



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA  
TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES**

**TEMA  
ANÁLISIS DE LA AUSENCIA DE UN SISTEMA DE  
TELECOMUNICACIÓN PARA LA COMUNIDAD DEL  
ESTERO DEL PESCADO EN CALUMA**

**AUTOR  
VELASCO ARIAS PABLO ALFREDO**

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
ING. TELECOM. VEINTIMILLA ANDRADE JAIRO GEOVANNY, MBA.**

**GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2018**

**Declaración de autoría**

“La Responsabilidad del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil.”

**Velasco Arias Pablo Alfredo****C.C. 0929188472**

## **Agradecimientos**

### **A Dios.**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y dado mucha para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A mi Madre Cruz Arias.**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus buenos consejos, sus valores, por la motivación constante que ha permitido desarrollarme como ser humano, como persona de bien, pero más que nada por su amor infinito que me da cada todos los días de mi vida.

### **A mi padre Arturo Velasco.**

Por brindarme sus consejos cada día, por ser un padre ejemplar, por enseñarme lo bueno y lo malo de la vida por estar en los buenos y malos momentos por ser una persona correcta y darme todo ese apoyo incondicional que necesite para llegar hasta aquí.

### **A mis familiares.**

a mis hermanos por brindarme ese apoyo incondicional cada día, por estar a mi lado en los momentos que más lo necesite, por ser uno de mis pilares fundamentales para seguir adelante, gracias a mis tíos y primos por todo ese apoyo a mis amigos por ser parte de todo este logro.

### **Gracias a todos.**

### **Dedicatoria**

Le agradezco a Dios en primer lugar por haberme dado la oportunidad de alcanzar este éxito en mi vida, por ser mi guía cada día de mi vida, por darme la fortaleza en los momentos que más lo necesite y por brindarme una vida llena de aprendizajes y enseñanzas, y sobre todo darme felicidad.

A mis padres por ser los pilares fundamentales en mi vida por estar en los momentos buenos y malos de mi vida, por ser mi inspiración para seguir adelante por ser mi eje fundamental por brindarme todo ese cariño diario por ser los mejores padres del mundo, por enseñarme que la vida no es fácil que hay que seguir siempre adelante.

A mis hermanos por ese apoyo de cada día por brindarme esa ayuda para poder alcanzar mis logros, a mis tíos, mis primos y amigos que siempre estuvieron en mi recorrido para llegar a culminar mi carrera.

A mis docentes por inculcarme buenos modales y enseñanzas para poder terminar mi carrera.

Gracias a todos.

## **Índice general**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
	Introducción	1

### **Capítulo I** **El problema**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.1	El problema.	2
1.1.1	Objeto de estudio.	4
1.1.2	Formulación del problema.	4
1.1.3	Sistematización del problema.	5
1.2	Objetivos de la investigación.	5
1.2.1	Objetivo general.	5
1.2.2	Objetivos específicos.	5
1.3	Justificación.	5
1.4	Delimitación.	6
1.5	Alcance.	7

### **Capítulo II** **Marco teórico**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
2.1	Antecedentes.	8
2.2	Marco teórico.	9
2.2.1	Sistemas de radio comunicaciones.	9
2.2.1.1	Ondas electromagnéticas.	9
2.2.1.2	Microondas.	11
2.2.1.3	Enlace de microondas terrestres.	11
2.2.1.4	Antena	12
2.2.2	Elementos de un sistema de telecomunicaciones.	12
2.2.3	Tipos de propagación de onda	13
2.2.4	Funcionamiento de un sistema celular	15
2.2.5	Diseño de células	16

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
2.2.5.1	Manejo de difusión y propagación	17
2.2.5.2	Reutilización de frecuencias.	17
2.2.5.3	Movimiento de celda a celda y traspaso	18
2.2.5.4	Área de cobertura de una celda	18
2.2.6	Arquitectura y componentes de la red celular.	19
2.2.6.1	Estación móvil.	20
2.2.6.2	Subsistema de estación base.	20
2.2.6.3	Estación base transceiver: BTS.	21
2.2.6.4	Controlador de estación base.: BSC.	21
2.2.6.5	Sistema radiante.	21
2.2.6.6	Antena del sistema.	22
2.2.6.7	TMA (Tower Mounted Amplifier).	23
2.2.6.8	Líneas de transmisión.	24
2.2.7	Calculo de potencia de radio enlace	24
2.2.7.1	Características de un radio enlace terrestre	25
2.2.7.2	Perdida de trayectoria	25
2.2.7.3	Zona de Fresnel	26
2.2.7.4	Alcance de radio enlace	27
2.2.7.5.	Multitrayectoria	27
2.2.7.6	Línea de vista	28
2.2.8	Parámetros para analizar una red	28
2.2.8.1	Calidad.	28
2.2.8.2	Cobertura.	29
2.2.8.3	Tráfico.	31
2.2.8.4	Interferencia co –canal y capacidad del sistema.	32
2.2.9	Operadoras de telefonía móvil en el país.	34
2.2.9.1	Claro.	34
2.2.9.2	Movistar.	34
2.2.9.3	Tuenti.	35
2.2.9.4	Algo de historia.	35
2.3	Marco conceptual.	36
2.3.1	Telefonía móvil.	36

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
2.3.2	Sistema celular GSM.	36
2.3.3	Telefonía móvil.	37
2.3.4	Red celular.	37
2.4	Marco contextual.	37
2.5	Marco legal.	38

### **Capítulo III**

#### **Metodología**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
3.1	Diseño de la investigación.	40
3.2	Enfoque de la investigación.	40
3.2.1	Investigación cualitativa.	40
3.3	Métodos de la investigación.	41
3.3.1	Método bibliográfico.	41
3.3.2	De campo.	41
3.3.3	Método exploratorio.	41
3.3.4	Método descriptivo.	41
3.3.5	Método deductivo.	41
3.4	Técnicas.	42
3.4.1	Entrevista.	42
3.4.2	Encuesta.	42
3.4.3	Observación.	43
3.4.4	Estudio de campo.	43
3.5	Instrumentos.	43
3.5.1	Open Signal.	43
3.6	Población y muestra.	46
3.7	Análisis de resultados.	47
3.7.1	Análisis de la encuesta.	47
3.7.2	Análisis de la entrevista.	61
3.7.3	Análisis del estudio de campo.	61
3.7.3.1	Cobertura identificada por las operadoras.	61
3.7.3.2	Ubicación geográfica.	65

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
3.8	Resultados generales.	65

## **Capítulo IV**

### **Desarrollo de la propuesta**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
4.1	Propuesta.	67
4.2	Ventajas de instalación de un repetidor.	67
4.3	¿Qué se debe tener en cuenta al instalar un repetidor?	67
4.4	Elementos de un equipo repetidor.	68
4.5	Diseño de una red.	71
4.6	Simulación.	74
4.6.1	Antena A – Rocket 5AC Prism Gen2.	76
4.6.2	Antena B- PowerBeam 5AC Gen2.	80
4.6.3	Área de cobertura.	84
4.7	Cálculo de la potencia.	85
4.8	Conclusiones.	86
4.9	Recomendaciones.	86
	<b>Anexos.</b>	88
	<b>Bibliografía.</b>	95



## Índice de tablas

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Clasificación de las ondas en telecomunicaciones.	10
2	Existencia de teléfonos celulares en el hogar encuestados.	47
3	Cantidad de teléfonos celulares en el hogar encuestado.	48
4	Operadora a la que pertenece el encuestado.	49
5	Tipo de usuario.	50
6	Actividad que más realiza el usuario.	51
7	Satisfacción sobre el servicio móvil.	52
8	Calidad del servicio percibido por el usuario.	53
9	Tipo de tecnología móvil recibida.	54
10	Problemas que presenta la operadora.	55
11	Días en los que usa el servicio.	56
12	Horarios en los que usa el servicio.	57
13	Problemas en el horario	58
14	Existencia de una red telefónica.	59
15	Necesidad de una red telefónica.	60
16	Claro, mapa de cobertura y tecnologías presenten en el sector El Estero del Pescado	62
17	Movistar, mapa de cobertura y tecnologías presenten en el sector El Estero del Pescado	63
18	CNT, mapa de cobertura y tecnologías presenten en el sector El Estero del Pescado	64
19	Frecuencia y tecnología con la que funciona Claro.	68
20	Componentes para la red de repetidora local.	72
21	Especificaciones de la antena Rocket 5AC Prism Gen2 como Tx y Rx.	78
22	Características de la antena Rocket 5AC Prism Gen2.	79
23	Característica de la antena PowerBeam 5AC Prism Gen2.	82
24	Especificaciones de la antena PowerBeam 5AC Prism Gen2 como TX y Rx.	82

## Índice de figuras

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Ondas electromagnéticas.	8
2	Funcionamiento de un sistema de telecomunicaciones	13
3	Onda superficial	14
4	Propagación de onda de cielo	15
5	Reutilización de celdas	17
6	Arquitectura y componentes de la red celular.	20
7	Red de telefonía móvil.	20
8	Sistema de estación base.	21
9	Sistema radiante.	22
10	TMA.	24
11	Zona de Fresnel.	26
12	Alcance de radioenlace.	27
13	Desvanecimiento y obstrucción	28
14	Logo de Claro.	34
15	Logo de Movistar.	35
16	Logo de Tuenti.	35
17	Red celular	37
18	Diseño de la investigación cualitativa.	40
19	Logo de Open Signal.	44
20	Torres celulares – Caluma.	44
21	Niveles de señal en Caluma.	45
22	Tecnología móvil que recibe el sector del Estero del Pescado en Caluma.	46
23	Existencia de teléfonos celulares en el hogar encuestados.	47
24	Cantidad de teléfonos celulares en el hogar encuestado.	48
25	Operadora a la que pertenece el encuestado.	49
26	Tipo de usuario.	50
27	Actividad que más realiza el usuario.	51
28	Satisfacción sobre el servicio móvil.	52
29	Calidad del servicio percibido por el usuario.	53
30	Tipo de tecnología móvil recibida.	54

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
31	Problemas que presenta la operadora.	55
32	Días en los que usa el servicio.	56
33	Horarios en los que usa el servicio.	57
34	Problemas en el horario	58
35	Existencia de una red telefónica.	59
36	Necesidad de una red telefónica.	60
37	Ubicación geográfica del Estero del Pescado en Caluma.	65
38	Antena local.	69
39	Antena de conexión.	69
40	Amplificador.	70
41	Diseño de la red externa.	71
42	Patrón de radiación de la antena.	72
43	Lugares en los que recibe señal Caluma.	73
44	Ubicación de la torre A y B para la simulación.	75
45	Zona de Fresnel en el simulador de Ubiquiti.	75
46	Rocket 5AC Prism Gen2.	76
47	Visión de los espectros que ofrece airView.	77
48	Datos de la ubicación de la antena A.	79
49	Antena PowerBeam 5AC Gen2.	80
50	Dispersión de la señal emitida en forma horizontal del PowerBeam 5AC Gen2	83
51	Niveles de pérdida en el retornor de la antena PowerBeam 5AC Gen2.	83
52	Datos de la ubicación de la antena B.	83
53	Área de cobertura según el simulador.	84
54	Cálculo de la potencia.	84
55	Cálculo de la potencia con más dBi.	85

## **Índice de anexos**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Situación geográfica del sector Estero del Pescado en Caluma.	89
2	Simulador de Ubiquiti.	90
3	Modelo de encuesta.	91
4	Modelo de entrevista.	93
5	Calculadora de potencia en línea.	94



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

---

**UNIDAD DE TITULACIÓN**

**ANÁLISIS DE LA AUSENCIA DE UN SISTEMA DE  
TELECOMUNICACIÓN PARA LA COMUNIDAD DEL ESTERO DEL  
PESCADO EN CALUMA**

**Autor:** Velasco Arias Pablo Alfredo.

**Tutor:** Ing. Veintimilla Andrade Jairo Geovanny, MBA.

**Resumen**

Al norte de la provincia de Caluma se encuentra ubicado el sector llamado El Estero del Pescado, este sector siente constantemente la molestia de no percibir un buen servicio de telefonía móvil, la señal que llega al sector es de baja calidad y solo de una operadora la cual es la que la mayoría en el pueblo utiliza debido a esto los ciudadanos no pueden gozar de una comunicación adecuada por lo que deben buscar otros medios para poder hacerlo. Para poder constatar las razones por las que este lugar no recibe un nivel de señal adecuado se procedió a indagar según la perspectiva de los habitantes haciendo uso de herramienta de la investigación como lo es la encuesta, en la que se hizo notorio el malestar de los habitantes. Otra herramienta utilizada para obtener información fue una aplicación móvil con la que se obtuvo datos sobre el nivel de tecnología que los usuarios reciben y la cantidad de torres celulares que se encuentran en el sector de lo que se pudo obtener que sólo existe una torre que se encuentra ubicada al sur de Bolívar cerca del límite con Cañar. Para brindar la información sobre una posible solución se hizo uso del simulador de Air Link, con el cual según la ubicación geográfica del sector se hizo un análisis sobre los componentes del sistema de antenas repetidoras para el sector, lo cual, de ser implementado mejoraría la calidad de vida los habitantes porque podrían no solo recibir el servicio de telefonía móvil, sino que también podrían obtener otros como lo es el servicio de internet.

