros también pueden variar con respecto al enlace; para este vendor se tienen antenas de 0.3, 0.6, 0.9 y 1.8 mts. de diámetro.

El ítem 5 de la Tabla 14 se refiere al cable IF, el cual otorga el transporte desde la IDU en gabinete hasta la ODU instalada en la torre. La distancia de este cable depende de lo revisado en el TSS, ya que si la torre es muy grande o si el gabinete se encuentra lejano se requerirá mayor distancia de cable. El ítem 6 es un cable UTP de 10 mts. el cual es utilizado para conectar las IDU's hacia otros componentes de transporte, generalmente son conectadas hacia los routers de las estaciones. Finalmente, el ítem 7 es el transceiver utilizado

para la conexión hacia los puertos ópticos de estos routers.

### Tabla 16. Equipamiento microondas marca Siae en banda licenciada

Fuente: Inventario de stock de IpT.

Elaboración: Propia.

ITEM	Descripción	UMB	CTD. REQUERIDA
1	IDU AGS-20-S Single-IF 16xE1	UND	2
2	ODU ASNK15/490 SB=4L	UND	1
3	ODU ASNK15/490 SB=4H	UND	1
4	A.15GHZ SP 0.3M TYA R140 STD	UND	2
5	CABLE COAXIAL CNT300 (ALUMINIUM)	MTS	80
6	TWISTED-PAIR CABLE,100OHM,CATEGORY 5E UTP,0.51MM,24AWG,8CORES,PANTONE 430U,USE WITH PLUG:14080082	MTS	10
7	OPTICAL FUNCTIONAL MODULE,1000BASE-T-SFP MODULE,RJ45 ELECTRICAL TRANSMISSION DISTANCE 100M	UND	2

Para el caso de los enlaces SIAE en banda licenciada los ítems son bastante similares al caso anterior de equipamiento de marca Huawei. Por ejemplo, en los ítems 1, 2 y 3 de la Tabla 15 encontramos las IDU's y las ODU's (en este caso son de 15GHz). En el ítem 4 figuran las antenas (en este caso son de diámetro 0.3), y en el resto de los ítems son los demás accesorios como el cable IF, cable UTP y transceiver.

### Tabla 17. Equipamiento microondas Radwin en banda no licenciada

Fuente: Inventario de stock de IpT.

Elaboración: Propia.

ITEM	Descripción	UMB	CTD. REQUERIDA
1	PTP BNL,1-10 KM,200 MBPS	UND	1
2	PTP BNL,11-15 KM,200 MBPS	UND	1
	ANTENA PLATO POLARIDAD DUAL 4.9-5.8 GHZ, 30 DBI DE GANANCIA	UND	2
3	PTP BNL,16-20 KM,200 MBPS	UND	1
	ANTENA PLATO 4.9-5.8 GHZ 34 DBI POLARIZACIÓN DUAL 2XN-HEMBRA	UND	2

Para el caso de los enlaces de marca Radwin en banda no licenciada, la distribución del equipamiento es simplificada, ya que existe un solo kit que contiene las ODUS, antenas integradas, switch, POE y cables UTP. Todo este equipamiento es suficiente para la activación de enlaces hasta 10 km ( lo cual

corresponde al ítem 1 de la Tabla 16). Si se quisiera llegar a distancias alrededor de 15 km, el kit es el mismo, pero se tendrá que añadir antenas embebidas de 30 db de ganancia (lo cual corresponde al ítem 2), y si se quisiera llegar hasta 20 km las antenas embebidas adicionales serán de 34 db de ganancia. (lo cual corresponde al ítem 3).

**Tabla 18. Equipamiento de router marca Huawei**

Fuente: Inventario de stock de IpT.  
Elaboración: Propia.

ITEM	Descripción	UMB	CTD. REQUERIDA
1	ATN 910C-F DC Basic Configuration CM( Includes Fixed Enable Interface (4*10GE/GE/FE(o)+ALL GE/FE)	UN	1
2	1U Box Power Cable Package (Includes 10m Power Cable & 10m PGND Cable Set)	UN	1
3	Single Cable,Serial Port Cable,3m,D9F,CC2P0.32PWG1U,MP8-VI,S3026V	UN	1
4	Signal Cable,0.3m,MP8-II,CC4P0.5GY(S),MP8(S)-III,ATN Serial adapter cable	UN	1
5	Optical transceiver(eSFP,1310nm,1.25Gb/s,-9dBm~-3dBm,-20dBm,LC,SM,10km)	UN	1

Para los enlaces de fibra óptica cabe recalcar que IPT solamente se encarga de realizar el despacho del router y sus accesorios. El resto de equipamiento ya sea el cable de fibra óptica, ODF, pigtail, conectores, son responsabilidad de las contratistas. Por lo tanto, los ítems que se describen en la Tabla 17 pertenecen al kit del router marca Huawei, el ítem 1 es el router en sí, de la serie ATN910-C, el ítem 2 es el cable de poder utilizado para la alimentación de energía del router, el ítem 3 es el cable serial el ítem 4 es el cable de consola para la configuración del router y el ítem 5 es el transceiver óptico, utilizado para la conexión de otros elementos de transporte.

## 6.7 Anexo 7: Datasheet de equipamiento para enlace microondas SIAE.



### INDOOR UNIT AGS20s

AGS20 version	1xIF	2xIF	4xIF
Configuration	1+0	1+0 / 1+1 / 2+0 / XPDX / radio LAG	1+0 / 1+1 / 2+0 / 4+0 / XP1X / radio LAG
Switching capability	25 Gbps full duplex		
Modulation	4 QAM to 2048 QAM with hitless ACM		
Ethernet/Radio interfaces	1 x IF (ODU) 2 x GE electrical 4 x GE optical / 2.5 Gbps 2 x Combo (GE electrical / optical)	2 x IF (ODU) 2 x GE electrical 4 x GE optical / 2.5 Gbps 2 x Combo (GE electrical / optical)	4 x IF (ODU) 2 x GE electrical 4 x GE optical / 2.5 Gbps 2 x Combo (GE electrical / optical)
Local Maintenance Interfaces	Console port / LAN port		
Synchronization Interfaces	1pps / ToD / 2048 Khz		



AGS20s IDU  
1xIF + 8xGE



AGS20s IDU  
2xIF + 8xGE



AGS20s IDU  
4xIF + 6xGE

### OUTDOOR NIT AGS20s

- Outstanding transmit power performance with top class power consumption (12 W)
- Small form factor, 103.7 cu. In. volume
- Easy and quick deployment
- 30 dB ATPC range
- Up to 2048 QAM modulation
- Supporting any radio configuration



# AGS20 series



## AGS20s Technical specification

Frequency Band	6L/6U GHz	7/8 GHz	10/11 GHz	18 GHz	23 GHz	
Frequency Range	5.9-7.1	7.11-8.5	10.3-11.7	17.7-19.7	21.3-23.6	
Modulation Schemes	4 QAM / 16 QAM / 32 QAM / 64 QAM / 128 QAM / 256 QAM / 512 QAM / 1024 QAM / 2048 QAM					
Channel Spacing	10 MHz / 20 MHz / 30 MHz / 40 MHz / 60 MHz					
Throughput	Up to 1 Gbps per radio channel					
Output Power (dBm) at Point C*						
	4 QAM	+21	+29	+30	+23	+23
	16 QAM	+28	+36	+27	+21	+21
	32 QAM	+28	+36	+27	+21	+21
	64 QAM	+27	+25	+26	+19	+19
	128 QAM	+27	+25	+26	+19	+19
	256 QAM	+26	+24	+25	+18	+18
	512 QAM	+26	+24	+25	+18	+18
	1024 QAM	+25	+23	+24	+17	+17
	2048 QAM	+25	+23	+24	+17	+17
Receiver Sensitivity (dBm) at BER 10 <sup>-6</sup> at Point C (1+0), 28 MHz BW, RF Filter losses included)						
	4 QAM	-83.5	-88.5	-88	-87.5	-887.5
	16 QAM	-82.5	-82.5	-82	-81.5	-81.5
	32 QAM	-78	-78	-77.5	-77	-77
	64 QAM	-75	-75	-74.5	-74	-74
	128 QAM	-72	-72	-71.5	-71	-71
	256 QAM	-69	-69	-68.5	-68	-68
	512 QAM	-67	-67	-65.5	-66	-66
	1024 QAM	-62.5	-62.5	-62	-62.5	-62.5
	2048 QAM	-60.5	-60.5	-60	-59.5	-59.5
Frequency Stability	±5 ppm					
Frequency Agility	250 KHz (software programmable)					
RTPC	Up to 20 in 1 dB steps					
ATPC	Up to 20 in 1 dB steps					
IDU/ODU Interconnection per terminal	500 Coaxial Cable per RT					
Dimensions (Width@)	IDU	17.4 x 17 x 8.8 (in)				
	ODU (below 18 GHz)	10 x 10 x 4.5 (in)				
	ODU (18 to 43 GHz)	7.2 x 7.2 x 2.6 (in)				
Power Supply	-48 Vdc (-15%, +30%)					
Overall Power Consumption	1+0 terminal	± 45 W				
	1+1 terminal	± 60 W				
Environmental Performance	ODU Weather Proofing Class: IP65		IDU Temperature Range: -5°C to +60° ODU Temperature Range: -25°C to +65° Working Temperature range with performance degradation: -40°C to +85°C			
Altitude	9,845 ft					
Compliant with	FCC Part 101					

H\* Typical values

## Antenna Product Specifications

### SLU0315DS6

0.3m Ultra High Performance Low Profile Antenna, single-polarized,  
14.4÷15.35 GHz



### CHARACTERISTIC

#### General Specifications

Antenna Type	Ultra High Performance Low Profile Antenna, Single-Polarized Antenna
Diameter, nominal	0.3m / 1ft
Polarization	Single
Reflector Construction	One-piece reflector
Antenna Color	White
Radome Color	White
Radome Material Description	ABS

#### Electrical Specifications

Frequency	14.4÷15.35GHz
Gain, Top	32.6 dBi
Gain, Mid	32.1 dBi
Gain, Low	31.6 dBi
Front-to-Back Ratio	59 dB
Cross Polar Discrimination (XPD)	30 dB
Beamwidth	4.3°
VSWR	1.30
Return Loss	17.69 dB
Regulatory Compliance	ETSI EN 302 217 Range 2 Class 3

## Antenna Product Specifications

### SLU0678DS6

0.6m Ultra High Performance Low Profile Antenna, single-polarized,  
7.1-8.5 GHz



### CHARACTERISTIC

#### General Specifications

Antenna Type	Ultra High Performance Low Profile Antenna, Single-Polarized Antenna
Diameter, nominal	0.6m / 2ft
Polarization	Single
Reflector Construction	One-piece reflector
Antenna Color	White
Radome Color	White
Radome Material Description	ABS

#### Electrical Specifications

Frequency	7.1 ÷ 8.5 GHz
Gain, Top	32.2 dBi
Gain, Mid	31.1 dBi
Gain, Low	29.6 dBi
Front-to-Back Ratio	57 dB
Cross Polar Discrimination (XPD)	30 dB
Beamwidth	4.7 °
VSWR	1.30
Return Loss	17.69 dB
Regulatory Compliance	ETSI EN 302 217 Range 1 Class 3

## 6.8 Anexo 8: Datasheet de equipamiento para enlace microondas RADWIN.

**RADWIN 2000 Alpha Series**  
Point-to-Point Radio - Data Sheet (RW2000/ODU/Alpha/F54/UNI/EMB/200M)



RW-2954-6380

**Product Description**

RW-2954-6380 is a carrier-class radio that belongs to the RADWIN 2000 Alpha Series and supports 4.9 to 6 GHz frequency range.

The Radio complies with Universal, FCC/IC & MII bands with a factory default of 5.4 GHz Universal.

RW-2954-6380 delivers up to 200 Mbps throughput.

The unit includes an embedded antenna and connectors (2 x SMA) for the high gain slide-on TurboGain antenna. The connectors can be used for 3rd party external antenna.

