

**UNIVERSIDAD CENTRAL  
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN  
INTEGRADA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS  
DE TRANSPORTE DE RED, RADIANTES Y ALIMENTACIÓN  
ELÉCTRICA EN LA RED DE SERVICIOS MÓVILES DEL ICE,  
ESPECÍFICAMENTE EN LA SUBZONA CIUDAD QUESADA**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**ESTUDIANTE: GIOVANNI HERNÁNDEZ ALVARADO**

**TUTOR: ING. JEFFREY PERALTA UMAÑA**

**SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA  
AGOSTO, 2024**

# DECLARACIÓN JURADA

# CÉDULA DE IDENTIDAD

# SOLICITUD DE DEFENSA

## **CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR**

## CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR

# CERTIFICADO DEL FILÓLOGO

# CONTENIDO

DECLARACIÓN JURADA .....	II
CÉDULA DE IDENTIDAD .....	III
SOLICITUD DE DEFENSA .....	IV
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR.....	V
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR.....	VI
CERTIFICADO DEL FILÓLOGO .....	VII
CONTENIDO.....	VIII
TABLAS.....	XI
FIGURAS .....	XII
DEDICATORIA.....	XIV
AGRADECIMIENTOS .....	XV
RESUMEN .....	XVI
<b>CAPÍTULO I. PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 OBJETIVOS .....	4
1.2.1 <i>Objetivo general</i> .....	4
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4 ANTECEDENTES.....	6
1.4.1 <i>Antecedentes nacionales</i> .....	7
1.4.2 <i>Antecedentes internacionales</i> .....	9
1.5 PROYECCIONES.....	12
1.5.1 <i>Alcances</i> .....	12
1.5.2 <i>Limitaciones</i> .....	13
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>

2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	16
2.1.1 <i>Visión / Misión</i> .....	16
2.1.2 <i>Antecedentes históricos</i> .....	17
2.1.3 <i>Ubicación geográfica</i> .....	19
2.1.4 <i>Estructura organizacional</i> .....	20
2.1.5 <i>Tipo de productos</i> .....	21
2.1.6 <i>Mercado de exportación</i> .....	21
2.1.7 <i>Descripción general del proceso productivo</i> .....	22
2.1.8 <i>Subzona Ciudad Quesada</i> .....	23
2.1.8 <i>Infraestructura</i> .....	26
2.1.8.1 <i>Central telefónica</i> .....	26
2.1.8.2 <i>Radio base</i> .....	27
2.1.9 <i>Telecomunicaciones</i> .....	28
2.1.9.1 <i>Tipos de telecomunicaciones</i> .....	30
2.1.9.2 <i>Servicios de telecomunicaciones</i> .....	31
• <i>Sistemas de radiocomunicaciones</i> .....	32
• <i>Datos fijos</i> .....	32
• <i>Voz fija</i> .....	32
• <i>Telecomunicaciones móviles</i> .....	32
2.1.10 <i>Redes móviles</i> .....	33
2.1.11 <i>Sistemas transmisión de datos</i> .....	37
2.1.11.1 <i>Switch o conmutador</i> .....	38
2.1.11.2 <i>Enrutador de acceso Multiservicio ATN</i> .....	38
2.1.11.3 <i>Enlaces microondas</i> .....	39
2.1.11.4 <i>Router</i> .....	41
2.1.11.5 <i>Cable de fibra óptica</i> .....	42
2.1.12 <i>NODO B Y ENODO B</i> .....	43
2.1.13 <i>CORRIENTE ELÉCTRICA</i> .....	45
<i>¿Qué tipos de corrientes eléctricas existen?</i> .....	46
<i>Corriente continua (CC)</i> .....	46
<i>Corriente Alterna (CA)</i> .....	47
2.1.14 <i>SISTEMAS RADIANTES</i> .....	48
2.1.15 <i>SUTEL</i> .....	49
<i>Posibles infractores</i> .....	51
<i>Tipos de infracción</i> .....	52
<i>Categorías de infracciones según su gravedad y montos de multas</i> .....	53
<i>Criterio de gravedad particular</i> .....	54

2.2 HERRAMIENTAS INGENIERILES .....	56
2.2.1 <i>Lluvia de ideas</i> .....	56
2.2.2 <i>Diagrama de Ishikawa</i> .....	57
2.2.3 <i>5W+1H</i> .....	58
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>59</b>
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....	61
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN .....	63
3.3.1 <i>Sujetos de información</i> .....	63
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS .....	65
3.5 INSTRUMENTOS .....	68
<i>Lluvia de ideas</i> .....	68
<i>Entrevista</i> .....	68
<i>Diagrama de flujo</i> .....	68
<i>Los ¿5 por qué?</i> .....	69
<i>Normativa</i> .....	69
<i>Gráfico de barras</i> .....	69
3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	70
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>71</b>
4.1 ESTUDIO DE LA RED MÓVIL DEL ICE EN LA SUBZONA CIUDAD QUESADA.....	72
4.2 OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS Y TRANSPORTE DE DATOS .....	80
4.3 OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS RADIANTES .....	89
4.4 BALANCE COSTO-BENEFICIO .....	93
4.4.1 <i>Tabla de costos</i> .....	93
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>95</b>
CONCLUSIONES .....	96
RECOMENDACIONES .....	97
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>99</b>
<b>APÉNDICES Y ANEXOS .....</b>	<b>103</b>
APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	104

## TABLAS

Tabla 1 Base legal para la imposición de multas .....	53
Tabla 2 Variables de la investigación por objetivo específico .....	67
Tabla 3 Tipo de tecnología en operación por sitio .....	75
Tabla 4 Tabla de costos operativos para la implementación de la solución planteada .	94

## FIGURAS

Figura 1 Mapa satelital ubicación oficinas centrales de ICE .....	19
Figura 2 Mapa satelital zona Huetar Subzona Ciudad Quesada, provincia Alajuela .....	20
Figura 3 Organigrama del ICE.....	21
Figura 4 Diagrama de flujo de la operación sistemas red móvil .....	23
Figura 5 Equipos red transporte datos .....	25
Figura 6 Torre Telecomunicaciones red móvil .....	34
Figura 7 LAN Switch Huawei.....	38
Figura 8 ATN 910C Huawei.....	39
Figura 9 Enlace microondas .....	40
Figura 10 Equipo microondas Huawei .....	41
Figura 11 Router Cisco.....	42
Figura 12 Elementos principales de una radio base .....	45
Figura 13 Figura: Corriente continua vs corriente alterna .....	47
Figura 14 Sistemas radiantes.....	49
Figura 15 Ejemplo de Diagrama de Ishikawa .....	57
Figura 16 Acta constitución proyecto.....	64
Figura 17 Diagrama de flujo para recolección de datos .....	70
Figura 18 Área de operación de la subzona Ciudad Quesada .....	73
Figura 19 Tipo infraestructura sitios red móvil .....	74
Figura 20 Tipo tecnología por radio base .....	75
Figura 21 Equipos de transmisión de la red de datos .....	77
Figura 22 Tipo de optimización a implementar .....	78
Figura 23 Diagrama de Ishikawa .....	79
Figura 24 Central Telefónica Bajo Rodríguez .....	81
Figura 25 Bastidores de equipos APM-30 y TP-48.....	82
Figura 26 Diagrama instalación inicial de los sistemas y equipos .....	83
Figura 27 Equipo rectificador Dongah y banco baterías respaldo .....	85
Figura 28 Trabajos instalación módulos en nueva posición .....	86
Figura 29 Puerto conexión BBU 3G en módulo ATN .....	86
Figura 30 Rack equipos posición final .....	87

Figura 31 Diagrama instalación final de los sistemas y equipos .....	88
Figura 32 Torres en sitio Bajo Rodríguez .....	89
Figura 33 Trabajos de traslado de sistemas radiantes.....	90
Figura 34 Sistemas radiantes tecnologías GL y 3G.....	91
Figura 35 Mapas calidad Sutel .....	92

## DEDICATORIA

*A Dios y a la virgen de los Ángeles, por otorgarme lo necesario para lograr este importante objetivo en mi vida. A mi esposa Jacque por su comprensión y apoyo. A mis hijas Jimena y Mariana que son el regalo más hermoso que me ha dado el señor. A mis padres que juntos han luchado cada día por darnos a toda la familia un futuro mejor, además por los consejos y valores inculcados que me han formado como persona y profesional.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A la Dirección Gestión Recursos de Red específicamente al proceso Sistemas Fijos e Inalámbricos por la disposición para realizar este proyecto. Al Ing. Jeffrey Peralta Umaña por su valiosa colaboración y tiempo dedicado al desarrollo y revisión de este trabajo de graduación.*

## RESUMEN

El Instituto Costarricense de Electricidad, mediante su marca comercial Kolbi, ofrece en Costa Rica servicios de telefonía móvil (llamadas telefónicas, mensajes SMS, acceso a Internet, roaming internacional, etc.) bajo las tecnologías 3G, GL, UL y 4G LTE.

Bajo la premisa de ofrecer servicios de alta calidad a los clientes, el ICE realiza constantemente trabajos de ampliación, corrección y mejoras en su red móvil, los cuales agregan elementos nuevos a la red, como por ejemplo equipos de transporte de datos, sistemas de alimentación y bancos de baterías.

En la actualidad, la red móvil del ICE cuenta con nodos celulares instalados a la intemperie en edificaciones tipo centrales telefónicas, las cuales ofrecen disponibilidad de sistemas eléctricos, de transporte de datos, climatización y seguridad a la red.

Por esta razón, se plantea la propuesta de un estudio e implementación de una solución integrada para la optimización de los sistemas: transporte de red, radiantes y alimentación eléctrica en la red de servicios móviles del ICE específicamente en la Zona Huetar subzona Ciudad Quesada. Esto se pretende el propósito de disminuir costos de operación y mantenimiento, averías en los sistemas e incidencias por vandalismo y robos en la red móvil del ICE.

## **CAPÍTULO I. PROBLEMA**

## 1.1 Introducción

Las redes de telecomunicaciones avanzan de manera vertiginosa haciendo que los proveedores de servicios respondan a ello con el desarrollo y operación de redes más eficientes, con mayor ancho de banda que generen alta confiabilidad y capacidad para satisfacer las necesidades de los usuarios.

El ICE (Instituto Costarricense de electricidad) responde a esta realidad por medio de su marca comercial Kolbi ofreciendo servicios de telefonía móvil a través de una variada red celular con tecnologías UMTS-3G (*Sistemas Móviles Terrestres Universales – tercera generación*), GSM-LTE (*Sistema Global de Comunicaciones Móviles-Evolución a Largo Plazo*), UMTS-LTE (UL) Y LTE marca Huawei (proveedor de equipos de telecomunicaciones). La red móvil está integrada por equipos y sistemas operativos, además de redes de transporte de datos, alimentación eléctrica y sistemas radiantes.

La creación de servicios nuevos, la implementación de mejoras y un efectivo plan de operación y mantenimiento que disminuya puntos de falla en la red, son elementos primordiales para mantener la continuidad de los servicios en la red, y a la vez evitar posibles multas por incumplimientos por parte de la SUTEL (Superintendencia de telecomunicaciones), logrando mantener la fidelidad de los clientes.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los equipos y sistemas de la red celular se encuentran instalados, la mayoría en sitios a la intemperie con mínima o nula vigilancia siendo víctimas constantes de robos y actos de vandalismo. Según el diario El Mundo CR, en Costa Rica la delincuencia y el vandalismo aumentan continuamente y el ICE no se escapa a esta realidad. Las radio bases celulares son uno de los elementos más perjudicados con este tipo de ataques, además del robo de materiales como cables de cobre (los cuales proveen la alimentación eléctrica), bancos de baterías (de respaldo protección eléctrica) que provocan la indisponibilidad de los servicios de la red celular.

Con el desarrollo y ampliación de la red móvil del ICE, se pasó de ofrecer servicios con tecnologías 2G (GSM) marca Ericsson (*proveedor de equipos de telecomunicaciones*) y 3G (UMTS) Huawei a tecnologías 4 y 4.5 G (UL, GL y LTE) Huawei, cada una operando con sus propios sistemas y equipos de transporte de datos, alimentación eléctrica y radiantes.

Dicha configuración de sistemas puso en evidencia un detalle importante en la red como lo es una posible duplicidad de equipos de suministro eléctrico a nivel principal y de respaldo (bancos de baterías), así como en los sistemas de transporte de datos, y radiantes.

A partir del año 2014, la incorporación de nuevos sitios repetidores con tecnologías 4G generó un aumento de equipos en la red de aproximadamente un 72%, principalmente en las redes de sistemas de transporte de datos, alimentación eléctrica y sistemas radiantes.

El servicio móvil del ICE se sustenta en una infraestructura nacional que provee el transporte de datos. Esta se complementa con una sólida red eléctrica, alimentada por la red

comercial y reforzada por sistemas de respaldo como bancos de baterías y generadores diésel, garantizando la operación continua de la telefonía móvil.

La optimización de los sistemas radiantes, de alimentación eléctrica y transporte de datos, así como la protección de equipos contra el vandalismo y delincuencia, además de la duplicidad de equipos y sistemas en la red, son los elementos primordiales para la escogencia de los sitios en los cuales desarrollar este trabajo de graduación, principalmente en los nodos instalados en centrales telefónicas. En este sentido, los equipos serían trasladados al interior de los edificios, al recibir mayor seguridad ante el vandalismo en la red y a la vez evitando posibles multas por incumplimientos por parte de la SUTEL.

Por tanto, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué elementos deben considerarse para ejecutar una optimización de los sistemas eléctricos, radiantes y de transporte de datos en la red del ICE en la Zona Huetar, específicamente en la subzona Ciudad Quesada?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Realizar un estudio de la red de servicios móviles del ICE en la Subzona Ciudad Quesada para diagnosticar el estado de los sistemas de suministro eléctrico, sistemas radiantes y de transporte de datos. El objetivo principal es optimizar estos sistemas para garantizar la continuidad operativa, mejorar la calidad del servicio para los clientes, reducir costos y cumplir con las regulaciones establecidas por la SUTEL.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Mediante el análisis de condiciones de instalación, exposición a vandalismo y robos y disponibilidad de sistemas, seleccionar los sitios de la red móvil en la Subzona Ciudad Quesada que presenten mayor potencial de optimización en cuanto a sus sistemas de suministro eléctrico, radiantes y de transporte de datos.
- Implementar la optimización de los sistemas de transporte de datos y eléctricos en los nodos adecuados, integrando de manera eficiente los nodos B de la red móvil a los sistemas existentes.
- Optimizar la red de sistemas radiantes, con el objetivo de mejorar la disponibilidad, la cobertura y el acceso a la red para beneficio de los clientes, reduciendo la caída de llamadas, la indisponibilidad de la red y aumentando la velocidad de transmisión de datos.
- Realizar un balance costo-beneficio en cuanto a la operación y mantenimiento de la red optimizada, considerando la disponibilidad de repuestos remanentes del estudio, el impacto en las posibles multas por indisponibilidad de la red y la reducción general de costos operativos.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El vandalismo, robo de cable y elementos componentes de la red como módulos RRU (unidad remota de radio), bancos de baterías, cables de alimentación, así como daños en las fibras ópticas de la red móvil han provocado considerables pérdidas financieras al ICE por la indisponibilidad de la red.

La evolución de las redes de telecomunicaciones obliga a los operadores de servicios a implementar actualizaciones en sus sistemas y equipos. Las empresas proveedoras de equipos

servicios son parte de esta evolución y constantemente ofrecen sistemas nuevos dejando de lado las tecnologías anteriores, lo que se traduce en la escasez o nula disponibilidad de repuestos para estas tecnologías.

El estudio e implementación de este proyecto de graduación se desarrolla exclusivamente con los sistemas radiantes, eléctricos y transporte de datos porque son los más afectados con la problemática indicada a tal punto que cualquier incidencia en estos sistemas afecta la disponibilidad de la red.

La ejecución de esta implementación aporta seguridad a los equipos y sistemas ya que al reinstalarlos en edificios con mayor protección deberían de disminuir las incidencias por vandalismo y robo de infraestructura. A su vez, proporciona repuestos para los sistemas obsoletos al optimizar la red de transporte de datos, así como la disponibilidad de reutilizar los bancos de baterías remanentes de los trabajos en la red eléctrica principal y de protección.

Por otro lado, mejora la interacción entre el cliente y la empresa debido a la reducción de puntos de falla que provocan indisponibilidad de la red debido a la optimización (sustitución o eliminación) de equipos. Estos se mantendrán vigentes durante todo el tiempo de operación de los equipos en la red.

#### **1.4 ANTECEDENTES**

El tema en estudio de este trabajo de graduación proviene de la necesidad y obligatoriedad de toda empresa de telecomunicaciones de brindar los servicios a los clientes con el más alto nivel de calidad y confiabilidad. Para lograr estos objetivos se requiere, como en

todas las redes de telecomunicaciones, el constante estudio e implementación de mejoras a los sistemas que permitan mantener la excelencia en los servicios.

Por estas razones se presenta este trabajo de graduación, con la finalidad de poder ejecutar su implementación y a la vez mantener altos índices de calidad en los servicios que se ofrecen y así mantener la fidelidad de los clientes para con la empresa.

#### **1.4.1 Antecedentes nacionales**

Desde sus inicios, la humanidad tuvo la gran necesidad de expresarse y tratar de comunicarse, en su entorno social. Esta necesidad se veía muy relacionada con el conocimiento, porque en sí es un gran proceso de comunicación, y llevó al ser humano a evolucionar y buscar métodos para poder expresarse; por ejemplo: las señales de humo, la escritura, el lenguaje oral, etc. La telefonía móvil, también llamada telefonía celular, básicamente está formada por dos grandes partes: una red de comunicaciones (o red de telefonía móvil) y los terminales (o teléfonos móviles) que permiten el acceso a dicha red.

La telefonía celular es un sistema de comunicación telefónica totalmente inalámbrica, en este caso los sonidos se convierten en señales electromagnéticas, que viajan a través del aire, siendo recibidas y transformadas nuevamente en mensaje a través de antenas repetidoras o vía satélite, su antecedente del celular es el teléfono y el telégrafo. Las redes de servicios móviles nacen a finales de los años 70 con la primera generación 1G, basada principalmente en telefonía analógica y para un entorno empresarial. De ahí a la fecha se ha desarrollado enormemente pasando por diferentes generaciones conocidas como 2G, 3G, 4G y 5G.

El proyecto de graduación “Diseño de una red móvil 4G con el operador Telefónica de Costa Rica, para brindar un mejor servicio de telefonía celular en la zona rural Horquetas de Sarapiquí, en los pueblos San Bernardino, Las Vegas, Los Ángeles y Finca 10”, expone y detalla la importancia y relevancia de las redes móviles en la actualidad, sentando como base que los sistemas móviles ya no son un lujo sino una necesidad. Básicamente expone las deficiencias del servicio móvil por falta de optimización y ampliación de la red, en una zona geográfica vecina como lo es Horquetas de Sarapiquí, con la zona en la que se va a desarrollar este proyecto de graduación, indicando y recomendando la necesidad de ampliar u optimizar la red móvil con instalación de equipos nuevos, para mejorar los rangos de cobertura, concordando con el propósito de mejorar la señal celular.

“Diseño del sistema de seguridad electrónica, sistema de puesta a tierra, pararrayos y su alimentación eléctrica autosustentable para las radio bases de telefonía celular en zonas remotas y conflictivas del Instituto Costarricense de Electricidad” es un proyecto de graduación que muestra claramente un antecedente muy importante que se ha mantenido en el tiempo como lo es: el vandalismo.

El mismo indica lo siguiente:

Al aumentar la cantidad de RBS en zonas alejadas se enfrenta un gran enemigo: el hampa, que ha ido en ascenso debido al aumento en el costo de la vida, así como la escasez de oportunidades de empleo en zonas rurales. Los robos mayormente en las radio bases en zonas remotas y conflictivas se produce periódicamente, dejando a los usuarios sin el vital servicio. Los principales artículos hurtados son de cobre (cables de puesta tierra, barras de tierra, cables alimentadores de equipos, acometidas eléctricas y baterías de respaldo), por lo que la radio base pierde su alimentación eléctrica o queda expuesta a descargas atmosféricas (Kinderson, 2017, p. 11).

Como parte de este trabajo de graduación se abarca la implementación de mejoras que minimicen el efecto de este flagelo social.

Por otra parte, se encontró un antecedente a nivel nacional llamado “Diseño de una red inalámbrica para las radio bases celulares del Instituto Costarricense De Electricidad”, del año 2009 el mismo expone una solución al grave y lamentable problema social: La delincuencia y específicamente al robo de cable. Indica el mismo que:

Estos hechos delictivos de los cuales han sido víctimas las radio bases celulares de la red móvil, le provocan al ICE onerosas pérdidas de dinero (aproximadamente 700 millones de colones anuales), así como un desprestigio ante sus clientes debido a que en muchos casos provocan la salida de funcionamiento de los equipos un prolongado periodo de tiempo, ya que se tienen que realizar trabajos para poder resolver el problema (Segura, 2009, p. 1).