**Palabras Claves:** Telecomunicación, telefonía, calidad, señal, ausencia.



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

---

**UNIDAD DE TITULACIÓN**

**ANALYSIS OF THE ABSENCE OF A TELECOMMUNICATION  
SYSTEM FOR THE COMMUNITY OF ‘EL ESTERO DEL  
PESCADO’ IN CALUMA**

**Author:** Velasco Arias Pablo Alfredo.

**Advisor:** TE Veintimilla Andrade Jairo Geovanny, MBA.

**Abstract**

To the north of the province of Caluma is located the sector called El Estero del Pescado, this sector constantly feels the annoyance of not perceiving a good mobile phone service, the signal that reaches the sector is low quality and only one operator which is the one that the majority in town uses because of this the citizens can not enjoy an adequate communication reason why they must look for other means to be able to do it. In order to verify the reasons why this place does not receive an adequate signal level, it has been proceeded to investigate according to the perspective of the inhabitants making use of the research tool, such as the survey, in which the discomfort of the population was evident. Another tool used to obtain information was a mobile application with which data was obtained on the level of technology that users receive and the number of cell towers that are in the sector from what could be obtained that there is only one tower that is located int the south of Bolivar near the border with Cañar. To provide information on a possible solution, the Air Link simulator was used, with which, depending on the geographical location of the sector, an analysis was made of the components of the repeater antenna system for the sector was made, which, if implemented, would improve the quality of life of the inhabitants because they could not only receive the mobile phone service, but they could also get others such as the internet service.

**Keywords:** Telecommunications, telephony, quality, signal, absence.

## **Introducción**

El objetivo de este Trabajo de Titulación es constatar las razones por las que la señal de telefonía móvil que recibe el sector del Estero del pescado de la provincia de Caluma es tan baja; para de esta forma buscar una forma que ayude a que el sector reciba la calidad de señal que los ciudadanos esperan.

El presente documento cuenta de cuatro capítulos, que son los siguientes:

Capítulo I: Brinda con detalles la problemática que la población del Estero del Pescado de la provincia de Caluma presenta; brinda una justificación para realizar la investigación y detalla el objetivo general y los respectivos objetivos específicos y se especifica el alcance que tendrá esta investigación.

Capítulo II: Este capítulo contiene información sobre los antecedentes de la telefonía en el país; como fue cambiando y mejorando está conforme el paso de los años; en el marco teórico describe los componentes de una red de telefonía móvil con el fin de analizar las posibles soluciones al problema que presenta el sector del Estero del Pescado.

En el marco contextual se hace una limitación geográfica del sector a analizar y por último se encuentra información en el marco legal que permite la realización de este trabajo.

Capítulo III: En esta sección se encuentra información sobre los tipos de investigación que fueron empleados durante este proceso; las diferentes técnicas y métodos aplicados para conocer más a fondo la situación y la gravedad de la problemática.

Al final de este apartado se encuentra información sobre el análisis de los resultados obtenidos de la encuesta entrevista y trabajo de campo obtenido durante la presente investigación.

Capítulo IV: Aquí se encuentra el desarrollo de la propuesta; se detalla la forma en la que se puede dar una solución temporal al problema teniendo en cuenta los diferentes aspectos que pueden influir en la misma obtenidos en el apartado anterior.

Detallando al final las conclusiones y recomendaciones obtenidas en durante el planteamiento de la posible solución a la problemática que el sector presenta en la actualidad.

## **Capítulo I**

### **El problema**

#### **1.1 El problema**

El ser humano siempre se ha encontrado en la necesidad de comunicarse, no solo entre personas sino también con el exterior, las telecomunicaciones han revolucionado por completo la forma en la que se da hoy en día la comunicación, permitiendo solventar estas necesidades fácilmente.

Los últimos 150 años las tecnologías de comunicación han cambiado a un ritmo apresurado, que afecta a la forma como nos comunicamos o intercambios información.

Así, con frecuencia se argumenta que con el advenimiento de las modernas tecnologías de comunicación se manifiestan cambios en los patrones de conducta de los miembros de la sociedad. Sin embargo, al menos hasta ahora diversas tecnologías de comunicación no han sido desplazadas como pudiera pensarse.

En la actualidad aún no se sabe de dónde procede el lenguaje (protocolo) el cual nos sirve para comunicarnos lo que se cree es que se formó a través de los gestos y sonidos corporales naturales que resultan de un estado de ánimo como una sonrisa un disgusto entre otros.

Con el desarrollo de la civilización y de las lenguas escritas surgió también la necesidad de comunicarse a distancia de forma regular, con el fin de facilitar el comercio entre las diferentes naciones e imperios.

De esta manera se fue creando poco a poco el sistema de comunicación.

El uso de la telefonía convencional ha permanecido constante durante un largo periodo, pero en la actualidad no solo podemos comunicarnos por medio del teléfono convencional, sino que además podemos enviar fax, correos electrónicos, SMS, llamadas hechas por teléfonos celulares y dentro de estos mismo podemos encontrar nuevas tecnologías como son el bluetooth y el WIFI los cuales nos permiten compartir archivos y navegar en internet y gracias a esto podemos hacer video llamadas

La importancia de las telecomunicaciones en la vida diaria de las personas, de las organizaciones y de los países es cada día mayor: las telecomunicaciones fomentan el desarrollo social y económico, mejoran los servicios de salud, de educación, de gobierno y la democracia, estimulan la creación de empleos, contribuyen a preservar el medio ambiente, entre muchos otros beneficios. Por eso, no es posible imaginarse el presente o el futuro sin telecomunicaciones.



Las telecomunicaciones en la actualidad juegan un papel muy importante debido a que permite comunicación entre personas sin importar la distancia en la que se encuentren, el ser humano convive con celulares, tabletas, redes sociales y múltiples aplicaciones que desafían a reflexionar a la sociedad en general.

La influencia de las telecomunicaciones y sus tecnologías es innegable, están han dado lugar a las apariciones de términos como cultura y comunicación de masas, sociedad de la información y globalización; han llegado a determinar los hábitos y la forma en la que el ser humano se relaciona.

La sociedad actual se establece en un mundo cambiante, en una época de transformaciones, en un periodo de transición y adaptación a la tecnología.

La Internet, los celulares inteligentes, las tabletas y los videojuegos ocupan un espacio importante en el proceso de socialización de los adolescentes, influyendo en comportamientos y actitudes.

El acrecimiento notable de la cantidad de teléfonos inteligentes hace que la tendencia de las Tics sea más notoria, causa y efecto al entorno digital en el que se vive en la actualidad; dando una serie de posibilidades para innovar en los negocios, servicios, entre otros aspectos.

La tecnología hoy en día se encuentra avanzando a pasos agigantados, y en el ámbito de la comunicación no es la excepción.

Gracias a ese avance es posible intercambiar información con otras personas o empresas desde cualquier parte del mundo, sin importar el medio de comunicación que se esté utilizando, ya sea teléfono de línea o alguna compañía celular o incluso telefonía VoIP, correo electrónico, transmisiones de TV o radio, etc.

Todo eso gracias a satélites que se encargan de que la información sea transmitida sin inconvenientes, de manera eficaz y confiable.

La importancia de las telecomunicaciones radica en que a través de su avance y conforme las necesidades que día con día surgen han hecho la vida del hombre más fácil y cómoda ya que prácticamente se han automatizado muchas de las tareas de la vida cotidiana y son incluso controladas con un solo botón.

A pesar del inmenso desarrollo de las telecomunicaciones y de la sociedad de la información, aún es notable la brecha digital pronunciada en nuestro país, un ejemplo de esto la Comunidad del Estero del Pescado; se debe recordar que la tecnología debe ser puesta al servicio del hombre y de esta forma tener un medio para mejorar el ser humano y lograr una sociedad más justa.

Los países, tanto desarrollados como subdesarrollados, han empezado a darse cuenta del impacto que las telecomunicaciones tienen sobre el desempeño de sus sectores productivos. Así, se comprende hoy en día que un buen sector de telecomunicaciones genera efectos positivos a otros, tanto para las empresas como para los consumidores, pues los costos de producción y de transacción son más bajos en la medida en que las comunicaciones son más eficientes.

Las telecomunicaciones son la herramienta actual para poder mantenerse al tanto de acontecimientos, y avances tecnológicos por lo cual, son una herramienta indispensable para para mantenerse a la vanguardia y recordemos que quien no se mantienen innovando y siempre a la vanguardia en las tecnologías emergentes simplemente será desplazado por la competencia.

Después de verificar y constatar la falta de una red de telecomunicaciones y falla en la señal móvil en la comunidad del Estero del Pescado en Caluma, la comunicación de voz y datos es muy importante en los últimos tiempos por lo que hay ciertos sectores del país que no cuentan con este tipo de comunicación ya que las empresas de telecomunicaciones no han querido invertir en una implementación y diseño de una red, el principal problema que se pudo encontrar en la comunidad del Estero del Pescado en Caluma, es que no cuenta con una antena, repetidor o una torre de control que permita establecer la comunicación.

Algunos métodos se han generalizado de forma global en la industria de las telecomunicaciones, ya que cuando dos dispositivos utilizan diferentes estándares no son capaces de comunicarse de forma correcta. Los estándares pueden desarrollarse bien porque el uso del método está tan extendido que domina o bien porque el método ha sido publicado en una organización de definición de estándares.

### **1.1.1 Objeto de estudio**

Para esta investigación se tiene por objeto identificar la razón por la que la población del Estero del Pescado no recibe una buena calidad en el servicio de telecomunicaciones, buscando identificar los factores que influyen en esta situación y los diferentes métodos por los que se podría dar solución a la problemática que afecta a esta comunidad de Caluma.

### **1.1.2 Formulación del problema**

¿Cuál será el método empleado para brindar solución al servicio de telecomunicaciones que la Comunidad del Estero del Pescado pasa en estos momentos?

### **1.1.3 Sistematización del problema**

Este Trabajo de Titulación tiene como propósito demostrar los conocimientos que se han adquirido durante los estudios universitarios, ofreciendo respuesta a las siguientes interrogantes.

¿De qué forma se conocerá si existen proveedores del servicio de redes móviles en la comunidad del Estero del Pescado?

¿Cuál será el tipo de red de telecomunicaciones que la Comunidad del Estero del Pescado necesita?

¿Cómo se sabrá la ubicación de la estructura para la implementación de una mejorada red de telecomunicaciones?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Diseñar una red de telecomunicaciones que mejore el servicio de la comunicación en la Comunidad del Estero del Pescado en Caluma.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Investigar los diferentes tipos de compañías de comunicación de datos y voz que estén en la Comunidad de Caluma.
- Realizar un estudio de campo para definir la red óptima para la Comunidad del Estero del Pescado en el cantón Caluma
- Investigar las áreas en donde sería necesaria la implementación para el diseño de una red de telecomunicaciones para la Comunidad del Estero del Pescado a crearse a futuro.

## **1.3 Justificación**

Las telecomunicaciones se han convertido en una parte fundamental de la vida cotidiana; gracias a que las organizaciones, países empresas, gobiernos y personas se encuentran interconectadas de forma inmediata a través de estas.

Los canales de intercomunicación se logran por medio de una deficiente infraestructura como instalaciones, protocolo, servidores, telefónica convencional e IP, software, centros de carga, equipo de cómputo o redes sociales que hacen posible vivir informado con las novedades tecnológicas. Teniendo como ventajas fomentar el desarrollo social y económico,

mejorar los servicios de salud, educación, gobierno y democracia, estimula la creación de empleos; contribuye al cuidado del medio ambiente.

Hoy en día las herramientas primordiales para el funcionamiento de la comunicación entre naciones son internet, telefonía celular y nuevos dispositivos móviles, porque permiten que la vida de las personas sea más sencilla y cómoda.

Sectores como el de la educación se ha visto favorecido, pues el internet es el principal instrumento de investigación para los estudiantes.

Así mismo el avance de la tecnología ha tenido como resultado la creación de empresas exitosas que se dedican a fabricar, desarrollar e implementar teléfonos móviles; como las que proveen lo servicios de cobertura en comunicaciones.

Este presente proyecto de investigación se busca optimizar y mejorar la conectividad de la Comunidad del Estero del Pescado en Caluma, ya que la principal empresa que brinda el servicio en el cantón no ha podido ayudar a la comunidad por motivos que son desconocidos tales como:

Por condiciones geográficas ya que los terrenos donde se iban a implementar o instalar las antenas, los dispositivos o repetidores no van a soportar el peso de las torres.

La municipalidad del cantón no otorga los permisos, ya que de esa manera podría mejorar la comunicación entre sus habitantes del sector y puedan mantenerse comunicado.

Por motivos de costos la empresa realizó un estudio demográfico en el sector por medio de planos, hacen un análisis de inversión y ven que, su inversión es un poco elevada, eso limitó mucho la comunicación he dicho sector.

Se propone este diseño de red de bajo costo con implementos que van a permitir que la señal que este cerca de la comunidad pueda permitir que el sector que esta incomunicados pueda acceder a una señal compartida por medio de antenas, radios, repetidores.

De esa manera este diseño de red pueda llegar a empresas privadas y públicas de telecomunicaciones y así poder observar si es conveniente para ellos esta inversión ya que se pretende mejorar la comunicación de la Comunidad del Estero del Pescado.

#### **1.4 Delimitación**

Para el presente Trabajo de Titulación se tiene en cuenta las siguientes delimitaciones con el fin de llevar a cabalidad la investigación:

**Campo:** Tecnología de las telecomunicaciones.

**Área:** Telefonía móvil.

**Problema:** Baja calidad en la red de telecomunicaciones que la Comunidad del Estero del Pescado recibe.

**Delimitación espacial:** La Comunidad del Estero del pescado en Caluma.

**Delimitación temporal:** Tiempo que los habitantes de la comunidad utilicen medios electrónicos.

### **1.5 Alcance**

El alcance del presente documento es la propuesta de mejoramiento del desempeño de la red de telecomunicaciones para la Comunidad del Estero del Pescado en Caluma, este proyecto abarca el análisis y diseño de una red de telecomunicaciones siguiendo parámetros como:

- Exponer un análisis de áreas sensibles a la señal móvil en la Comunidad Estero del Pescado.
- Brinda información sobre la utilización de los diferentes modelos de redes a la localidad para optar por un mejor servicio.
- Brindar una mejor calidad de servicio, que permita a la Comunidad del Estero del Pescado en Caluma percibir el cambio que se ha alcanzado al implementar este nuevo diseño de red.
- Se realizará mantenimientos preventivos a los equipos instalados en el diseño del cableado estructural, tales como switches y routers, entre otros.
- Estudio de la red propuesta, esto con el fin de diseñarlas según las características iniciales comprendidas en el análisis.