**Product Highlights**

- Up to 200 Mbps net aggregated throughput
- Telco-grade, extremely robust in harsh conditions
- Supports intra-site synchronization to maximize capacity (via future 5W upgrade)
- Configurable asymmetric throughput
- Advanced OFDM & MIMO technologies for operation in nLOS/NLOS and dense radio environments
- Multiple Antenna configuration: 16dBi embedded antenna, 22dBi antenna when using the TurboGain antenna, and 3rd party external antenna

RADWIN

## Product Specifications:

<b>Configuration</b>					
Architecture	Alpha				
PoE to ODU Interface	Outdoor Unit with an embedded antenna and connectorized for external antenna (2 x SMA)				
<b>Radio</b>					
Max Capacity	200 Mbps net aggregate throughput				
Range	Up to 120 km / 75 miles				
Channel Bandwidth	Configurable: 10, 20, 40, 80 MHz (for the default band)				
Modulation	MIMO-OFDM (BPSK/QPSK/16QAM/64QAM/256QAM)				
Adaptive Modulation & Coding	Supported				
Automatic Channel Selection	Supported upon power up				
DFS	Not Supported				
Diversity	Supported				
Spectrum Viewer	Supported				
Max Tx Power	24 dBm				
Duplex Technology	TDD				
Error Correction	FEC k = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6				
Encryption	AES 128				
Support Indoor units	RADWIN PoE devices (9921-102X)				
Uplink / Downlink Allocation	Configurable: Symmetric or Asymmetric				
QoS	Packet classification to 4 priority queues according to 802.1P or Diffserv				
VLAN Support	802.1Q, QinQ, 4094 VLANs				
TDD Intra Site Synchronization	Future support by software upgrade				
TDD Inter Site Synchronization	Supported through common GPS receiver per site (Future support by software upgrade)				
<b>Supported Bands</b>					
<b>Band</b>	<b>CBW 10MHz [GHz]</b>	<b>CBW 20MHz [GHz]</b>	<b>CBW 40MHz [GHz]</b>	<b>CBW 80MHz [GHz]</b>	<b>Radio Compliance</b>
5.4 GHz Universal (default)	5.470-5.725	5.465-5.730	5.455-5.740	5.455-5.760	Universal
5.8 GHz FCC/IC	5.730-5.845	5.730-5.845	5.730-5.845	5.730-5.845	FCC 47CFR Part 15.407, ISD RSS-247
4.9 GHz Universal	4.900-4.995	4.900-4.995	4.900-4.995	4.900-4.995	Universal
6.0 GHz Universal	5.695-6.055	5.690-6.060	5.680-6.070	5.680-6.090	Universal
5.9 GHz Universal	5.725-5.955	5.720-5.960	5.710-5.970	5.710-5.990	Universal
5.9 GHz Universal	5.725-5.850	5.725-5.850	5.725-5.850	5.725-5.850	Universal
5.1 GHz Universal	5.145-5.340	5.140-5.345	5.130-5.355	5.130-5.375	Universal
5.8 GHz MII	5.735-5.840	5.730-5.845	5.720-5.855	5.700-5.875	CMIIT RTA
<b>Mechanical</b>					
ODU Dimensions	18.2(w) x 18.2(h) x 6.0(d) cm				
ODU Weight	0.5 kg / 1.10 lbs				
<b>Power</b>					
Power Feeding	Power provided over ODU-IDU cable				
Power Consumption	<12W				
<b>Environmental</b>					
Operating Temperatures	-35°C to 60°C / -31°F to 140°F				
Humidity	100% condensing, IP66				
<b>Safety</b>					
US/CAN (cTUVus)	UL 60950-1, UL 60950-22, CAN/CSA C22.2 60950-1, CAN/CSA C22.2 60950-22				
CE/IEC	EN/IEC 60950-1, EN/IEC 60950-22				
<b>EMC</b>					
FCC	47 CFR, Part15, Subpart B, Class B				
ETSI	EN 300 386, EN 301 489-1, EN 301 489-4				
CAN/CSA-CEI/IEC	CISPR 22-2010 Class B				

## 4.9 GHz to 5.8 GHz 30 dBi Dual Polarity Dish Antenna Model: HG4958DP-30D

### Applications

- 5.1/5.3/5.4/5.8 GHz ISM and UNII Band Applications
- 4.9 GHz Public Safety Band
- MIMO and 802.11 n Applications
- WiMAX Applications
- Long Distance Backhaul and Point to Point Data Links

### Features

- Dual Polarity feed system
- Wide Bandwidth
- Aluminum reflector dish
- UV Stable light gray polymer finish
- Includes tilt and swivel mast mount kit



### Specifications

#### Mechanical Specifications

Connector Interface	N Female
Diameter	23.6 in (600mm)
Weight	13.45 lbs (6.1kg)
Mounting Mast Size	1.6 - 3 in (40-75mm)

#### Electrical Specifications

Frequency	4750 - 5850MHz
Gain	28(4.9-5.3GHz) - 30dBi (5.4 - 5.8GHz)
Polarization	Vertical and Horizontal
Horizontal /Vertical Beam-width	4.8°/ 4.9°
F/B ratio	>35dB
Cross-pol Isolation	>30dB
Max Input Power	100 watts
Impedance	50 Ohm

#### Wind Loading Data

Wind Speed (MPH)	Loading
100	113 lbs
125	177 lbs

## 4.9 GHz to 5.8 GHz 34 dBi Dual Polarity Dish Antenna Model: HG4958DP-34D

### Applications

- 5.1/5.3/5.4/5.8 GHz ISM and UNII Band Applications
- 4.9 GHz Public Safety Band
- MIMO and 802.11 n Applications
- WiMAX Applications
- Long Distance Backhaul and Point to Point Data Links

### Features

- Dual Polarity feed system
- Wide Bandwidth
- Aluminum reflector dish
- UV Stable light gray polymer finish
- Includes tilt and swivel mast mount kit



### Specifications

#### Mechanical Specifications

Connector Interface	N Female
Diameter	35.43 in (900mm)
Weight	21.16 lbs (9.6kg)
Mounting Mast Size	1.6 - 3 in (40-75mm)

#### Electrical Specifications

Frequency	4750 - 5850MHz
Gain	31(4.9-5.3GHz) - 34dBi (5.4 - 5.8GHz)
Polarization	Vertical and Horizontal
Horizontal / Vertical Beam-width	3.3°/ 3.3°
F/B ratio	>40dB
Cross-pol Isolation	>30dB
Max Input Power	100 watts
Impedance	50 Ohm

#### Wind Loading Data

Wind Speed (MPH)	Loading
100	266 lbs
125	400 lbs

## 6.9 Anexo 9: Datasheet de equipamiento para enlace microondas HUAWEI.

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.

### RTN 905



The RTN 905 is a new generation integrated microwave transmission system developed by Huawei, which can be installed easily and configured flexibly. It supports two radio links, and supports multiple protection schemes. The RTN 905 provides a generic platform for TDM/Hybrid/Packet/Route microwave transmission. The platform provide various service interfaces, large bandwidth, and easy scalability. The RTN 905 fully meets the needs of enterprise microwave transmission networks as well as smooth evolution towards the future.

#### Architecture



The RTN 905 adopts an integrated chassis with 1 U height. It belongs to Huawei RTN 900 split IP microwave series that consist of an indoor unit (IDU) and an outdoor unit (ODU). The RTN 905 provides various types of interfaces to flexibly support multiple services and two radio directions.

## Specifications

Deployment Scenario	Access site
Frequency	6 to 38 GHz
Channel Spacing	3.5/7/14/28/40/50/56 MHz
Modulation Mode	QPSK Strong, QPSK, 16QAM Strong, 16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM, 256QAM, 512QAM, 512QAM Light, 1024QAM, 1024QAM Light, 2048QAM
Number of RF Directions	2 RF@1 U
Air-Interface Capacity	504 to 636 Mbit/s per carrier (none-XPIC)
Native Ethernet Maximum Throughput	<ul style="list-style-type: none"> <li>Native Ethernet: 636 (Mbit/s)</li> <li>L2+L3 frame header compression (IPv6): 1000 (Mbit/s)</li> </ul>
Switching Capacity	8 Gbit/s
TDM Cross-connect Capacity	8 x 8 VC-4
Interface Type	E1, STM-1(e/o), FE(e/o), GE(e/o)
RF Configuration Mode	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 x (1+0)</li> <li>2+0</li> <li>1+1</li> <li>XPIC</li> </ul>
Ethernet Function	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ethernet II, IEEE 802.3, and IEEE 802.1q/p service format adding or deleting, and exchange VLAN tags (IEEE 802.1q/p)</li> <li>Supports flow control (IEEE 802.3x)</li> <li>Supports link aggregation groups (IEEE 802.3ad LAG and L1 LAG)</li> <li>RMON (IETF RFC 2815)</li> </ul>
Service Type	Native Ethernet services: E-Line service and E-LAN service
Key Feature	Sync. Eth. USB startup, PLA, AES-256 encryption, Anti-theft, 1+1, XPIC, AM, TDM, L3VPN, MPLS, PWE3, 1588V2
IDU Weight	3.1 kg
IDU Dimensions	442 mm x 220 mm x 44 mm
Environment	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperature: IDU -5°C to +60°C; ODU -35°C to +55°C</li> <li>Humidity: IDU 5% to 95%; ODU 5% to 100%</li> </ul>
Power	-38.4V to -57.6V
Typical Power Consumption	92 W
Certificates	CE, RCM, FCC, IC, ETL, MCMC

## New XMC-3 ODU Highlights

### Light and Small Size

- 2.5kg, 1.2L(13~38G)
- 2.8kg, 1.6L(7, 8G)  
easy for deployment

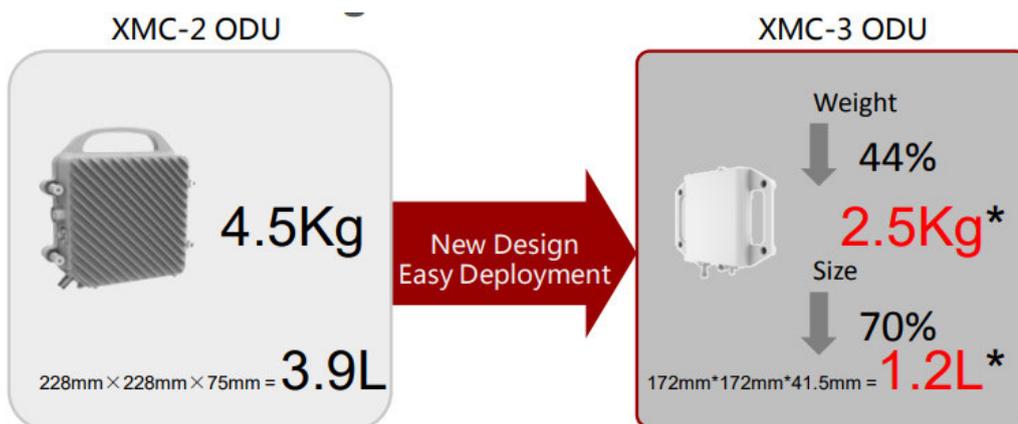
### Low Power Consumption

- <25 w (13~38G)
- <30 w (7,8G )  
more green

### High Modulation Scheme

Up to 4096QAM

- Frequency Band: 7/8/13/15/18/23/26/28/32/38GHz
- CS: 7/14/28/56/112MHz
- Only 32GHz support 112MHz



\* 13~38GHz



## Product Specifications



### AXXS03MAC-3NX

0.3 m, High Performance, Single-Polarized Class3 Modular Antenna, XX for 10W ~ 80GHz

#### ● General Specifications

Brand	UHP-M
Product Type	Microwave antenna

#### ● Electrical Specifications

Model Number	Frequency (GHz)	Gain (dBi)			HPBW (°)	XPD (dB)	F/B Ratio (dB)	VSWR max	Return Loss(dB)	ETSI Standard	Flange Type
		Low	Mid	High							
A10WS03MAC-3NX	10.125 ~ 11.7	28.7	29.4	30	5.5	30	55	1.3	17.7	Class 3	153IEC-R100
A13S03MAC-3NX	12.75 ~ 13.25	30.8	30.9	31	4.7	30	56	1.3	17.7	Class 3	153IEC-R120
A15S03MAC-3NX	14.4 ~ 15.35	32.1	32.3	32.5	4.1	30	60	1.3	17.7	Class 3	153IEC-R140
A18S03MAC-3NX	17.7 ~ 19.7	33.6	34.2	34.8	3.2	30	63	1.3	17.7	Class 3	153IEC-R220
A23S03MAC-3NX	21.2 ~ 23.6	35.3	35.8	36.2	2.7	30	62	1.3	17.7	Class 3	153IEC-R220
A26S03MAC-3NX	24.25 ~ 26.5	36.7	37.05	37.5	2.4	30	63	1.3	17.7	Class 3	153IEC-R220
A28S03MAC-3NX	27.5 ~ 29.5	37.7	38	38.3	2	30	64	1.3	17.7	Class 3	153IEC-R320
A32S03MAC-3NX	31.8 ~ 33.4	38.7	39	39.3	1.8	30	58	1.3	17.7	Class 3b	153IEC-R320
A38S03MAC-3NX	37 ~ 40	39.6	40.1	40.5	1.6	30	61	1.3	17.7	Class 3b	153IEC-R320
A42S03MAC-3NX	40.5 ~ 43.5	40.4	40.8	41.1	1.5	30	60	1.3	17.7	Class 3b	153IEC-R400
A80S03MAC-3NX	71 ~ 86	45	46	47	0.8	30	63	1.5	14	Class 3	153IEC-R740

#### ● Mechanical Specifications

Diameter (m)	0.3
Antenna Color (color charts)	Pantone Light Gray 1C
Reflector	One-piece reflector
Radome Color	White
Fine Azimuth Adjustment	±15°
Fine Elevation Adjustment	±15°
Diameter of mounting pipe (mm)	Φ51 to 114
Ice-load(mm)	25.4
Operational Temperature (°C)	-45 to +60



## Product Specifications



### AXXS06MAC-3NX

0.6 m, High Performance, Single-Polarized Class3 Modular Antenna, XX for 7W ~ 80GHz

#### General Specifications

Brand	UHP-M
Product Type	Microwave antenna

#### Electrical Specifications

Model Number	Frequency (GHz)	Gain (dBi)			HPBW (°)	XPD (dB)	F/B Ratio (dB)	VSWR max	Return Loss(dB)	ETSI Standard	Flange Type
		Low	Mid	High							
A7W506MAC-3NX	7.125 ~ 8.5	30.6	31	31.5	4.7	30	57	1.3	17.7	Class 3	1531EC-R84
A10W506MAC-3NX	10.125 ~ 11.7	33.5	34.5	35	3.3	30	61	1.3	17.7	Class 3	1531EC-R100
A13S06MAC-3NX	12.75 ~ 13.25	35.8	36	36.2	2.7	30	61	1.3	17.7	Class 3	1531EC-R120
A15S06MAC-3NX	14.4 ~ 15.35	36.5	36.8	37.2	2.4	30	65	1.3	17.7	Class 3	1531EC-R140
A18S06MAC-3NX	17.7 ~ 19.7	38.6	39.4	39.8	1.8	30	67	1.3	17.7	Class 3	1531EC-R220
A23S06MAC-3NX	21.2 ~ 23.6	40.2	40.7	41.2	1.55	30	66	1.3	17.7	Class 3	1531EC-R220
A26S06MAC-3NX	24.25 ~ 26.5	41.5	42	42.5	1.3	30	68	1.3	17.7	Class 3	1531EC-R220
A28S06MAC-3NX	27.5 ~ 29.5	42.5	42.8	43.2	1.2	30	69	1.3	17.7	Class 3	1531EC-R320
A32S06MAC-3NX	31.8 ~ 33.4	43.2	43.5	43.8	1.1	30	63	1.3	17.7	Class 3b	1531EC-R320
A38S06MAC-3NX	37 ~ 40	44.6	45.2	45.8	0.9	30	66	1.3	17.7	Class 3b	1531EC-R320
A42S06MAC-3NX	40.5 ~ 43.5	45.7	46	46.3	0.8	30	67	1.3	17.7	Class 3b	1531EC-R400
A80S06MAC-3NX	71 ~ 86	50	50.5	51	0.5	30	68	1.5	14	Class 3	1531EC-R740