Dado al relieve del país muchas de las radiobases se encuentran en sectores de difícil acceso (en medio de montañas o lugares muy alejados de los centros urbanos) por lo cual se desconoce si han sufrido de algún acto vandálico, ya que en numerosas ocasiones la institución se entera de estos daños hasta que se realizan las labores de mantenimiento, de ahí la importancia de desarrollar esta red de monitoreo, disminuir el vandalismo y robo de cable en las radiobases de la red móvil del ICE.

#### **1.4.2 Antecedentes internacionales**

Un primer trabajo hace énfasis a las consecuencias económicas posterior a la identificación de una deficiencia. La tesis doctoral “Mejora de la Arquitectura de Acceso Radio UMTS mediante Multinodos B” detalla la importancia de la optimización de recursos específicamente en la red 3G de tecnología UMTS que es similar a la utilizada en la red móvil del

ICE. Dicho estudio se refiere específicamente a la utilización de sistemas de redes jerárquicas celulares, añadiendo microceldas que utilicen una frecuencia de portadora distinta para así lograr una optimización eficiente de la red con el mínimo de inversión en nuevos recursos.

Por último, indica el documento que con esta tesis doctoral se prueba que el sistema Multinodo B es realizable a medio plazo y con un coste de implementación relativamente bajo, en comparación con otras alternativas más complejas, logrando así las mejoras de cobertura y optimización necesarias en la red.

“Implementación de una antena amplificadora de cobertura de red celular GSM mediante repetidores activos en la comunidad del recinto San José De Villao”. Este el título del tercer antecedente del tema de estudio, el mismo expone la solución a una deficiencia de señal celular en el cantón Pedro Carbo en Ecuador. Expone que a gran medida esto sucede debido, a que las antenas de telefonía o estaciones base están muy alejadas u obstruidas por bosques y desniveles del terreno. Además, se tiene como objetivo amplificar la señal, mediante equipo Lintratek con una frecuencia de 850 a 1800 MHz, se utiliza un amplificador ubicado, en el punto que no tiene, acceso al servicio de red móvil, para mejorar la intercomunicación de los habitantes.

En semejanza al proyecto a estudiar se refleja las deficiencias de cobertura en la red móvil, para lo cual se implementa hasta donde sea posible las mejoras técnicas a los sistemas radiantes de cobertura celular.

El trabajo de suficiencia profesional llamado “Proyecto de ampliación: modernización de la de la red de acceso de un operador móvil-caso Arequipa metropolitana” desarrollado en la Universidad Católica San Pablo en Perú detalla aspectos relacionados a la red de transporte de datos la cual es la encargada de interconectar cada uno de los nodos pertenecientes a la red celular.

Este trabajo está enfocado en mostrar el proceso de diseño, planificación y ejecución de un proyecto de modernización de la Radio Access Network (RAN) de un operador de telefonía móvil, el cual muestra similitud con el presente en el sentido de ejecutar mejoras en la red de transporte de datos optimizando recursos y generando más eficacia, eficiencia y capacidad en la transmisión de datos, los cuales generan un recorte de gastos en operación y mantenimiento de la red.

La “Propuesta para el control eficiente de energía eléctrica para una estación base de telecomunicaciones” presentada en Bogotá-Colombia tiene como objetivo principal básicamente la implementación de un sistema de monitoreo remoto en tiempo real de la red eléctrica de las estaciones bases móviles, que permitirá la integración de sensores para supervisar el funcionamiento e incluso el consumo de combustible de los generadores que suministran energía a las BTS, buscando optimizar los tiempos de respuestas a solución de fallas, con procedimientos y mecanismos eficientes.

La similitud de este antecedente se da al priorizar la operación continua y efectiva de los equipos que conforman la red, evitando fallos graves a los sistemas operativos que provoquen la caída de los servicios, originadas por vandalismo debido a la exposición a robos de los elementos eléctricos de la red. Para evitar estos actos vandálicos es necesario realizar optimizaciones en la red que pueden incluir la supervisión remota de los sistemas, como expone el trabajo de graduación referenciado, así como mejoras a nivel local con el traslado de equipos a edificios más seguros.

En este caso, la optimización de los sistemas de alimentación eléctrica en los equipos móviles ayuda a mejorar los niveles de estabilidad y operación de los equipos y mantener la satisfacción de los usuarios por la calidad de servicios recibidos.

## **1.5 PROYECCIONES**

Dentro de las proyecciones que se tienen en este proyecto se pueden enumerar las siguientes:

- Reducir la cantidad de incidencias en la red con la optimización de los sistemas de transporte de datos, radiante y eléctricos.
- Disminuir los costos operativos de operación y mantenimiento de la red.
- Optimizar los recursos de los sistemas eléctricos, radiantes y de transporte de datos de la red móvil.
- Mejorar la percepción del servicio por parte del cliente para con la empresa gracias a estabilidad de la red.
- Mantener el prestigio empresarial minimizando los tiempos de indisponibilidad de la red.
- Disponibilidad de repuestos para la atención de averías en la red tanto a nivel de sistemas eléctricos como radiantes y de transporte de datos.

### **1.5.1 Alcances**

Desarrollar un estudio en los sitios de la red móvil del ICE, específicamente en la subzona Ciudad Quesada para determinar la factibilidad de implementar una optimización de los servicios en las redes de transporte de datos, eléctrica y sistemas radiantes, que permita crear un diseño para ejecutar la optimización en los nodos de dicha red móvil, teniendo en cuenta las siguientes alternativas: la red nacional de transporte de datos, la red IP, los equipos ATN de la red de transporte de servicios LTE, la red local de suministro eléctrico y la disponibilidad de elementos de la red de sistemas radiantes con la finalidad de mejorar el uso de los servicios suministrados por el ICE. Dentro de los beneficios que obtiene la empresa están:

- Reducir los ataques vandálicos, que provocan la caída de servicios, producidos por el robo de elementos eléctricos de alimentación de los nodos.
- Brindar redundancia eléctrica para evitar la salida de servicio de los equipos de la red celular.
- Aumentar la estabilidad de los servicios al mejorar la transmisión de datos a través de sistemas con mayor capacidad como lo son los enlaces de fibra óptica.
- Mejorar el rendimiento de los equipos al incorporarlos a los sistemas de climatización instalados en los edificios de las centrales telefónicas a implementar
- Aumentar los mapas de cobertura al optimizar los sistemas radiantes en posiciones ventajosas en la torre que nos brinden este aporte.
- Disponer de repuestos para la operación y mantenimiento de la red, con el fin de disminuir las incidencias y evitar eventuales multas por parte de la SUTEL.

Esta optimización se implementa inicialmente en el sitio Bajo Los Rodríguez San Ramón

-Alajuela

### **1.5.2 Limitaciones**

¿Existieron limitaciones que hayan impedido realizar con éxito este estudio?

- La empresa en la cual se desarrolló el estudio y la implementación se encuentra actualmente en competencia, por lo que la información está apegada a estándares de confidencialidad.
- La disponibilidad de puertos en los equipos de la red IP podría ser una limitación para realizar las mejoras, específicamente a la red de transporte de datos de la red móvil.

- El factor presupuestario en la empresa podría considerarse como una limitación, ya que la implementación planteada no se realizaría a la velocidad deseada.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

## **2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA**

La División Gestión Red y Mantenimiento de la Gerencia de Telecomunicaciones del ICE, a través de su Dirección de Gestión de Recursos de Red es responsable de la operación y el mantenimiento de la red de servicios móviles. Es la encargada de monitorear, analizar, controlar la calidad del servicio y el desempeño de los recursos, así como verificar que se cumplan los parámetros de calidad establecidos por los entes reguladores. A continuación, se presentan los detalles más importantes de la empresa Instituto Costarricense de Electricidad, donde se realiza el estudio.

### **2.1.1 Visión / Misión**

La visión y misión de la empresa se muestran seguidamente.

#### **Visión**

"El Grupo ICE liderará la electrificación renovable de la economía y proveerá al país de un ecosistema seguro de telecomunicaciones digitales de última generación" ((I.C.E, 29 mayo. 2023)).

#### **Misión**

"Brindar energía, conectividad y servicios digitales, seguros y sostenibles a los habitantes de Costa Rica" (I.C.E, 29 may. 2023).

### **2.1.2 Antecedentes históricos**

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) fue creado por el Decreto - Ley No.449 del 8 de abril de 1949. Ese año, solo el 14% del país tenía acceso a la energía eléctrica. Hoy el servicio llega a todo el país. Sus 40 plantas de generación, y robustos sistemas de transmisión y distribución eléctrica iluminan y mueven a Costa Rica de costa a costa y de frontera a frontera.

Dado su éxito en la electrificación del país, en 1963 se le confirió un nuevo objetivo: el desarrollo y la operación de las telecomunicaciones. Tres años después, instaló las primeras centrales telefónicas automáticas y, a partir de entonces, las telecomunicaciones iniciaron un acelerado desarrollo, principalmente a través de la masificación de la telefonía fija y pública, y más recientemente, la telefonía móvil y el internet. En el 2008 se formaliza el Grupo ICE – integrado por el ICE, la CNFL y RACSA— mediante la Ley No.8660.

En 1948 un grupo de ingenieros eléctricos y civiles encabezados por Jorge Manuel Dengo Obregón presenta a la junta directiva del Banco Nacional un documento titulado Plan General de Electrificación de Costa Rica. La trascendencia de esta iniciativa fue tal, que el Banco Nacional lo remite al Gobierno de la República y el resultado fue la creación del Instituto Costarricense de Electricidad, el 8 de abril de 1949. Con el ICE, los problemas de escasez de energía eléctrica empiezan a solucionarse.

El instituto amplía la cobertura eléctrica (que era de un 14%), pone en servicio más plantas hidroeléctricas y le apuesta a la protección de las cuencas, los causes de los ríos y las corrientes de agua. Con el paso de las décadas, incursiona en la explotación de otras energías renovables, como la geotérmica, la eólica y la solar. El éxito en la electrificación propició que en 1963 el Estado le asignara la responsabilidad histórica de convertir las telecomunicaciones del país (en ese

momento, las más atrasadas de Centroamérica) en una verdadera herramienta de crecimiento económico, social y tecnológico.

A partir de entonces, el ICE instaló 24 centrales telefónicas automáticas y más de 34.200 líneas telefónicas (la primera en 1966, en Escazú, con una capacidad del 1000 líneas). En los años 70 avanzó vertiginosamente en esta materia. A nivel internacional, por ejemplo, con la Red Centroamericana de Microondas y, más adelante, el Sistema de Marcación Directa de Abonado (MIDA), con el cual el cliente podría marcar directamente a otros países. Así, mientras que en los años 70 se contaba con apenas una línea de telefonía fija por cada 100 habitantes, a finales de 2008 este indicador fue de 34 líneas por cada 100, uno de los índices más altos en Latinoamérica. Para entonces, también contaba con una red de 22.000 teléfonos públicos en todo el país.

Los años 80 trajeron cambios en las centrales telefónicas, de analógicas a digitales. Esta modernización permitió mayor rapidez en las comunicaciones y nuevos servicios, como el correo de voz, llamada en espera, desviación de llamadas y teléfono despertador.

La telefonía celular llegó, con tecnología analógica, en 1994. Al poco tiempo, debido a la alta demanda del mercado pasó a la TDM y GSM. A partir de 2009, el ICE amplió su cartera de servicios; con la tecnología móvil 3G (UMTS), plataformas para IPTV y VoIP (televisión y voz sobre el protocolo de Internet), que le permiten incursionar como un operador Triple Play, es decir, envío instantáneo de voz, datos y video. Adicionalmente cuenta con una robusta red celular con tecnología 4.5G y se está en el proceso de incorporación la red 5G.

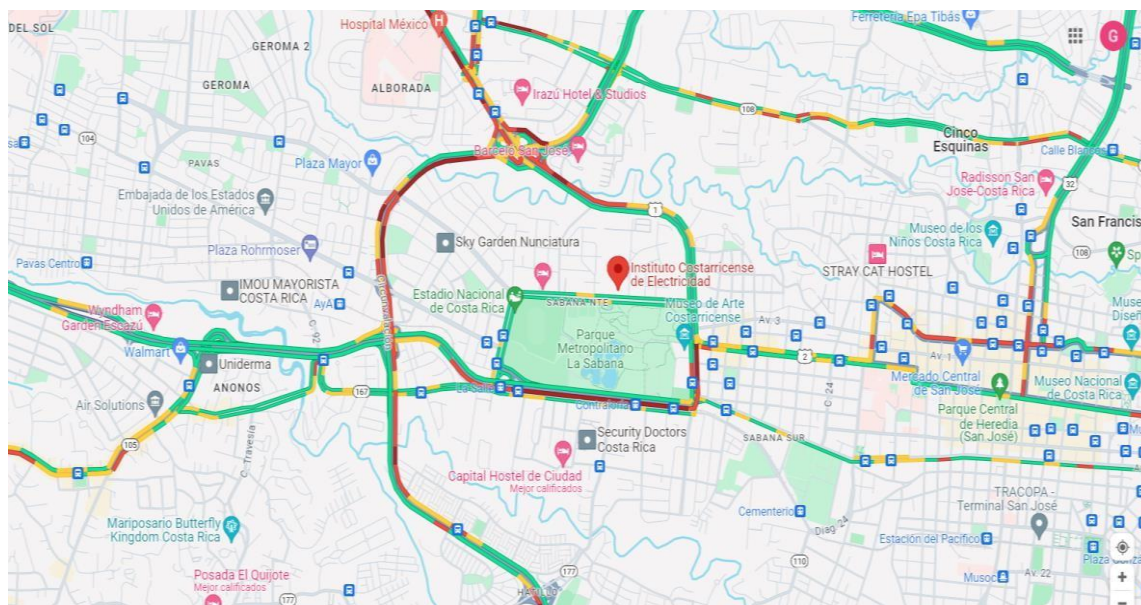
Hoy, el ICE cubre con electricidad el 99,7% del país y es protagonista en la descarbonización de la economía, a través de la electromovilidad y la consolidación de ciudades inteligentes, gracias a sinergias con sus empresas, RACSA y CNFL.

Es, además, el operador dominante del mercado celular, con su marca Kolbi, y cuenta con una robusta red de fibra óptica y de cables submarinos que permiten la conectividad de alta calidad con el mundo.

### 2.1.3 Ubicación geográfica

La ubicación de la empresa es a nivel nacional. Las oficinas centrales se encuentran en el Edificio Jorge Manuel Dengo Obregón, Avenida de las Américas, Calle 50, Barrio Américas, Mata Redonda, 10108 Sabana Norte, en la provincia de San José.

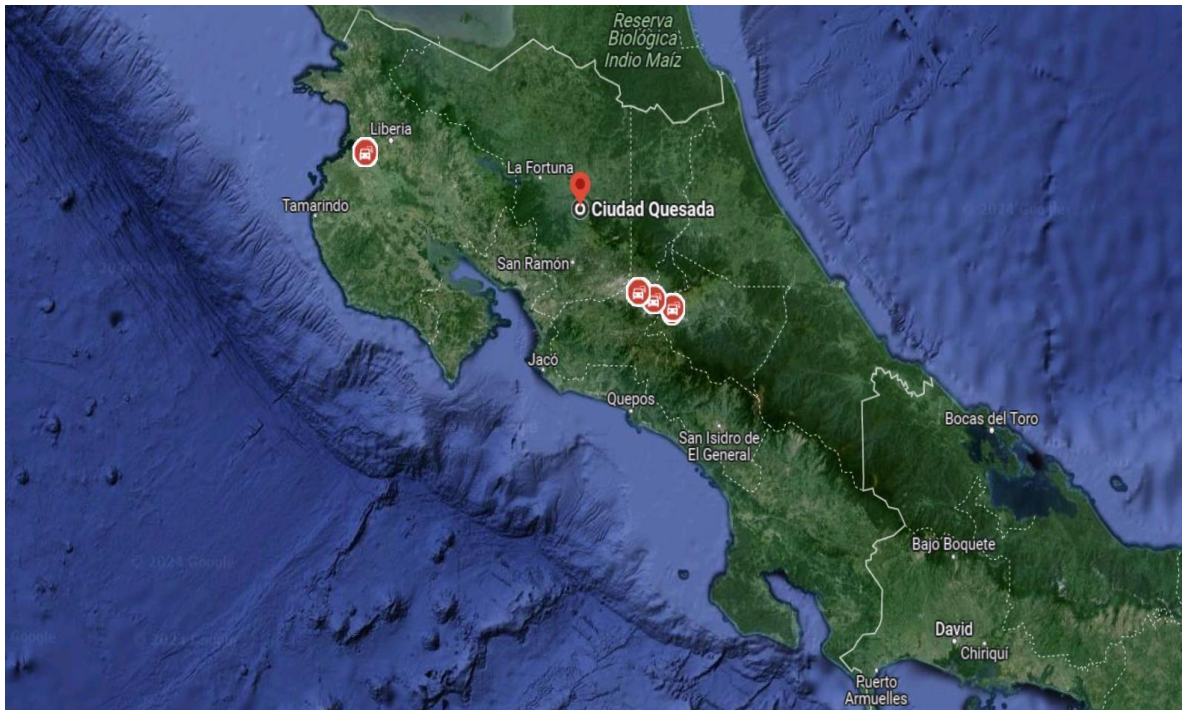
Figura 1 Mapa satelital ubicación oficinas centrales de ICE.



Fuente: Google Maps, 2024

Este estudio e implementación está enfocado a desarrollarse en la zona de Ciudad Quesada, provincia Alajuela.

Figura 2 Mapa satelital zona Huetar Subzona Ciudad Quesada, provincia Alajuela



Fuente: Google Maps, 2024

#### 2.1.4 Estructura organizacional

El organigrama de la empresa se muestra a continuación:

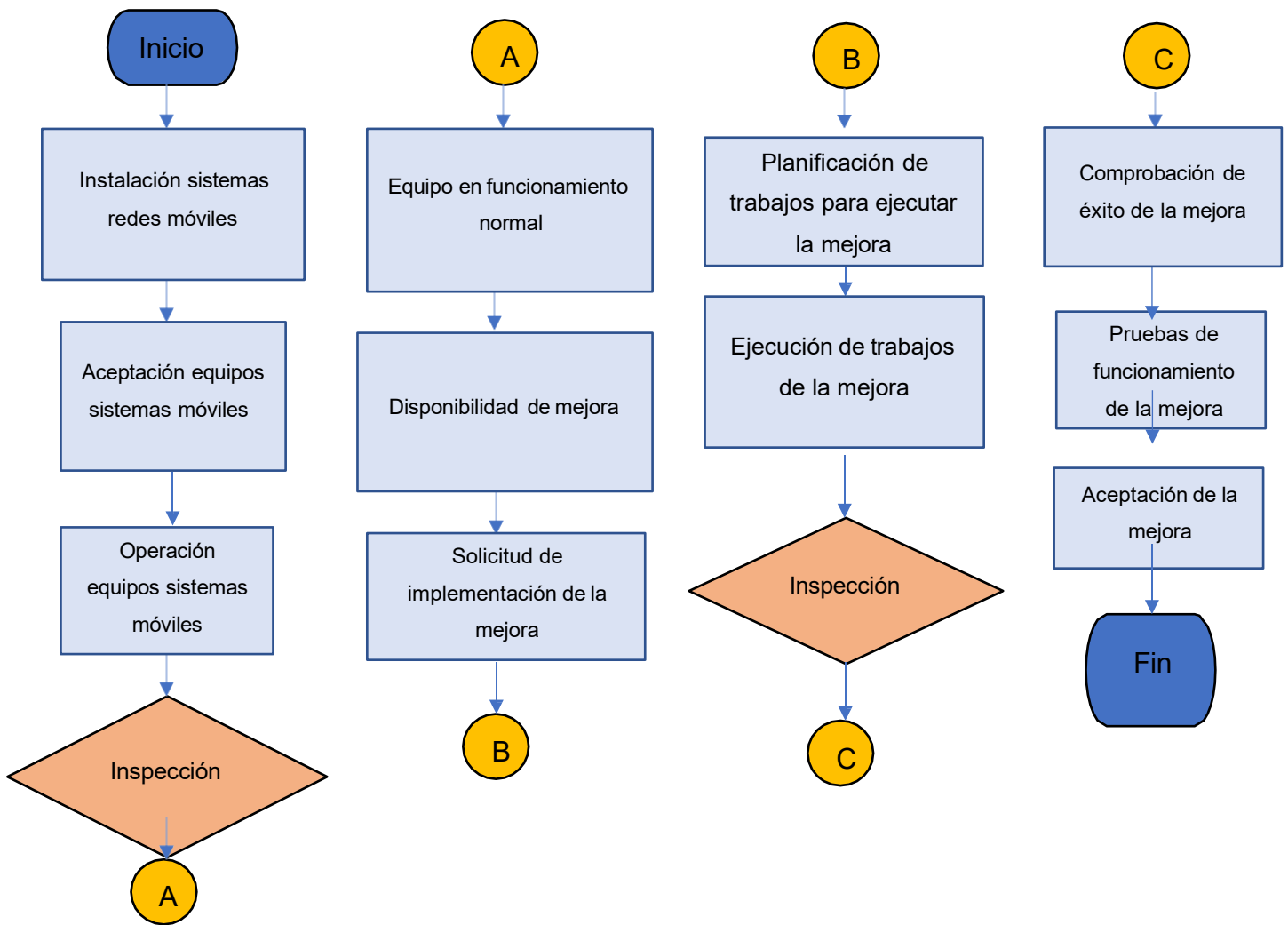


### **2.1.7 Descripción general del proceso productivo**

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del proceso correspondiente a la operación de los sistemas de red móvil. El proceso inicia con la recepción y aceptación de equipos nuevos para la red celular a los cuales se les realizan las respectivas pruebas de instalación, técnicas y funcionales para verificar el perfecto estado y funcionamiento de los sistemas y equipos. En operación normal, los equipos y sistemas móviles brindan servicios digitales de voz y datos (llamadas de voz, mensajes SMS e internet) a los abonados a través de la red celular.