## **Capítulo II**

### **Marco teórico**

#### **2.1 Antecedentes**

Los principios de la telefonía móvil en el país iniciaron en los últimos años de la década de los 80's, cuando América Móvil, lo que en la actualidad se conoce como Claro, se relacionaron con patronos ecuatorianos y concretaron con ellos el plan de negocios y los dividendos de los porcentajes de participación. (Revista líderes, 2014)

Durante la administración del expresidente Durán Ballén se plantearon diferentes reformas legales para avalar la intervención extranjera en el país que hasta ese momento le pertenecía al estado.

Se define en aquel tiempo la alianza de negocio entre México y Ecuador a final de 1992 y se da inicio a las gestiones para la ejecución de Conecel de manera que se constituye como la primera compañía telefónica móvil del Ecuador. (Academic, 2015)

La telefonía móvil en Ecuador ha ido progresando ágilmente, en sus inicios exclusivamente se daba solo en las metrópolis más importantes y usado por personas de nivel socio económico alto e igual que la llegada de una nueva tecnología que se ha implementado recientemente se dieron ciertos errores y problemas a nivel de las ejecuciones. (Correa Oyala, 2014)

Según el punto de vista de los especialistas, los precursores en el terreno de la telefonía móvil para que los civiles puedan utilizarlo empezaron a recorrer su vía de progreso en la década de los 40, cuando en EE.UU.

Se percibieron las magnas ventajas que lograban alcanzar a informar el uso de esta nueva forma de vida a la cotidianidad de la vida de la ciudadanía. (Tecnología & informática, 2014)

De este modo a final de los años 40 se dio inicio al uso de los sistemas de radio analógicos, lo cuales funcionaban por medio de la modulación en amplitud, o también conocida como AM; para luego promover la utilización de modulación en frecuencia o FM, consiguiendo gran rango de alcance y fidelidad del servicio. (Tecnología & informática, 2014) Sin embargo, en los inicios de la telefonía móvil, la respuesta de los usuarios no fue como se lo esperaba.

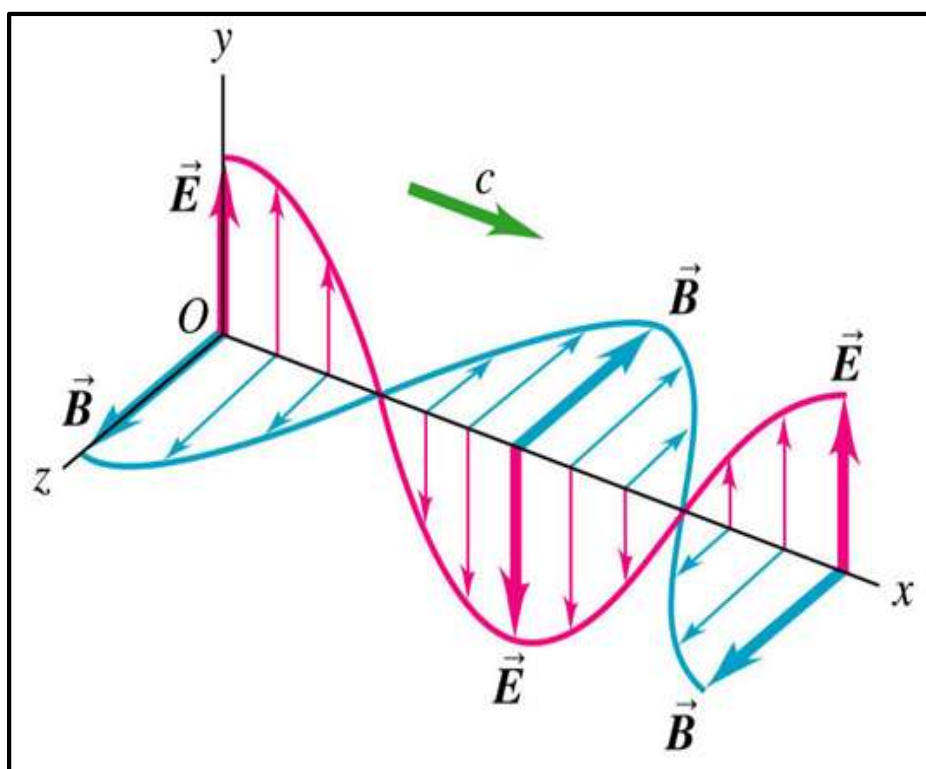
Esto era debido al descomunal volumen y peso de los primitivos dispositivos de telefonía celular, además de los elevados costos de estos aparatos, los que no permitía a la clase media adquirirlo. (Correa Oyala, 2014).

## 2.2 Marco teórico

### 2.2.1 Sistemas de radiocomunicaciones

#### 2.2.1.1 Ondas electromagnéticas

Una onda electromagnética es originada por la oscilación o la celeridad de una carga eléctrica. Estas ondas poseen elementos eléctricos y magnéticos, la emisión electromagnética se logra establecer en un espectro que se desarrolla desde ondas de frecuencias muy elevadas (longitud de onda pequeña) hasta frecuencias muy bajas (longitudes de ondas altas). (Villasuso, 2013)



**Figura 1.** Ondas Electromagnéticas, 2016. Información adaptada de Electrónica Unicrom. Elaborado por el autor.

La transmisión electromagnética es una mezcla de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se irradian por medio del espacio trasladando energía de un lugar a otro. (Aguiar Garcia & Delgado Cabello, 2011).

A diferencia de otros tipos de onda, como el sonido, que necesitan un medio material para propagarse, la propagación electromagnética se puede dar en el vacío; se realiza por el espacio libre, logrando la comunicación inalámbrica entre distancias lejanas. (Aguiar Garcia & Delgado Cabello, 2011)

A través de las ecuaciones de Maxwell se puede conocer sobre el proceso que se da durante la propagación de una onda electromagnética, el cual es el siguiente:

Un campo eléctrico que cambia en el tiempo originará una corriente de desplazamiento que, según la ley de Ampere-Maxwell, será la fuente de un campo magnético. Al mismo tiempo este último, al ser variante, provocará un campo eléctrico, según la ley de Faraday.

De este modo ambos campos sostienen uno al otro. Este proceso de propagación fue teorizado por James Clerk Maxwell en 1865 y en 1885 Heinrich Rudolf Hertz detectó experimentalmente las ondas electromagnéticas. (Correa Oyala, 2014). A continuación, se muestra un listado de clasificación de las ondas electromagnéticas.

**Tabla 1.** Clasificación de las ondas en telecomunicaciones, 2016.

SIGLAS	RANGO	DENOMINACIÓN	EMPLEO
<b>VLF</b>	10 kHz – 30 kHz	Muy baja denominación	Radio de gran alcance
<b>LF</b>	30 kHz – 300 kHz	Baja frecuencia	Radio, navegación
<b>MF</b>	300 kHz – 3 MHz	Frecuencia media	Radio de onda media
<b>HF</b>	3 MHz – 30 MHz	Alta frecuencia	Radio de onda corta
<b>VHF</b>	30 MHz – 300 MHz	Muy alta frecuencia	TV, radio
<b>UHF</b>	300 MHz – 3GHz	Ultra alta frecuencia	TV, radar
<b>SHF</b>	3 GHz – 30 GHz	Súper alta frecuencia	Radar
<b>EHF</b>	30 GHz – 300 GHz	Extra alta frecuencia	Radar

*Información tomada del Electrónica Unicrom, elaborado por el autor*

En la Tabla 1 se observa la categorización de las ondas electromagnéticas las cuales se constituyen en distintos rangos de frecuencia para ser usados en un sistema de comunicaciones donde se forma una señal portadora sinusoidal sobre la cual, modificando su amplitud, frecuencia o fase, se encaja un mensaje según ciertas normas de codificación. Esta señal se transporta a un punto distante por medio de ondas al espacio libre o por medio de un cable, y en el receptor se ejecuta un proceso contrario al del transmisor por medio del cual se recobra la señal original. (Correa Oyala, 2014)



### **2.2.1.2      *Microondas***

Las microondas son ondas electromagnéticas con las longitudes de onda más largas que las de las frecuencias de terahertz (THz). Las microondas tienen longitudes de onda cerca del radio de acción de 30 cm (1GHz) a 1 mm (300 GHz).

La microonda del término refiere generalmente a señales de la corriente con frecuencias entre 300 MHz ( $3 \times 10^8$  Hz) y 300 GHz ( $3 \times 10^{11}$  Hz). (Colunga & Trejo, 2010)

Debido a sus longitudes de onda de alta frecuencia, las microondas poseen la ventaja de poder transportar más información que ondas de radio ordinarias y son los designados a la emisión directamente desde un punto a otro. (Perez, 2013)

Asimismo, sus múltiples usos en telecomunicaciones (que incluyan la telefonía y la colocación de una red de los ordenadores, de la misma forma la televisión, las microondas son usadas para cocinar, radares para uso policiaco y usos militares. (EcuRed, 2016)

### **2.2.1.3      *Enlace de microondas terrestre***

Una radio enlace terrestre o usualmente denominada microondas provee enlaces de conexión entre estaciones terrestres por enlaces punto a punto usando dispositivos de radio con frecuencias de portadora de más de 1 GHz.

La forma en la que se muestra la onda puede ser análoga o digital. (Ruesca, 2016)

Entre los primordiales usos de un sistema de microondas terrestre se tiene:

- Telefonía básica (canales telefónicos)
- Datos
- Telégrafo
- Canales de televisión
- Video
- telefonía celular
- Un sistema de microondas consiste de tres componentes principales:
  - Una antena con una corta y flexible guía de onda
  - Una unidad externa de RF (Radio Frecuencia)
  - Una unidad interna de RF

Las principales frecuencias usadas en microondas están alrededor de los 12GHz, 18 GHz y 23GHz, las mismas que son aptas para unir dos localidades entre 1Km y 34Km de la una de la otra. El equipo de microondas que usa entre 2GHz y 6 GHz es capaz de transmitir a distancias entre 32 y 48 Km. Las ondas de menos frecuencia tienen más alcance que las de

mayor frecuencia, mientras menor sea la frecuencia más fácilmente pueden propagarse (incluso a través de sólidos) (Escobar, 2012).

#### **2.2.1.4 Antena**

Una antena es un elemento metálico capaz de radiar y capturar las ondas electromagnéticas en el espacio. En el lado transmisor convierte la energía eléctrica que llega de la línea de transición en ondas electromagnéticas que propaga al espacio. (Solano, 2012)

Mientras que por parte del receptor transforma las ondas electromagnéticas que toma en energía eléctrica la cual es despachada hacia líneas de transmisión. La línea de transmisión es una parte que ajusta la energía que transmite el transmisor o que llega en el receptor con la antena. (Romero Terner, 2005)

La antena es un componente recíproco y pasivo. Pasivo porque en realidad no amplifica ninguna señal y no tienen ningún componente que sea considerado activo; y recíproco porque la antena conserva las mismas particularidades en la transmisión y recepción de las ondas electromagnéticas, es decir, para transmitir y recibir consigue poseer la misma ganancia, eficiencia, frecuencia de operación, ancho de banda, directividad, resistencia de radiación. (Anguera & Pérez, 2008).

### **2.2.2 Elementos de un sistema de telecomunicaciones**

Para Sing, (2014), es evidente que los campos de actividad, para las telecomunicaciones, son innumerables e incluso podríamos decir, sin ningún riesgo a equivocarnos, que no existe campo en donde las tecnologías que nos ocupan no sean determinantes en la actividad. Esto representa, sin duda, mayor implantación de tecnologías.

Las telecomunicaciones significan, para la empresa, comunicación, actualización y, en definitiva, progreso. La empresa se enfrenta al reto de satisfacer y agilizar las soluciones internas, dentro de la propia empresa y satisfacer y agilizar las soluciones externas, con sus clientes y proveedores, dentro de unas nuevas propuestas de comunicación y servicios.

Comienzan pues a sucederse la aparición de tecnologías que propicien la solución a las necesidades, internas y externas, mencionadas. No se trata de implementar la mejor tecnología, sino la más adecuada para los intereses de la aplicación, para solucionar las necesidades existentes.

Los elementos que integran un sistema de comunicación son (Irco, 2015):

**El Emisor:** Es el sujeto que envía el mensaje. Es el que prepara la información para que pueda ser enviada por el canal, tanto en calidad (adecuación a la naturaleza del canal) como en cantidad (amplificando la señal).

La transmisión puede realizarse:

- En banda base, o sea, en la banda de frecuencia propia de la señal, el ejemplo más claro es el habla.
- Modulando, es decir, traspasando la información de su frecuencia propia a otra de rango distinto, esto nos va a permitir adecuar la señal a la naturaleza del canal y además nos posibilita el multiplexar el canal, con lo cual varios usuarios podrán usarlo a la vez.

**El Receptor:** Es la entidad a la cual el mensaje está destinado, puede ser una persona, grupo de personas, un dispositivo artificial, etc.

**Lenguaje o protocolos de transmisión:** Son el conjunto de códigos, símbolos y reglas que gobiernan la transmisión de la información. Por ejemplo, en la transmisión oral entre personas se puede usar el español, el inglés.

**El mensaje:** Es la información que tratamos de transmitir, puede ser analógica o digital. Lo importante es que llegue íntegro y con fidelidad.