#### Mechanical Specifications

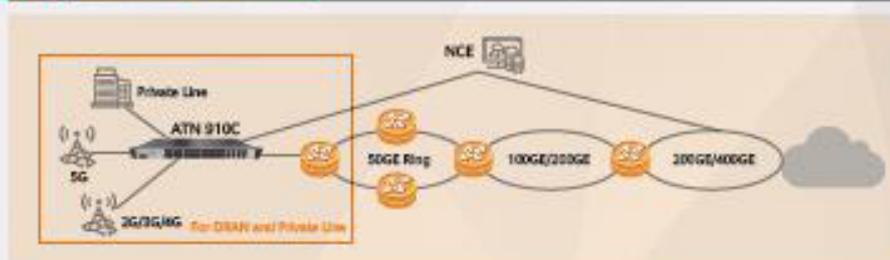
Diameter (m)	0.6
Antenna Color (color charts)	Pantone Light Gray 1C
Reflector	One-piece reflector
Radome Color	White
Fine Azimuth Adjustment	±15°
Fine Elevation Adjustment	±15°
Diameter of mounting pipe (mm)	Ø51 to 114
Ice-load(mm)	25.4
Operational Temperature (°C)	-45 to +60

## 6.10 Anexo 10: Datasheet de Router HUAWEI ATN910C-G

### Product Introduction

The ATN 910C-G is a case-shaped router designed for base station access and VIP private line services. It supports rich Layer 2 and Layer 3 features, as well as plug-and-play (PnP). The ATN 910C-G supports the working temperature of -40° C to +65° C. The 1 U-high router and wireless BBU are installed in the same cabinet, meeting the requirements for large-scale deployment of access devices and integrated service access. The ATN 910C-G provides a maximum of 16 high-density 10GE ports or 32 high-density GE ports, and supports 5G features such as SR/SRv6 and EVPN.

### Application Scenario



### Product Specifications

Dimensions (W x D x H)	442 mm × 220 mm × 4645 mm (1 U)
Weight (typical configuration)	3.6 kg
Port capability	16 x 10GE/GE/FE (optical) + 12 x GE/FE (optical) + 4 x GE/FE (electrical) ports
Working voltage	DC: -40V to -72V; AC: 100V to 240V
Power consumption	Maximum: 94.5 W Typical power consumption: 74.8 W
Layer 2 features	IEEE802.1q, IEEE802.1p, IEEE 802.3ad, IEEE 802.1ab, and STP/RSTP/MSTP
Layer 3 features	OSPF, RIP, IS-IS, BGP, ACL, IPv6, EVPE, ABR, VLANF, and VXLAN
MPLS features	LDP, RSVP-TE, L2VPN, L3VPN, seamless MPLS, mLDP, and P2MP
SR/EVPN features	SR/SRv6, SR Policy, EVPN L2VPN, EVPN VPLS, EVPN MPLS, and EVPN over SRv6
Multicast	IGMP, static multicast routing, PIM-SM/SSM, MBGP, and NG-MVPN
QoS	Five-level HQoS
OAM	Telemetry, BFD, ETH OAM (ERM, CFM, Y1731), BFD, NQA, RFC 2544, Y1564, and TWAMP
Clock	1588v2, 1588v2 and synchronous Ethernet clock
O&M	DHCP plug-and-play DCN plug-and-play ZTP
Operating temperature	-40°C to +65°C
Operating humidity	Long term: 5% RH to 95% RH, non-condensing

## 6.11 Anexo 11: Modelo de Datafill TX Fibra óptica

- **DF TX FO (Datafill de Transporte Fibra Óptica).** Este Datafill contiene:
  - Código y nombre de lado A (Near end) y del lado B (Far end).
  - Coordenadas exactas de Near end y Far end.
  - Tipo de site (Small-cell, Mini-macro o Macrocelda) y su respectivo vendor RAN.
  - Nombre y puerto del Router backhaul donde se configura la gestión.
  - Segmento IP máscara 30 (/30) para WAN de router backhaul y sus respectivas Loopback.
  - Puerto, vlan y capacidad del proveedor tercero que ofrece el transporte.

**Tabla 19. Datafill FO de estación C\_CAUDALOSA\_CHICA\_HU38**

Fuente: Datafill FO de IPT

Elaboración: Propia

Proyecto	Codigo (Near End)	Nombre (Near End)	Zona	Tipo Estacion	Vendor RAN	Medio TX	Latitud	Longitud
PROYECTO BAJAS 2021	HU00180	C_CAUDALOSA CHICA_HU38	CENTRO	MINI-MACRO	HUAWEI	FO	-13.068	-74.98122

Vendor	Model	Router name	Service IP	Management IP	Wan IP
HUAWEI	ATN 910C-F	HNV_GWT_ATN910C_IPT C_CAUDALOSA_CHICA_HU38	10.115.107.153	10.125.53.153	10.114.179.104/30

Site id (Far end)	Site name (Far end)	Provider (Far end)	Latitud	Longitud	Port	BW [Mbps]	Vlan
HC-0112	HUACHOCOLPA (@HUANCAVELICA)	GILAT	-13.0324	-74.95011	1/1/4	650	2721

## 6.12 Anexo 12: Modelo de Datafill TX Microondas

- **DF TX MW (Datafill de Transporte Microondas).** Este Datafill contiene:
  - Código y nombre de lado A (Near end) y del lado B (Far end).
  - Coordenadas exactas de Near end y Far end.
  - Tipo de site (Small-cell, Mini-macro o Macrocelda) y su respectivo vendor RAN.

- Nombre y puerto del Router backhaul donde se configura la gestión.
- Segmento IP máscara 30 (/30) para WAN de router backhaul y sus respectivas Loopback.
- Puerto, vlan y capacidad del proveedor tercero que ofrece el transporte.
- Segmento IP máscara 29 (/29) y Vlan, necesarios para la gestión del enlace microondas.
- Asignación de IP's para cada equipo del enlace.
- Diámetro de antena.
- Vendor y Modelo del enlace microondas.
- Altura de antenas y azimut para Near end y Far end.
- Polarización y configuración de radio (Generalmente vertical y 1+0).
- Banda y frecuencias asignadas.
- Modulación, ancho de banda, capacidad de enlace, potencias de transmisión, de recepción y disponibilidad del enlace. Cabe recalcar que estos parámetros se obtienen a partir del Link Budget (presupuesto de enlace) el cual es simulado mediante el software Pathloss5.

**Tabla 20. Datafill MW de estación C\_PAMPAMARCA\_AY16**

Fuente: Datafill MW de IPT

Elaboración: Propia

Proyecto	Código Unico (Near End)	Nombre (Near End)	Zona	Tipo Estacion	Vendor RAN	Medio TX Final
PROYECTO BAJAS 2021	AY00102	C_PAMPAMARCA_AY16	CENTRO	MINI-MACRO	Ericsson	MW

Vendor	Model	Equipment Name	Service IP	Management IP	Wan IP
HUAWEI	ATN 910C-F	AYA_GWT_ATN910C_IPT C_PAMPAMARCA_AY16	10.115.93.221	10.123.14.221	10.114.176.128/30

SITE ID (Far end)	SITE NAME (Far end)	PROVIDER (Far end)	PORT	BW [Mbps]	VLAN
AY-0374	REP1-124	GILAT	1/16	50	2748

Subnet OyM Tx	Default Router OyM	Broadcast OyM address	OyM Tx Prefix Length	OyM Tx Netmask	OyM Tx VLAN ID
10.69.99.8	10.69.99.9	10.69.99.15	/29	255.255.255.248	Vlan: 600
SITE A	VLAN O&M	SITE ID	SITE NAME	LATITUDE	LONGITUDE
10.69.99.11	600	AY00102	C_PAMPAMARCA_AY16	-13.44758	-74.34942
SITE B	VLAN O&M	SITE ID	SITE NAME	LATITUDE	LONGITUDE
10.69.99.10	600	AY-0374	REP1-124	-13.20675	-74.34101

DIAMETRO A	MODELO A	ALTURA A	AZIMUT A	DIAMETRO B	MODELO B	ALTURA B	AZIMUT B
0.9	RTN905	15	1.94	0.9	RTN905	25	181.94

Distancia [km]	Config.	Banda	Frecuency Tx - Rx	Modulation	Band width [Mhz]	Capacity [Mbps]	Ptx	Rx level dbm	Fade margin [dbm]	Availability [%]
26.79	1+0	7GHz	7484 - 7638	128QAM	56	323	26	-51.54	17.96	99.99972

### 6.13 Anexo 13: Modelo de Datafill TX para Servicios en site Mini-Macro Huawei.

- **DF TX SERVICIOS (Datafill de Servicios).** Para la integración de servicios, el Datafill contiene:
  - Código y nombre de lado A (Near end)
  - Tipo de site (Small-cell, Mini-macro o Macrocelda) y su respectivo vendor RAN.
  - Nombre y puerto del Router backhaul donde se configura la gestión.
  - Segmento IP máscara 30 (/30) y vlan, necesarios para el servicio 2G.
  - Segmento IP máscara 30 (/30) y vlan, necesarios para el servicio 3G.
  - Segmento IP máscara 30 (/30) y vlan, necesarios para el sincronismo del servicio 4G (en sitios Mini-macro o Macrocelda).
  - IP's de PTP primario y secundario, los cuales son el destino del sincronismo (en sitios Mini-macro o Macrocelda).
  - Segmento IP máscara 30 (/30) y vlan, necesarios para el Control Plane del servicio 4G (en sitios Mini-macro o Macrocelda).
  - Segmento IP máscara 30 (/30) y vlan, necesarios para el User Plane del servicio 4G (en sitios Mini-macro o Macrocelda).
  - Segmento IP máscara 30 (/30) y vlan, necesarios para la gestión 4G (en sitios Mini-macro o Macrocelda).
  - Segmento IP máscara 30 (/30) y vlan, necesarios para la gestión y servicio 4G (en sitios Small-cell).
  - Segmento IP máscara 30 (/30) y vlan, necesarios para la gestión rectificadores de energía.

**Tabla 21. Datafill de servicios de estación C\_PICHUGAN\_CA02**

Fuente: Datafill de Servicios de IPT

Elaboración: Propia

Codigo Unico Estacion	Nombre Estacion	Zona	Tipo Estacion Base	Vendor RAN	Medio TX Final	Tecnologia Final
CA00156	C_PICHUGAN_CA02	NORTE	MINI-MACRO	HUAWEI	MW	2G+4G
<b>2G GSM</b>						
ABIS subnet	Default Router Abis IP address	Abis IP address (BTS/FEMTO)	Broadcast Abis IP address	Abis Prefix Length	Abis Netmask	AbisVLAN ID
10.162.134.136	10.162.134.137	10.162.134.138	10.162.134.139	/30	255.255.255.252	200
<b>SYNC</b>						
SP subnet	Default Router SP IP address	SP IP address	Broadcast SP IP address	SP Prefix Length	SP Netmask	SP VLAN ID
10.162.135.140	10.162.135.141	10.162.135.142	10.162.135.143	/30	255.255.255.252	824
<b>LTE CP</b>						
S1-CP subnet	Default Router S1-CP IP address	S1-CP IP address	Broadcast S1-CP IP address	S1-CP Prefix Length	S1-CP Netmask	S1-CP VLAN ID
10.167.0.84	10.167.0.85	10.167.0.86	10.167.0.87	/30	255.255.255.252	822
<b>LTE UP</b>						
S1-UP subnet	Default Router S1-UP IP address	S1-UP IP address	Broadcast S1 IP address	S1-UP Prefix Length	S1-UP Netmask	S1-UP VLAN ID
10.166.0.84	10.166.0.85	10.166.0.86	10.166.0.87	/30	255.255.255.252	823
<b>OyM</b>						
OAM subnet2	Default Router OAM IP address	OAM IP address3	Broadcast OAM IP address4	OAM Prefix Length	OAM Netmask5	OAM VLAN ID 6
10.15.200.12	10.15.200.13	10.15.200.14	10.15.200.15	/30	255.255.255.252	825
<b>Gestión de Rectificadores</b>						
Subnet	Default Router IP address	IP address	Broadcast IP address	Prefix Length	Netmask	VLAN ID
10.69.132.20	10.69.132.21	10.69.132.22	10.69.132.23	/30	255.255.255.252	840