El mantenimiento preventivo se ejecuta constantemente, en el mismo se realizan pruebas para verificar el estado físico, funcional, operacional de los sistemas y equipos de la red, además de valorar el tipo de mejoras operativas que se puedan implementar en la red para mejorar la calidad de los servicios ofrecidos. Como parte de estos procedimientos de mejora, se evalúa y verifica la posibilidad de realizar alguna implementación a los sistemas para mejorar su funcionamiento como, por ejemplo: reubicación de bastidores y equipos al interior de la central telefónica (donde sea posible), ejecutar el traslado del tráfico de la red a través de un nuevo equipo de transporte de datos, mejoras a los sistemas eléctricos o radiantes que permitan mejorar el desempeño de la red. Una vez definida la mejora a implementar, se procede a realizar la solicitud de aprobación para ejecutarla, además de elaborar la planificación de los trabajos para dicha implementación. Con la solicitud, planificación, autorización aprobada se procede a ejecutar los respectivos trabajos en la red. Por último y no menos importante, está la ejecución de las pruebas operativas, para verificar el funcionamiento, operación de los sistemas posterior a la mejora implementada, para así dar por finalizada la optimización.

Figura 4 Diagrama de flujo de la operación sistemas red móvil



### 2.1.8 Subzona Ciudad Quesada

La subzona Ciudad Quesada tiene su rango de acción y operación en las provincias de Alajuela y Heredia, específicamente en parte de los cantones de Sarapiquí, Río Cuarto, Guatuso, San Ramón, Upala y completamente en los cantones de Los Chiles y San Carlos. Esta zona operativa ejecuta planes de operación y mantenimiento mensuales, atención de incidencias (averías), ejecución de mejoras y trabajos externos asignados a los equipos de las redes de servicios de telefonía móvil y fija, así como soporte de primera mano a los sistemas de la Red IP.

La red de servicios móviles permite la transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil mediante 3G UMTS (Universal Mobile Telecommunications System o también servicio universal de telecomunicaciones móviles) y 4 y 4.5G LTE (Long Term Evolution o también evolución a largo plazo). La red permite transferir servicios tanto de voz y datos (llamada telefónica o videollamada), así como de solo datos (descarga de programas, intercambio de correos electrónicos y mensajería instantánea) y una conexión directa con la red de Internet.

Está compuesta por dos grandes subredes: la red de telecomunicaciones y la red de gestión. La primera es la encargada de sustentar la transmisión de información entre los extremos de una conexión. La red de gestión es la encargada de la provisión, configuración y aprovisionamiento de servicios, el registro, definición de los perfiles de servicio, la gestión, seguridad en el manejo de sus datos. Además, se encarga de la operación de los elementos de la red, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de esta, la detección y resolución de averías o anomalías, la recuperación del funcionamiento de los servicios posterior a periodos de apagado o desconexión de alguno de sus elementos.

El transporte de datos de la red móvil opera a través de una diferentes sistemas de transmisión, dentro de los cuales existen enlaces de microonda RTN (sistema de transporte por radio) series 910 y 950, marca Huawei (proveedor de equipos de telecomunicaciones) sistemas de transporte de datos LAN Switch (switch de red de área local) y routers ATNs (enrutadores de acceso multiservicio) Huawei, así enrutadores marca Cisco (proveedor de equipos de telecomunicaciones) distribuidos a lo largo y ancho del territorio nacional.

Figura 5 Equipos red transporte datos



Equipo microondas Huawei RTN-910



Equipo router Huawei ATN-910



Modulo BBU 3900 sistema 3G



Modulo BBU 3900 sistema LTE



Modulo Switch S2328 Huawei



Equipo router Cisco Red IP

Fuente: Huawei y Cisco, 2024

La red móvil en la subzona Ciudad Quesada, área donde se desarrolla este trabajo de graduación, opera y mantiene aproximadamente 100 sitios o nodos B con sistemas en tecnologías 3G, GL, UL y LTE de los cuales el 42% se encuentran instalados en centrales telefónicas. Con la incorporación en el año 2014 de nuevos sitios repetidores con tecnologías 4G, la red aumentó aproximadamente un 72% en la cantidad de equipos, tanto en la red de sistemas de transporte de datos, como en las redes de alimentación eléctrica y sistemas radiantes; también incrementó a su vez los puntos de falla y los costos de operación y mantenimiento de la red.

La red de servicios móviles está compuesta por una red a nivel nacional que brinda el transporte de datos, una robusta red de alimentación eléctrica, abastecida a través de la red comercial, así como sistemas de redundancia por medio de bancos de baterías y plantas eléctricas operadas con diésel que mantienen en continua operación los servicios.

### **2.1.8 Infraestructura**

Se denomina infraestructura (etimología: *Infra = debajo*) a aquella realización humana diseñada y dirigida por profesionales de ingeniería, urbanismo, etc., que sirven de soporte para el desarrollo de otras actividades y su funcionamiento, necesario en la organización estructural de las ciudades y empresas.

La infraestructura se compone de estructuras físicas públicas y privadas tales como carreteras, ferrocarriles, puentes, túneles, suministro de agua, red de saneamiento, redes eléctricas, y telecomunicaciones (incluyendo conectividad a Internet y acceso de banda ancha). En general, la infraestructura se ha definido como "los componentes físicos de los sistemas interrelacionados que proporcionan productos básicos y servicios esenciales para permitir, sostener o mejorar las condiciones de vida de la sociedad" (Infraestructura Urbana, 2024) y mantener el entorno circundante.

#### **Tipos de infraestructura**

##### **2.1.8.1 Central telefónica:**

En el campo de las telecomunicaciones, en un sentido amplio, una central telefónica es el lugar (puede ser un edificio, un local, una caseta, o un contenedor) utilizado por una empresa operadora de telefonía donde se alberga el equipo de conmutación y las demás instalaciones necesarias para la operación de las llamadas telefónicas. Es decir, es el lugar donde se establecen conexiones entre los lazos (bucles) de los abonados directamente o bien mediante retransmisiones entre centrales de la señal de voz. Las centrales se conectan entre sí mediante enlaces de comunicaciones entre centrales o enlaces inter centrales.

En la central telefónica terminan las líneas de abonado y se originan los enlaces de comunicaciones con otras centrales telefónicas de igual o distinta jerarquía o, en su caso, parten los enlaces o circuitos interurbanos necesarios para la conexión con centrales de otras poblaciones.

Las centrales telefónicas se ubican en edificios destinados a albergar los equipos de transmisión y de conmutación que hacen posible la comunicación entre los diferentes abonados. Allí también se localizan los equipos de fuerza de energía y el repartidor general o MDF (Main Distribution Frame).

#### **2.1.8.2 Radio base**

En comunicaciones por radio, una estación base es una instalación fija o moderada de radio para la comunicación media, baja o alta bidireccional. Se usa para comunicar con una o más radios o teléfonos móviles; las estaciones base normalmente se usan para conectar radios de baja potencia, como por ejemplo la de un teléfono móvil, un teléfono inalámbrico o una computadora portátil con una tarjeta WiFi. Sirve como punto de acceso a una red de comunicación fija (como la Internet o la red telefónica) o para que dos terminales se comuniquen entre sí yendo a través de la estación base.

En el área de las redes informáticas inalámbricas (WiFi o WiMAX), una estación base es un transmisor/receptor de radio que sirve como nexo (hub) de la red de área local inalámbrica. También puede servir como pasarela entre las redes inalámbrica y fija.

En el contexto de la telefonía móvil, una estación base (en inglés: Base Transceiver Station (BTS)) dispone de equipos transmisores/receptores de radio, en la banda de frecuencias

de uso (850 / 900 / 1800 / 1900 MHz)En GSM y (1900/2100Mhz) en UMTS que son quienes realizan el enlace con el usuario que efectúa o recibe la llamada(o el mensaje)con un teléfono móvil. Las antenas utilizadas suelen situarse en lo más alto de la torre (si existe), de edificios o colinas para dar una mejor cobertura y son tipo dipolo. Normalmente, está compuesta por un mástil al cual están unidas tres grupos de una o varias antenas equidistantes . El uso de varias antenas produce una diversidad de caminos radioeléctricos que permite mejorar la recepción de la información.

Además, la Estación Base dispone de algún medio de transmisión, vía radio o cable, para efectuar el enlace con la Central de Conmutación de Telefonía Móvil Automática, que a su vez encamina la llamada hacia el teléfono destino, sea fijo o móvil. Por lo general, estas estaciones disponen también de baterías eléctricas, capaces de asegurar el funcionamiento ininterrumpido del servicio. En zonas densamente pobladas (ciudades,), hay muchas estaciones base, próximas entre sí (células pequeñas).

Las frecuencias deben ser cuidadosamente reutilizadas, ya que son escasas, por lo que cada E.B. transmite con poca potencia a fin de que no se produzcan interferencias de una célula con otra célula próxima que use las mismas frecuencias. En cambio, en las zonas de baja densidad (carreteras,) las E.B. están alejadas unas de otras y transmiten a elevada potencia para asegurar la cobertura en una célula extensa.

### **2.1.9 Telecomunicaciones**

Cuando se habla de telecomunicaciones, se refieren a la ciencia y a la práctica de la transmisión de información a través de medios electromagnéticos, mediante el empleo de un

conjunto de técnicas y materiales especializados. Dicha información puede consistir en datos textuales, de audio, de video o la combinación de los tres.

El término telecomunicación proviene de la palabra francesa *télécommunication*, compuesta por el prefijo griego *tele-*, “distancia,” y la palabra latina *communicare*, “compartir.” Fue acuñada por el ingeniero y escritor Édouard Estaunié (1862-1942) a inicios del siglo XIX, como reemplazo del término hasta entonces empleado para la comunicación por impulsos eléctricos: telegrafía.

Dentro del concepto de telecomunicaciones se puede hallar hoy en día numerosas tecnologías, desde la radio, televisión, telefonía, redes Internet e informáticas , hasta la radionavegación, GPS y telemetría. En casi todos los casos, se trata de sistemas dotados de:

- Un emisor. Que codifica y transmite la señal mediante distintos medios o canales.
- Uno o más receptores. Que reciben y decodifican la señal, pudiendo a su vez (o no) servir de emisores.
- Repetidores, enrutadores y conmutadores. Que son aparatos diseñados para intensificar, modificar, canalizar o repetir la señal enviada por el emisor.

También puede hablarse de Ingeniería en telecomunicaciones o, simplemente telecomunicaciones, para referirse al estudio de este tipo de tecnología, con miras a su manejo, mejoramiento e innovación.

### 2.1.9.1 Tipos de telecomunicaciones

Hay varias formas de clasificar las telecomunicaciones, atendiendo a distintos elementos. Por ejemplo, se puede distinguir entre comunicaciones unidireccionales, aquellas en las que el emisor es siempre emisor, y las bidireccionales, en las que los receptores eventualmente ocupan también el rol de emisor, es decir, existe retroalimentación. Por otro lado, atendiendo a la naturaleza de su tecnología específica, se pueden diferenciar entre:

- **Radiocomunicaciones.** No sólo se refiere a la transmisión de ondas radiales en AM y FM desde estaciones comerciales, cuya programación debe ser recuperada por el público en sus aparatos radiales, sino también a los aparatos de radio de onda corta, como los empleados para la navegación y las comunicaciones militares.

- **Telefonía.** La antigua telefonía de hilos de Graham Bell fue sustituida a lo largo del siglo XX por toda una industria telefónica moderna, que emplea satélites y torres de emisión para enviar y recibir señales electromagnéticas de frecuencia específica, que luego el aparato convierte en ondas sonoras, recuperando la voz del hablante con una distorsión y retardo mínimos.

- **Televisión.** El gran invento que revolucionó los medios masivos de comunicación en el siglo XX, ha sobrevivido adaptándose a los tiempos, a través de emisiones satelitales o *streaming* a través de Internet, para llevar tanto audio como imágenes a los aparatos receptores en cada hogar, ya sea en vivo y directo, o en diferido.

- **Internet.** Hoy en día prácticamente todo está conectado a Internet, la gran red de redes de computadoras, que permite el envío recíproco de información a lo largo de enormes distancias. Se trata de una intrincada red de computadores interconectados de manera recíproca, para compartir un inmenso volumen de datos de cualquier naturaleza, a través de cables de fibra

de vidrio, cables coaxiales o a través de ondas de radio (WiFi). Internet permite diversos servicios como la World Wide Web, el correo electrónico, el servicio de streaming, etc.

- **Fax.** Una tecnología extinta, pero que sirve de ejemplo, y que consistía en utilizar las líneas telefónicas para enviar la reproducción de una imagen tomada de un texto, algo similar a una fotocopidora, cuyos originales estaban lejos. Desde la llegada de Internet fue considerada obsoleta y abandonada en todo el mundo.

### **2.1.9.2 Servicios de telecomunicaciones**

Los servicios de telecomunicaciones son aquellos proporcionados por una empresa de comunicaciones que ofrece servicios de voz y datos en un área extensa. El servicio de telecomunicación más conocido es el telefónico, el cual se desarrolla mediante un cableado o de forma inalámbrica. Otros servicios pueden incluir internet, televisión y redes para empresas y hogares. Es posible que estos servicios no estén disponibles en todas las áreas o en todas las empresas. Los costos para los servicios de telecomunicación varían y pueden variar según el país y el tipo de negocio de que se trate.

Además de los teléfonos fijos convencionales, existen servicios de datos y sistemas inalámbricos. A medida que se expandieron la capacidad y los servicios en internet, las empresas de telecomunicaciones comenzaron a actualizar las redes, instalando fibra óptica y otros equipos necesarios para conectar a los usuarios a internet a una mejor velocidad. Como consecuencia de las altas velocidades que proporcionan las redes inalámbricas, el acceso a internet de banda ancha se ha convertido en uno de los servicios de telecomunicaciones más populares.

## **Lista de servicios de telecomunicaciones**

Si bien los servicios de telecomunicaciones solían significar nada más que un teléfono fijo, las opciones ahora son más variadas. Acá se mencionan algunos de los principales servicios de telecomunicación para empresas.

- **Sistemas de radiocomunicaciones**

Los sistemas de radiocomunicaciones permiten comunicarse inalámbricamente y alcanzar una distancia considerable. Incluye transmisiones de radio que se envían al mundo. En su mayoría usan transmisores de radio que se decodifican juntos al final.

- **Datos fijos**

Los servicios de datos fijos incluyen líneas dedicadas y servicios de acceso con conmutación de circuitos, tales como, redes digitales de servicios integrados, retransmisión de tramas, modo de transferencia asíncrona, IPs, DSL, servicios de distribución multicanal multipunto y satélite.

- **Voz fija**

Los servicios de voz fija comprenden servicios de voz IP, transmisión de datos y fax, también incluyen disposiciones locales y de larga distancia relacionadas con voz, por ejemplo, suscripción de línea, cargos de llamadas y tarifas de conexión.

- **Telecomunicaciones móviles**

Las telecomunicaciones móviles incluyen el uso de datos móviles Internet y llamadas telefónicas o móviles. También abarcan los servicios de mensajes cortos (SMS) y la suscripción de líneas.

### 2.1.10 Redes móviles

La conectividad de los teléfonos móviles se consigue gracias a los recursos de las radio telecomunicaciones y su funcionamiento se basa en los procedimientos de las redes de telefonía fija. La infraestructura final contiene:

- Estación base (**BS** *Base Station*)
- Terminales (**MS** *Mobile Station*)

Uno de los principios más fundamentales aplicados en los modernos sistemas de telecomunicaciones móviles se basa en la división del territorio en áreas parciales más pequeñas denominadas como celdas (en algunos textos también se denominan células, de ahí el nombre de redes celulares), que están siempre gestionadas por una estación base concreta. El tamaño de las celdas utilizadas en los diversos sistemas móviles depende principalmente del tipo, el propósito del sistema móvil y se pueden clasificar como sigue:

- Femtoceldas (pisos u oficinas) - destinado a cubrir áreas que reciben una señal de baja calidad de otras celdas. En general el área de cobertura de las femtoceldas tiene un radio de varios metros.
- Picocelda (oficina y área residencial) – El margen de cobertura de esta señal es de pocas decenas de metros.
- Microceldas (áreas urbanas con gran densidad de población) – enfocados principalmente a usuarios con movimiento lenta (por ejemplo, para peatones o para un automóvil en tráfico urbano). La cobertura de una sola microcelda es de pocas centenas de metros.

- Macroceldas (áreas grandes y escasamente pobladas) – principalmente orientadas a usuarios en movimiento con alta velocidad (por ejemplo, los vehículos en las carreteras). El radio del área de cobertura máximo es de unos pocos kilómetros.
- Celda satelital (área accesible por satélite de telecomunicaciones) - permite la conexión en lugares inaccesibles para los tipos de células anteriores. El alcance de la señal depende de la posición relativa de los satélites.

*Figura 6 Torre Telecomunicaciones red móvil*



Fuente: datacenterdynamics.com (2023)

Las primeras redes móviles de uso generalizado aparecieron en los años 80 en Japón y Estados Unidos. A pesar de ser tecnológicamente limitada, la red móvil 1G inició la era de la telefonía móvil y las llamadas internacionales sin necesidad de cables. Con el paso de los años, el uso de redes móviles fue evolucionando hasta lo que se conoce hoy en día, donde el 5G ofrece una alta velocidad de intercambio de datos y un sinnúmero de posibilidades.

Las redes móviles actuales ofrecen una conexión a Internet de alta velocidad, lo cual ha abierto un mundo de posibilidades para las empresas, destacando la Industria 4.0, el Internet of

Things o la independencia geográfica. Aunque el funcionamiento de las redes móviles es complejo, se puede resumir de forma sencilla. Todo parte de una centralita telefónica digital que posee el equipamiento necesario para comunicarse con los dispositivos móviles.

La centralita es el centro de operaciones donde se procesan los datos, se transmiten y reciben las señales provenientes de cualquier antena. Los paquetes de datos viajan hasta la centralita, son procesados y distribuidos a sus destinatarios.

Las antenas distribuidas por todo el mundo ofrecen zonas de cobertura a las que los dispositivos se conectan utilizando un protocolo de comunicación. Cada vez que se conecta a internet o se realiza una llamada telefónica, el emisor envía paquetes de datos a las antenas más cercanas, la cual, a su vez, replica dicha información hacia otras antenas hasta llegar a una centralita. Cada antena cubre una pequeña área a su alrededor llamada celda.

Una vez en la centralita, los paquetes de datos son procesados y enviados a su receptor, pudiendo ser este otro usuario o un servidor web, por ejemplo. De esta forma se establece una conexión donde emisor y receptor intercambian paquetes de datos a una gran velocidad hasta alguno de los participantes finaliza la transmisión.

Con el paso del tiempo han ido apareciendo diferentes tipos de redes móviles que han sido habilitadas para diferentes usos, ya que poseen características distintas y optimizadas según el caso de uso. Se pueden ver diferencias entre:

- Red 1G: primera generación de redes móviles que fue lanzada por la compañía japonés NTT en 1979. Empleaba tecnología analógica que permitió realizar por primera vez llamados de voz de baja calidad sin necesidad de cables.