**El Medio:** Es el elemento a través del cual se envía la información del emisor al receptor. Desgraciadamente el medio tiene obstáculos que impiden o merman la comunicación y en este curso se convendrá en que tales obstáculos son:

**La interferencia:** Todos aquellos fenómenos externos al medio que provocan merma en la comunicación.

**Ruido:** Todos aquellos fenómenos inherentes al medio mismo que merman la comunicación.

Según Quiahuixtle, (2014), el sistema de telecomunicaciones es el responsable de: establecer la interface entre un transmisor y un receptor, transmitir la información. Dirigir los mensajes por el trayecto más eficiente, realizar un procesamiento elemental de la información para asegurar que el mensaje no contenga errores de transmisión, administrar la velocidad de transmisión, administrar los formatos de transmisión y controlar el flujo de la información.

La función de una red de telecomunicaciones consiste en ofrecer servicios a sus usuarios, y cuando ésta es utilizada para que sobre ella se ofrezcan servicios de telecomunicaciones al público en general (por ejemplo, la red telefónica) se le denomina una red pública de

telecomunicaciones. Cuando alguien instala y opera una red para su uso personal, sin dar acceso a terceros, entonces se trata de una red privada de telecomunicaciones: una red de telecomunicaciones utilizada para comunicar a los empleados y las computadoras o equipos en general, de una institución financiera, es una red privada.

Una característica importante de una red es su cobertura geográfica, ya que ésta limita el área en que un usuario puede conectarse y tener acceso a la red para utilizar los servicios que ofrece.



**Figura 2.** Funcionamiento de un sistema de telecomunicaciones, 2015. Información adaptada de Unicrom. Elaborado por el autor.

### 2.2.3 Tipos de propagación de ondas

La propagación o las ondas de radio de la antena radiante a la antena de recepción pueden ocurrir de los modos siguientes:

- Propagación de Onda de Tierra
- Propagación de Onda Superficial
- Propagación de Onda Espacial.
- Propagación de onda de cielo

La propagación de onda de tierra es la onda de radio que resulta debido a la presencia de la tierra o tierra. La onda de tierra puede ser clasificada adelante en dos categorías:

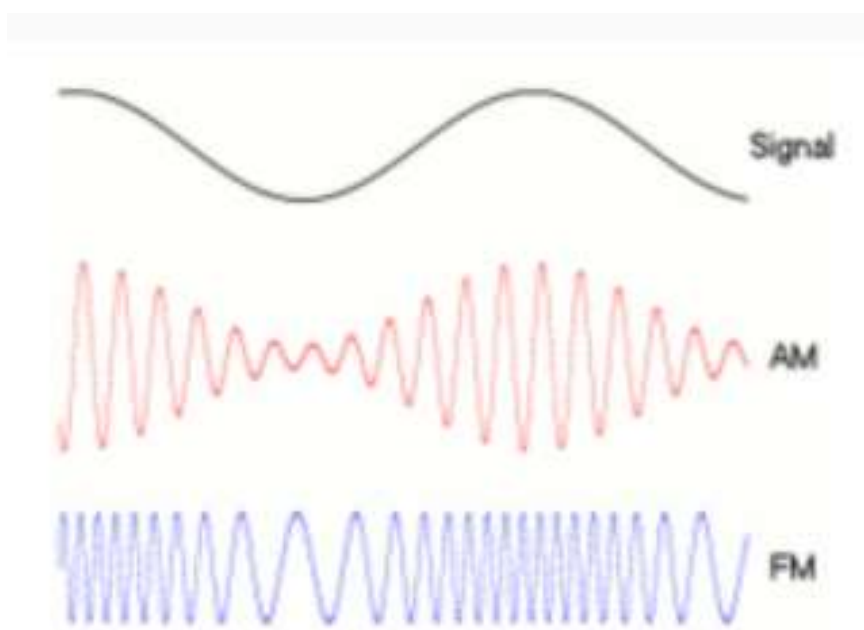
- Onda superficial
- Onda espacial (Tropospheric)

**Onda Superficial:** En espacio libre, viajes de ondas en la línea recta, pero en la presencia de tierra y su atmósfera, el paso de la onda es cambiado. Las frecuencias debajo de la región de frecuencia alta viajan a lo largo de la curvatura de la tierra. Este debido al efecto de

difracción y onda dirige el efecto que usa la superficie de la tierra y la superficie ionizada más baja de la atmósfera. Esta onda de tipo es llamada como ondas de tierra u ondas superficiales.

Las ondas superficiales consisten en que la parte de la onda de radio que viaja a lo largo de la superficie de la tierra. Esto es la onda electromagnética es vertical. La onda es apoyada en el borde inferior por la tierra. Tal propagación ocurre cuando la transmisión y la recepción de la antena están cerca de la superficie en la tierra.

La propagación de onda superficial tiene la importancia sólo para medio y señales de ondas largas. Todas las señales de onda de medio reciben durante la propagación de onda de superficie de uso de tiempo de día. Las ondas superficiales son utilizadas para transmitir el objetivo.

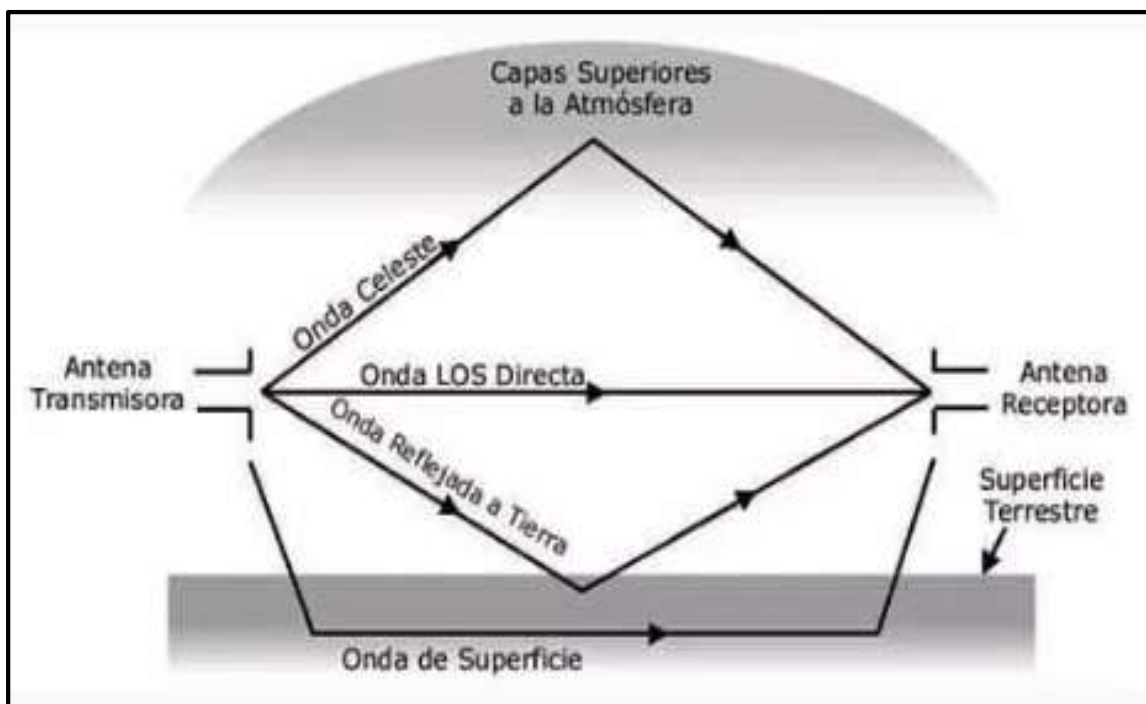


**Figura 3.** Onda superficial, 2017. Información adaptada de Unicrom. Elaborado por el autor.

**Onda espacial:** Encima de la región HF, las ondas viajan en líneas rectas. Este tipo de ondas es llamado como “ondas espaciales” “o tropospheric ondas”. En otras palabras, la onda espacial por otra parte es que la parte de las ondas de radio que viajan de transmitir la antena a la antena de recepción por el espacio es decir la troposfera de la tierra. Esta región de grados de atmósfera de la superficie de la tierra aproximadamente 15 kilómetros.

**Propagación de onda de cielo:** Las ondas en la variedad de HF y frecuencias de algunos tiempos sólo encima o debajo de ello son reflejadas por las capas ionizadas de la atmósfera y por lo tanto conocidas como la propagación de onda de cielo. La onda de cielo se trata de la tierra debido a la reflexión en algún punto distante van a más allá del horizonte. Las ondas

de cielo pueden alcanzó al receptor en el lado opuesto de globo, cuando las ondas de cielo son reflejadas por tierra e ionosfera varias veces.



**Figura 4.** Propagación de onda de cielo, 2017. Información adaptada de Unicrom. Elaborado por el autor.

#### 2.2.4 Funcionamiento de un sistema celular

La telefonía celular debe su nombre a la forma como se divide el área de servicio del operador en una serie de hexágonos que, al ser unidos entre sí, forman una figura de celdas similar a un panal. En cada celda hay una estación base que cuenta con un transmisor y un receptor de radio de baja potencia. Cada estación cubre una determinada área geográfica. La unión de varias de ellas forma la red celular, a través de la cual se pueden establecer comunicaciones no sólo con abonados del servicio celular, sino también con aquellos que emplean la telefonía convencional.

La formación de un sistema de células o una red depende, entre otros factores, de la topografía, la potencia de los transmisores y de la cantidad de tráfico (número de llamadas) que vayan a soportar las células. A medida que la distancia entre las estaciones base y la móvil se incrementa, la señal se puede deteriorar. Las llamadas en la telefonía celular se hacen a través de señales de radio.

La red celular está diseñada para utilizar al máximo la gama de frecuencias posibles. A medida que aumenta el tráfico de llamadas se hace necesario subdividir más células e instalar estaciones bases para reducir la interferencia y aumentar la utilización de la frecuencia.

A cada una de esas estaciones se le asigna un grupo de frecuencias que, debido a la configuración de la red en forma de panal, pueden ser reutilizadas en celdas que no sean contiguas ni demasiado cercanas.

La posibilidad de volver a emplearlas es, a juicio de los técnicos, una gran virtud pues las radiofrecuencias son limitadas.

Por ejemplo, la llamada que un usuario, conductor o peatón hace desde un teléfono celular es transferida en forma automática de una estación base a otra, generalmente sin interrupción, hasta llegar al centro de conmutación móvil (equivalente a la central telefónica), que se encarga de llevar la llamada a su destino.

### 2.2.5 Diseño de células

El requerimiento principal de una red en el concepto celular es encontrar una manera de que cada estación distribuida distinga la señal de su propio transmisor de la señal de otros transmisores.

Hay dos soluciones a esto, acceso múltiple por división de frecuencias (FDMA, del inglés Frequency Division Multiple Access) y acceso múltiple por división de código (CDMA, del inglés Code Division Multiple Access).

**Acceso múltiple por división de frecuencias (FDMA):** Funciona usando frecuencias diferentes entre celdas vecinas. Encontrando la frecuencia de la celda elegida las estaciones distribuidas pueden descartar las señales de las celdas vecinas.

**Acceso múltiple por división de código (CDMA):** Consiste en la asignación de un código único para cada equipo terminal conectado a la red. La característica de estos códigos es que son ortogonales entre sí, de manera que no se interfieren mutuamente.

La estación base transceptora los descifra aplicando métodos de separación de códigos ortogonales, consiguiendo establecer comunicación unívoca con cada equipo terminal enganchado.

**Otros esquemas de acceso al medio:** El acceso múltiple por división de tiempo (TDMA, del inglés Time Division Multiple Access), consiste en la división del continuo temporal en "ranuras de tiempo" (del inglés: time-slots). Por ejemplo, GSM emplea este esquema con ranuras de 125 ms, facilitando un total de  $1 \text{ s} / 125 \text{ ms} = 8$  canales por sector.

Pero, al igual que otros métodos disponibles de acceso al medio, como el acceso múltiple por división de polarización (PDMA del inglés Polarization Division Multiple Access), TDMA no puede ser usado para separar las señales de una celda con la de su vecina ya que sus efectos varían con la posición, y esto hace que la separación de la señal sea prácticamente

imposible. Sin embargo, TDMA es ampliamente usado en combinación con FDMA o CDMA (esquemas dúplex) en sistemas de comunicaciones móviles, con el objeto de otorgar múltiples canales en el área de cobertura de una sola celda.

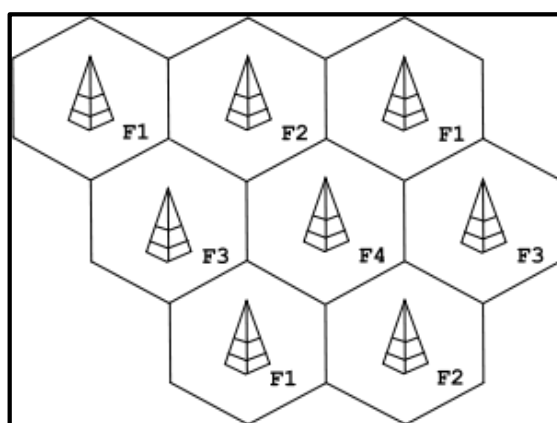
### **2.2.5.1 Mensajes de difusión y paginación**

Prácticamente todos los sistemas celulares tienen algún mecanismo de mensajes de difusión. Éste puede ser usado para distribuir información a muchos móviles, por ejemplo, en los sistemas de telefonía celular, el uso más importante de los mensajes de difusión es para configurar el canal para las comunicaciones uno a uno entre el transceptor móvil y la estación base. Esto es llamado paginación.

Los detalles del proceso de paginación varían de red a red, pero normalmente se conoce un número limitado de celdas donde el teléfono se encuentra (este grupo de celdas es llamado área de localización en los sistemas GSM o área de ruteo en los UMTS). La paginación comienza enviando mensajes de difusión en estas celdas. Los mensajes de paginación pueden ser usados para transferir información. Esto se usa, por ejemplo, en los sistemas CDMA para el envío de mensajes SMS.