#### 6.14 Anexo 14: Modelo de Datafill TX para Servicios en site Small-Cell Parallel Wireless.

**Tabla 22. Datafill de servicios de estación C\_TAURIBAMBA\_HU06**

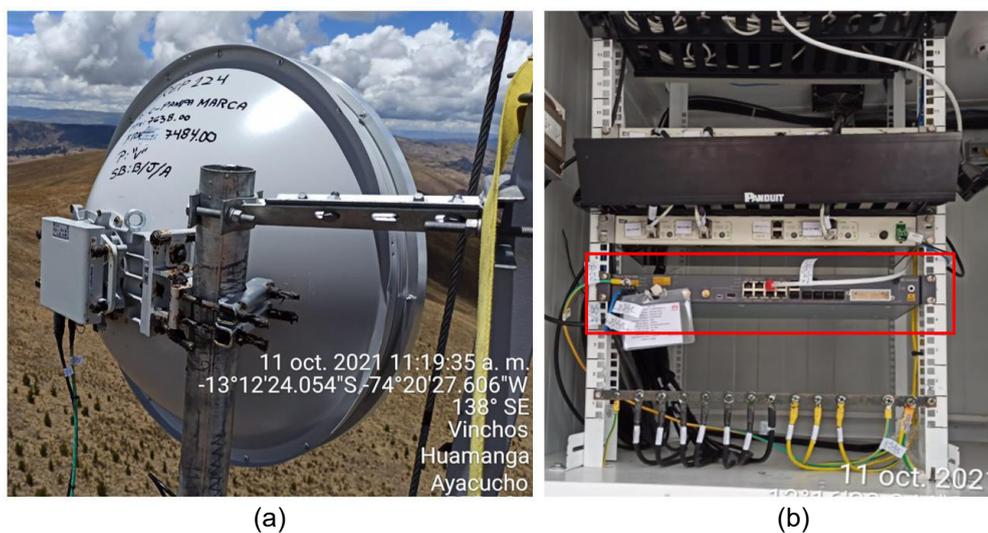
Fuente: Datafill de Servicios de IPT

Elaboración: Propia

Codigo Unico Estacion	Nombre Estacion	Zona	Tipo Estacion Base	Vendor RAN	Medio TX Final	Tecnologia Final
HU00168	C_TAURIBAMBA_HU06	CENTRO	SMALL-CELL	PW	MW	2G+4G
<b>2G GSM</b>						
ABIS subnet	Default Router-Abis IP address	Abis IP address (FEMTO)	Broadcast Abis IP address	Abis Prefix Length	Abis Netmask	Abis VLAN ID
10.162.124.80	10.162.124.81	10.162.124.82	10.162.124.83	/30	255.255.255.252	200
<b>LTE Parallel Wireless</b>						

S1-UP+CP subnet	Default Router S1-UP+CP IP address	S1-UP+CP IP address	Broadcast S1 UP+CP IP address	S1-UP+CP Prefix Length	S1-UP+CP Netmask	S1-UP VLAN ID
10.14.210.128	10.14.210.129	10.14.210.130	10.14.210.131	/30	255.255.255.252	833
Gestión de Rectificadores						
Subnet	Default Router IP address	IP address	Broadcast IP address	Prefix Length	Netmask	VLAN ID
10.69.133.64	10.69.133.65	10.69.133.66	10.69.133.67	/30	255.255.255.252	840

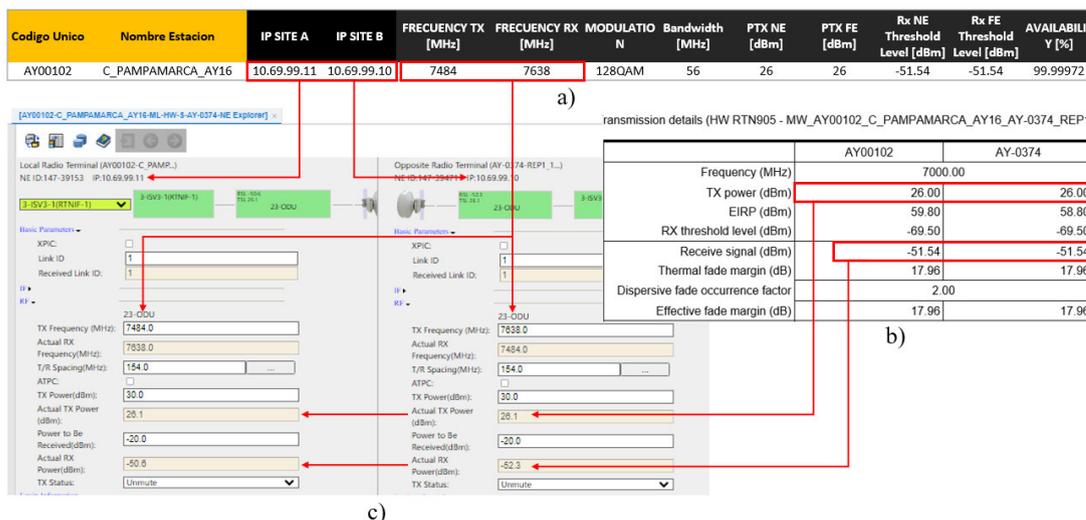
## 6.15 Anexo 15: Imágenes complementarias de instalación e integración de transporte.



**Figura 31. Equipamiento microondas instalado a) Antena y ODU en torre, b) IDU en gabinete**

Fuente: TSS de estación C\_PAMPAMARCA\_AY16

Elaboración: Propia



**Figura 32. Recursos para configuración de enlace MW a) Datafill, b) Enlace Budget y c) Resultados en plataforma NCE**

Fuente: Datafill y Link Budget realizados por Ingeniería IPT, plataforma NCE  
 Elaboración: Propia

### 6.16 Anexo 16: Imágenes complementarias de migración de servicios.

```
[PRODUCCION edgarsilverio@hng02:~]# ping -I 10.10.4.36 10.14.201.165
PING 10.14.201.165 (10.14.201.165) from 10.10.4.36 : 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.14.201.165: icmp_seq=1 ttl=248 time=71.5 ms
64 bytes from 10.14.201.165: icmp_seq=2 ttl=248 time=64.9 ms
64 bytes from 10.14.201.165: icmp_seq=3 ttl=248 time=50.0 ms
^C
--- 10.14.201.165 ping statistics ---
5 packets transmitted, 3 received, 40% packet loss, time 4003ms
rtt min/avg/max/mdev = 50.080/62.202/71.544/8.985 ms
[PRODUCCION edgarsilverio@hng02:~]# ping -I 10.10.4.36 10.14.201.166
PING 10.14.201.166 (10.14.201.166) from 10.10.4.36 : 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.14.201.166: icmp_seq=1 ttl=56 time=51.6 ms
64 bytes from 10.14.201.166: icmp_seq=2 ttl=56 time=49.8 ms
64 bytes from 10.14.201.166: icmp_seq=4 ttl=56 time=49.4 ms
64 bytes from 10.14.201.166: icmp_seq=5 ttl=56 time=52.5 ms
64 bytes from 10.14.201.166: icmp_seq=6 ttl=56 time=52.7 ms
^C
--- 10.14.201.166 ping statistics ---
6 packets transmitted, 5 received, 16% packet loss, time 5006ms
```

**Figura 33. Prueba de conectividad 4G desde equipo Parallel Wireless hacia controlador HNG en estación C\_SANCARLOS\_SM**

Fuente: Informe de Instalación de estación C\_SANCARLOS\_SM  
 Elaboración: Propia



**Figura 34. Conexión a nuevo puerto de router en estación  
C\_SANCARLOS\_SM**

Fuente: Informe de Instalación de estación C\_SANCARLOS\_SM  
Elaboración: Propia



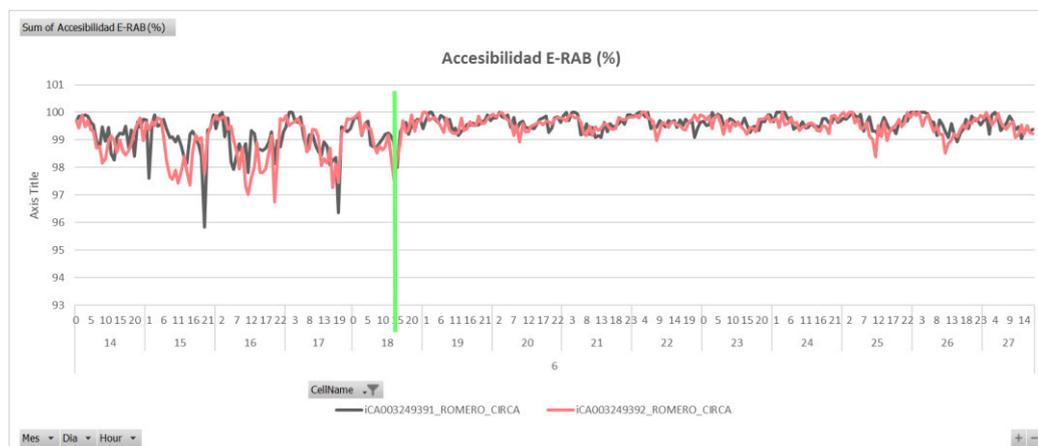
(a)

(b)

**Figura 35. Pruebas de GNTrack y SpeedTest en estación  
C\_SANCARLOS\_SM a) en 3G, b) en 4G**

Fuente: Informe de Instalación de estación C\_SANCARLOS\_SM  
Elaboración: Propia

## 6.17 Anexo 17: Monitoreo de Accesibilidad E-RAB (%)



**Figura 36. Gráfica de Accesibilidad E-RAB de estación CA00324**

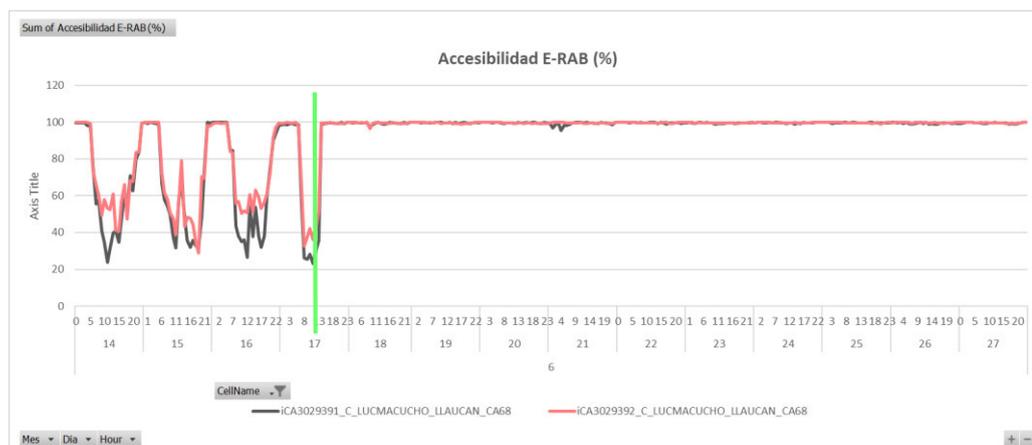
Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

El site CA00324 C\_ROMERO\_CIRCA\_CA04 es de un tipo de estación MINI-MACRO y su vendor es Huawei. La fecha de migración de transporte satelital a terrestre de este site fue el 18 de junio del 2021 (marcado como una barra vertical en la gráfica), fecha a partir de la cual se observan mejoras en el desempeño del KPI Accesibilidad E-RAB. Se realiza una estimación del incremento de los KPI's, comparando el valor promedio de lo registrado cuatro días antes de la migración y el valor promedio de lo registrado cuatro días después de la migración (incluyendo el día mismo de la migración). Con este cálculo se obtendrá el porcentaje de incremento de cada KPI.

$$\% \text{ de Incremento} = \frac{\text{Promedio 4 días después} - \text{Promedio 4 días antes}}{\text{Promedio 4 días antes}}$$

$$\% \text{ de Incremento} = \frac{99.5374 - 98.4974}{98.4974} = 1.06\%$$

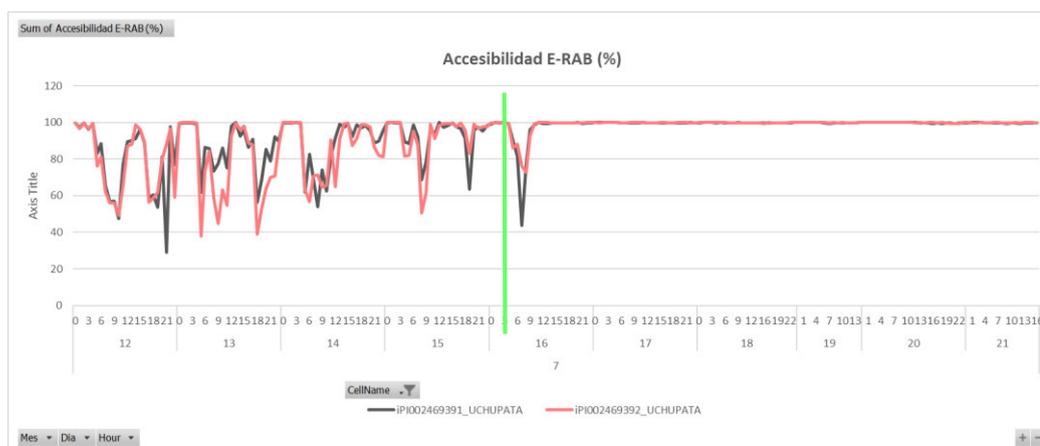
Para el caso de esta estación, el KPI Accesibilidad E-RAB (%) mejoró en un **1.06%** luego de la migración de transporte.



**Figura 37. Gráfica de Accesibilidad E-RAB de estación CA00302**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

El site CA00302 C\_LUCMACUCHO\_LLAUCAN\_CA68 es de un tipo de estación MINI-MACRO y su vendor es Huawei. La fecha de migración de transporte satelital a terrestre de esta estación fue el 17 de Junio de 2021, fecha a partir de la cual se observan incrementos en el desempeño del KPI Accesibilidad E-RAB. Para el caso de esta estación, siguiendo la fórmula del porcentaje de incremento, el KPI Accesibilidad E-RAB (%) mejoró en un **102.63%** luego de la migración de transporte.