- Red GSM o 2G: la segunda generación permitía realizar llamadas telefónicas de alta calidad, pero seguía siendo inadecuada para navegar por internet, aunque sí aceptaba el envío de mensajes de texto (SMS). Fue la primera red móvil completamente digital.

- Red GPRS o 2.5G: evolución de la anterior red que aumentó levemente la velocidad, lo que permitió por primera vez navegar por Internet empleando un dispositivo móvil. A pesar de ello, navegar por Internet era aún demasiado lento. Como punto positivo, el consumo de batería estaba optimizado.

- Red UMTS o 3G: con la aparición del 3G, las conexiones móviles dieron un gran salto. La velocidad de transmisión era mucho mayor, lo que permitió disfrutar, por primera vez, de videollamadas en tiempo real, navegación por Internet, redes sociales o mensajería instantánea. Sin embargo, consumía mucha más batería.

- Red LTE o 4G: el 4G ha sido una auténtica revolución en las redes móviles. Esta no solo ofrece una velocidad muy alta de transmisión de datos, sino que también una alta estabilidad y bajo consumo de batería comparada con la generación anterior. Esta permitió un mayor volumen de usuarios conectados a una misma celda, acceso a internet a altas velocidades, consumo de contenido en streaming o juegos online.

- Red 5G: la quinta generación es el nuevo estándar en redes móviles, permitiendo un mayor ancho de banda y mayores velocidades de transmisión. Esta generación ofrece un uso más eficiente, tanto en el ancho de banda como en el consumo energético. El 5G abre la puerta a un mundo conectado sin apenas latencia (retardo temporal en el envío y recepción de datos), amplias zonas de cobertura y un mayor volumen de usuarios conectados simultáneamente.

Dando un poco marcha atrás en el tiempo, se puede decir que, sin lugar a duda, las redes móviles han cambiado el mundo. Las telecomunicaciones inalámbricas han cambiado, no solo la forma de comunicarse, sino también de comportarse, acceder a la información, trabajar o relacionarse.

Asimismo, las redes móviles han habilitado otras tecnologías que permiten la automatización de procesos, la inteligencia artificial, el acceso a nuevos datos, el teletrabajo, etc.

En cuestión de negocios, estas han abierto un sin fin de posibilidades de las empresas, siendo la base de innovación de cientos de miles de proyectos en todo el mundo y sectores de mercado.

### **2.1.11 Sistemas transmisión de datos**

La transmisión de datos es la transferencia física de datos (un flujo digital de bits) por un canal de comunicación punto a punto o punto a multipunto. Los cables de par trenzado, fibra óptica, los canales de comunicación inalámbrica y medios de almacenamiento son ejemplos de estos canales de comunicación. Los datos se representan como una señal electromagnética, una señal de tensión eléctrica, ondas radioeléctricas, microondas o infrarrojos.

La transmisión de datos analógica son señales que se caracterizan por el continuo cambio de amplitud de la señal. En ingeniería de control de procesos la señal oscila entre 4 y 20 mA y es transmitida en forma puramente analógica.

En una señal analógica el contenido de información es muy restringido, tan solo el valor de la corriente y la presencia o no de esta puede ser determinado. Por otro lado, la transmisión de datos digital son señales que no cambian continuamente, sino que es transmitida en paquete de datos.

No es tampoco inmediatamente interpretada, sino que debe ser primero decodificada por el receptor. El método de transmisión también es otro: como pulsos eléctricos que varían entre dos niveles distintos de voltaje.

En lo que respecta a la ingeniería de procesos, no existe limitación en cuanto al contenido de la señal y cualquier información adicional. Para realizar la transmisión de datos se requieren equipos que permitan interconectar los diferentes elementos de red. Algunos de ellos son:

### 2.1.11.1 Switch o conmutador

El switch es un puente de múltiples puertos, es un dispositivo de capa de enlace de datos. El conmutador es muy eficiente, realiza una verificación de errores antes de reenviar paquetes. En otras palabras, el conmutador divide el dominio de colisión de los hosts, pero el dominio de difusión sigue siendo el mismo.

*Figura 7 LAN Switch Huawei*



Fuente: Huawei. (2024)

### 2.1.11.2 Enrutador de acceso Multiservicio ATN

La serie ATN son productos de capa de acceso de transporte multiservicio que cumplen con los requisitos de sitio a sitio GE/10GE/25GE. Proporciona interfaces 50GE/100GE, interfaces

de gran capacidad y multiservicio. Admite nuevas funciones como SR/SRv6, EVPN, FlexE y reloj de alta precisión 1588v2. Los productos ATN incluyen la serie ATN 905, la serie ATN 910 y la serie ATN 950. Trabajan con las series CX600, NE40E y NetEngine 8000 para crear una solución portadora integrada de enrutamiento de extremo a extremo.

*Figura 8 ATN 910C Huawei*



Fuente: Huawei. (2024)

### **2.1.11.3 Enlaces microondas**

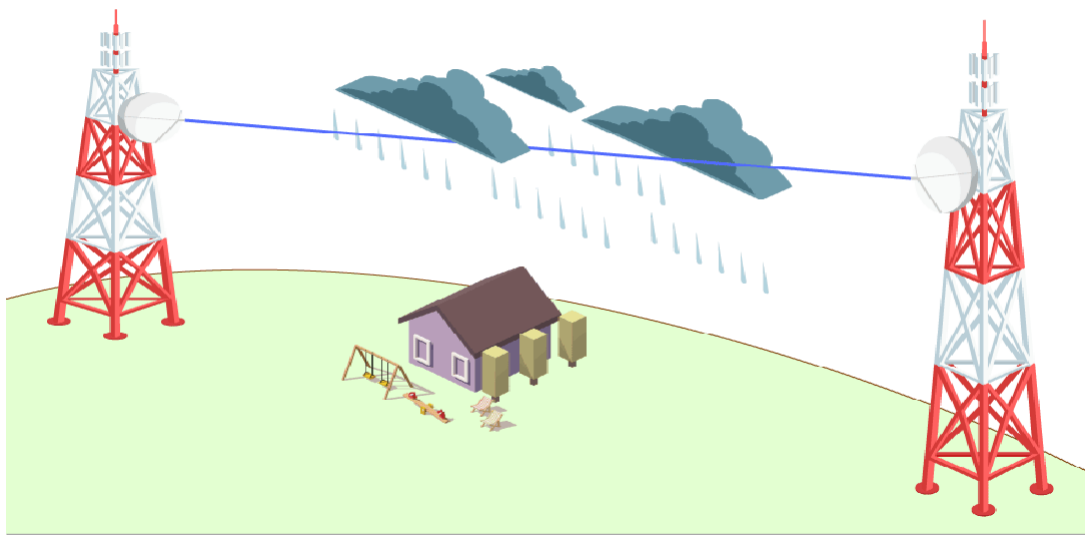
Como su nombre indica, la base de un radioenlace es la comunicación mediante ondas de radio, que permiten transmitir datos entre dos ubicaciones separadas por pocos metros de distancia o decenas de kilómetros. El sistema más básico de radioenlace está formado por 4 elementos principales:

- 1 transmisor
- 1 receptor
- 2 líneas de transmisión
- 2 antenas

El transmisor produce una señal de microondas de una frecuencia y potencia determinadas, modulada de una determinada manera, la inyecta en la línea de transmisión, normalmente un cable coaxial, y llega a la antena, que emite la señal hacia el espacio libre. La

antena del receptor, que apunta a la del emisor, recoge la energía de la señal, la pasa a la línea de transmisión que conecta al receptor, que la demodula y procesa para interpretar la información.

*Figura 9 enlace microondas*



Fuente: prored.es

La distancia de funcionamiento está determinada por la frecuencia, el tamaño de la antena y la capacidad del enlace.

En los radioenlaces de gran rendimiento, es necesario que exista una línea de visión clara (línea vista) entre las 2 antenas para que la comunicación pueda establecerse. Dependiendo de la frecuencia, se puede clasificar los radioenlaces comerciales en 2 grupos:

- Frecuencia Ultra Alta (UHF): de 0.3 a 3 GHz, como los WIFI de 2.4 GHz o los WiMAX de 2,3 GHz.
- Frecuencia Súper Alta (SHF): de 3 a 30 GHz, como la WIFI de 5 GHz o los WiMAX de 5,8 GHz.

Cuanta mayor es la frecuencia, mayor es la capacidad para transportar datos y menor es el tamaño de la antena que se necesita, pero más energía demanda y peor alcance tiene, además de que, como se ve en un punto posterior, también es mayor la atenuación por lluvia.

*Figura 10 Equipo microondas Huawei*



Fuente: Huawei (2024)

#### **2.1.11.4 Router**

Los enrutadores enlazan dos o más redes diferentes, estas pueden constar de varios tipos de segmentos de red LAN. Un enrutador recibe paquetes y selecciona la ruta óptima para reenviar el paquete a través de la red.

Los enrutadores crean una tabla de todas las direcciones de los dispositivos, llamada tabla de enrutamiento. Con ella, el enrutador envía una transmisión desde la fuente hacia el destino a través de la mejor ruta. Los enrutadores funcionan en el nivel de red del modelo OSI.

Figura 11 Router Cisco



Fuente: Cisco (2014)

### 2.1.11.5 Cable de fibra óptica

Es un medio rápido, ligero y durable, integrado por finos haces de fibra óptica transparente pegada a un cable. Los datos se transmiten como pulsos de luz. La tecnología de la fibra óptica ha avanzado muy rápidamente. Existen dos formas de transmitir sobre una fibra, conocidas como transmisión en modo simple y multimodo.

La transmisión óptica involucra la modulación de una señal de luz (usualmente apagado, encendido, y variando la intensidad de la luz) sobre una fibra muy estrecha de vidrio (llamada núcleo). La otra capa concéntrica de vidrio que rodea el núcleo se llama revestimiento. Después de introducir la luz dentro del núcleo esta es reflejada por el revestimiento, lo cual hace que siga una trayectoria zigzag a través del núcleo.

Las ventajas de la fibra óptica sobre otros medios de transmisión son:

- No es susceptible de interferencias externas.
- No es fácil lograr intromisiones sin suspender el servicio.

- En un haz de fibras de una pulgada de diámetro pueden acomodarse más de cien fibras debidamente protegidas.

Además, de la cubierta de vidrio de diferente índice de refracción, los haces de fibra cuentan con una película de sustancia gelatinosa que no solo absorbe vibraciones, sino que contiene veneno para roedores, protegiendo así la fibra (Castrillón, 2003).

### **2.1.12 Nodo B y eNodo b**

El ingeniero Espinoza (2016) explica que un sitio celular o radio base es una instalación fija para la comunicación de señales de radio de forma bidireccional. Esto quiere decir que se usan para dar servicio de envío/recepción de información inalámbricamente en terminales móviles o portátiles, las cuales es evidente que emiten una señal de radio de baja potencia, como por ejemplo la de un teléfono móvil, una tableta electrónica o una computadora portátil, entre otras.

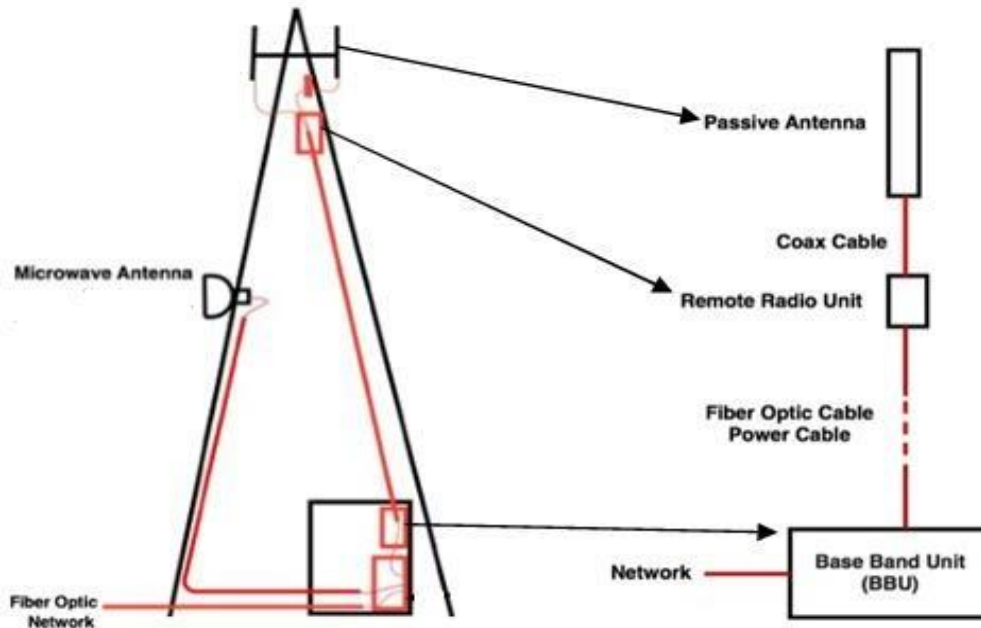
La radio base en este contexto sirve como punto de acceso inalámbrico a las redes de comunicación (como Internet o la red de telefonía fija) o para que dos terminales se comuniquen entre sí yendo a través de la radio base y la red que estas conforman. Su principal función es la de proporcionar cobertura de radiocomunicaciones en cualquier punto donde algún usuario lo requiera. Para conseguir lo anterior y así proporcionar un servicio de telefonía móvil de buena calidad, las radio bases deben estar situadas donde la gente usa sus teléfonos móviles. Con base en esto, una distribución territorial eficiente de radio bases en la red móvil se basa en una “cuadrícula celular” que cubre un área geográfica.

El radio base se forma a partir del sistema de RF y del sistema radiante. En el primero se ejecutan las funciones de control y procesamiento digital de la señal de radio para su transmisión

por la red, así como a la inversa cuando se reciba los datos de la red para que sean nuevamente transformados y transmitidos por la misma radio base mediante el sistema radiante. El sistema radiante es la etapa de acondicionamiento de la señal de radio que proviene de los móviles para que a su vez sea procesada por la unidad de procesamiento para su transmisión hacia la red de servicio móvil. Con base en lo anterior, los elementos principales con los que opera una radio base son:

- RRU
- BBU
- Antenas sectoriales
- Equipo de transmisión con la red móvil
- Torre
- Planta de fuerza
- Respaldo de energía

Figura 12 Elementos principales de una radio base



Fuente: Espinoza G., 2016.

### 2.1.13 Corriente eléctrica

Una corriente eléctrica no es más que un movimiento de cargas (electrones) que recorren un objeto y que son capaces de crear campos electromagnéticos. Remontándonos prácticamente hasta el siglo XVIII se encuentran los científicos que llevaron a cabo los primeros experimentos con electricidad, generada por "frotamiento" (electricidad estática) o inducción. Aunque fue poco después, en 1800, cuando el italiano Alessandro Volta inventó la primera pila gracias a conseguir generar un movimiento constante de ese flujo de electrones.

Pero el gran impulso a esos descubrimientos alrededor de la electricidad llegó en la segunda mitad del siglo XIX y los albores del XX, cuando Thomas Alva Edison y Nikola Tesla desataron la que se dio en llamar como "la guerra de las corrientes", por ver quién de los

dos terminaría imponiendo su visión personal sobre cómo hacer llegar hasta los hogares y empresas el suministro eléctrico. Entonces surgió el dilema de los principales distribuidores de electricidad por ver si era recomendable (o más barato) usar la corriente continua de Edison o la alterna de Tesla, que es la que de forma mayoritaria se utiliza actualmente.

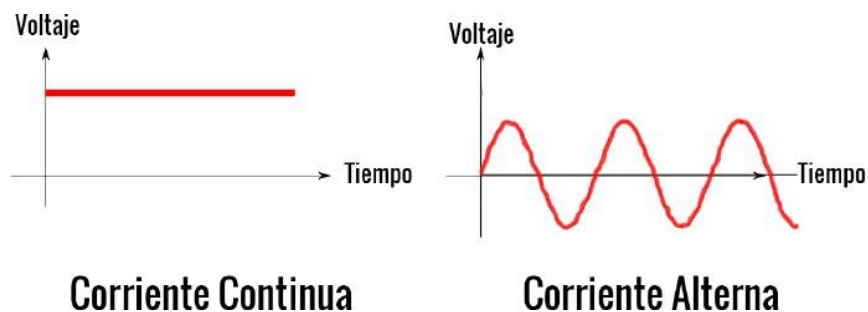
¿Qué tipos de corrientes eléctricas existen?

Hay que tener en cuenta que la corriente eléctrica transporta una carga eléctrica por medio del movimiento de los electrones a través de lo que se conoce como "material conductor". De esta forma, el sentido siempre apunta en la dirección que va del campo positivo al negativo es decir, del mayor hasta el de menor potencial eléctrico. A partir de ese principio, se crea una corriente eléctrica que puede ser de varios tipos.

### **Corriente continua (CC)**

Es conocida también como "corriente directa" y se caracteriza por mantener la carga de voltaje constantemente, de forma que puede ser negativa o positiva. Este tipo de electricidad es la que se produce en la actualidad a través de paneles solares, antes de transformarse en corriente alterna para uso en nuestra casa, o del distribuidor cuando atraviesa sus infraestructuras. Aunque fue el estándar inicialmente utilizado por las primeras ciudades en ofrecer una distribución centralizada de suministro eléctrico, con el paso de los años fue decayendo al presentar mayores pérdidas en la transmisión a largas distancias que, por ejemplo, la corriente alterna (CA).

Figura 13 Figura: Corriente continua vs corriente alterna.



Fuente: .pepeenergy. (2021)

### Corriente Alterna (CA)

Sin embargo, y a diferencia de la CC, este tipo de corriente es capaz de cambiar la polaridad de su voltaje, alcanzando máximos negativos y positivos para dibujar un gráfico de onda que llega a ocurrir 50 o 60 veces por segundo. A esto se le conoce con el nombre de "frecuencia" y se mide en hercios (Hz, un) valor que depende del país y que llegó a condicionar, por ejemplo, los estándares televisivos durante muchos años: NTSC y Pal, por ejemplo.

La razón de que la CA se convirtió en la preferida por los distribuidores de todo el mundo fue por su facilidad para modificar ese voltaje de la corriente que permite a través de un transformador, modificar su intensidad dependiendo del uso que vaya a darse: por ejemplo, elevar la tensión para transportarla en largas distancias a través de líneas de alta tensión, o reducir esa intensidad para hacerla llegar hasta los hogares, empresas, comercios, etc. Su menor coste de instalación también está detrás del éxito que la convirtió en el sistema de distribución más popular en todo el mundo.

#### **2.1.14 Sistemas radiantes**

El Sistema Radiante es la etapa final de la cadena de transmisión, se encarga de radiar la energía suministrada por el transmisor la cual lleva la información que debe de llegar a todos los oyentes de la zona. Por eso es quizá el elemento más crítico, pues un buen sistema radiante asegura una emisión de calidad que llega a todos los emplazamientos donde se quiera dar cobertura con el nivel de señal adecuado.

El Sistema Radiante lo puede componer una sola antena, entonces el diagrama de radiación del sistema será el que presente la propia antena. O varias antenas agrupadas constituyendo lo que se conoce como Array de antenas o simplemente agrupación.

Cuando se habla de agrupaciones aparece otro elemento importante que es la Red de Distribución de Potencia, encargada de suministrar a cada una de las antenas que componen el array la potencia y la fase necesaria para conformar el diagrama de radiación deseado.

El Distribuidor o Splitter tiene como función el reparto de potencia (simétrico o asimétrico) a cada una de las antenas, mientras que los latiguillos nos permitirán jugar con los diferentes desfases entre las antenas del sistema.

De esta forma, mediante Arrays se pueden conformar diagramas de radiación a la carta para cubrir determinadas zonas sin interferir en otras adyacentes, dar más énfasis a un emplazamiento que a otro, lograr mayores ganancias, situar nulos en determinadas áreas donde no se desea radiar o simplemente poder inclinar el haz principal de radiación para dotar al sistema de inclinación eléctrica.

*Figura 14 Sistemas Radiantes*



Fuente: vimesa (2018)

### **2.1.15 SUTEL**

La Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL), es la encargada de regular el mercado de las Telecomunicaciones en el país. Esto implica: promover la competencia, autorizar a las empresas operadoras o proveedoras de servicios, propiciar la interconexión entre las empresas, entre otras funciones.

La ley ordena a la SUTEL a velar por la calidad de los servicios de telecomunicaciones y defender los derechos de los usuarios, según lo establecido en la Ley General de Telecomunicaciones #8642. Además, la SUTEL es la autoridad sectorial de competencia, que vigila el mercado e interviene si algunos de los operadores y/o proveedores de

los servicios incurren en alguna práctica competitiva que afecte al mercado, de acuerdo con la Ley de Fortalecimiento a las Autoridades de Competencia #9736.