### **2.2.5.2 Reutilización de frecuencias**

El incremento en la capacidad de una red celular, comparando con una red con un solo transmisor, viene con el hecho de que la misma radiofrecuencia puede ser usada en un área diferente para una transmisión completamente diferente. Si hubiera un solo transmisor, solo una transmisión puede ser realizada en cualquier frecuencia dada. Desafortunadamente es inevitable cierto nivel de interferencia en la señal producida por las otras celdas que usan la misma frecuencia. Esto significa que en un sistema estándar FDMA habrá al menos un hueco entre celdas que utilicen la misma frecuencia.



**Figura 5.** Reutilización de celdas, 2015. Información adaptada de Scielo. Elaborado por el autor.



El factor de reutilización de frecuencia es qué tan seguido se puede utilizar la misma frecuencia en una red. Esto es  $1/n$  donde  $n$  es el número de celdas que no pueden utilizar una frecuencia para transmisión.

Los sistemas CDMA usan una banda de frecuencia mayor para alcanzar la misma tasa de transmisión que FDMA, pero compensan esto y que poseen un factor de reutilización de 1. En otras palabras, cada celda usa la misma frecuencia y los diferentes sistemas están separados por códigos en lugar de frecuencias.

#### **2.2.5.3      *Movimiento de celda a celda y traspaso***

El uso de múltiples celdas significa que, si los transceptores distribuidos son móviles y se mueven de un lugar a otro, pueden también cambiar de celda. El mecanismo para esto cambia dependiendo del tipo de red y las circunstancias del cambio.

Por ejemplo, si hay una comunicación continua y no queremos que se interrumpa, entonces se deberá tener especial cuidado para evitar las interrupciones. En este caso debe haber una coordinación clara entre la estación base y la móvil.

Generalmente estos sistemas usan algún tipo de acceso múltiple independiente en cada celda, así se anticipa un estado de traspaso y se reserva un nuevo canal para la estación móvil en la nueva estación base que le brindará ahora el servicio. El móvil entonces se mueve del canal en su estación base actual hacia el nuevo canal y desde ese punto la comunicación continúa.

Los detalles de los cambios de una estación base a otra varía considerablemente entre los distintos sistemas. Por ejemplo, en todos los traspasos GSM y los traspasos entre frecuencias W-CDMA la estación móvil debe medir el canal que quiere empezar a utilizar antes de moverse a él.

Una vez que el canal está confirmado, la red debe comandar al móvil para moverse al nuevo canal y al mismo tiempo iniciar una comunicación bidireccional lo que significa que no hay cortes en la transmisión. En CDMA2000 y en W-CDMA hay traspasos en la misma frecuencia, ambos canales son utilizados al mismo tiempo (esto es llamado un traspaso por soft).

#### **2.2.5.4      *Área de cobertura de una celda***

La red celular ideal, mostrada en los libros, tiene celdas hexagonales. En la práctica la cobertura de la celda varía considerablemente dependiendo del terreno, la ubicación de la antena, las construcciones que pudieran interferir, puntos de medición y barreras.

El otro factor que interviene considerablemente en la cobertura es la frecuencia utilizada. Puesto simple, frecuencias bajas tienden a penetrar bien obstáculos, frecuencias altas suelen ser detenidas por objetos chicos. Por ejemplo, una pared de yeso de 5 milímetros detendrá completamente la luz, pero no tendrá ningún efecto sobre ondas de radio.

El efecto de la frecuencia en la cobertura significa que diferentes frecuencias sirven mejor a diferentes usos. Frecuencias bajas, como la de 450 MHz de NMT (en inglés), dan buena cobertura en áreas campestres.

La de 900 MHz de GSM 900 es una solución apropiada para áreas urbanas pequeñas. GSM 1800 usa la banda de 1.8 GHz que ya comienza a ser limitada por paredes. Ésta es una desventaja cuando se habla de cobertura, pero es una ventaja cuando se habla de capacidad. Los picos celdas, por ejemplo, un piso de un edificio, son posibles y la misma frecuencia puede ser usada por celdas que son prácticamente vecinas.

UMTS a 2.1 GHz es similar a GSM 1800 en cobertura. A 5 GHz las redes inalámbricas 802.11a tienen ya una muy limitada capacidad para penetrar paredes y suelen ser limitadas a una sola habitación en un edificio. Al mismo tiempo 5 GHz puede penetrar fácilmente ventanas y paredes finas, por lo que son usadas en WLANs.

Si sobrepasamos estos rangos la capacidad general de la red incrementa (más ancho de banda está disponible) pero la cobertura comienza a ser limitada a la línea de visión. Los enlaces infrarrojos han sido considerados para uso en redes celulares, pero su uso sigue limitado a aplicaciones punto a punto.

El área de servicio de una celda puede también variar debido a la interferencia de sistemas transmitiendo dentro y alrededor. Esto es así especialmente en sistemas basados en CDMA.

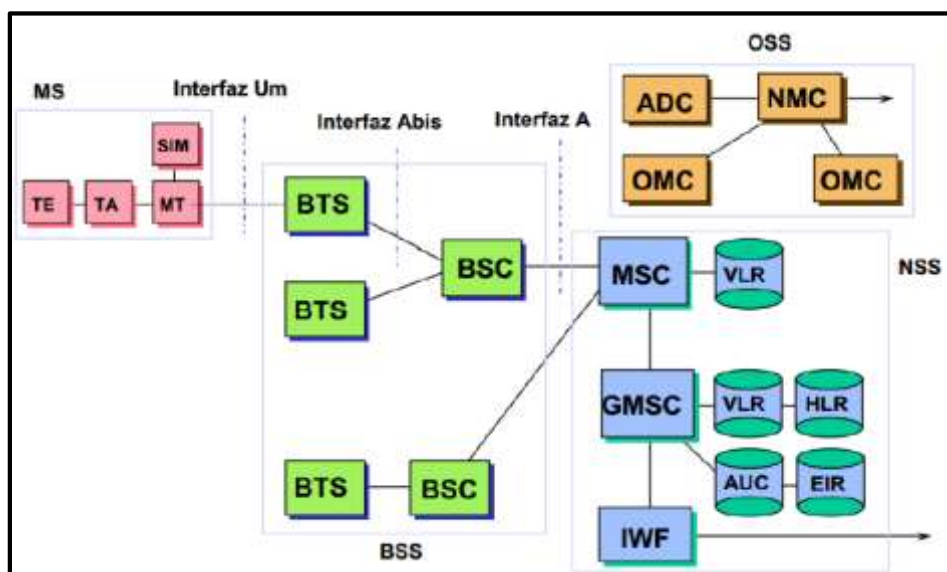
El receptor requiere cierto nivel de señal/ruido. Cuando el receptor se aleja del transmisor la señal transmitida se reduce.

A medida que la interferencia (ruido) crece sobre la señal recibida y no se puede aumentar más el nivel en el transmisor, ésta se corrompe y eventualmente inusable.

En los sistemas basados en CDMA el efecto de la interferencia de otro transmisor móvil en la misma celda es muy marcado y tiene un nombre especial, respiro de celda.

### **2.2.6 Arquitectura y componentes de la red celular**

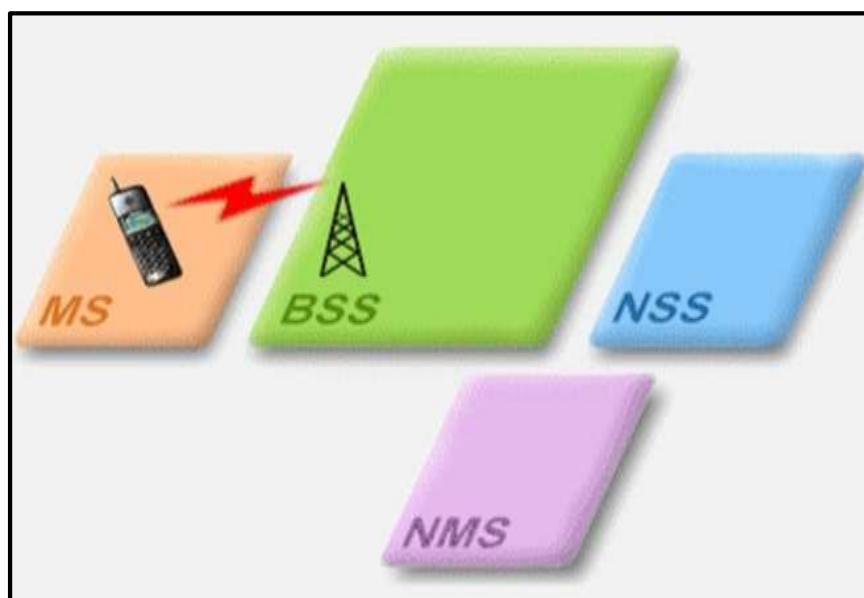
La red GSM tiene 3 elementos esenciales: Mobile Station (MS), Base Station Subsystem (BSS) y Network Switching Subsystem (NSS) con sus concernientes interfaces; cada uno formado por otros elementos detallados a continuación: (Turmero, 2014)



**Figura 6.** Arquitectura y componentes de la red celular, 2011. Información adaptada de tn.com.ar. Elaborado por el autor

#### 2.2.6.1 Estación móvil – MS

Este es el equipo que el usuario puede observar; y entre las principales funciones se encuentra facilitar una interfaz entre el usuario y el sistema GSM, posee teclado, pantalla, micrófono, altavoz, cabezal de RF, antena y un procesador de señales. (Correa Oyala, 2014)

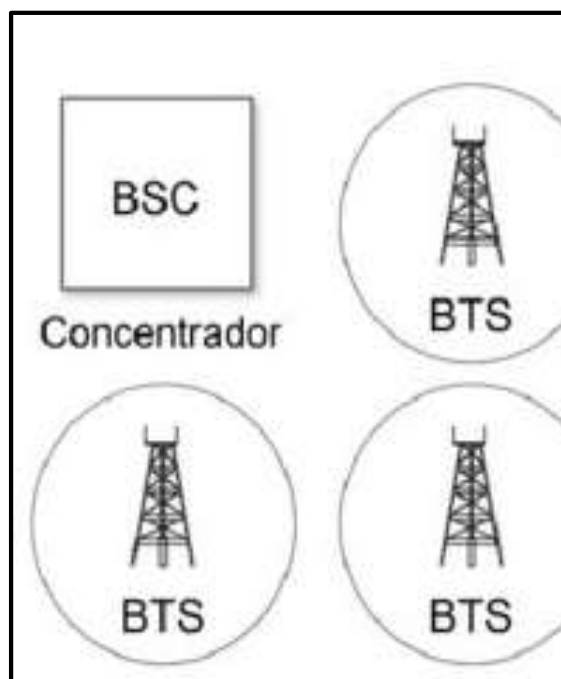


**Figura 7.** Red de telefonía móvil. ECC Informática., 2012. Información adaptada de tn.com.ar. Elaborado por el autor.

#### 2.2.6.2 Subsistema de estación base: BSS

Congrega una estructura determinada de los equipos de radio celular, su cometido es vincular la estación móvil con la red. Contiene los equipos para la transmisión y recepción

en el camino radio. Está relacionada con la red de acceso de GSM, entre sus dispositivos se encuentra los BTS (una o más de una) y una BSC. (Correa Oyala, 2014)



**Figura 8.** Sistema de estación base. José Machad, 2013. Información adaptada de [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net). Elaborada por el autor.

#### **2.2.6.3 Estación base transceiver: BTS**

Es uno de los más importantes elementos de la red, ya que contiene los TRX (Transceiver) que consisten básicamente de una unidad de baja y alta frecuencia para procesar señales digitales y para modulación y demodulación de GSMK. (Aguirre, 2010)

La BTS debe ser lo más simple posible, y fiable (suele estar en lugares de difícil acceso), habitualmente en el centro de la celda. (Correa Oyala, 2014)

Entre sus funciones se ejecutan medidas de la señal radio derivada del móvil; establecer el enlace radio con el usuario móvil; la sincronización; control de potencia. (Sanchez, 2011).

#### **2.2.6.4 Controlador de Estación Base: BSC**

Es un sistema de telefonía móvil que se encuentra encargada de administrar un conjunto de base transceptoras (BTS), en relación con la potencia y la transferencia de llamadas en curso entre canales, usualmente esto como resultado del movimiento de una estación móvil de una célula a otra. (Glosarios Alicante, 2016).

#### **2.2.6.5      *Sistema radiante***

El sistema radiante de una BS está compuesto por antenas y cables de alimentación, desempeña un papel fundamental en su comportamiento. El desperfecto o fallo del mismo, puede ser causa de la merma de la calidad de la voz, o cortes de llamadas. (Correa Oyala, 2014)



*Figura 9. Sistema radiante, 2013. Información adaptada de adtel.es. Elaborado por el autor.*

#### **2.2.6.6      *Antena del sistema***

Una antena es un dispositivo que tiene como fin enviar o receptor las ondas radioeléctricas, convirtiendo estas señales en ondas electromagnéticas o viceversa. (Ruesca, 2016)

Hay antenas de varios tipos, más al final todas tienen el mismo objetivo, hacer el papel de emisor y receptor para una señal de radio. La antena es bidireccional cuando la comunicación se en ambas direcciones, en caso de que darse esto simultáneamente se las conoce como semiduplex. (Ruesca, 2016)

Cuando una antena que tiene la función de ser emisora envía la señal de una única frecuencia o que tenga un ancho de banda pequeño se lo puede transportar a una potencia de gran espectro, así se logra captar la señal en el punto de destino, que puede tener muchos kilómetros de distancia. Con esto se tiene que la estructura de la red debe ser grande para poder admitir el tránsito de la corriente y tensión eléctrica.