**Figura 38. Gráfica de Accesibilidad E-RAB de estación PI00246**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

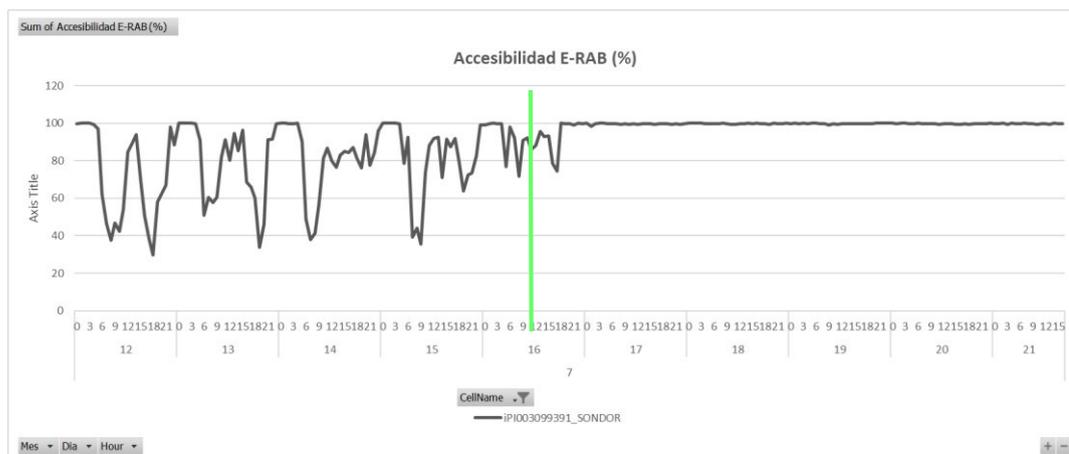
El site PI00246C\_UCHUPATA es de un tipo de estación MINI-MACRO y su vendedor es Huawei. La fecha de migración de transporte satelital a terrestre de esta estación fue el 16 de Julio de 2021, fecha a partir de la cual se observan incrementos en el desempeño del KPI Accesibilidad E-RAB. Para el caso de esta estación, siguiendo la fórmula del porcentaje de incremento, el KPI Accesibilidad E-RAB (%) mejoró en un **28.61%** luego de la migración de transporte.



**Figura 39. Gráfica de Accesibilidad E-RAB de estación PI00251**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

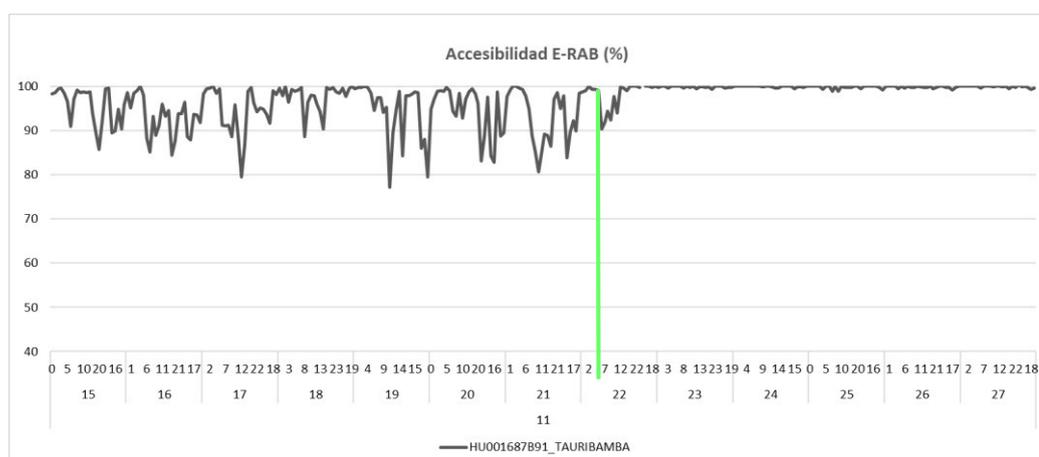
El site PI00251C\_IMBO es de un tipo de estación MINI-MACRO y su vendedor es Huawei. La fecha de esta estación fue el 17 de Julio de 2021, fecha a partir de la cual se observan incrementos en el desempeño del KPI Accesibilidad E-RAB. Para el caso de esta estación, siguiendo la fórmula del porcentaje de incremento, el KPI Accesibilidad E-RAB (%) mejoró en un **8.78%** luego de la migración de transporte.



**Figura 40. Gráfica de Accesibilidad E-RAB de estación PI00309**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

El site PI00309C\_SONDOR\_PI01 es de un tipo de estación MINI-MACRO y su vendedor es Huawei. La fecha de migración de transporte satelital a terrestre de esta estación fue el 16 de Julio de 2021, fecha a partir de la cual se observan incrementos en el desempeño del KPI Accesibilidad E-RAB. Para el caso de esta estación, siguiendo la fórmula del porcentaje de incremento, el KPI Accesibilidad E-RAB (%) mejoró en un **46.5%** luego de la migración de transporte.

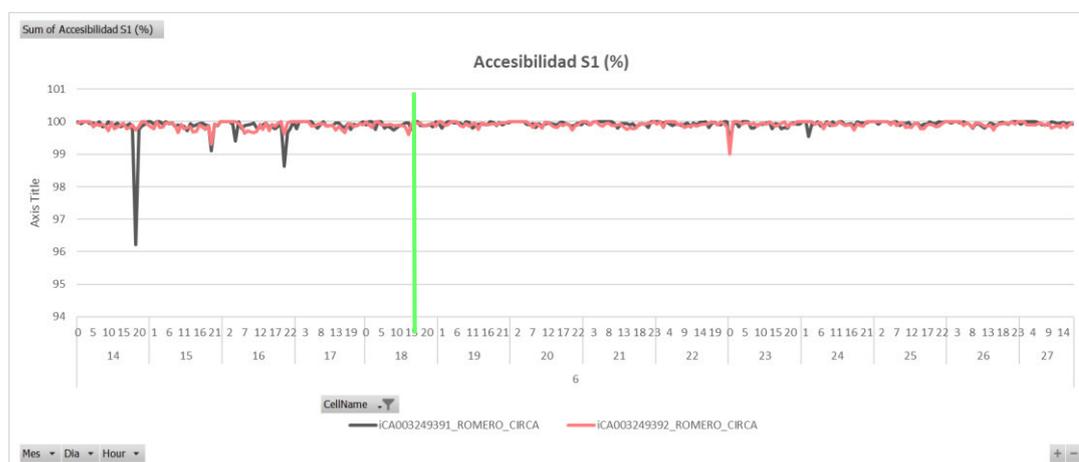


**Figura 41. Gráfica de Accesibilidad E-RAB de estación HU00168**

Fuente: Plataforma UniManage, gestor de Parallel Wireless (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

El site HU00168C\_Tauribamba\_HU06 es de un tipo de estación SMALL-CELL y su vendor es Parallel Wireless. La fecha de migración de transporte satelital a terrestre de esta estación fue el 22 de Noviembre de 2021, fecha a partir de la cual se observan incrementos en el desempeño del KPI Accesibilidad E-RAB. Para el caso de esta estación, siguiendo la fórmula del porcentaje de incremento, el KPI Accesibilidad E-RAB (%) mejoró en un 12.13% luego de la migración de transporte.

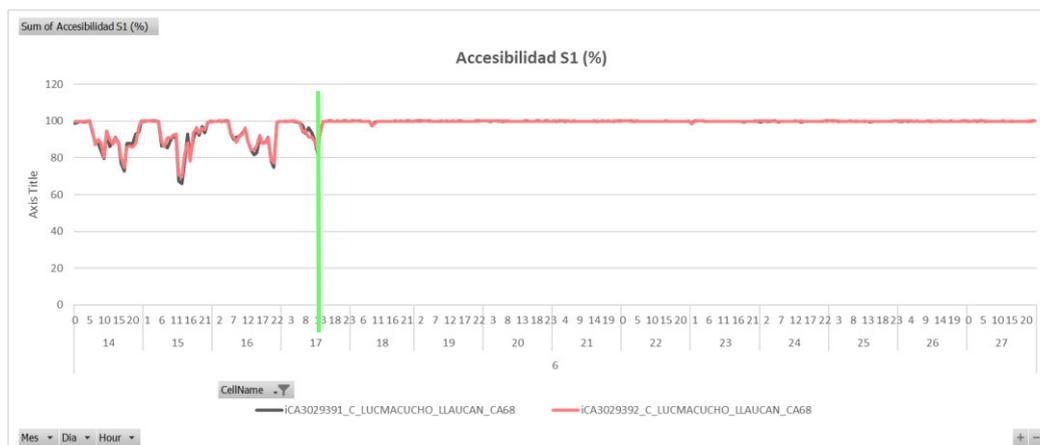
### 6.18 Anexo 18: Monitoreo de Accesibilidad S1 (%)



**Figura 42. Gráfica de Accesibilidad S1 de estación CA00324**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

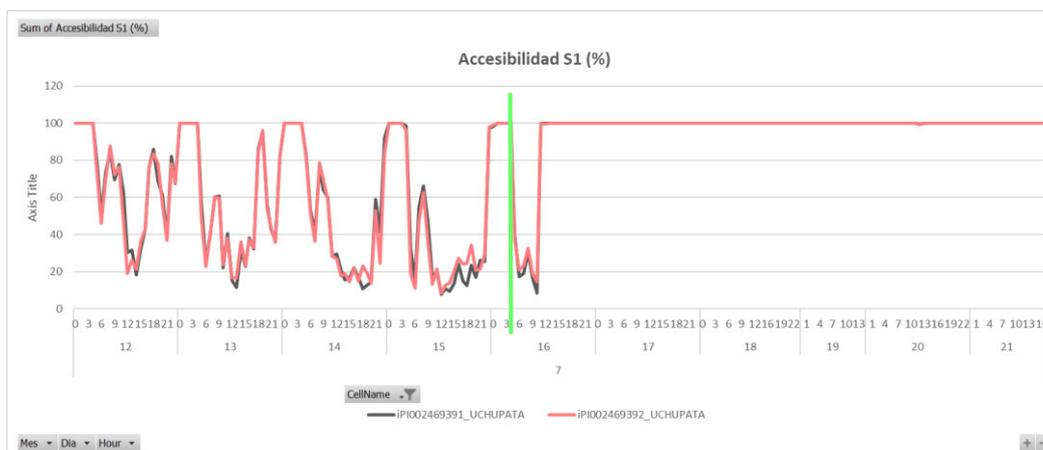
La fecha de migración de esta estación fue el 18 de Junio de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Accesibilidad S1. Para el caso de esta estación, el KPI Accesibilidad S1 (%) mejoró en un **0.47%** luego de la migración de transporte.



**Figura 43. Gráfica de Accesibilidad S1 de estación CA00302**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

La fecha de migración de esta estación fue el 17 de Junio de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Accesibilidad S1. Para el caso de esta estación, el KPI Accesibilidad S1 (%) mejoró en un **10.55%** luego de la migración de transporte.

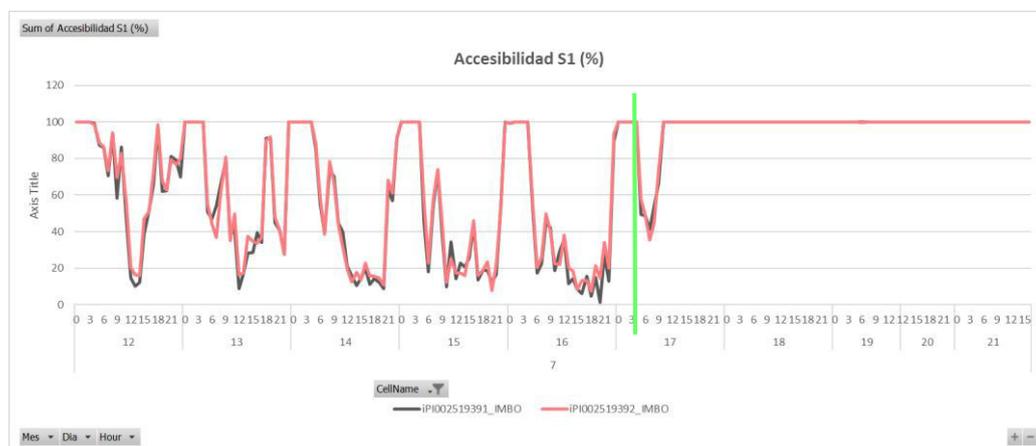


**Figura 44. Gráfica de Accesibilidad S1 de estación PI00246**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

La fecha de migración de esta estación fue el 16 de Julio de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Accesibilidad S1. Para el caso

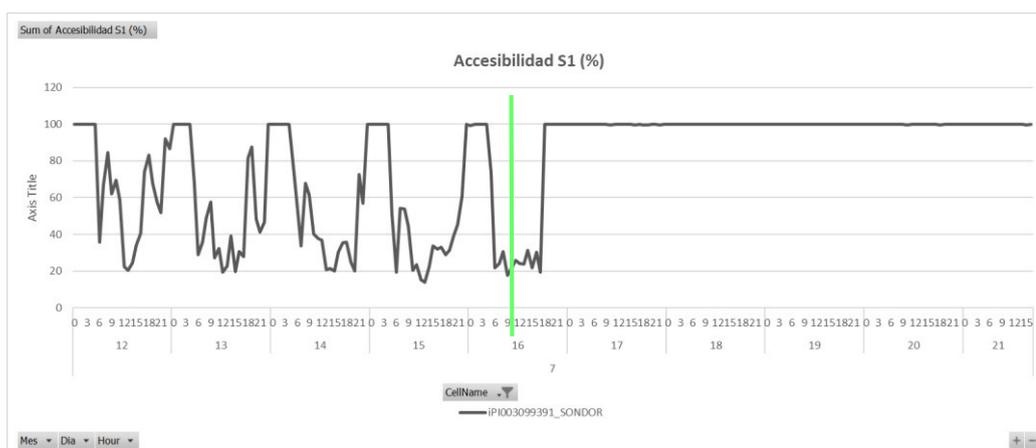
de esta estación, el KPI Accesibilidad S1 (%) mejoró en un 112.91% luego de la migración de transporte.