La Superintendencia es la administradora del Fondo Nacional de Telecomunicaciones (FONATEL), encargada de llevar telefonía e internet a las zonas donde no es rentable para los operadores invertir. Uno de los propósitos de FONATEL es llevar acceso y servicio universal a poblaciones vulnerables como: familias de escasos recursos, personas con discapacidad y adultos mayores.

Para lo referente a este trabajo de graduación y como parte de uno de los objetivos específicos se detalla el tema de las multas aplicables a cada uno de los operadores de servicios de Telecomunicaciones que puede ejecutar la SUTEL

El título III, capítulo VII de la Ley 9736 y el título V de la Ley 8642, regulan el régimen sancionatorio por infracciones a las normas de competencia del sector telecomunicaciones. El artículo 22 de la Ley 9736, concede a la SUTEL la facultad de emitir guías para orientar a los agentes económicos acerca de la forma en que ejercerán sus facultades legales y aplican e interpretan el derecho de la competencia.

La Ley otorga a la autoridad discrecionalidad en la valoración de los distintos elementos que se toman en cuenta al determinar las multas. Esta discrecionalidad, sin embargo, no es absoluta ni puede ejercerse de forma abusiva, sino que su ejercicio está limitado por la legalidad y los principios generales del derecho, especialmente aquellos principios y derechos de los particulares que sirven de contención al ejercicio punitivo del Estado (Tribunal de Casación Contencioso Administrativo y Civil de Hacienda, 2011). La discrecionalidad de la autoridad para fijar las multas debe siempre aplicar los siguientes principios:

- Legalidad y seguridad jurídica.
- Carácter disuasorio de la sanción.
- Proporcionalidad.
- Motivación de la sanción.

## **Posibles infractores**

La Ley 9736 establece sanciones para cuatro tipos de infractores:

- Agentes económicos que realizan una conducta prohibida: Los agentes económicos que ejecutan directa y materialmente, por sí mismos, las conductas monopolísticas prohibidas o que omiten el cumplimiento de las obligaciones formales o procedimentales descritas en las secciones anteriores de esta guía.

- Personas físicas o jurídicas que promueven o coadyuvan a la realización de una práctica monopolística: Son quienes, sin ejecutar directa y materialmente, por sí mismos, prácticas monopolísticas prohibidas o concentraciones ilícitas, coadyuvan, facilitan, propician o inducen la comisión de las infracciones por parte de terceros. Un ejemplo sería una cámara o asociación gremial que facilita o promueve la comisión de una práctica monopolística por parte de sus miembros.

- Personas físicas actuando en representación de agentes económicos infractores: Son quienes participan directamente en prácticas monopolísticas o concentraciones ilícitas, pero actuando en representación de un agente económico. A modo de ejemplo, los representantes legales, apoderados, directores, gerentes o cualquier otra persona física que, de hecho o de derecho, actúe por cuenta u orden de dicho agente.

- Funcionarios públicos que promueven o coadyuvan a la realización de una práctica monopolística: para efectos de esta guía, se considera funcionario público a la persona que presta servicios a la administración o a nombre y por cuenta de ésta, como parte de su organización, en virtud de un acto válido y eficaz de investidura, según la definición del artículo 111 de la Ley General de la Administración Pública. Se considera infractor al funcionario que coadyuve, facilite, propicie o participe de cualquier forma en la realización de prácticas monopolísticas por parte de agentes económicos en el mercado.

### **Tipos de infracción**

La Ley 9738 contempla una serie de infracciones que podrían ser relevantes en el contexto de una investigación de la SUTEL o de un procedimiento de concentración, las cuales tienen una naturaleza distinta entre sí. La naturaleza de cada infracción determina la elección de los criterios del artículo 120 de la Ley 9736 que aplican al caso concreto, así como para verificar la existencia o no de reincidencia.

Las infracciones de la Ley 9736 son de cuatro tipos, dependiendo de su naturaleza:

- Transgresión de obligaciones sustantivas.
- Contravención a deberes formales.
- Incumplimiento de deberes procesales.
- Otras infracciones accesorias.

La naturaleza de cada infracción influye en la elección de los criterios que se utilizan para cuantificar las multas.

Tabla 1 Base legal para la imposición de multas

Naturaleza de la infracción	Infracción leve <sup>2</sup>	Infracción grave <sup>3</sup>	Infracción muy grave <sup>4</sup>	Otras
Infracción a obligaciones sustantivas			Prácticas monopolísticas relativas y absolutas.	
			Concentración ilícita	
Infracción a deberes formales	Brindar información de manera incompleta o retrasar su entrega Notificar posterior a su ejecución, una concentración económica	Negarse injustificadamente a suministrar información.	Incumplir o contravenir lo establecido en una resolución para suspender o contrarrestar los efectos anticompetitivos de una práctica monopolística	
		Suministrar información falsa, alterada o engañosa		
		Omitir la notificación de una concentración		
Infracción a deberes procesales	Dificultar o entorpecer una inspección o investigación.	Impedir, por cualquier medio, la labor de investigación e inspección.	Incumplir un compromiso de terminación anticipada.	
			Incumplir un compromiso o condición de una concentración.	
Otras infracciones accesorias		Coadyuvar, facilitar, propiciar o inducir realizar conductas anticompetitivas por parte de terceros.	Incumplir una medida cautelar impuesta.	Personas físicas que participen directamente en prácticas monopolísticas o concentraciones ilícitas, en representación o por cuenta de una persona jurídica o entidad de hecho.
				Funcionarios públicos que coadyuven, faciliten, propicien o participen en la realización de prácticas monopolísticas.

Fuente: Sutel (2024)

### Categorías de infracciones según su gravedad y montos de multas

Según se indicó, el importe de multa está relacionado directamente con su respectiva clasificación de gravedad, asignadas por Ley de la siguiente forma:

- Infracciones leves: Hasta treinta salarios base del cargo de auxiliar judicial 1, según la Ley de Presupuesto de la República.
- Infracciones graves: Multa máxima de cero coma cinco por ciento (0,5%) de los ingresos brutos del operador o proveedor obtenidos durante el período fiscal anterior.
- Infracciones muy graves: Multa máxima de uno por ciento (1%) de los ingresos brutos del operador o proveedor obtenidos durante el periodo fiscal anterior.

### **Criterio de gravedad particular**

El artículo 68 de la Ley 8642 prevé la posibilidad de aumentar las multas cuando la SUTEL considere que el caso es de “gravedad particular”. Este supuesto se regirá por las siguientes reglas especiales:

- Se entiende que una infracción reviste gravedad particular cuando sea de una trascendencia o significancia mayor para el mercado, que hace insuficiente la sanción prevista (Procuraduría General de la República, 2009). Se trata de una situación excepcional, en la que la Autoridad llega al convencimiento que la sanción indicada en el numeral 3 anterior no cumple con su propósito disuasor.
- La resolución que declare la infracción como de gravedad particular, por su trascendencia y consecuencias, debe estar debidamente motivada y desprenderse con claridad de los hechos demostrados en el procedimiento, debiendo desarrollarse con detalle el razonamiento que motive y explique de forma contundente las razones que dan a entender esta calificación agravada (Procuraduría General de la República, 2015). Entre los elementos que podría considerar la SUTEL están, por ejemplo, si las ganancias obtenidas por el infractor producto de su conducta ilegal superan el monto máximo que le

correspondería como multa; la cantidad y tamaño de agentes económicos involucrados; la situación y características del mercado al momento de la infracción; las medidas tomadas por los infractores para ocultar su conducta o impedir su detección y otros elementos similares que de forma motivada y razonada valore la autoridad. El monto de las multas para cada tipo de infracción lo establece en el artículo 68 de la Ley 8642.

- En estos casos, la multa podrá establecerse en un rango entre el uno por ciento (1%) y el diez por ciento (10%) de las ventas anuales obtenidas por el infractor durante el ejercicio fiscal anterior, o igual porcentajes del valor de los activos del infractor. La Ley no especifica cuál de los dos parámetros, ventas o activos, debe utilizarse, por lo que la SUTEL podrá elegir uno u otro haciendo la debida fundamentación y justificación de su decisión.
- En el caso de que no se pueda aplicar la sanción sobre las ventas o los activos, como podría ser por ejemplo si se carece de información confiable sobre su valor, la SUTEL estima los ingresos presuntos del infractor. Esta estimación la hace con base en los ingresos brutos promedio del infractor en períodos anteriores, así como los ingresos promedio del período anterior de otros operadores o proveedores que desarrollen actividades económicas y comerciales similares.
- Si el infractor forma parte de un grupo económico, la sanción será impuesta con base en el ingreso bruto o las ventas anuales de las empresas que conforman el grupo<sup>6</sup>. f. Para definir el monto exacto de la multa a imponer dentro de este rango, se toman en consideración los mismos criterios de ponderación que establece la Ley para la infracción que se trate.

## **2.2 HERRAMIENTAS INGENIERILES**

Seguidamente se detallan las herramientas y conceptos ingenieriles que se tomaron en cuenta para el desarrollo del presente estudio.

### **2.2.1 Lluvia de ideas**

El procedimiento según Licari (2021) es una técnica que no tiene estructura y su aplicación es diversificada mediante la cual se buscan soluciones a distintas situaciones mediante un ambiente relajado y sin presión para la generación de ideas espontaneas y horizontales.

Para definir el problema mediante lluvia de ideas, se valoró a través del mantenimiento preventivo la necesidad de ofrecer mejoras en la operación y mantenimiento de las radio bases de la red móvil con el objetivo de disminuir las incidencias provocadas por el robo de cable, vandalismo, etc., específicamente en la zona Huetar, Subzona Ciudad Quesada.

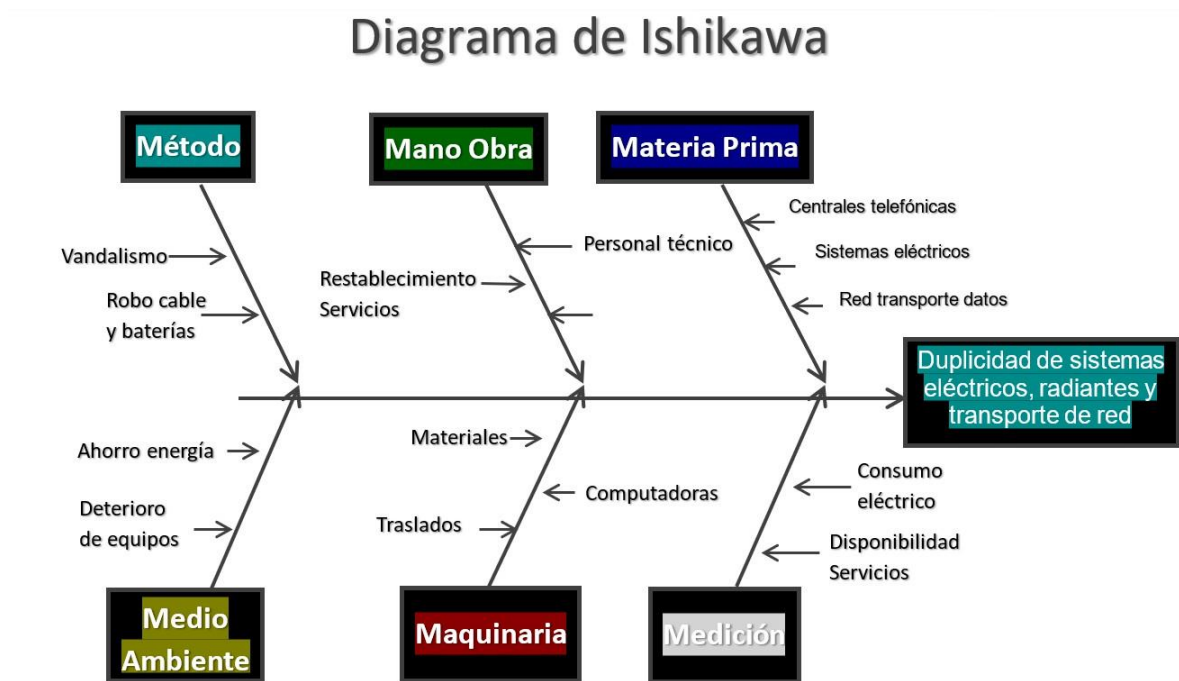
La lluvia de ideas fue:

- -Vandalismo, robo de cable y bancos de baterías en nodos red móvil.
- -Mejora en los servicios de la red móvil en subzona Ciudad Quesada.
- -Optimización de los sistemas de transporte datos, eléctricos y radiantes de la red móvil.
- -Aprovechamiento de edificios (centrales telefónicas) con condiciones óptimas de operación.
- -Atención de incidencias red móvil.

## 2.2.2 Diagrama de Ishikawa

Este diagrama causal es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa - efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso. En teoría general de sistemas, un diagrama causal es aquel tipo que muestra gráficamente las entradas o *inputs*, el proceso, y las salidas u *outputs* de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (*feedback*) para el subsistema de control (Teoría General del Sistema, 2010).

Figura 15 Ejemplo de Diagrama de Ishikawa



### 2.2.3 5W+1H

El 5W1H, también conocido como el método Kipling, es un conjunto de preguntas utilizadas por Rudyard Kipling para responder ampliamente a las interrogantes existentes y desencadenar ideas que podrían contribuir a la resolución de un problema. Con el tiempo, el concepto se incorporó a las prácticas empresariales para eliminar errores, aumentar la eficiencia y agilizar los procesos.

¿Qué?

Disminuir las incidencias por vandalismo, robo de cable etc. en la red móvil específicamente en la subzona Ciudad Quesada

¿Por qué?

Para mejorar la disponibilidad de los servicios móviles.

¿Cómo?

Trasladando los equipos al interior de los edificios (centrales telefónicas) acondicionados para tal fin.

¿Quién?

El área técnica de la zona Huetar, subzona Ciudad Quesada, del Instituto Costarricense de Electricidad y otras dependencias a fines al proceso.

¿Cuándo?

Durante el año 2024.

¿Dónde?

Zona Huetar, subzona Ciudad Quesada, en el sitio Bajo Rodríguez.

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Hernández (2018) es muy enfático al indicar que la distinción entre la investigación cuantitativa y cualitativa es relativa, pues hay diversos elementos que son comunes y otros que pueden utilizarse en ambos enfoques (p.4). Por tanto, la profundidad que puede otorgar un enfoque mixto es aplicable según la necesidad de este proyecto.

De acuerdo con el planteamiento anterior es que se define este proyecto investigativo dentro del enfoque tipo mixto ya que, al ser una estructura con contenido ingenieril implicada bajo una metodología concreta, ofrece la posibilidad de efectuar un análisis detallado de la información, permitiendo así la visibilidad del proyecto desde una perspectiva más detallada y analítica.

De acuerdo con Hernández (2014), el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías, además, el enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos por lo que es secuencial y probatorio.

A su vez, el enfoque cuantitativo propone la recolección de información estadística con el fin de reunir e interpretar los datos de las implementaciones ejecutadas, el tipo de sistemas eléctricos, radiantes y de transporte de datos utilizados en la red; a la vez, se hace necesario mediante métodos de observación y muestra, realizar la inspección de los parámetros técnicos instalados para lograr elaborar las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Al respecto, Hernández(2014) indica que la investigación cualitativa es particularmente útil cuando el fenómeno de interés es muy difícil de medir o no se ha medido anteriormente (deficiencias en el conocimiento del problema) (p.397).

Con base en lo anterior, la importancia del enfoque cualitativo y su aporte a este proyecto es que por significancia de este se ven implícitos significados, conceptualizaciones, ideas, entre otras que permiten al mismo documento generar un entorno no necesariamente numérico para poder interpretar de manera eficaz las proyecciones deseadas.

### **3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

El método de investigación es el procedimiento riguroso, formulado de una manera lógica, que el investigador debe seguir en la adquisición del conocimiento. Según Guerrero G y Guerrero C, (2014), “el método es un orden que debe imponer a los diferentes procesos necesarios para lograr un fin” (p.32).

El método de investigación por estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se esté realizando (OIT, 1996).

El método de este trabajo de investigación fue seleccionado con base en el problema expuesto, los objetivos y los beneficios de la implementación de las mejoras planteadas a la red, debido a la importancia de esta en el ámbito de calidad de servicios de las empresas de telecomunicaciones.

El presente proyecto se desarrolló a través de la metodología DMAIC, que incluye las herramientas ingenieriles y de estadística utilizadas en cada una de las cinco etapas que la conforman y que se implementaron de la siguiente manera:

Se inicia con la primera etapa definitoria, aplicando una entrevista a los técnicos que laboran directamente en el proceso, para que, a través de una lluvia de ideas, se identifiquen las causas que provocan el problema en estudio y que a la vez arroje los datos para elaborar el diagrama de Ishikawa.

En la etapa de medir, se realizan entrevistas para verificar la problemática presente y con indicadores cuantitativos de la problemática elaborar gráficos de los costos operativos para la operación de los servicios en la zona a intervenir y el diagrama de Ishikawa para verificar las causas y obtener soluciones.

En la etapa de analizar, se estudian los registros históricos, mediante tablas se visualiza los resultados y se realizan diagramas de bloques para realizar los procedimientos de los procesos a seguir.

En la etapa de mejorar, se implementa la propuesta para optimizar los sistemas eléctricos, radiantes y de transporte de datos para mejorar los servicios y estandarizar los procedimientos de ejecución.

Finalmente, en la etapa de controlar, se evalúa y auditan los procesos, para que los trabajos implementados cumplan con los parámetros técnicos adecuados y proporcionar servicios de calidad para cuantificar los beneficios obtenidos.

### **3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN**

Bernal (2010) citando a Cerda (1998), se refiere a dos tipos de fuentes de recolección de información: las primarias y las secundarias.

Las fuentes primarias son todas aquellas de las cuales se obtiene información directa, es decir, de donde se origina la información. Es también conocida como información de primera mano o desde el lugar de los hechos. Estas fuentes son las personas, las organizaciones, los acontecimientos, el ambiente natural, etcétera.

Las fuentes secundarias son todas aquellas que ofrecen información sobre el tema que se va a investigar, pero que no son la fuente original de los hechos o las situaciones, sino solo los referencian. Las principales fuentes secundarias para la obtención de la información son los libros, las revistas, los documentos escritos (en general, todo medio impreso), los documentales, los noticieros y los medios de información.

Para los insumos de este proyecto, se trabaja con fuentes primarias de información, con el fin de determinar la problemática que se presenta en la gestión que realiza el ICE en el área de sistemas fijos e inalámbricos, para esto, se entrevista a los funcionarios que tienen relación directa con el proceso; a su vez, se cuenta con consentimientos informados y el tipo de muestreo.

Adicionalmente, como fuente secundaria se busca información en manuales de equipos, y planes de mantenimiento preventivo antecesores a este trabajo de graduación.

#### **3.3.1 Sujetos de información**

Los sujetos de información para el presente proyecto lo componen los funcionarios mayormente técnicos del Instituto Costarricense de Electricidad pertenecientes al área de Sistemas Fijos e Inalámbricos de la zona Huetar subzona Ciudad Quesada.

Además, la información proporcionada en el estudio se recolecta por medio de varias herramientas ingenieriles, análisis de documentos de equipos y entrevistas con el objetivo de establecer los procesos.