Sin embargo, las antenas receptoras reciben señales de muchas frecuencias, debido a esto el ancho de banda para la recepción tiene que ser de mayor amplitud. Cuando las señales son muy débiles deben pasar por un proceso de amplificación para brindar una mejor cobertura. (Correa Oyala, 2014)

En la cual es importante tomar en cuenta ciertas características:

- Polarización
- Ganancia
- Patrones de Radiación
- Azimut
- Número de sectores
- Ancho del Lóbulo
- Tilt en las Antenas
- Tipo de Arreglos en las Antenas (Pazmiño, 2011)

Las principales características de una antena son:

*Ganancia de una antena:* Esta es el distintivo de mayor importancia, debido a que por medio de esto se conoce la potencia para la amplificación de señal. Es el parámetro que demuestra la capacidad de envío de una antena. La unidad que utiliza para medir la ganancia son los decibelios (dB). Generalmente las antenas emiten en todas las direcciones, aunque hay otras que lo realizan en una sola dirección. Si se confronta la potencia emitida en la dirección usada con la potencia media que se ha emitido en diferentes direcciones, se puede obtener el total de la ganancia en una antena. Si la antena emite de igual forma en todas direcciones, se denomina antena isotrópica y su ganancia es la unidad. (Correa Oyala, 2014)

*Longitud de antena:* Las dimensiones de la antena dependen de la longitud de onda (o, lo que es lo mismo, de la frecuencia) de la señal a emitir o recibir. Para emitir una señal electromagnética de forma eficaz, las antenas han de tener unas dimensiones, como mínimo, del orden de una décima parte de la longitud de onda de la señal. (Avalos, 2013)

*Ancho de banda de la antena:* Es el rango de frecuencias en las que la antena opera de forma satisfactoria.

*Eficiencia de una antena:* Es la relación entre la potencia emitida por la antena y la potencia captada por la antena receptora. Resulta un parámetro indicativo de las pérdidas que se producen en el proceso de transmisión. (Chiroli, 2011)

#### **2.2.6.7 TMA (Tower Mounted Amplifier)**

Un TMA (amplificador montado en torre) amplifica las señales de la antena de la reducción de la cifra de ruido de una estación transceptora base (BTS) que conduce a una mejora de la sensibilidad general de la BTS. El TMA se compone de un amplificador de bajo ruido (LNA) y un filtro que protege el LNA a partir de señales de alta potencia.

El TMA está montado lo más cerca posible a la antena de BTS. El TMA separa la RF de enlace ascendente (Rx) y las señales de enlace descendente (Tx) a través de filtros de RF. En la ruta de enlace ascendente de la señal es amplificada por redundantes amplificadores de bajo ruido. Si se produce un fallo, la función de derivación automática se activa una alarma y se informa, lo que garantiza la fiabilidad del sistema en todo momento. (www.ti.com, 2009)



**Figura 10.** TMA, 2013 Información adaptada de adtel.es. Elborada por el autor.

#### **2.2.6.8 Líneas de transmisión**

Dentro de las líneas de TX tenemos los Jumpers y el Feeder, así como los conectores para cada caso. Existen varios tipos como: coaxial, balanceado, desbalanceado.

Estos pueden ser configurados de varias maneras ya sea como dieléctrico de aire, dieléctrico de espuma, con chaqueta o sin chaqueta. (Correa Oyala, 2014)

Sufren atenuaciones cada 100 metros, este dato es entregado por el fabricante del cable, la impedancia característica es de 50 ohms en algunos casos de 75 ohms donde se coloca un acoplador de impedancias.

### 2.2.7 Cálculo de potencia de radio enlace

Al hacer el cálculo de radioenlaces, se debe tener en cuenta que se trata de un cálculo teórico, y que por lo tanto puede tener variaciones debidas a múltiples factores como pueden ser apuntamiento de las antenas, reflexiones, interferencias no deseadas, etc. Este procedimiento es útil durante la fase inicial de diseño del radioenlace, pero habrá que realizar las oportunas comprobaciones, medidas y ajustes durante la posterior fase de instalación para asegurar el buen funcionamiento del sistema.

Los radioenlaces se suelen diseñar para obtener un margen de pérdidas de unos 5-6 dB, aunque este valor depende de la distancia, frecuencia y tipo de sistema.

#### 2.2.7.1 Características de un radio enlace terrestre

El radio enlace terrestre se diseña de forma que en cada una de sus distancias libres se den condiciones de visibilidad directa, tomando en cuenta de la curvatura de la Tierra. Existen cuatro efectos y conceptos relevantes en la propagación de señales de radio: Pérdida en el espacio libre. Zonas de Fresnel. Línea de vista. Multitrayectoria.

#### 2.2.7.2 Pérdida de Trayectoria

Primero, para determinar la potencia recibida, atenuada, en un radioenlace, se consideran las antenas transmisora y receptora y el espacio que las separa, obteniéndose la ecuación de transmisión de Friis en el espacio libre.

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{G_T G_R \lambda^2}{16 \pi^2 r^2}$$

$$L_{fs} = 10 \log \frac{P_T}{P_R}$$

Donde

- $L_{fs}$  = Pérdida de trayectoria, en dB
- $P_R$  = potencia recibida. En W.
- $P_T$  = potencia transmitida. En W.
- $G_T$  = ganancia de la antena transmisora.
- $G_R$  = ganancia de la antena receptora.
- $\lambda$  = longitud de onda(c/f), en m.
- $r$  = distancia radial entre antenas, en m.



Es común expresar la ecuación de Friis en términos de pérdida en el espacio libre (Lfs) o pérdida de trayectoria, y expresarla en dB con el signo cambiado.

$$L_{fs} = 92.4 + 20 \log r + 20 \log f - G_t - G_r$$

O bien

$$G_T + G_R = 92.4 + 20 \log r + 20 \log f - L_{fs}$$

O para el caso de un enlace monocanal punto a punto:

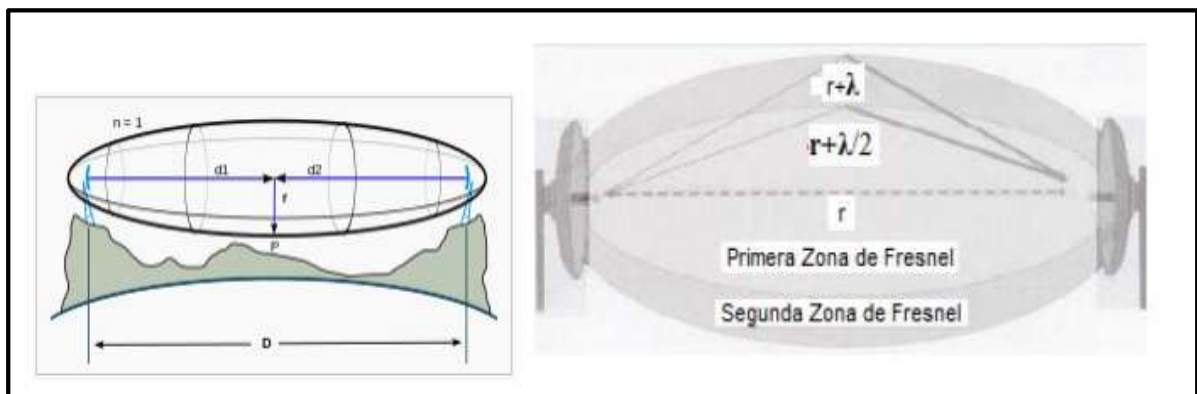
$$G_T + G_R = A_T + \Gamma_0 + A_{ALRx} + A_{ALRx} + A_{ACTx} + A_{ACRx} + A_S + M$$

Donde

- $G_T$ = ganancia de la antena transmisora, con respecto a un radiador isotrópico
- $G_R$ = ganancia de la antena receptora, con respecto a un radiador isotrópico
- $0$ = atenuación en el espacio libre entre antenas isotrópicas
- $A_{ALTx}$ = atenuación de la línea de alimentación de la antena transmisora
- $A_{ALRx}$ = atenuación de la línea de alimentación de la antena receptora
- $A_{ACTx}$ = atenuación de los acopladores de la antena transmisora
- $A_{ACRx}$ = atenuación de los acopladores de la antena receptora
- $A_S$ =atenuación suplementaria debida a las obstrucciones o reflexiones en la trayectoria radioeléctrica, más los desvanecimientos previsibles.
- $M$ =margen de deterioramiento de los equipos (también llamado margen de mantenimiento) usualmente 3db.

### 2.2.7.3 Zona de Fresnel

Según Huygens, los puntos que no están en el eje directo entre A y B también radian potencia hacia B, es decir las ondas viajan en una zona en forma de elipsoide de revolución. Esta es la Zona de Fresnel.



**Figura 11.** Zona de Fresnel, 2018 Información adaptada de adtel.es. Elaborada por el autor.

En el trayecto, se deben evitar obstáculos, como montañas, pero también se debe evitar la difracción, causada por la obstrucción parcial de cualquier objeto fijo.

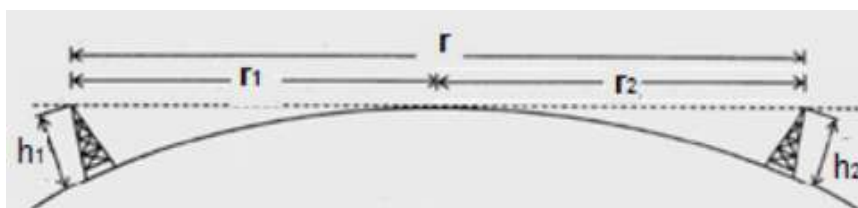
La difracción causa que aparezca una 2ª onda en el receptor, y las dos, dependiendo de sus fases relativas, podrían cancelarse entre sí hasta cierto grado, produciendo el desvanecimiento de la onda.

Los efectos de la difracción se reducen si el trayecto directo de la onda evita obstáculos por lo menos 60% del radio (F1) de la primera zona de Fresnel.

La teoría de Huygens-Fresnel demuestra que si la fase es  $0^\circ$  en el trayecto directo, la primera zona abarca hasta que la fase llegue a  $180^\circ$  ( $\lambda/2$ ), la segunda zona hasta  $360^\circ$  ( $\lambda$ ), y es un segundo elipsoide que contiene al primero.

#### 2.2.7.4 Alcance de un radio enlace

Si se incluye en el cálculo la altura de la antena receptora, se obtiene la distancia máxima entre transmisor y receptor, sobre un terreno razonablemente plano



**Figura 12.** Alcance de radio enlace, 2018 Información adaptada de adtel.es. Elaborada por el autor.

$$r = r_1 + r_2 = \sqrt{17h_1} + \sqrt{17h_2}$$

Donde

- $h_1$ = Altura de la antena transmisora en m.
- $h_2$ = Altura de la antena receptora en m.

#### 2.2.7.5 Multitrayectoria

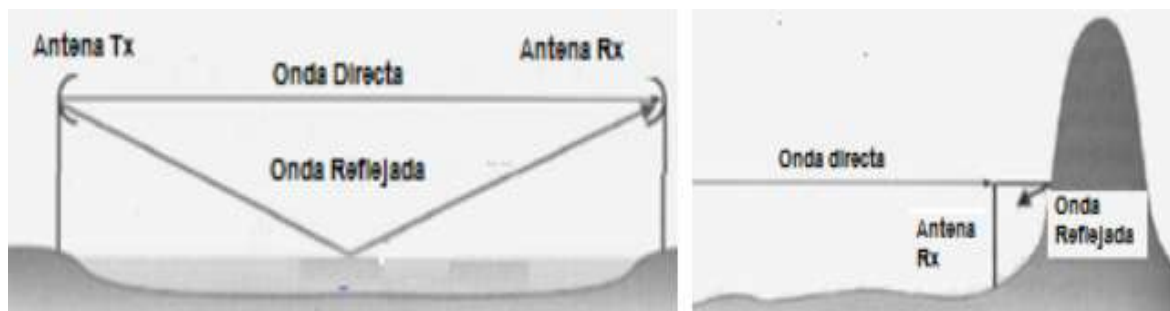
Una onda de radio puede llegar al receptor a través de múltiples trayectorias por reflexión. Los retrasos, la interferencia y la modificación parcial de las señales pueden causar problemas en la recepción.

**Desvanecimiento por multitrayectoria:** Si la onda directa y la reflejada están desfasadas en  $180^\circ$ , habrá cancelación parcial. Este es el desvanecimiento, la reducción de la señal puede llegar hasta 20 dB.

Para evitar el desvanecimiento existen 2 técnicas:

- Diversidad de frecuencia. Se radian ondas de 2 (o más) frecuencias. Cada onda tiene diferente  $\lambda$  y, por consiguiente, diferente recorrido.
- Diversidad de espacio. 2 (o más) antenas se montan una sobre otra. Cada antena radia una onda que tiene un recorrido diferente.

**Distorsión por multitrayectoria:** Es causada por la diferencia de tiempo en que llegan las ondas directa y reflejada cuando ocurren reflexiones desde colinas o edificios.



**Figura 13.** Desvanecimiento y distorsión, 2018 Información adaptada de adtel.es. Elaborada por el autor.

Para reducir esta distorsión, se alinean las antenas receptoras direccionales en la dirección de la señal directa. Esta solución es válida para receptores fijos, no así para móviles.

#### 2.2.7.6 Línea de vista

Línea de vista se refiere a un camino (path) limpio, sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras. Para que exista la mejor propagación de las señales RF de alta frecuencia, es necesaria una Línea de vista sólida (limpia - sin obstrucciones).

Cuando se instala un sistema inalámbrico, se debe de tratar de transmitir a través de la menor cantidad posible de materiales para obtener la mejor señal en el receptor. Siempre habrá problemas si se quiere transmitir a través de cualquier metal o concreto reforzado.

Si existe una cantidad significativa de metal muy cercana a la antena de transmisión, las señales RF se pueden reflejar en ella cancelando parte de la señal transmitida, produciendo como efecto adverso, la reducción del rango y calidad de la señal principal.