**Figura 45. Gráfica de Accesibilidad S1 de estación PI00251**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

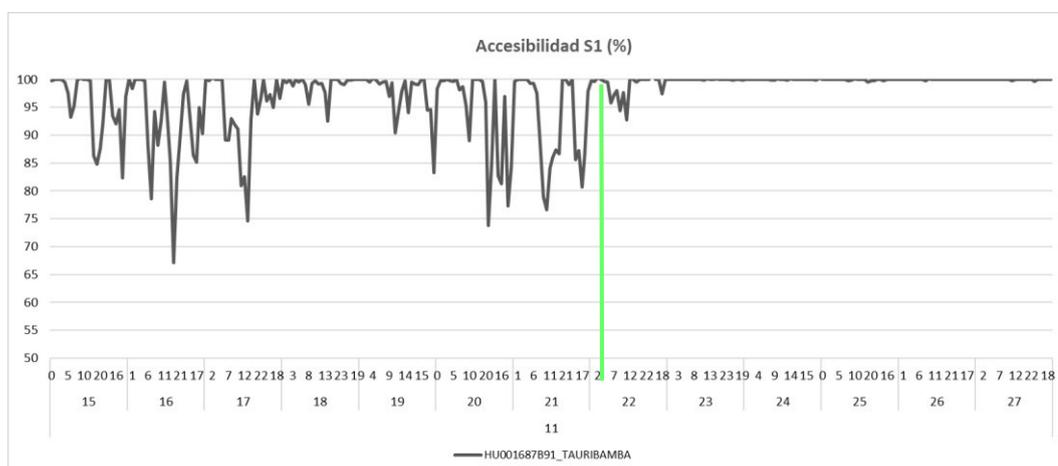
La fecha de migración de esta estación fue el 17 de Julio de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Accesibilidad S1. Para el caso de esta estación, el KPI Accesibilidad S1 (%) mejoró en un **470.38%** luego de la migración de transporte.



**Figura 46. Gráfica de Accesibilidad S1 de estación PI00309**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

La fecha de migración de esta estación fue el 16 de Julio de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Accesibilidad S1. Para el caso de esta estación, el KPI Accesibilidad S1 (%) mejoró en un **108.08%** luego de la migración de transporte.

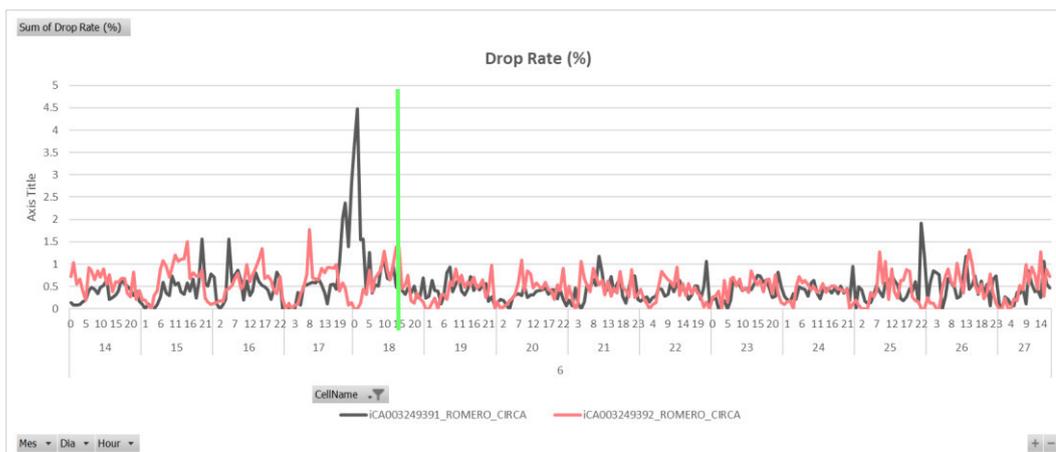


**Figura 47. Gráfica de Accesibilidad S1 de estación HU00168**

Fuente: Plataforma UniManage, gestor de Parallel Wireless (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

La fecha de migración de esta estación fue el 22 de Noviembre de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Accesibilidad S1. Para el caso de esta estación, el KPI Accesibilidad S1 (%) mejoró en un **12.93%** luego de la migración de transporte.

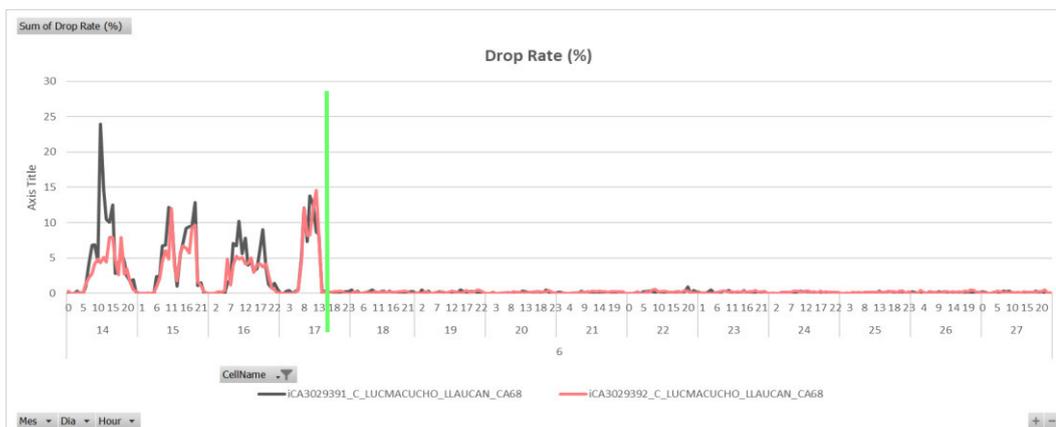
## 6.19 Anexo 19: Monitoreo de Drop Rate (%).



**Figura 48. Gráfica de Drop Rate de estación CA00324**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

La fecha de migración de esta estación fue el 18 de Junio de 2021, fecha en la cual se observan mejoras en el KPI Drop Rate. Para el caso de esta estación, el KPI Drop Rate (%) mejoró en un **35.97%** luego de la migración de transporte.

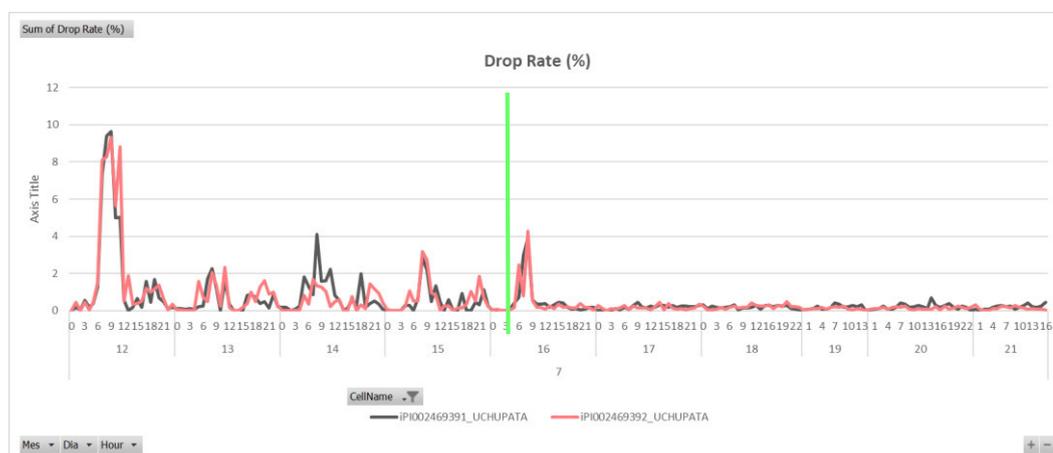


**Figura 49. Gráfica de Drop Rate de estación CA00302**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

La fecha de migración de esta estación fue el 17 de Junio de 2021, fecha en la cual se observan mejoras en el KPI Drop Rate. Para el caso de esta estación, el KPI Drop Rate (%) mejoró en un **97.20%** luego de la migración de

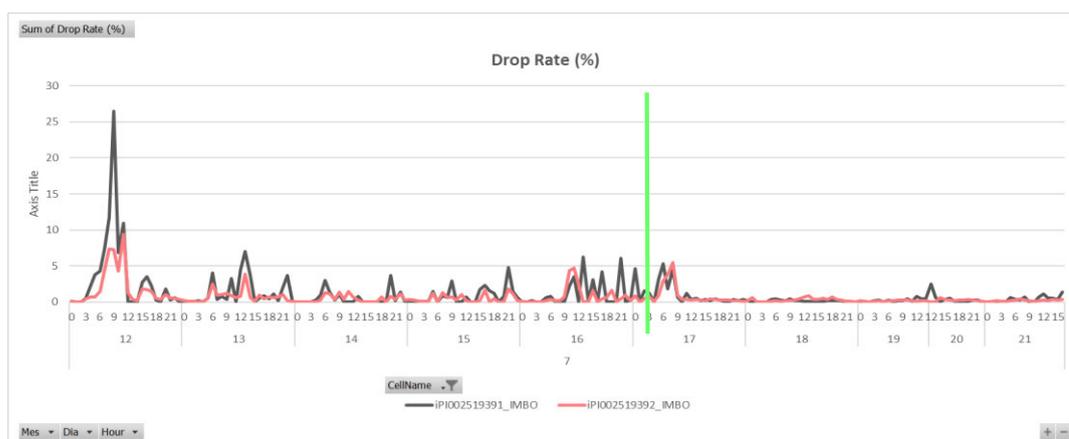
transporte.



**Figura 50. Gráfica de Drop Rate de estación PI00246**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

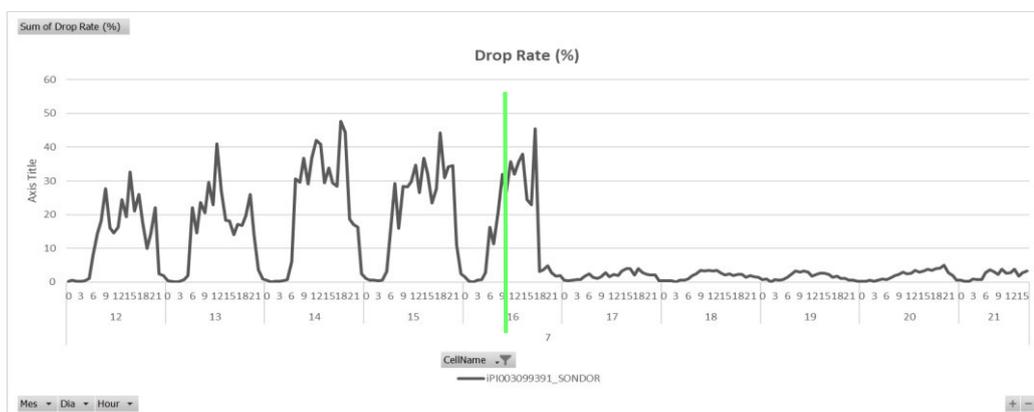
La fecha de migración de esta estación fue el 16 de Julio de 2021, fecha en la cual se observan mejoras en el KPI Drop Rate. Para el caso de esta estación, el KPI Drop Rate (%) mejoró en un **63.22%** luego de la migración de transporte.



**Figura 51. Gráfica de Drop Rate de estación PI00251**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

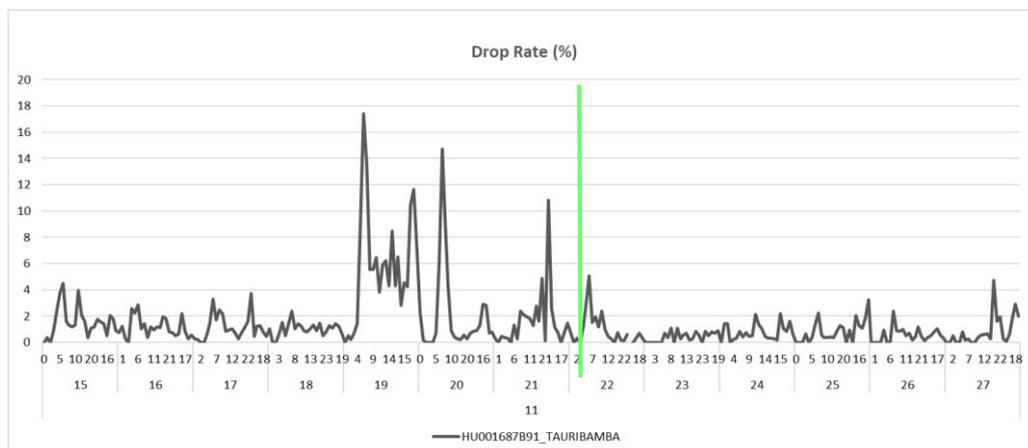
La fecha de migración de esta estación fue el 17 de Julio de 2021, fecha en la cual se observan mejoras en el KPI Drop Rate. Para el caso de esta estación, el KPI Drop Rate (%) mejoró en un **12.90%** luego de la migración de transporte.