Figura 16 Acta constitución proyecto

ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO	
<b>Fecha:</b> 11/2/2024	<b>Nombre del proyecto:</b> "Estudio e implementación de una solución integrada para la optimización de los sistemas transporte de red, radiantes y alimentación eléctrica en la red de servicios móviles del ICE"
<b>Miembros:</b> Estudiante: Giovanni Hernández Alvarado Tutor: Jeffrey Peralta Umaña	<b>Área de aplicación:</b> Sistemas fijos e inalámbricos zona Huetar, ICE
<b>Fecha de inicio del proyecto:</b> febrero 2024	<b>Fecha tentativa finalización proyecto:</b> agosto 2024
<p><b>Objetivos del proyecto</b></p> <p><b>Objetivo principal:</b> Realizar un estudio de la red de servicios móviles del ICE en la subzona Ciudad Quesada para diagnosticar el estado de los sistemas de suministro eléctrico, sistemas radiantes y de transporte de datos. El objetivo principal es optimizar estos sistemas para garantizar la continuidad operativa, mejorar la calidad del servicio para los clientes, reducir costos y cumplir con las regulaciones establecidas por la SUTEL.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los sitios de optimización: Mediante el análisis de condiciones de instalación, exposición a vandalismo y robos y disponibilidad de sistemas, seleccionar los sitios de la red móvil en la subzona Ciudad Quesada que presenten mayor potencial de optimización en cuanto a sus sistemas de suministro eléctrico, radiantes y de transporte de datos.</li> <li>• Implementar la optimización integral: Implementar la optimización de los sistemas de transporte de datos y eléctricos en los nodos adecuados, integrando de manera eficiente los nodos B de la red móvil a los sistemas existentes.</li> <li>• Mejorar la red radiante: Optimizar la red de sistemas radiantes, con el objetivo de mejorar la disponibilidad, la cobertura y el acceso a la red para beneficio de los clientes, reduciendo la caída de llamadas, la indisponibilidad de la red y aumentando la velocidad de transmisión de datos.</li> <li>• Realizar un análisis de costos y beneficios: Realizar un balance costo-beneficio en cuanto a la operación y mantenimiento de la red optimizada, considerando la disponibilidad de repuestos remanentes del estudio, el impacto en las posibles multas por indisponibilidad de la red y la reducción general de costos operativos.</li> </ul>	

<b>Descripción del producto:</b> Con la implementación de este proyecto se mejoran las acciones entre el cliente y la empresa, ya que se podrían disminuir las incidencias que generarían eventualmente la disponibilidad de la red. A su vez, la empresa recorta los gastos de operación y mantenimiento de la red, debido a la disminución de elementos (equipos) y eventos (incidencias) dañinos para la red.
<b>Justificación del proyecto:</b> La duplicidad de sistemas de transporte de red, radiantes de alimentación eléctrica provocan gastos en la operación y mantenimiento de los sistemas, además de incidencias en la red que provocan la caída de servicios generando malestar en los usuarios que de no resolver optarían por realizar el cambio de proveedor de servicios.
<b>Posibles restricciones:</b> Disponibilidad de puertos en el transporte de la red IP
<b>Clientes Directos:</b> ICE
<b>Clientes indirectos:</b> Sistemas Fijos e Inalámbricos subzona Ciudad Quesada
<b>Líder del proyecto de investigación:</b> Giovanni Hernández Alvarado

### 3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS

**Elaboración de estudio de la red:** es el estudio de la cantidad de nodos B instalados en la zona Huetar subzona que brindan los servicios inalámbricos, para así definir cuáles son convenientes y cumplen los requisitos para realizar la implementación.

**Optimización servicios eléctricos:** Es la conclusión de la implementación a nivel de servicios eléctricos ejecutada a los sistemas de la red móvil que fueron acreditados técnicamente por cumplir con los parámetros establecidos. Esta variable se mide por cantidad de implementaciones ejecutadas que cumplan con los parámetros técnicos.

**Desarrollo implementación:** Es la ejecución de la implementación a los sistemas de la red móvil que fueron factibilizados técnicamente en campo como positivos, al cumplir con los parámetros establecidos. Esta variable se mide por cantidad de implementaciones ejecutadas que cumplan con los parámetros técnicos.

**Análisis de disponibilidad de sistemas radiantes:** es el estudio de la cantidad de sistemas radiantes disponible en el sitio a implementar para mejorar la experiencia de los usuarios al utilizar la red móvil del ICE.

Tabla 2 Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
Identificar los sitios de optimización: Mediante el análisis de condiciones de instalación, exposición a vandalismo y robos y disponibilidad de sistemas, seleccionar los sitios de la red móvil en la subzona Ciudad Quesada que presenten mayor potencial de optimización en cuanto a sus sistemas de suministro eléctrico, radiantes y de transporte de datos.	Elaboración de estudio de la red	Análisis de la cantidad de nodos B instalados con tecnologías 3G y 4G LTE para asegurar la factibilidad técnica y operativa para la implementación.	Se revisan todos los sitios con nodos B en la subzona Ciudad Quesada para determinar la factibilidad positiva o negativa para desarrollar la implementación.	Diagrama de Flujo Entrevistas Los ¿5 por qué?
Implementar la optimización integral: Implementar la optimización de los sistemas de transporte de datos y eléctricos en los nodos adecuados, integrando de manera eficiente los nodos B de la red móvil a los sistemas existentes.	Optimización sistemas transporte de datos y eléctricos	Emplear la utilización de sistemas transporte de datos y eléctricos para el beneficio de la red.	Se instalan equipos implementados a los sistemas transporte de datos y eléctricos disponibles en la central a intervenir.	Diagrama de flujo Los ¿5 por qué? Entrevistas
Mejorar la red radiante: Optimizar la red de sistemas radiantes, con el objetivo de mejorar la disponibilidad, la cobertura y el acceso a la red para beneficio de los clientes, reduciendo la caída de llamadas, la indisponibilidad de la red y aumentando la velocidad de transmisión de datos.	Disponibilidad de sistemas radiantes	Optimización sistemas radiantes	Se trabaja en la optimización de sistemas radiantes	Diagrama de red Lluvia de ideas
Realizar un análisis de costos y beneficios: Realizar un balance costo-beneficio en cuanto a la operación y mantenimiento de la red optimizada, considerando la disponibilidad de repuestos remanentes del estudio, el impacto en las posibles multas por indisponibilidad de la red y la reducción general de costos operativos.	Balance costo-beneficio	Disponibilidad de repuestos y prevención de multas	Definición de disponibilidad de repuestos y prevención de multas	Multivoto Lluvia de ideas Los ¿5 por qué?

### **3.5 INSTRUMENTOS**

#### **Lluvia de ideas**

Es una manera en que los grupos generan tantas ideas como sea posible en un periodo muy breve, aprovechando la energía del grupo y la creatividad individual (Osborne, 1930). En este apartado se pretende realizar una lluvia de ideas entre los funcionarios del ICE, con el objetivo de aprovechar el conocimiento y establecer mejoras.

#### **Entrevista**

La entrevista es un método de recolección de datos primarios que consiste en preguntar a una o varias personas su opinión sobre una empresa, un producto o un tema. Las entrevistas tienen un carácter cualitativo por lo que se centran en la experiencia personal. El objetivo principal de las entrevistas es conocer los comportamientos, actitudes y opiniones de las personas. En este apartado, se pretende realizar entrevistas a los funcionarios del ICE, con el objetivo de obtener información de la problemática en estudio y establecer los pasos a seguir.

#### **Diagrama de flujo**

Un diagrama de flujo es la representación lógica y ordenada de las tareas o actividades que se van a realizar dentro de la organización, las mismas que van relacionadas entre sí y orientadas a un fin común haciendo más eficiente el flujo de las relaciones de trabajo (Fernández, 2015). En este apartado, se pretende realizar diagramas de flujos, con el objetivo de representar gráficamente los pasos a seguir.

## **Los ¿5 por qué?**

Es una técnica para realizar preguntas reiterativas, usadas para explorar las relaciones de causa y efecto subyacentes a un problema particular. El objetivo principal de la técnica es determinar la causa raíz de un defecto o problema repitiendo la pregunta "¿Por qué?". Cada respuesta forma la base de la siguiente pregunta. El "5" en el nombre se deriva de la observación empírica en el número de reiteraciones típicamente requeridas para resolver el problema (Asian Development Bank, 2009).

## **Normativa**

La normativa es el conjunto de leyes que regula un tema o ámbito determinado. Es una recopilación de las normas que se encuentran vigentes (Elena Trujillo, 2021). En este apartado, se pretende verificar las normativas internas y externas, con el objetivo de cumplirlas.

## **Gráfico de barras**

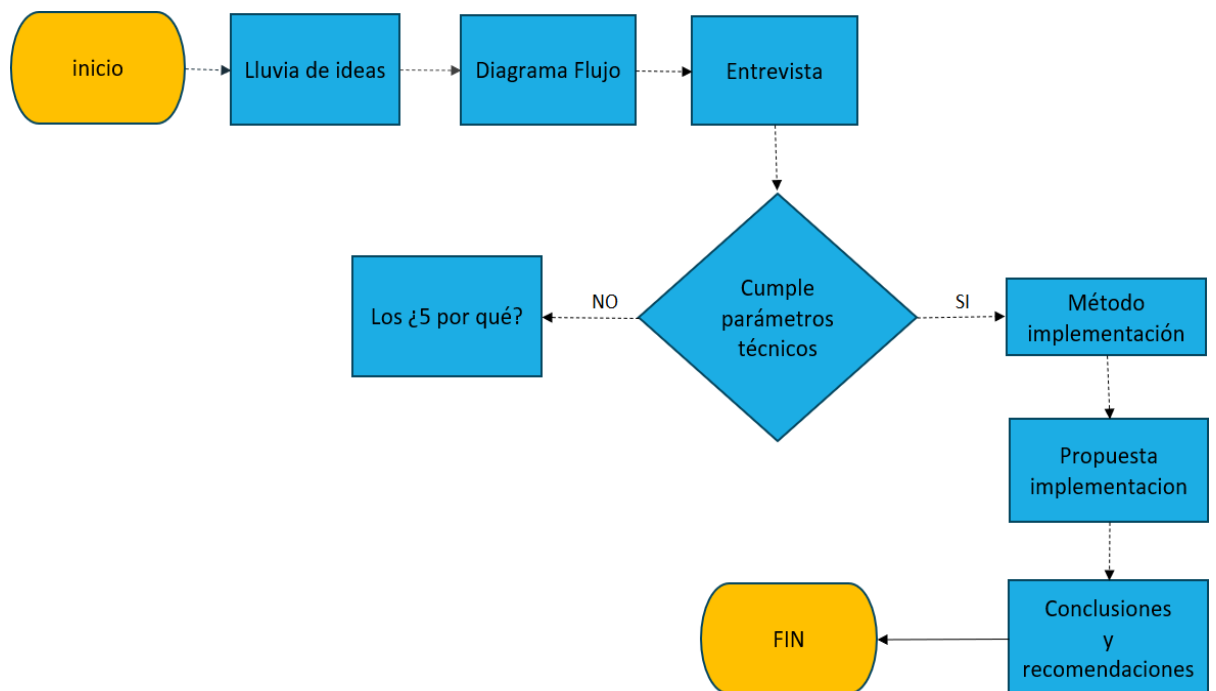
La gráfica de barras es un medio de visualización mediante el cual se refleja una serie de elementos rectangulares de manera sucesiva, ya sea de forma apilada o agrupada lo cual depende de gusto o necesidad; además pueden ser representados de forma horizontal o vertical según las categorías o elementos que se desea reflejar. Sweeney et al. (2008) enfatiza que la gráfica de barras representa los datos cualitativos de una distribución de frecuencia, de frecuencia relativa o de frecuencia porcentual. Además, indica que en uno de los ejes de la gráfica (por lo general en el horizontal), se especifican las etiquetas empleadas para las clases (categorías). Para el otro eje de la gráfica (el vertical) se usa una escala para frecuencia, frecuencia relativa o frecuencia porcentual.

### 3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Iniciando con una lluvia de ideas, se analiza el problema, posteriormente se entrevista a los funcionarios a cargo de los sistemas y se recolecta información necesaria para realizar un plan de trabajo que permita analizar los pros y contras de la propuesta.

Posteriormente se procede a implementar la herramienta ingenieril los 5 porque para analizar las causas o realizar el estudio e implementación de una solución integrada para la optimización de los sistemas transporte de red, radiantes y alimentación eléctrica en la red de servicios móviles del ICE, específicamente en la zona Huetar, subzona Ciudad Quesada, verificando su ejecución y por medio de la herramienta Caminatas Gamba confirmar la funcionabilidad y operabilidad de la implementación ejecutada.

Figura 17 Diagrama de flujo para recolección de datos



## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El trabajo de graduación se implementó en la central telefónica ICE conocida como Bajo Los Rodríguez perteneciente al distrito 14 San Lorenzo del cantón de San Ramón, provincia de Alajuela. Es un pueblo con una población de aproximadamente 1300 habitantes, ubicado al norte del cantón de San Ramón; en el mismo hay instalados equipos y sistemas de la red celular del ICE.

Está a 40 km de San Ramón sobre la ruta 702 a través de una carretera asfaltada en buenas condiciones. Sus principales actividades económicas son la agricultura y ganadería y diversas actividades turísticas. Posee la Reserva biológica Alberto Manuel Brenes (RBAMB) creada en 1975 abarcando un área de 83.187 hectáreas. En la zona se comercializan servicios eléctricos a través de la empresa Coopelesca y de telecomunicaciones por medio del Instituto Costarricense de Electricidad.

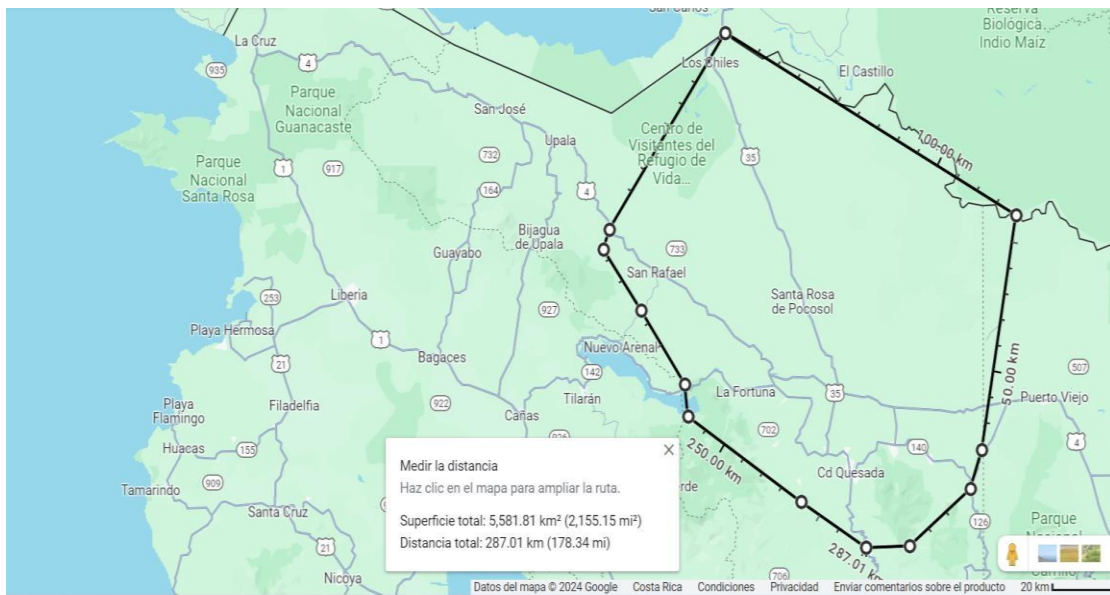
Por el compromiso adquirido con los clientes y usuarios de la red es que se desarrolla este proyecto de graduación para mantener la continuidad de los servicios, aplicar un constante y efectivo plan de mantenimiento preventivo que procure la disminución de interrupciones en la red.

#### **4.1 Estudio de la red móvil del ICE en la subzona Ciudad Quesada**

Este estudio se desarrolló como respuesta a la problemática detectada en la Subzona Ciudad Quesada, referente al vandalismo, robo de cable de alimentación eléctrica y componentes de la red móvil, que provoca la caída de los sistemas y la indisponibilidad de servicios en la red, lo cual genera pérdidas económicas y disconformidad de los usuarios de la red.

La subzona Ciudad Quesada opera y mantiene la red móvil en un área de aproximadamente 5580 Km<sup>2</sup>, efectuando trabajos de operación y mantenimiento en alrededor de 100 sitios físicos de la red móvil del ICE operando con tecnologías 3G, UL, GL y LTE, de los cuales aproximadamente el 37% de los sitios han sido víctima de actos de vandalismo, robo de cable y otros elementos que componen la red.

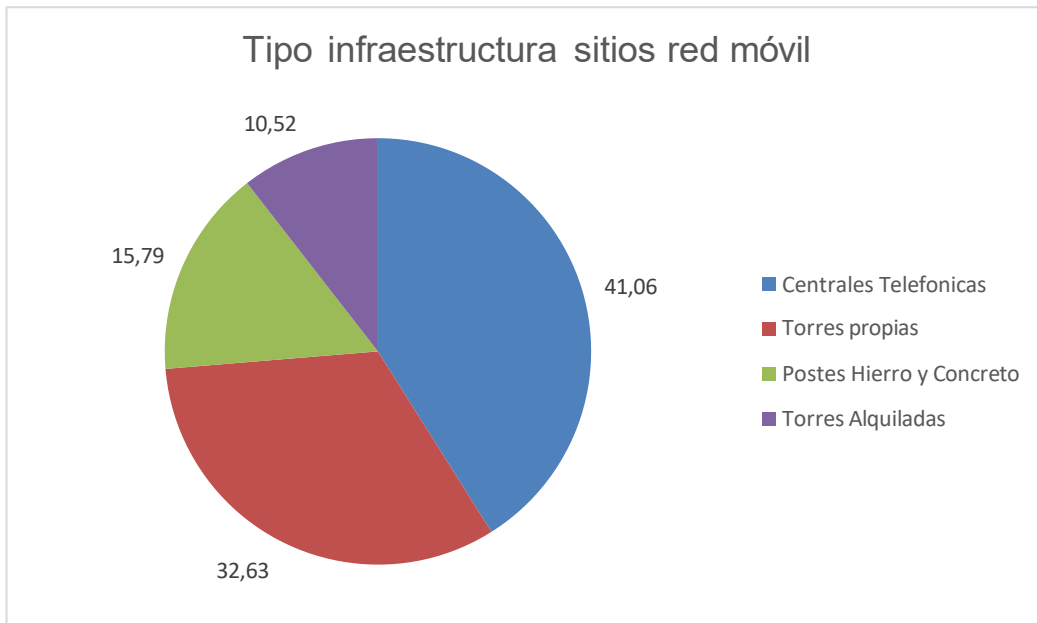
*Figura 18 Área de operación de la subzona Ciudad Quesada*



Los nodos de la red móvil están instalados en infraestructura tipo central telefónica, torres celulares propias y alquiladas, así como en postes de hierro o concreto.

El siguiente diagrama muestra en porcentaje la cantidad de sitios de acuerdo con el tipo de infraestructura donde se encuentran instalados los equipos de la red móvil.

Figura 19 Tipo infraestructura sitios red móvil

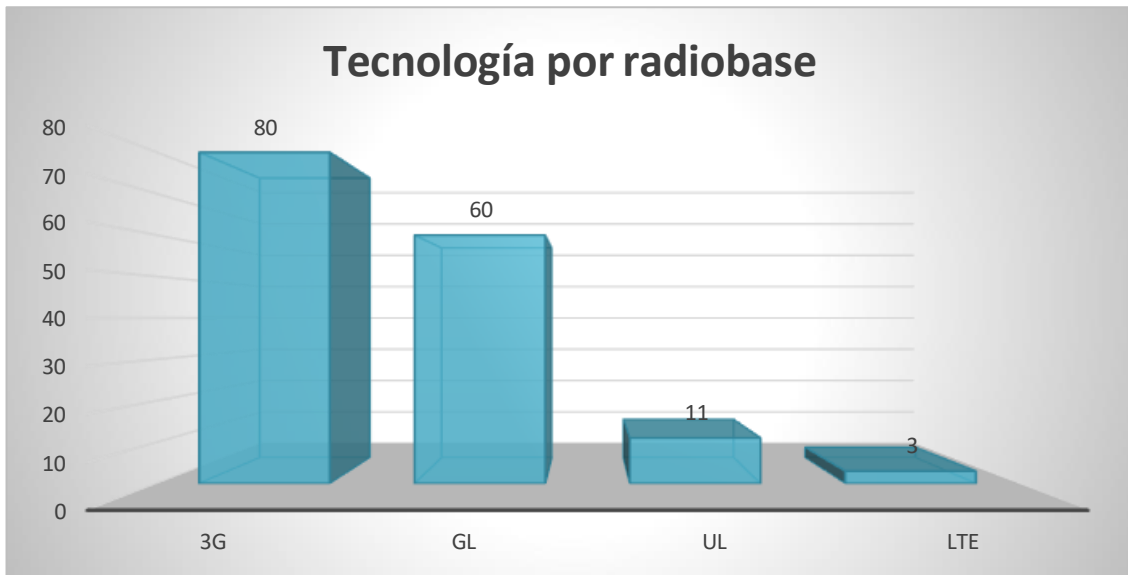


El 41.06% de los sitios de la red móvil en la subzona Ciudad Quesada son centrales telefónicas que cuentan con sistemas eléctricos y de transporte de red propios. Las condiciones presentes en este tipo de infraestructura hacen que el desarrollo y ejecución de la implementación pueda ejecutarse en el 62,5% de los sitios con este tipo de infraestructura (central telefónica).

La subzona Ciudad Quesada cubre la red de telefonía móvil con tecnologías 2G-3G-y 4G, conocidas como UMTS, GL, UL y LTE, distribuidas en cada uno de los sitios de operación de la red.

El siguiente gráfico muestra la distribución de tecnologías por radio base. Estas tecnologías operan en algunos casos de forma individual y en otros casos de forma conjunta, por lo que existen radio bases operando con todas las tecnologías simultáneamente.