### 2.2.8 Parámetros al analizar la calidad de una red

#### 2.2.8.1 Calidad

La principal razón por la que los usuarios tienen permanencia en las diferentes operadoras es debido a la calidad de señal. Existen varios parámetros que establecen la calidad del

servicio, el comportamiento de la red, es decir la relación entre el tiempo de respuesta de las herramientas utilizadas por el cliente

La cantidad de llamadas no establecidas y el tiempo en que las operadoras tarden en dar solución a los problemas del cliente. (Correa Oyala, 2014)

Editorial Vértice (2008), menciona su criterio acerca de la calidad:

**Es el conjunto de aspectos y características de un producto y servicio que guardan relación con su capacidad para satisfacer las necesidades expresadas o latentes de los clientes. Es el nivel de excelencia que la operadora ha escogido alcanzar para satisfacer al usuario.** (Vértice, 2008)

Desde el punto de vista del cliente, la calidad se entiende como la satisfacción de éste; es decir, el grado de cumplimiento de las expectativas del servicio global frente a la percepción subjetiva del funcionamiento de la red y del terminal, así como del servicio prepago y post pago. (Correa Oyala, 2014)

Desde el punto de vista de la red, la calidad ofrecida es el resultado de las prestaciones ofrecidas por cada una de las partes implicadas; esto es, los terminales, la red de acceso, la red de transporte y los servicios. (MINANGO NEGRETE, 2011)

A continuación, se presentan los parámetros seleccionados que identifican la calidad del servicio.

Parámetros de atención a la demanda:

- Tiempo medio de espera al servicio
- Solicitudes que superan en dos veces el objetivo del tiempo medio de espera al servicio (tanto por ciento)

Parámetros de averías:

- Número de avisos de avería por cien terminaciones de red y mes
- Duración media de las averías (horas)
- Porcentaje de avisos de avería de duración superior a veinticuatro horas (tanto por ciento)

Comportamiento de la red:

- Porcentaje de llamadas infructuosas (tanto por ciento)
- Porcentaje de tarificación incorrecta (tanto por ciento)
- Porcentaje de demora de tono  $\geq 10$  segundos (es decir un tanto por ciento) (Pazmiño, 2011)

### 2.2.8.2 Cobertura

La cobertura del sistema se refiere a las zonas geográficas en las que se va a prestar el servicio. La tecnología más apropiada es aquella que permita una máxima cobertura con un mínimo de estaciones base, manteniendo los parámetros de calidad exigidos por las necesidades de los usuarios depende del número de antenas que existan por sector, la altura en la que se encuentre situadas y si no hay algún tipo de obstrucción u obstáculo en la línea de vista. (Correa Oyala, 2014)

Este término suele aplicarse a comunicaciones radioeléctricas, pero también puede emplearse en servicios de cable, suele dividirse en exterior o interior y voz o de datos.

El initial tuning realizado en un sistema con fallos de cobertura ayudará a identificar en que sector habrá que realizar un ajuste en la altura de la antena o en el azimut de la misma, o si es necesario la implantación de una nueva antena en cierto sector para cubrir un sector en su totalidad. (Hernández Arizmedi, 2009)

Las características de cobertura de una red celular se encuentran determinadas principalmente por la ubicación y la configuración de las radios bases.

Existen factores que deben ser considerados en el diseño de la red como son: Características de estaciones móviles, ubicación de los usuarios y los tipos de estaciones móviles de los usuarios (fijos/móviles)

El área de servicio dentro de un área de cobertura se encuentra limitada principalmente por la estación móvil.

La posibilidad de que un abonado logre originar y mantener una llamada se encuentra determinado por el nivel de intensidad que recibe la estación móvil de la radio base (señal downlink), por el nivel de interferencia co-canal (C/I), el nivel de interferencia adyacente (C/A) y por el nivel de interferencia señal a ruido (S/N). (Merino, y otros, 2008)

El nivel de señal de recepción en una estación móvil depende de las pérdidas de transmisión provocadas generalmente por obstáculos entre la estación base y la estación móvil, así como también las pérdidas de propagación por espacio libre.

Un criterio que puede ser utilizado como punto de inicio para el desarrollo de un sistema móvil celular bano es la grilla, este criterio permite determinar la posición teórica para las nuevas celdas dentro de una zona determinada. (Correa Oyala, 2014)

Se especifica puntos importantes a tomar en cuenta:

*Definición de la cobertura:* serían las áreas donde con una cierta probabilidad, el nivel de señal no es más pequeño que el umbral de recepción.

*Determinación de las pérdidas máximas de trayecto:* calculado por medio del link budget (presupuesto del enlace), el cual involucra el cálculo para uplink y downlink. Se toman en cuenta la potencia de transmisión, pérdida en el transmisor y receptor ya sea de cable, conectores, duplexers u otros; niveles de sensibilidad, ganancias de las antenas, pérdidas por cuerpo, pérdida de penetración Por construcciones, márgenes de Fading (desvanecimiento) de Rayleigh, margen de interferencia, margen de fadinglog-normal, pérdidas indoor. (bibdigital.epn.edu.ec, 2011)

*Determinación del diámetro de la celda:* se lo determina por medio de la fórmula de pérdida de trayecto para el codec de voz designado, aplicando algún modelo de propagación de ondas.

*Determinación del número de celdas necesarias para la cobertura:* que es la división entre el área a ser cubierta y el tamaño de la celda, que sería el resultado final.

Una mala cobertura se define cuando los niveles de señal medidos son inferiores a los niveles especificados en el contrato del proveedor de telefonía móvil.

El planificador de la red de radio debería haberse asegurado una cobertura suficiente en la planificación nominal. Sin embargo, la cobertura puede mejorarse mediante el aumento de la potencia de salida y / o hacer ajustes de antena, al aumentar la potencia de salida, la señal de enlace descendente aumento de la fuerza.

Si la potencia de salida es demasiado alta (aproximadamente -43 dBm o más), una mayor potencia de salida no afectará en gran medida el rendimiento general debido a la falta de equilibrio entre la potencia y de enlace descendente. (Correa Oyala, 2014)

Un aumento en la potencia de salida puede dar lugar a una mayor interferencia en co-canal y celdas adyacentes de canal y bordes de celda también se ven afectados.

Ajustes de antena, una posición de antena más alta generalmente aumenta el área de cobertura celular. A veces, un re-dirección de una antena puede ayudar a la situación. (Correa Oyala, 2014). Si la antena está inclinada hacia abajo, una disminución de la inclinación general aumenta el área de cobertura. Al igual que cambiar la potencia de salida, un ajuste de la antena afecte al plan de célula entera con respecto a los bordes de celda. (ERICSSON, 2011)

### **2.2.8.3 Tráfico**

Se refiere al número de usuarios que acceden al servicio en un tiempo categórico, existen horarios donde hay más tráfico en las redes celulares y cuando el sistema celular no soporta

dicho tráfico debido a su estructura y configuración, es donde el sistema colapsa y empieza a presentar problemas en la red como el bloqueo de llamadas. (Correa Oyala, 2014)

El tráfico se altera entre las diferentes horas del día. La apreciación de tráfico corresponderá a ser tan buena que compense la carga de las horas pico. (Pazmiño, 2011)

Se debe calcular el volumen y distribución del tráfico dentro de una red. Los principales datos para ello son:

- El número de abonados por unidad de superficie.
- El volumen de tráfico generado por abonado.
- Área geográfica para cubrir
- Horas picos.
- Infraestructura celular.

A partir de estos datos se puede calcular el tráfico esperado por unidad de superficie.

Además, se puede estimar el tráfico por celda llevándonos al número de TRX necesarios por celda. (Correa Oyala, 2014)

Es entonces cuando se requiere compilar un plan de asignación de frecuencias se debe agregar capacidad sobre los valores calculados para admitir las comunicaciones de abonados de otros países, movilidad y picos de tráfico local. (Correa Oyala, 2014)

El cuello de botella del sistema no debería residir en la capacidad de las líneas de transmisión. (Garrido Pérez, 2009)

La unidad de dimensionamiento internacional para tráfico telefónico es llamada ERLANG por el científico Danés A.K. Erlang (1878 – 1929), el cual define al ERLANG como la ocupación de un circuito en una hora.

$$1 \text{ ERLANG} = 1 \text{ CALL HOUR} / 1 \text{ HORA}$$

Uno de los problemas más graves que se presentan en un sistema de comunicaciones móviles es la congestión de la red, pues involucra una disminución de la calidad del servicio.

Existen algunas maneras de que la llamada no se complete: canal ocupado, sistema congestionado, terminal ocupado o apagado etc: en todos estos casos la llamada se perderá o entrará en cola de espera. (<http://dspace.ups.edu.ec>, 2007)

#### **2.2.8.4 Interferencia co- canal y capacidad del sistema**

Las interferencias en el sistema celular disminuyen la calidad de la señal, lo que trae desconcierto en los usuarios, al no poder disfrutar una comunicación nítida en cuando a la

claridad de la recepción de audio mientras conserva una llamada telefónica. (Correa Oyala, 2014)

Este problema tiene inidio en la radio base constantemente debido a la ubicación de las antenas y en si se encuentran comunicando a través de la misma frecuencia. Este inconveniente tiene como solución la configuración de los parámetros generales del sistema. (Correa Oyala, 2014)

El reúso de frecuencias implica que en un área de cobertura dada haya varias células que usen el mismo conjunto de frecuencias. Estas células son llamadas células co-canales y la interferencia entre las señales de estas células se le llama interferencia co-canal. (Correa Oyala, 2014)

Al contrario que el ruido térmico, que se puede prevalecer aumentando la relación señal ruido ("Signal to Noise Ratio o SNR), la interferencia co-canal no se puede combatir simplemente acrecentando la potencia de portadora de un transmisor. Esto se debe a que un incremento en la potencia de portadora de transmisión de una célula incrementa la interferencia hacia las células co-canales vecinas. (Correa Oyala, 2014)

Para comprimir la interferencia co-canal las células co-canales deben estar concretamente alejadas por una distancia mínima que facilite el suficiente aislamiento debido a las pérdidas en la propagación.

Una de las medidas físicas de la calidad del canal RF es la relación portadora-a-interferencia (C/I, carrier to interference).

Esta relación es logarítmicamente proporcional a la calidad de la señal de receptor. Mientras más grande sea la relación C/I, mejor será la calidad del canal.

$$C/I = QoS R_x$$

Los coeficientes de C/I de 17dBm son usados idealmente para establecer el umbral de la cobertura de una célula. Si las medias de C/I van por debajo de estos niveles, el dispositivo habrá de estar en el territorio de cobertura de otra célula y se habrá que efectuar un handoff. El interior de la célula deberá proveer coeficiente de C/I que exceda 17dBm a menos de que el móvil se localice en un hoyo (hole) de la cobertura de RF. (Hernandez, 2009). Las causas de interferencia pueden ser:

Internas: producidas por el equipo en el propio emplazamiento, donde se involucran elementos como los osciladores locales y la selectividad de los filtros.



Otros aspectos para considerar pueden ser las reflexiones internas y los canales adyacentes del propio sistema. En general, cuestiones que quedan dentro del alcance del diseñador.

Externas: con interferencias originarios de otros radioenlaces (terrestres y espaciales) o inclusive de vanos dentro de la misma ruta del propio radioenlace. (dspace.epn.edu.ec, 2008)

## **2.2.9 Operadoras de telefonía móvil en el país**

### **2.2.9.1 Claro**



*Figura 14. Logo de Claro, 2018. Información adaptada de la página oficial Claro.com.ec. Elaborada por el autor*

Es una empresa de información, comunicación y entretenimiento que brinda acceso al servicio móvil al 96% de país poblado con productos y servicios de tecnología. Claro es la primera operadora privada en brindar a sus usuarios tecnología digital, GSM, 3G, HSPA+ y 4G LTE en las 4 regiones del país y recientemente la tecnología 4.5G.

En su infraestructura fija, cuentan con una importante red urbana de HFC y fibra óptica GPON mediante las cuales ofrecen servicios empaquetados: teléfono, internet y televisión, a segmentos residenciales y pymes. El servicio corporativo está basado en la red backbone de su infraestructura móvil y ofrece servicios de transmisión de datos, internet dedicado e incluso carrier internacional para ISP pequeños.

### **2.2.9.2 Movistar**

Es una compañía que provee de servicios de telefonía móvil de Ecuador, anexa al Grupo Telefónica, dio apertura sus operaciones en abril del 2005 aunque ya Telefónica había

adquirido desde octubre del 2014 el 100% de las acciones de OTECEL S.A., la cual había sido la concesionaria de servicio de telefonía móvil desde 1993. Movistar es la segunda mayor operadora de telefonía móvil del Ecuador con más de 3.8 millones de cliente, con 90 puntos de atención al cliente y con redes CDMA y GSM.



*Figura 15. Logo de Movistar, 2018. Información adaptada de movistar.com.ec. Elaborada por el autor.*

### **2.2.9.3 Tuenti**

Tuenti es un Operador Móvil Virtual bajo la cual opera Movistar,<sup>2</sup> propiedad de Telefónica que en España provee servicio de telefonía móvil bajo la red de esta última. En Latinoamérica, Tuenti es la marca explotada directamente por Telefónica para revender sus propios servicios, hasta ahora en Argentina, Perú, Ecuador y Guatemala. (Tuenti, 2018)



*Figura 16. Logo de Tuenti, 2018. Información adaptada de tuenti.com.ec. Elaborada por el autor.*

Esta empresa pertenece al grupo Telefónica, busca cautivar a los nativos digitales de la generación Millennials, jóvenes que, a más de hablar, usan sus teléfonos para divertirse, hacer búsqueda de información y relacionarse a través de las redes sociales, teniendo esto como la forma de comercializar la marca.