**Figura 52. Gráfica de Drop Rate de estación PI00309**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

La fecha de migración de esta estación fue el 16 de Julio de 2021, fecha en la cual se observan mejoras en el KPI Drop Rate. Para el caso de esta estación, el KPI Drop Rate (%) mejoró en un **90.76%** luego de la migración de transporte.

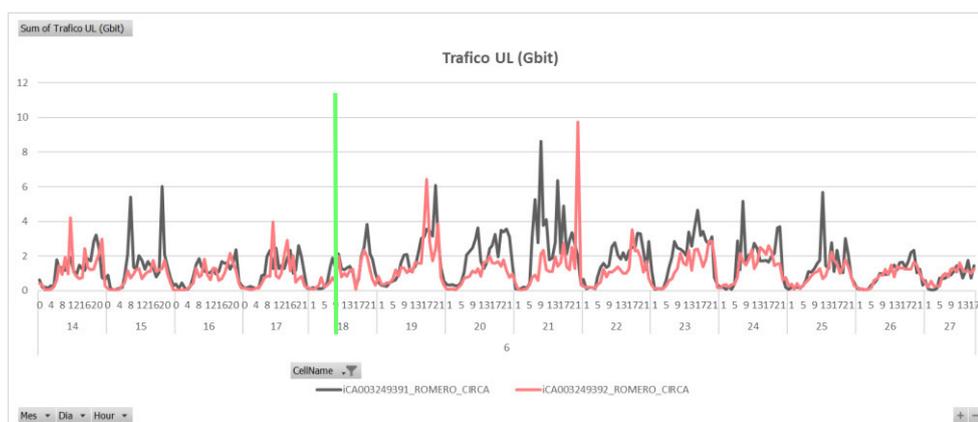


**Figura 53. Gráfica de Drop Rate de estación HU00168**

Fuente: Plataforma UniManage, gestor de Parallel Wireless (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

La fecha de migración de esta estación fue el 22 de Noviembre de 2021, fecha en la cual se observan mejoras en el KPI Drop Rate. Para el caso de esta estación, el KPI Drop Rate (%) mejoró en un **80.41%** luego de la migración de transporte.

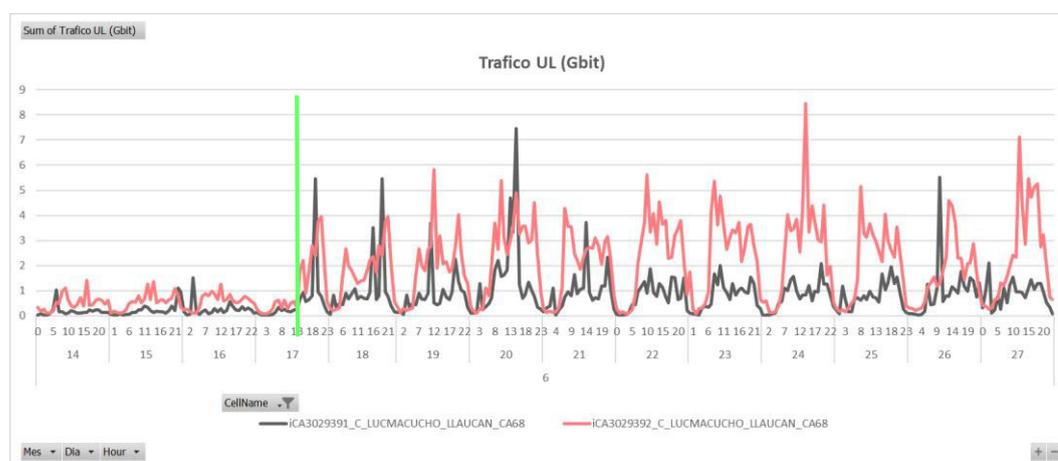
## 6.20 Anexo 20: Monitoreo de Trafico UL (Gbit).



**Figura 54. Gráfica de Trafico UL de estación CA00324**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

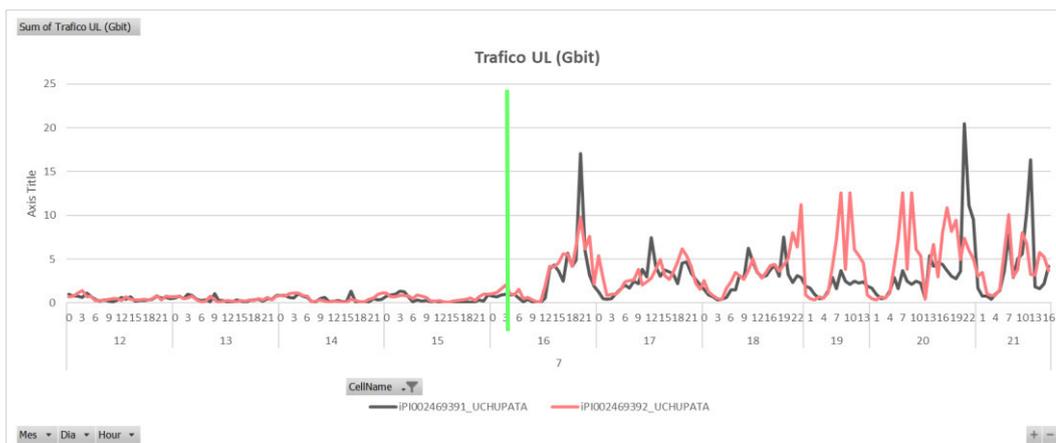
La fecha de migración de esta estación fue el 18 de Junio de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Trafico UL. Para el caso de esta estación, el KPI Trafico UL (Gbit) mejoró en un **13.85%** luego de la migración de transporte.



**Figura 55. Gráfica de Trafico UL de estación CA00302**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

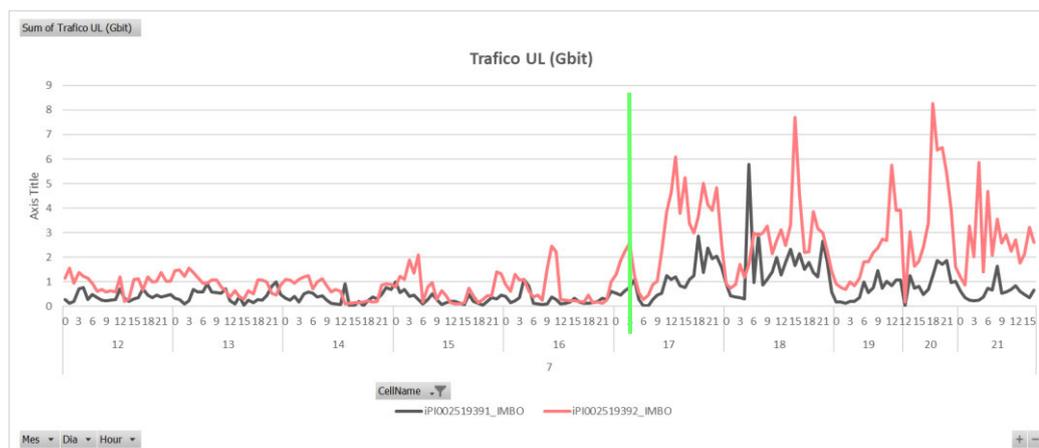
La fecha de migración de esta estación fue el 17 de Junio de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Trafico UL. Para el caso de esta estación, el KPI Trafico UL (Gbit) mejoró en un **756.65%** luego de la migración de transporte.



**Figura 56. Gráfica de Trafico UL de estación PI00246**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

La fecha de migración de esta estación fue el 16 de Julio de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Trafico UL. Para el caso de esta estación, el KPI Trafico UL (Gbit) mejoró en un **741.89%** luego de la migración de transporte

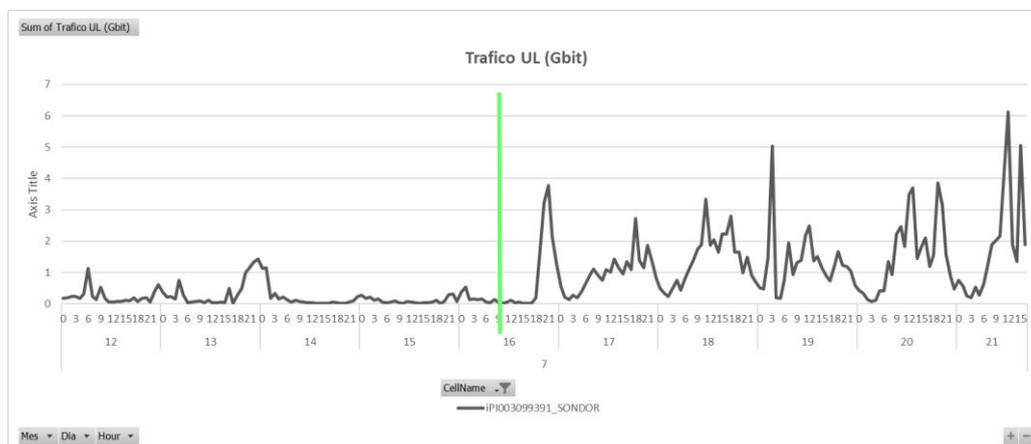


**Figura 57. Gráfica de Trafico UL de estación PI00251**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

La fecha de migración de esta estación fue el 17 de Julio de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Trafico UL. Para el caso de esta

estación, el KPI Trafico UL (Gbit) mejoró en un **255.94%** luego de la migración de transporte.

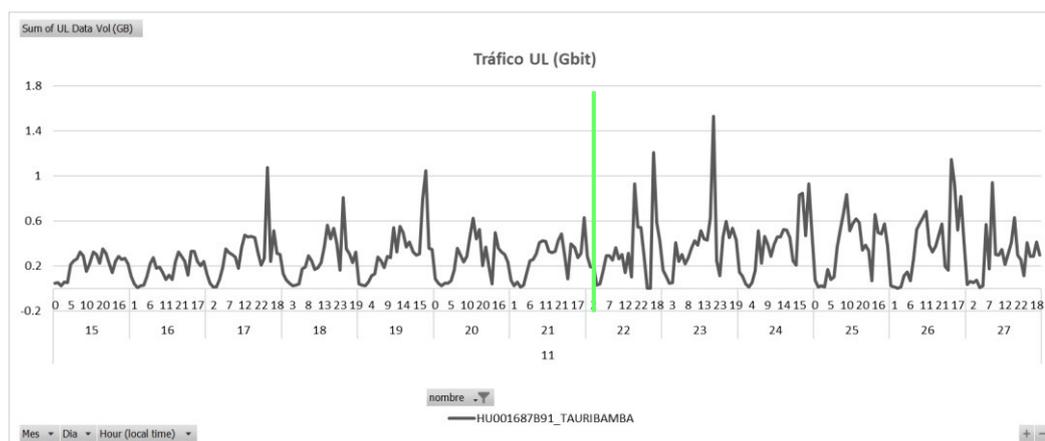


**Figura 58. Gráfica de Trafico UL de estación PI00309**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).

Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

La fecha de migración de esta estación fue el 16 de Julio de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Trafico UL. Para el caso de esta estación, el KPI Trafico UL (Gbit) mejoró en un **656.79%** luego de la migración de transporte.



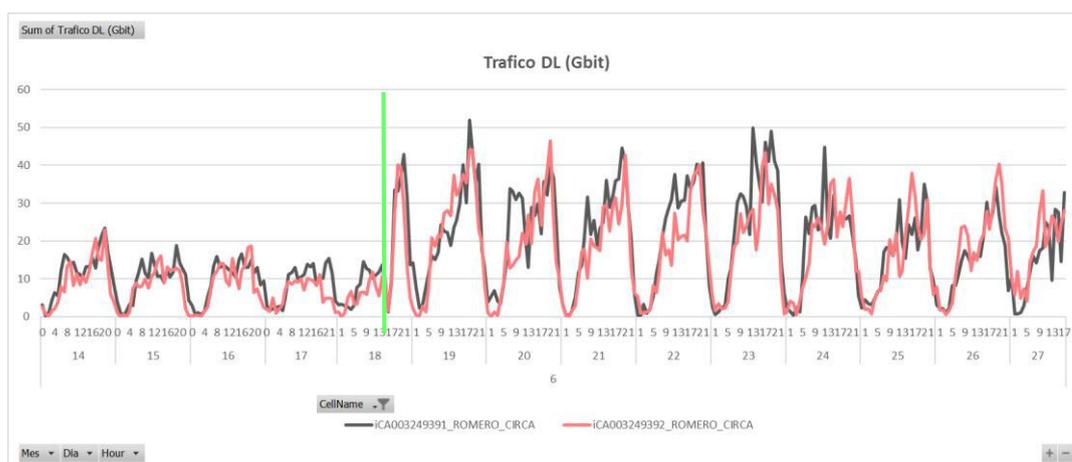
**Figura 59. Gráfica de Trafico UL de estación HU00168**

Fuente: Plataforma UniManage, gestor de Parallel Wireless (2021).

Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

La fecha de migración de esta estación fue el 22 de Noviembre de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Trafico UL. Para el caso de esta estación, el KPI Trafico UL (Gbit) mejoró en un **10.58%** luego de la migración de transporte.