Figura 20 Tipo tecnología por radio base



Estas tecnologías se distribuyen e instalan a lo largo y ancho de la zona de cobertura en cada sitio o nodos de operación de la red. En la siguiente tabla se muestran las tecnologías operando en cada sitio de cobertura en la región. Por ejemplo, se tienen 59 sitios brindando cobertura y servicios en las tecnologías 2G-3G Y 4G.

Tabla 3 Tipo de tecnología en operación por sitio

LTE	3G y LTE	GL	UL	3G	3G y GL	2G-3G-4G
1	2	3	11	21	57	59

La infraestructura de una red celular es la combinación de equipos y elementos físicos que conforman y permiten el funcionamiento de la red de telefonía móvil. Estos elementos trabajan en conjunto para proporcionar servicios de comunicación inalámbrica a los usuarios de dispositivos móviles. La infraestructura de una red celular se divide en varios componentes principales:

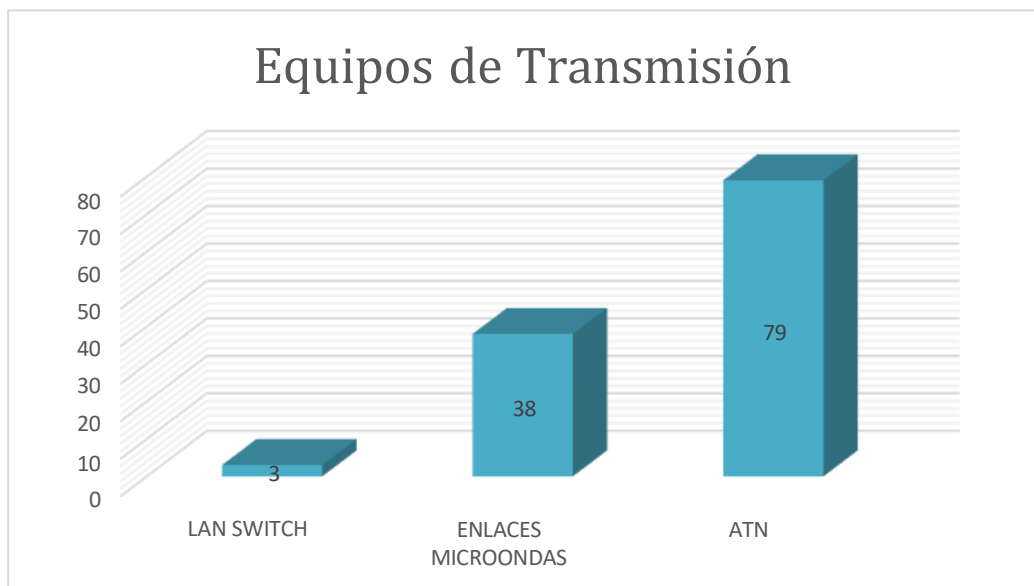
- Estaciones Base (BTS – Base Transceiver Station): Son las torres o antenas ubicadas en diversas ubicaciones geográficas y se encargan de enviar y recibir señales inalámbricas a los dispositivos móviles dentro de su área de cobertura, que generalmente se denomina celda. Cada estación base puede servir múltiples celdas.
- Controladores de Estaciones Base (BSC – Base Station Controller): Son los dispositivos encargados de administrar y controlar varias estaciones base. Se encargan de coordinar la asignación de recursos de radio, el handover (transferencia de una celda a otra mientras el usuario se mueve), y otras funciones relacionadas.
- Red de Transporte: Es el sistema que interconecta las estaciones base, los controladores de estaciones base y otros elementos de la red celular con la red central del operador. Puede estar compuesta por fibra óptica, cables de cobre o enlaces inalámbricos, dependiendo de la topología de la red y las necesidades de capacidad.
- Red Central (MSC – Mobile Switching Center): Es el corazón de la red celular. Se encarga de manejar la conmutación y el enrutamiento de las llamadas y datos entre los dispositivos móviles y otras redes de telefonía fija o móvil.
- HLR (Home Location Register) y VLR (Visitor Location Register): Estas bases de datos almacenan información sobre los suscriptores móviles. El HLR contiene la información principal de los usuarios, mientras que el VLR contiene información temporal sobre los usuarios en itinerancia (fuera de su área de registro).
- Sistemas de Autenticación y Seguridad: Estos sistemas se encargan de autenticar y cifrar la comunicación entre el dispositivo móvil y la red celular para garantizar la privacidad y seguridad de las comunicaciones.
- Red de Núcleo Evolucionado (EPC – Evolved Packet Core): Es una parte esencial de las redes 4G y 5G que proporciona la arquitectura y los protocolos para el enrutamiento y

gestión de paquetes de datos, lo que permite servicios como acceso a Internet y aplicaciones de datos en dispositivos móviles.

- Elementos de Red Adicionales: Además de los elementos mencionados anteriormente, existen otros componentes que pueden estar presentes en la infraestructura de una red celular, como los nodos de señalización, los sistemas de facturación, los servidores de contenidos, entre otros.

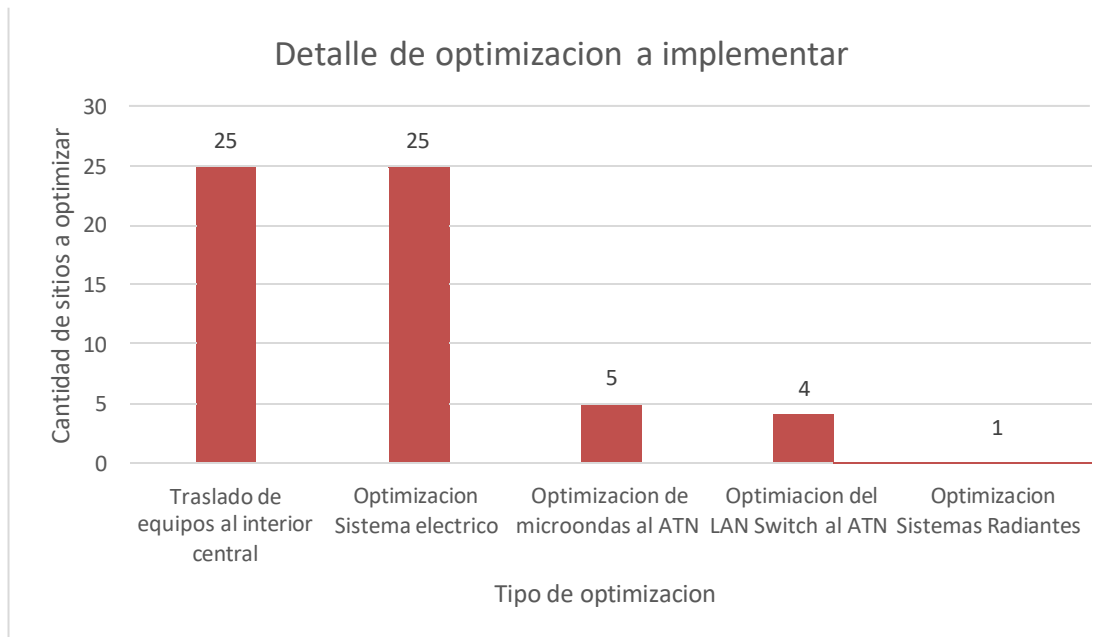
La red de transporte de datos se encarga de distribuir el tráfico de la red móvil. Esta red está compuesta por una variedad de equipos y sistemas de transmisión, dentro de los cuales se tienen enlaces de microondas (modelos RTN 910 RTN 950), módulos LAN Switch y routers modelos ( ATN 910 y ATN 950) del proveedor Huawei. El siguiente gráfico muestra la cantidad de equipos de transmisión de datos instalados en los sitios de la red móvil. Estos equipos en algunos casos operan de forma individual y en otros casos de forma conjunta, por lo que en algunas radio bases trabajan diferentes equipos de transmisión simultáneamente.

*Figura 21 Equipos de transmisión de la red de datos*



En el siguiente gráfico se muestra el tipo de implementación posible a desarrollar en los sitios del área en estudio. Por ejemplo, se puede trasladar el tráfico de los equipos de microondas a través del módulo ATN en cinco sitios.

*Figura 22 Tipo de optimización a implementar*



Los resultados obtenidos a través de este estudio realizado a la red móvil en la subzona Ciudad Quesada proporcionaron los insumos para presentar e implementar esta iniciativa como respuesta a la problemática planteada, la misma disminuye los periodos de indisponibilidad de la red provocada por los robos y actos vandálicos.

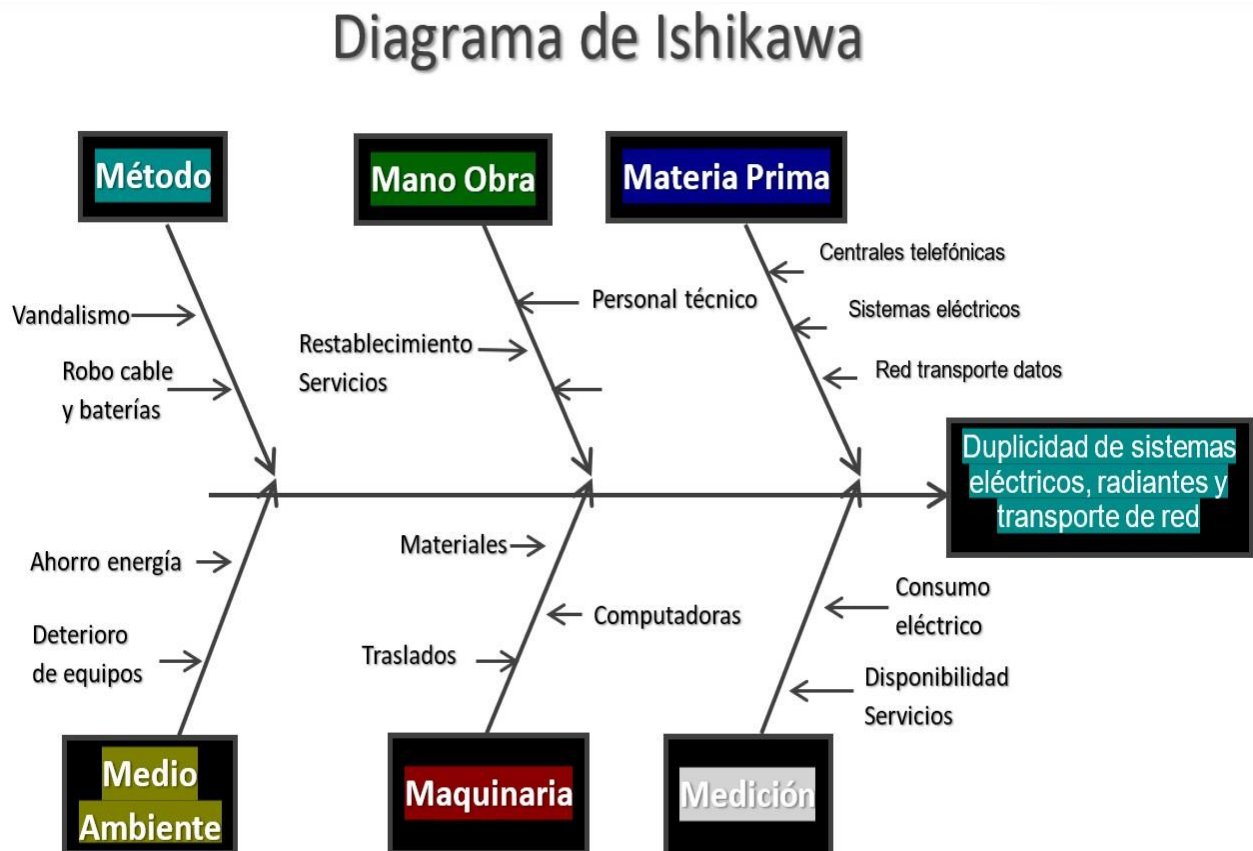
El desarrollo de este estudio inició a través de una lluvia de ideas con personal del área técnica del subproceso sistemas fijos e inalámbricos de la zona Huetar, subzona Ciudad Quesada de la cual se definieron las siguientes opciones para desarrollar la implementación:

- Traslado de equipos al interior de la central.
- Integración de la red móvil a los sistemas de transporte de red y eléctricos existentes en el interior de la central.

- Optimizar los sistemas radiantes para disminuir la duplicidad de estos.

Se realizó un diagrama de Ishikawa, para exponer las causas del problema y los efectos que este conlleva, para identificar las acciones a seguir.

Figura 23 Diagrama de Ishikawa



La metodología de los 5 por qué(5W+1H) sirvió como base para analizar la causa-efecto del problema, buscando responder a las siguientes preguntas:

¿Qué?

Disminuir las incidencias en la red móvil provocadas por el vandalismo, robo de cable y duplicidad de equipos en la red móvil en la subzona Ciudad Quesada.

¿Por qué?

Disminuye la disponibilidad de los servicios móviles de la red celular.

¿Cómo?

Trasladando los equipos al interior de las centrales telefónicas acondicionadas para tal fin.

¿Quién?

El área técnica de la zona Huetar subzona Ciudad Quesada del Instituto Costarricense de Electricidad y otras dependencias afines al proceso.

¿Cuándo?

Durante el año 2024.

¿Dónde?

Zona Huetar subzona Ciudad Quesada, específicamente en el sitio Bajo Rodríguez.

#### **4.2 Optimización de los sistemas eléctricos y transporte de datos**

De acuerdo con los tipos de infraestructura encontrados en el estudio y que tienen equipos instalados, se decidió iniciar las optimizaciones en los sitios que cuentan con central telefónica, tomando en consideración la existencia y disponibilidad de equipos electromecánicos para la alimentación eléctrica, sistemas de transporte de datos y radiantes, así como la seguridad para los equipos trasladados al interior de la central.

*Figura 24 Central Telefónica Bajo Rodríguez*



La ejecución de este trabajo de graduación se llevó a cabo en el sitio Central Telefónica Bajo Rodríguez en San Ramón-Alajuela, logrando implementar completamente la propuesta ya

que se realizó el traslado de los equipos al interior de la central, así como la optimización de los sistemas eléctricos, radiantes y de transporte de datos. En este sitio hay instalados equipos y sistemas de la red móvil operando en tecnologías 2G-3G y 4G(LTE) todos a nivel outdoor (exterior), así como los sistemas eléctricos, radiantes y transporte de red que brindan cobertura celular a la zona.

En el sitio existe un edificio tipo central telefónica, así como dos bastidores Huawei modelos APM-30 y TP-48 ambos tipo outdoor donde se encuentran instalados los equipos y sistemas de la red móvil, también se encuentran instalados los bancos de baterías de protección y redundancia eléctrica operando a la intemperie.

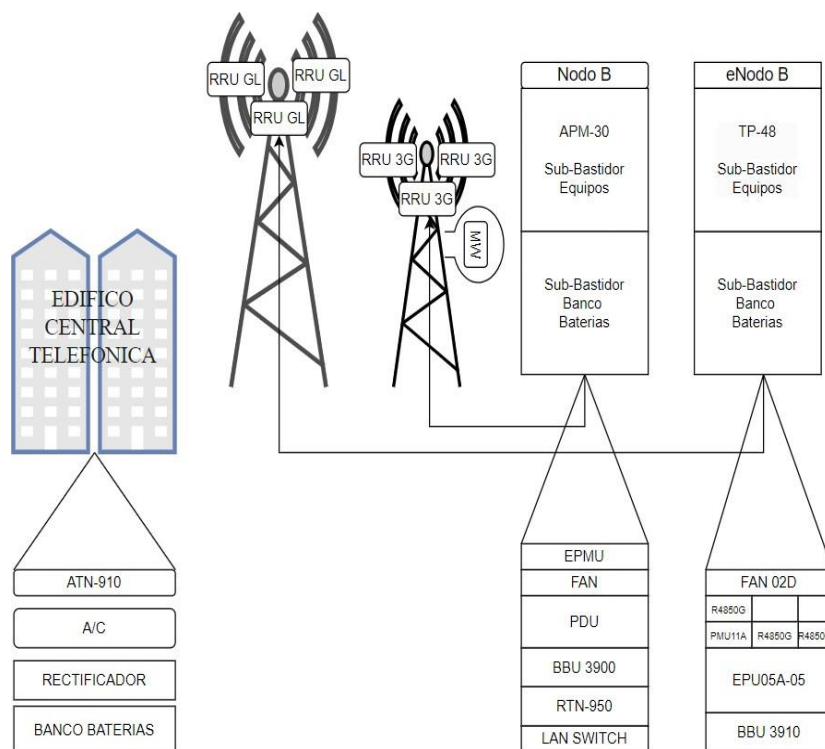
*Figura 25 Bastidores de equipos APM-30 y TP-48*



En el interior de la central telefónica se encuentra instalado el módulo ATN-950 que brinda el transporte al sistema GL de la red móvil, además de los sistemas eléctricos con sus respectivos bancos de baterías y los sistemas de aire acondicionado del sitio.

El siguiente diagrama muestra la ubicación inicial de los sistemas y equipos instalados en el sitio a intervenir.

*Figura 26 Diagrama instalación inicial de los sistemas y equipos*



Inicialmente se realiza una visita al sitio para elaborar el levantamiento de un inventario con los detalles de instalación de los equipos, sistemas, trabajos a realizar, la disponibilidad de equipos y sistemas para efectuar la implementación. El inventario obtenido se envía por correo electrónico al área de sistemas Fijos e Inalámbricos ubicada en San Pedro Montes Oca, para la respectiva coordinación de los trabajos y modificaciones a realizar.

Con la información recopilada en el inventario físico del sitio, se solicita al área de diseño de Red de Acceso Fijo e Inalámbrico realizar la elaboración del diseño que indicando los trabajos, instalaciones, traslados y configuraciones a ejecutar y a la vez se realiza la recolección de los materiales necesarios y la solicitud del SASET (permiso para realizar trabajos en la red) para desarrollar y ejecutar la implementación.

Posteriormente se realiza la ejecución de la propuesta, para ello se desplazan al sitio de trabajo personal del área de sistemas fijos e inalámbricos, así como personal de del área de implementación de la red inalámbrica.

Vía llamada telefónica se contacta al COR (Centro de Operaciones de la Red) para reportar el inicio de los trabajos en campo, de acuerdo con el Saset (permiso para realizar trabajos en la red) asignado.

Se realiza la instalación de los módulos DC-DC CONV (equipos distribuidores de corriente directa con protección tipo disyuntor). Personal de electromecánica de la sub zona Ciudad Quesada realizó antes la instalación del cableado de alimentación eléctrica desde el rectificador Dongah hasta la posición asignada para instalar los equipos.

La siguiente imagen muestra el equipo rectificador Dongah y dos bancos de baterías de respaldo a los sistemas de 425 Ah cada uno.

*Figura 27 Equipo rectificador Dongah y banco baterías respaldo*



Se realiza la instalación de los módulos BBU en la posición asignada. Se utilizan módulos del stock de respaldo para minimizar la afectación de los servicios.

A la vez y de forma paralela otro grupo de trabajo realiza la instalación del cableado de alimentación eléctrica y de las fibras ópticas nuevas para las RRU, además del traslado de herrajes y antenas a la posición nueva asignada en la torre, como se muestra en la siguiente imagen:

*Figura 28 Trabajos instalación módulos en nueva posición*



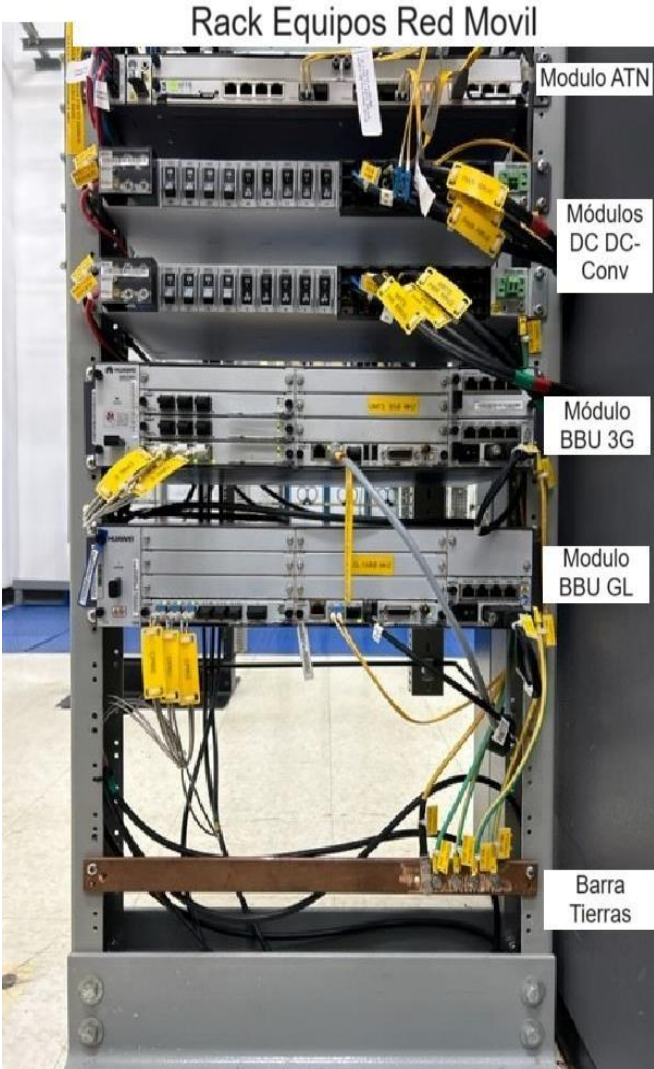
Concluida esta fase, se procede a realizar el traslado de las tarjetas a las nuevas BBU y la configuración remota de los servicios en el ATN por parte del personal de gestión transporte de red para iniciar con el restablecimiento de los servicios de la red móvil. La siguiente imagen muestra el cableado de conexión del sistema 3G en el puerto asignado en el módulo ATN, posterior a la implementación.