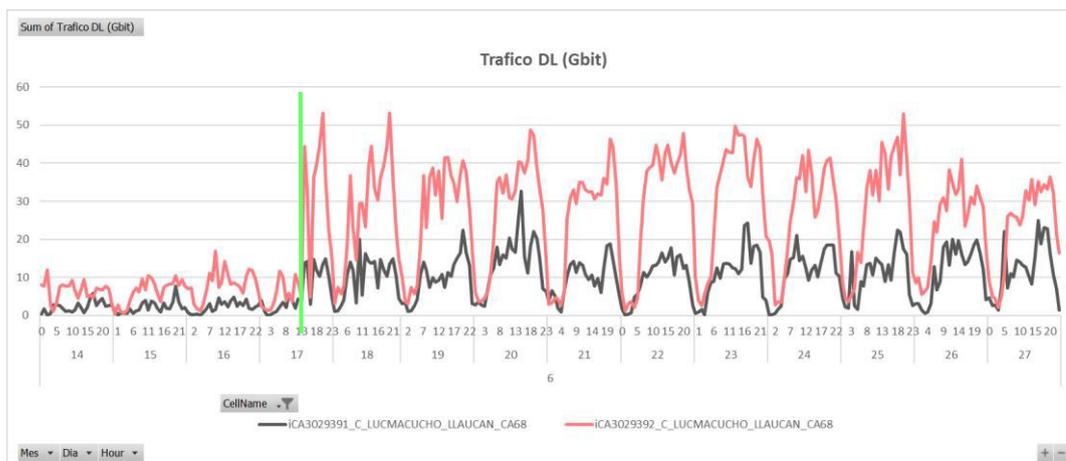
## 6.21 Anexo 21: Monitoreo de Trafico DL (Gbit).



**Figura 60. Gráfica de Trafico DL de estación CA00324**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

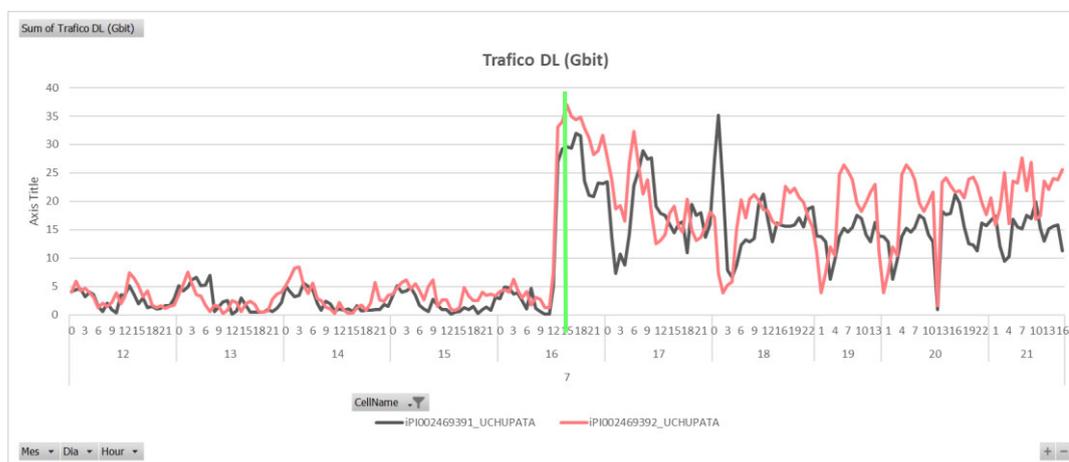
La fecha de migración de esta estación fue el 18 de Junio de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Trafico DL. Para el caso de esta estación, el KPI Trafico DL (Gbit) mejoró en un **165.68%** luego de la migración de transporte.



**Figura 61. Gráfica de Trafico DL de estación CA00302**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

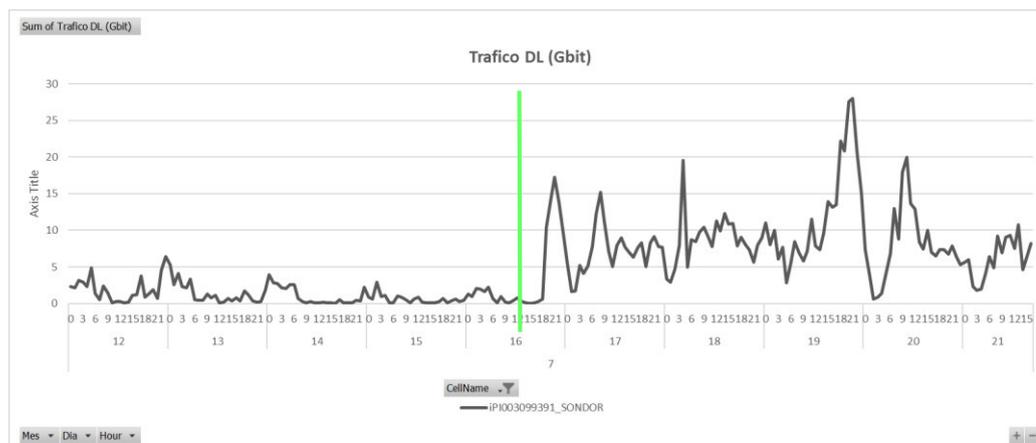
La fecha de migración de esta estación fue el 17 de Junio de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Trafico DL. Para el caso de esta estación, el KPI Trafico DL (Gbit) mejoró en un **245.19%** luego de la migración de transporte.



**Figura 62. Gráfica de Trafico DL de estación PI00246**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

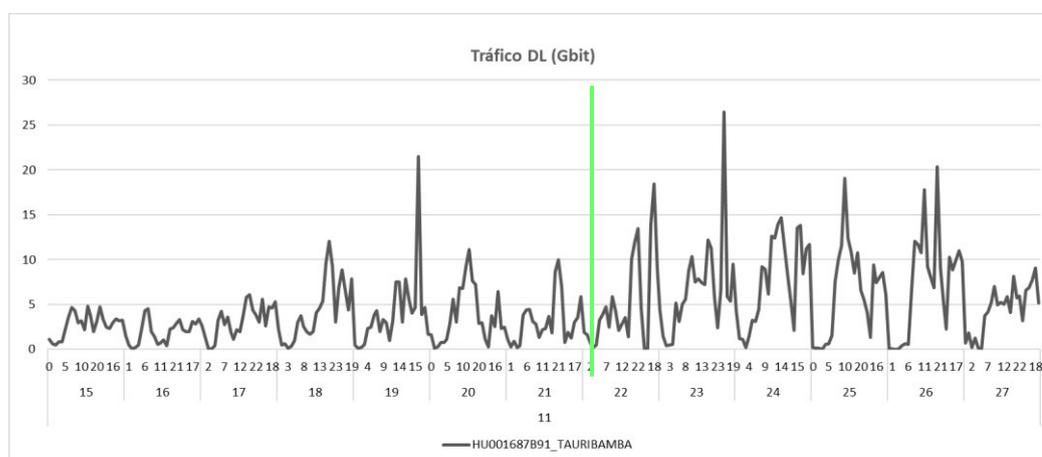




**Figura 64. Gráfica de Trafico DL de estación PI00309**

Fuente: Plataforma U2020, gestor de Huawei (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

La fecha de migración de esta estación fue el 16 de Julio de 2021, fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Trafico DL. Para el caso de esta estación, el KPI Trafico DL (Gbit) mejoró en un **537.38%** luego de la migración de transporte.



**Figura 65. Gráfica de Trafico DL de estación HU00168**

Fuente: Plataforma UniManage, gestor de Parallel Wireless (2021).  
Elaboración: Ingeniería RAN IpT.

La fecha de migración de esta estación fue el 22 de Noviembre de 2021,

fecha en la cual se observan incrementos en el KPI Trafico DL. Para el caso de esta estación, el KPI Trafico UL (Gbit) mejoró en un **10.58%** luego de la migración de transporte.

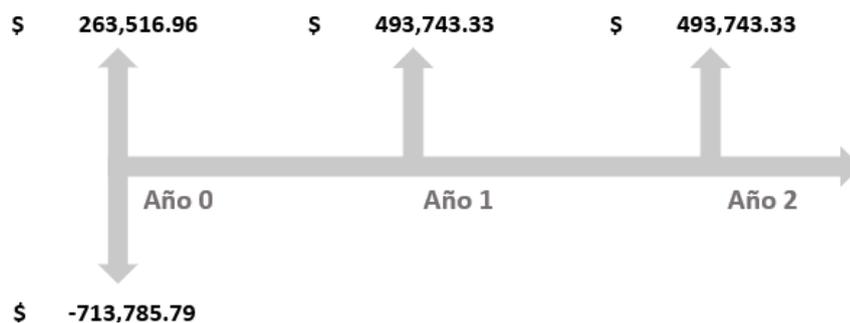
## 6.22 Anexo 22: Análisis económico para etapa 2021 y 2022

En la Tabla 23 se muestran los cálculos realizados en base a los indicadores económicos. Este análisis se basa en el plan de migración de sitios para el año 2021, que contemplaba 70 sitios.

**Tabla 23. Desarrollo de flujos de caja para Plan 2021**

Fuente: LLD de proyecto Migración Satelital a Terrestre.  
Elaboración: Propia.

Plan 2021 (70 sitios)			
Item	Año 0	Año 1	Año 2
Servicio TSS MW	\$ 9,600.00	-	-
Servicio TSS FO	\$ 8,800.00	-	-
Equipamiento MW	\$ 95,434.72	-	-
Equipamiento Router	\$ 55,560.00	-	-
Servicios inst. MW	\$ 67,333.33	-	-
Servicios inst. Router	\$ 14,888.89	-	-
Servicio inst. FO (m)	\$ 462,168.85	-	-
<b>CAPEX TOTAL (Inversión)</b>	<b>\$ -713,785.79</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Mbps Terrestre	\$ 211,661.00	\$ 470,208.00	\$ 470,208.00
OYM Terrestre	\$ 68,833.33	\$ 163,333.33	\$ 163,333.33
Canon MW	\$ 5,494.44	\$ 5,494.44	\$ 5,494.44
<b>OPEX Terrestre (Flujo Negativo)</b>	<b>\$ 285,988.78</b>	<b>\$ 639,035.78</b>	<b>\$ 639,035.78</b>
Liberación de pago Mbps SAT	\$ 480,672.41	\$ 969,445.77	\$ 969,445.77
Liberación de pago OYM SAT	\$ 68,833.33	\$ 163,333.33	\$ 163,333.33
<b>Opex SAT Liberado (Flujo Positivo)</b>	<b>\$ 549,505.74</b>	<b>\$ 1,132,779.11</b>	<b>\$ 1,132,779.11</b>
<b>INGRESOS TOTALES</b>	<b>\$ 263,516.96</b>	<b>\$ 493,743.33</b>	<b>\$ 493,743.33</b>



**Figura 66. Resumen de flujo de caja para Plan 2021**

Fuente: LLD de proyecto Migración Satelital a Terrestre.  
Elaboración: Propia.

Con los valores de flujo de caja mostrados en la imagen anterior es posible obtener el VAN y el TIR para el plan de migración satelital a terrestre del año 2021 . Los valores obtenidos son:

**VAN : \$ 134,420.08**

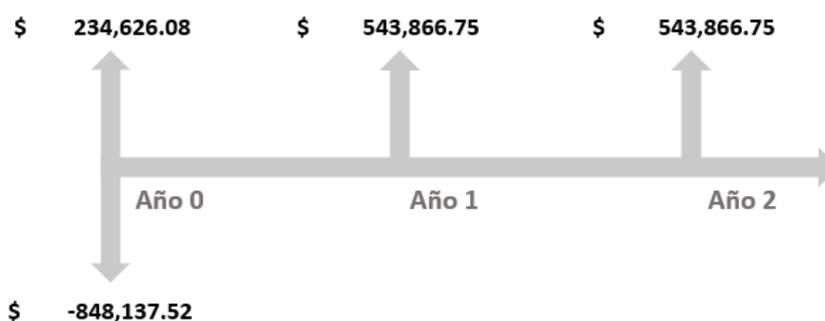
**TIR: 31%**

De la misma manera, se realiza el análisis para el plan del año 2022, contemplando la cantidad de 150 sitios a migrar:

**Tabla 24. Desarrollo de flujos de caja para Plan 2022**

Fuente: LLD de proyecto Migración Satelital a Terrestre.  
Elaboración: Propia.

Plan 2022 (150 sitios)			
Item	Año 0	Año 1	Año 2
Servicio TSS MW	\$ 16,400.00	-	-
Servicio TSS FO	\$ 27,200.00	-	-
Equipamiento MW	\$ 152,408.93	-	-
Equipamiento Router	\$ 124,240.00	-	-
Servicios inst. MW	\$ 115,027.78	-	-
Servicios inst. Router	\$ 33,111.11	-	-
Servicio inst. FO (m)	\$ 379,749.70	-	-
<b>CAPEX TOTAL (Inversión)</b>	<b>\$ -848,137.52</b>	-	-
Mbps Terrestre	\$ 205,310.00	\$ 372,180.00	\$ 372,180.00
OYM Terrestre	\$ 167,027.78	\$ 350,000.00	\$ 350,000.00
Canon MW	\$ 6,450.00	\$ 6,450.00	\$ 6,450.00
<b>OPEX Terrestre (Flujo Negativo)</b>	<b>\$ 378,787.78</b>	<b>\$ 728,630.00</b>	<b>\$ 728,630.00</b>
Liberación de pago Mbps SAT	\$ 446,386.08	\$ 922,496.75	\$ 922,496.75
Liberación de pago OYM SAT	\$ 167,027.78	\$ 350,000.00	\$ 350,000.00
<b>Opex SAT Liberado (Flujo Positivo)</b>	<b>\$ 613,413.86</b>	<b>\$ 1,272,496.75</b>	<b>\$ 1,272,496.75</b>
<b>INGRESOS TOTALES</b>	<b>\$ 234,626.08</b>	<b>\$ 543,866.75</b>	<b>\$ 543,866.75</b>

**Figura 67. Resumen de flujo de caja para Plan 2022**

Fuente: LLD de proyecto Migración Satelital a Terrestre.  
Elaboración: Propia.

Con los valores de flujo de caja mostrados en la imagen anterior es posible obtener el VAN y el TIR para el plan de migración satelital a terrestre del año 2022. Los valores obtenidos son:

**VAN : \$ 39,807.16**

**TIR: 23%**