*Figura 29 Puerto conexión BBU 3G en módulo ATN*



La siguiente imagen muestra el rack de equipos instalados en la posición asignada al interior de la central posterior a la implementación.

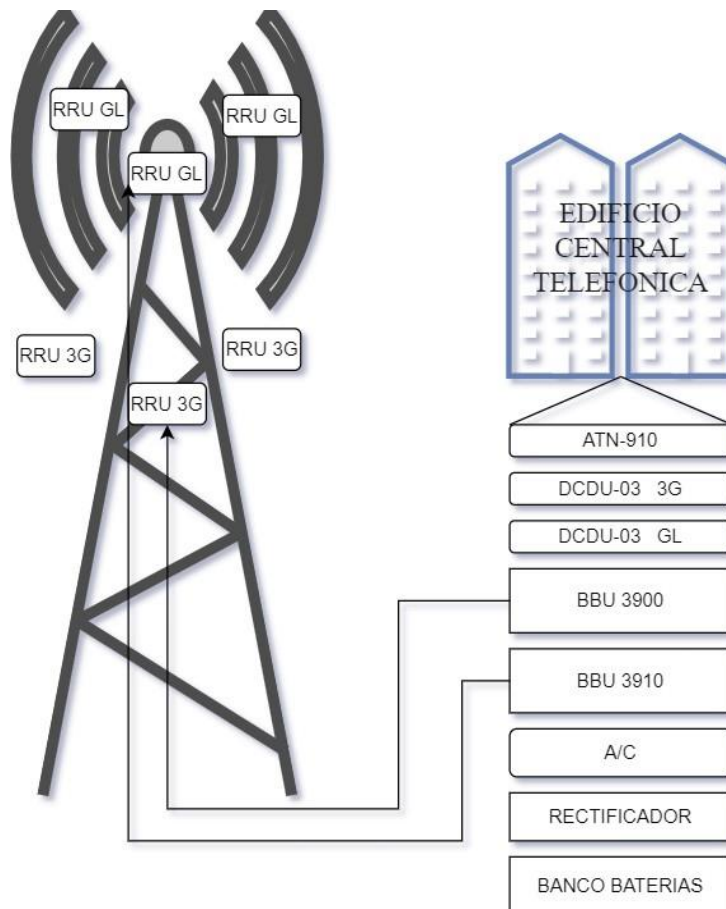
Figura 30 Rack equipos posición final



Se verifica tanto a nivel local como remoto el óptimo funcionamiento de los sistemas y así proceder con el cierre del Saset y la finalización de los trabajos.

Finalmente se realiza la limpieza del sitio y recolección de materiales remanentes de los trabajos realizados y se da por finalizada la implementación de la solución integrada. El siguiente diagrama muestra la configuración posterior a la implementación.

*Figura 31 Diagrama instalación final de los sistemas y equipos*



### 4.3 Optimización de sistemas radiantes

Los sistemas radiantes de la red móvil instalados en el sitio en estudio se instalaron inicialmente en dos torres. En la torre auto soportada los sistemas radiantes de la tecnología GL a 30 metros de altura y en el poste metálico los sistemas radiantes del sistema 3G a 18 metros de altura además de una antena parabólica del enlace de microondas ruta Florencia, como se muestra a continuación:

*Figura 32 Torres en sitio Bajo Rodríguez*



Esta implementación requirió el traslado los sistemas radiantes (antenas sectoriales, herrajes, cables de alimentación, fibras ópticas y RRUs) de la tecnología 3G ubicados en el poste de hierro a 18 metros de altura a la nueva posición asignada (27 metros altura) en la torre autoportada.

Se inicia con la instalación de los cables de alimentación y fibras ópticas de las RRU de la tecnología 3G desde la nueva posición en la torre autoportada (27 metros) hasta la nueva posición asignada en el interior del edificio de la central telefónica. Paralelamente se realiza el reacomodo de los cables de alimentación y las fibras ópticas del sistema GL desde el bastidor TP-48 a la nueva posición asignada en el interior de la central telefónica.

*Figura 33 Trabajos de traslado de sistemas radiantes*



Seguidamente se instalan los herrajes de las RRU de la tecnología 3G en la nueva posición asignada en la torre autosoportada para posteriormente realizar el traslado de las RRU a dichos herrajes. Se procede a realizar las respectivas conexiones del cableado tanto en las RRU como en las BBU y en los módulos de alimentación eléctrica asignados (DC-DC Conv)

Posteriormente se realiza la conexión de la alimentación eléctrica y de las fibras ópticas a los equipos para luego proceder a realizar los respectivos ajustes del tilt y azimuth asignados a cada antena para reiniciar la operación . La siguiente imagen muestra los sistemas radiantes de las tecnologías GL y 3G en la nueva posición.

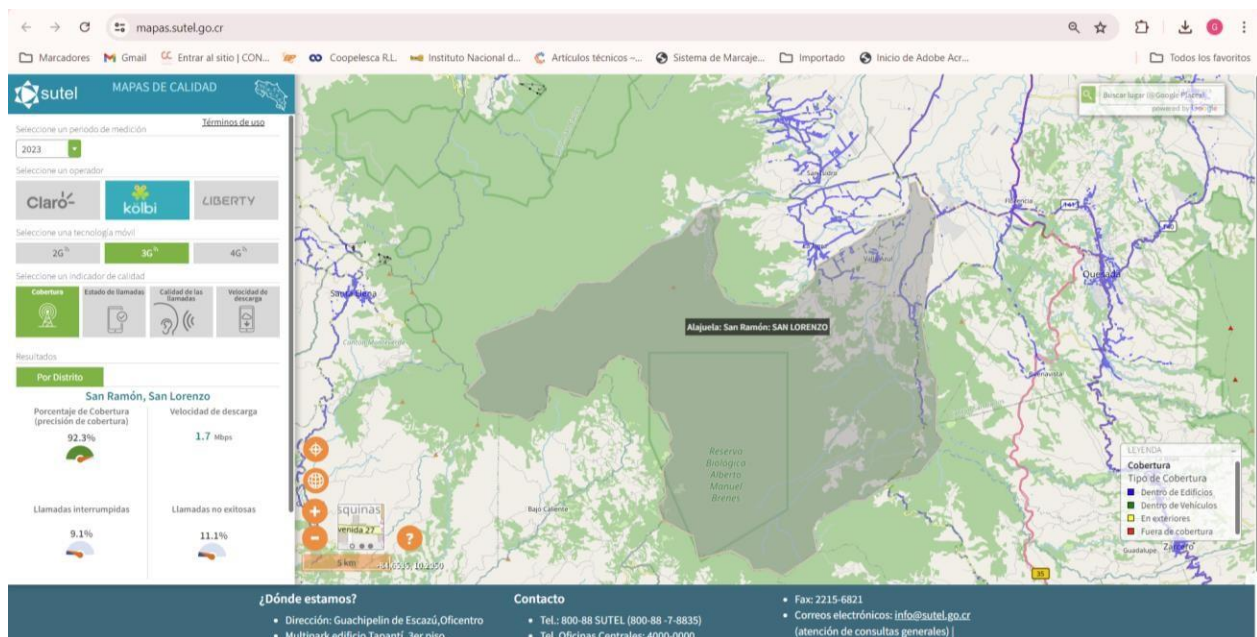
*Figura 34 Sistemas radiantes tecnologías GL y 3G*



La superintendencia de telecomunicaciones ( SUTEL), genera anualmente informes sobre los mapas de calidad de los servicios, en este caso telefonía móvil que ofrece cada operador. En la siguiente imagen a modo informativo se muestra el informe del año 2023 el cual detalla el estado de la red celular Kolbi en los alrededores del sitio implementado en este trabajo de graduación.

Cabe señalar que al momento de finalización de este trabajo de graduación no habían sido publicados los resultados del año 2024 por lo que esta figura es básicamente demostrativa sobre los mapas de calidad de los servicios.

Figura 35 Mapa calidad Sutel año 2023 red Kolbi



#### **4.4 Balance costo-beneficio**

La red de servicios móviles incluye para su operación, la instalación de equipos de microondas, cableados de fibra óptica, módulos Switch Cisco para la red IP, así como equipos LanSwitch, los cuales son adquiridos por medio de licitaciones públicas para proyectos de gran proporción.

La magnitud de estos proyectos incluye una gran cantidad de equipos y materiales para su ejecución, por lo cual resulta muy complejo mencionar los costos unitarios de cada equipo. Sin embargo, para el caso en estudio, se va a mencionar un aproximado de los costos de mano de obra, viáticos, traslado, y de materiales utilizados para la implementación de esta solución integral.

Esta mejora no requirió la compra de materiales ya que la misma se realizó con equipos existentes, lo cual reduce el costo de los trabajos de implementación.

##### **4.4.1 Tabla de costos**

Los trabajos para la ejecución de la solución integral planteada e implementada producen una variedad de gastos que varían dependiendo del tipo de solución a implementar de acuerdo con las necesidades de cada sitio a intervenir, así como la ubicación física, los materiales a utilizar y el tiempo de duración de las obras.

Los trabajos realizados en la ejecución de este trabajo de graduación en el sitio Bajo Rodríguez es la más compleja del estudio, ya que requirió trabajos en la optimización de los tres

sistemas planteados transporte de datos, eléctricos y radiantes. En la siguiente tabla se detallan los gastos realizados en la implementación ejecuta en el sitio Bajo Rodríguez

*Tabla 4 Tabla de costos operativos para la implementación de la solución planteada*

Tabla de costos operativos para la implementación de la solución planteada (CRC)					
Duración de la implementación	Mano Obra	Combustible	Materiales	Viáticos	Total
5 días 6 horas diarias 8 técnicos	1.176.000	180.000	15.000	657.000	2.028.000

Fuente: Elaboración propia, a partir de los trabajos realizados en el sitio intervenido

Cabe señalar que la empresa donde desarrolló el estudio y la implementación se encuentra actualmente en competencia, por lo que la información asociada a gastos de ingresos esta apegada a estándares de confidencialidad. Por esta razón fue posible cuantificar un beneficio económico de esta implementación; sin embargo, se presentan algunos beneficios identificados:

- El aumento en la seguridad física de los equipos y sistemas evitando la indisponibilidad de la red provocada por actos de vandalismo.
- La disponibilidad de repuestos (LAN Switch-equipo microondas, rectificadores eléctricos, etc.) obtenidos posterior a la implementación para la atención de futuras incidencias evitando así la indisponibilidad de la red.
- La estabilidad operativa de los sistemas debido a que la central telefónica dispone de sistemas más robustos de redundancia eléctrica y climatización.
- La disminución del riesgo de posibles multas por parte de la superintendencia de telecomunicaciones por indisponibilidad.
- La fidelidad de los usuarios a la empresa por la estabilidad de la red.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio.

## **Conclusiones**

- El estudio de factibilidad de la propuesta planteada se logró llevar a cabo en el 100% de los sitios pertenecientes a la subzona Ciudad Quesada. Se obtuvo resultados respecto a los sistemas eléctricos, radiantes y de transporte de datos que dan evidencia sobre la existencia de la problemática planteada.
- Se logró definir el tipo de implementación posible a realizar en los sitios pertenecientes a la zona del estudio. Se seleccionaron principalmente los sitios tipo centrales telefónicas porque tienen mayor potencial de optimización en cuanto a los sistemas radiantes, eléctrico y transporte de datos.
- La cantidad de sitios de la red móvil con centrales telefónicas en la subzona Ciudad Quesada es del 41.06%, estos tienen instalados sistemas de transporte de red, radiantes y eléctricos propios. Las condiciones presentes en este tipo de infraestructura hacen que el desarrollo y ejecución de la implementación planteada pueda ejecutarse en el 62,5% de los sitios con este tipo de infraestructura (central telefónica).
- La implementación de la propuesta en el sitio indicado se ejecutó completamente de acuerdo con lo esperado, esto porque la misma incluyó trabajos en los sistemas de transporte de datos, eléctricos y radiantes disponibles en el sitio intervenido. Esta implementación aportó mayor seguridad a los equipos reubicados e instalados en el interior de la central, disminuyendo así la posibilidad de sufrir robos y ataques vandálicos.

- La optimización de los sistemas de transporte de red, eléctricos y radiantes dejó un remanente de repuestos (LAN Switch-equipo microondas, rectificadores eléctricos, etc.) disponibles para la atención de futuros incidentes en la red y con ello evitar la indisponibilidad de los equipos y sistemas y a la vez disminuir la posibilidad de recibir multas económica por parte de la SUTEL.
- Como parte de la optimización de los sistemas radiantes las antenas y las RRU de los sistemas de la tecnología 3G pasaron de una altura inicial 18 metros a una altura final y definitiva de 27 metros en la posición asignada en la torre autosoportada, mejorando los niveles de cobertura en la zona. Con esta optimización y con base en las estadísticas obtenidas se espera aumentar la satisfacción de los clientes para con la empresa, por el incremento de la cobertura y disponibilidad de servicios en la zona intervenida.
- De acuerdo con la información obtenida para la investigación, la competencia en las telecomunicaciones mantiene una constante fiscalización que obliga a las operadoras a mejorar la calidad de los servicios ofrecidos, para mantener la fidelidad de los usuarios, de ahí la importancia de tener la red celular operando al 100%.

## **Recomendaciones**

- Las empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones está en la obligación de realizar constantes monitoreos a las redes, en este caso, específicamente a los sistemas de transporte de datos, eléctricos y radiantes para prever y evitar afectación de los servicios por actos de vandalismo.

- Tomando como referencia este caso de estudio, continuar con la implementación de la solución planteada y disminuir las afectaciones por actos de vandalismo en otras zonas del país, donde se tiene presencia.
- Desarrollar el estudio presentado en este trabajo de graduación en las zonas restantes de operación de la red para determinar la factibilidad de ejecutar la implementación planteada.
- Realizar los mantenimientos preventivos periódicamente para detectar y corregir los elementos obsoletos en la red. A la vez, aprovechar los elementos liberados producto de las optimizaciones únicamente como repuestos en atención al proceso de obsolescencia de los equipos.
- Verificar la disponibilidad de espacio físico, sistemas eléctricos, radiantes y transporte de datos en las infraestructuras tipo central telefónica para instalar los equipos y sistemas de la red 5G y con ello prevenir inconvenientes relacionados con el robo de cable y vandalismo hacia la red.

## REFERENCIAS

## Libros

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2014). *Metodologías de la investigación*. Sexta Edición, México: McGraw Hill.

Zdenek Becvar, Pavel Mach, Ivan Pravda (only electronic form) *Redes móviles*. Primera edición, República Checa.

## Proyectos de investigación

Espinoza, G. (2016). *Proceso de implementación de una radio base para la tecnología de LTE*. (Informe de actividades profesionales para optar por el título de Ingeniero Eléctrico Electrónico). Universidad Nacional Autónoma de México. México.

## Fuentes de Internet

Cisco (2024) Productos y Servicios Recuperado de: <https://www.Cisco.com>

Concepto de Telecomunicaciones (2013-2024) Recuperado de: [Telecomunicaciones - Qué son, historia, tipos, impacto en la sociedad \(concepto. De\)](#)

elmundo.cr (2023) ICE reporta vandalismo en Hatillo 7 que genera afectación en servicios móviles. Recuperado de: [ICE reporta vandalismo en Hatillo 7 que genera afectación en servicios móviles \(elmundo.cr\)](#)

Huawei (2024) Productos. Recuperado de: <https://carrier.huawei.com/en/products>

BRD Informática (2024). Tipos de servicios de telecomunicaciones. Recuperado de:

<https://bdrinformatica.com/>

Huawei (2024). ATN-910D Series. Recuperado de: <https://carrier.huawei.com/>

Datacenterdynamics.com (2023) Torres Telecomunicaciones Recuperado de:

<https://www.datacenterdynamics.com/es/features/la-gran-liquidaci%C3%B3n-de-las-torres-de-telecomunicaciones/>

Prored (2020) ¿Qué es un radioenlace? Recuperado de: <https://www.prored.es/>

router-switch.com( 2002-2024) Recuperado de: <https://www.router-switch.com/ls-s2309tp-si-ac-p-15769.html>

Axess Networks(2019) Redes-de-telefonía-móvil-o-celular-que-son-y-como-funcionan.

Recuperado de: <https://axessnet.com/>

Concepto (2013-2024) Recuperado de: <https://concepto.de/telecomunicaciones/>

Wikipedia (2024) Transmisión de datos. Recuperado de: [Transmisión de datos - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Transmisión_de_datos)

Prored.es (2018).¿Qué es un radioenlace? Recuperado de <https://jlmartinez-es.medium.com/qu%C3%A9-es-un-radioenlace-159ab9a66775>

Pepeenergy (2024). ¿Qué es una corriente eléctrica y cuántos tipos existen? Recuperado de:

[Qué es una corriente eléctrica y cuántos tipos existen | Blog Pepeenergy](#)

¿Qué es son los dispositivos de interconexión de redes y cuáles son los mejores?(2024)

Recuperado de: [¿Qué son los dispositivos de interconexión de redes y cuáles son los mejores? \(kio.tech\)](#)

Municipalidad de San Ramón ( ) DISTRITO 14 - SAN LORENZO Recuperado de: [DISTRITO 14](#)

[- SAN LORENZO - Presentaciones de Google](#)

## **APÉNDICES Y ANEXOS**

## APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS

**3G:** es la sigla utilizada para referirse a la tercera generación de tecnologías de telefonía móvil.

**4G:** es la sigla utilizada para referirse a la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil.

**Ah:** Amperio hora

**Ancho de banda:** se refiere a la cantidad de datos que se pueden transmitir en un período de tiempo fijo.

**ATN:** enrutador de acceso multiservicio.

**Azimut:** es la dirección horizontal de una antena.

**Barra de tierras:** es un elemento perteneciente a la línea de protección eléctrica.

**Central Telefónica:** Infraestructura física integrada por equipos y sistemas para brindar servicios de telecomunicaciones.

**Cisco:** Proveedor de equipos de telecomunicaciones.

**COR:** Centro de Operaciones de la Red.

**DEAS:** Dirección Entrega y Aseguramiento del Servicio.

**DGRR:** División Gestión de Recursos de Red.

**DGRM:** División Gestión de Red y Mantenimiento.

**Ericsson:** Proveedor de equipos de telecomunicaciones.

**GSM:** Sistema Global de Comunicaciones Móviles.

**Huawei:** Es una empresa de infraestructura de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y de equipos de telecomunicación.

**ICE:** Instituto Costarricense de Electricidad.

**Indoor:** Interior.

**Inspección:** Proceso de medir, examinar, o comparar de cualquier otra forma, la unidad del producto.

**IP:** (“Internet Protocol”). Protocolo de Internet; protocolo de red abierta usado para entrega de paquetes entre redes de datos en red WAN.

**Kolbi:** Marca comercial de Telecomunicaciones del ICE.

**LAN Switch:** switch de red de área local.

**LTE:** Evolución a Largo Plazo (Estándar de transmisión de datos móviles más rápido que la tecnología 3G.

**Mbps:** Un Megabit por segundo, es una unidad que se usa para cuantificar un caudal de datos.

**Outdoor:** Exterior.

**Red IP:** Red de Transporte IP.

**RTN:** Sistema de transporte por radio series 910 y 950.

**SASET:** Sistema de Autorización y Seguimiento de Trabajos.

**SUTEL:** Superintendencia de Telecomunicaciones. Ente regulador de la industria de telecomunicaciones de Costa Rica.

**TILT:** El Tilt es el ángulo de inclinación de una antena con respecto al eje vertical.

**UMTS:** Sistemas Móviles Terrestres Universales.