### **2.2.9.4 Algo de historia**

En el año de 1994 inicia la carrera de la telefonía, 2 firmastelefonicas ingresaron al país; Porta y Cellular power, que actualmente son conocidas como Conecel y Otecel respectivamente. En 1996 la marca Cellular Power cambia su nombre a Bellsouth.

En 1997 Porta amplía su mercado llegando a tener 75000 usuarios; debido a mayor cobertura y adopción de nuevas tecnologías; mientras que Bellsouth posee en ese entonces 43000.

En el año 2000 Bellsouth se vende a una empresa mexicana llamada America Movil y 3 años después la operadora Alegro (empresa estatal) entra al mercado ecuatoriano pero debido a la poca cobertura y a no poseer tecnología CDMA no tuvo éxito.

En el año 2005 Telefónica Movistar compra a Otecel y deja de operar como Bellsouth; en el 2011 Porta cambia para operar como Claro; y en el año 2014 el Estado llama a licitación de más espectro para desplegar la red 4G con telefónicas privadas y por medio de un reglamento se da el ingreso de nuevas empresas bajo la modalidad de Operador Movil Virtual.

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 Telefonía móvil**

La telefonía móvil reside en brindar un camino vía radio a un usuario de telefonía de tal forma que pueda realizar y recibir llamadas dentro del radio de cobertura del sistema.

Los sistemas celulares concentran la ventaja de dividir el área de cobertura en células, lo cual, limita la potencia con que se emite cada frecuencia, deja que se dé la reutilización de las mismas a distancias bastante cortas y por lo tanto aumentar tremendamente la capacidad de los sistemas. Por lo tanto, un sistema celular consta de una serie de células cubiertas cada una por un sistema de radio que permite la conexión de los terminales móviles al sistema (estación base), y un sistema de conmutación que permite la interconexión entre las estaciones base y la conexión del sistema a la red de conmutación pública. (Correa Oyala, 2014)

Las estaciones base (BTS) controlan la conexión radio de los terminales móviles, y permiten tener permanentemente localizados a los distintos abonados.

### **2.3.2 Sistema celular GSM**

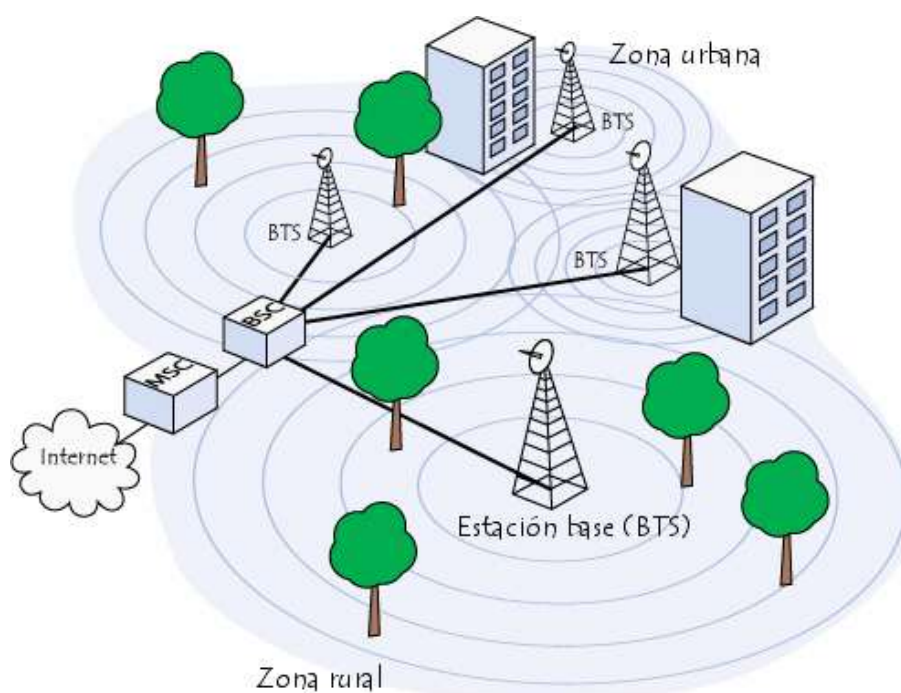
El sistema GSM es una tecnología de 2° generación que nació para solucionar faltas de los sistemas analógicos de 1° generación. No consta otra tecnología que logre equiparar los beneficios de GSM, brinda claridad de voz en las llamadas, una extensa colección de dispositivos con varias funciones y costes permite el ingreso de innovadores métodos de comunicación y consiente la comunicación entre personas por todo el mundo, sin importar la ubicación del lugar en donde se hallen. (Correa Oyala, 2014)

GSM digitaliza y comprime los datos del usuario y los envía por medio de un canal, cada uno en su propio tiempo. Marcha en bandas de frecuencia de 900 MHz o de 1800 MHz. En la actualidad existen operadoras que tienen redes en ambas frecuencias, también existen redes de 1900 MHz y más reciente de 850MHz. (Correa Oyala, 2014)

### 2.3.3 Red móvil

Una comunicación a través de teléfonos móviles es aquella en la que los teléfonos no están conectados por medio de cables. (Apolinario, 2014). La telefonía móvil esencialmente está constituida por dos grandes fragmentos: una red de comunicaciones (o red de telefonía móvil), que está formada de antenas repartidas por la superficie terrestre, y de los terminales (o teléfonos móviles), que permiten el acceso a la red. (Correa Oyala, 2014)

### 2.3.4 Red celular



**Figura 17.** Red celular, 2018. Información adaptada de unicrom.com.ec. Elaborada por el autor.

Es tomada como un espacio terrestre fragmentada en espacios conocidos como celdas, en donde cada celda posee su propio transmisor, que es llamado transceptor, el cual sirve como transmisor y receptor y también es conocido como estación base. (Delacour, 2009). Dichas celdas son utilizadas con el propósito de cubrir diferentes áreas para brindar cobertura sobre un espacio más grande que el de una celda.

## 2.4 Marco contextual

El presente Trabajo de Titulación se lo ha realizado Ecuador, escrito en la ciudad de Guayaquil para beneficio del sector Estero del Pescado perteneciente a Caluma, para analizar los diferentes factores que influyen entre este lugar y las telecomunicaciones buscando mejorar las mismas y que los ciudadanos posean un mejor servicio de telefonía.

## 2.5 Marco legal

Los organismos que rigen las leyes de telecomunicaciones en Ecuador son tres: Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) organización de administración y regulación de las telecomunicaciones en el país, Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) se encarga de la administración de los recursos.

Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPATEL) se encarga de hacer cumplir las resoluciones del CONATEL.

A continuación, se menciona el conjunto de reglamentos vigentes en el país:

*Reglamento general a la ley especial de telecomunicaciones reformada, publicado en el registro 50 del 21 de octubre de 1996.* Este reglamento tiene como finalidad establecer las normas y procedimientos generales aplicables a las funciones de planificación, regulación, gestión y control de la prestación de servicios de telecomunicaciones y la operación, instalación y explotación de toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, datos y sonidos por cualquier medio; y el uso del espectro radioeléctrico.

Resolución no.421-27-conatel publicado en 1998.

Reglamento de telefonía pública de prepago, publicado en el registro oficial no. 353 del 3 de julio de 1998.

*Reglamento para el servicio de telefonía móvil celular. (Resolución no. 421-27-conatel-98).* Es un reglamento expedido con el fin de establecer que la operación móvil se dé por medio de operadoras que estén frente a las condiciones que el contrato de concesión, y lo reglamentos establezcan, para los servicios finales que permita su red.

*Plan nacional de frecuencias, publicado en el registro oficial no. 192 del 26 de octubre del 2000.* Tiene como objeto brindar los lineamientos para un procesos eficiente y eficaz de gestión del espectro radioeléctrico, manteniendo una nomenclatura sencilla y de fácil interpretación, brindando una herramienta para la utilización óptima del mismo y previniendo interferencias perjudiciales entre los distintos servicios.

*Reglamento para la prestación del servicio móvil avanzado. (resolución no. 498-25-conatel-2002).* En este documento se determina que el servicio móvil avanzado, es un

servicio final de telecomunicaciones del servicio móvil terrestre, que permite toda transmisión, emisión y recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos, voz, datos o información de cualquier naturaleza.

A continuación, se nombrarán organismos internacionales de estandarización de telecomunicaciones que interactúan con los proveedores de servicio de telefonía móvil en el país tales como Claro y Movistar.

ETSI: Instituto de Normas europeas de telecomunicaciones, produce normas de aplicación mundial para la Información y Tecnologías de la Comunicación (TIC), incluyendo telefonía fija, móvil, radio, tecnologías convergentes, radiodifusión e internet. (ETSI, 2014)

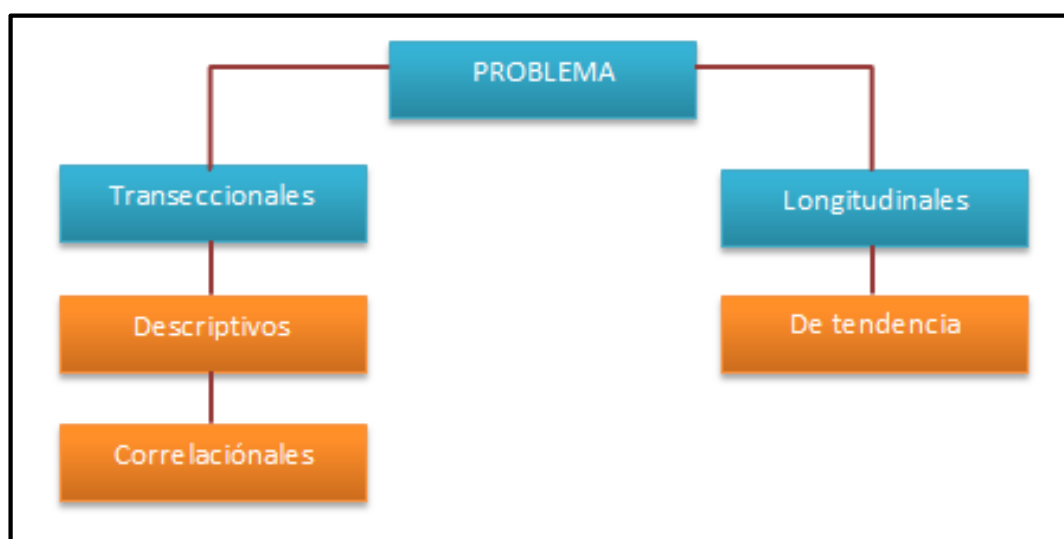
UIT –T: Unión Internacional de Telecomunicaciones, es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación – TIC. (ITU, 2014)

## Capítulo III

### Metodología

#### 3.1 Diseño de la investigación

Los métodos exploratorios de investigación son determinados como investigación formulativa de estudios. Los métodos principales incluyen: la encuesta relacionada con la literatura y la encuesta de experiencia.



*Figura 18. Diseño de la investigación cualitativa, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.*

#### 3.2 Enfoque de la investigación

##### 3.2.1 Investigación cualitativa

El diseño de este tipo de investigación es flexible, indica pautas o líneas de acción sin plantear exactamente cómo se va a trabajar por lo que permite realizar modificaciones.

El método de investigación cualitativa es la recogida de información basada en la observación de comportamientos naturales, discursos, respuestas abiertas para la posterior interpretación de significados.

Mientras que los métodos cuantitativos aportan valores numéricos de encuestas, experimentos, entrevistas con respuestas concretas para realizar estudios estadísticos y ver cómo se comportan sus variables. Muy aplicado en el muestreo.

Entre las técnicas y los tipos de metodología de investigación cualitativa más populares se encuentra la comunicación entre los individuos, como la base de todas ellas.

La metodología cualitativa, como indica su propia denominación, tiene como objetivo la descripción de las cualidades de un fenómeno. Busca un concepto que pueda abarcar una parte de la realidad.

### **3.3 Métodos de la investigación**

#### **3.3.1 Método bibliográfico**

La investigación bibliográfica ha permitido realizar la recolección de información técnica, que ha servido como fundamento teórico y científico para que el proyecto sea desarrollado

Se utilizaron apuntes inherentes referentes a las comunicaciones móviles; manuales, aplicaciones y catálogos referentes a los equipos necesarios; además se hizo uso del internet, siendo uno de los medios más importantes para recopilar información, que han permitido ampliar y profundizar el planteamiento de esta investigación.

#### **3.3.2 De campo**

Por medio de la investigación de campo se ha permitido recopilar información evidente sobre la realidad que el sector el Estero del Pescado del cantón Caluma tiene, sobre los sistemas de comunicación móvil que dan la cobertura al mismo. De acuerdo con la población de sector se realizó una encuesta a una muestra aleatoria simple de los habitantes, con el fin de saber su opinión y punto de vista sobre el servicio que reciben en su zona.

#### **3.3.3 Método exploratorio**

Esta investigación es del tipo exploratorio ya que ha permitido identificar los factores y las deficiencias existentes en el sector del Estero del Pescado de Caluma y así conocer las razones que están provocando los diferentes problemas en la red de telefónica, por medio de esto se podrá brindar diferentes opciones para resolver y solucionar de forma efectiva los problemas presentes.

#### **3.3.4 Método descriptivo**

Este método implica la observación sistemática del objeto de estudio y catalogar la información que es observada para que pueda usarse y replicarse por otros. La información obtenida de la app móvil Open Signal permite conocer la ubicación de antenas y puntos en los que la señal llega de alguna forma.

#### **3.3.5 Método de deductivo**

Este método permite sacar las conclusiones necesarias para inferir en lo observado que ha ofrecido la aplicación Open Signal, y de este modo poder sacar conclusiones para realizar la mejor elección para brindar una posible solución deseada.



### 3.4 Técnicas

#### 3.4.1 Entrevista

La entrevista es una herramienta de interacción social en la cual se da la relación entre entrevistador y entrevistado; en la cual se debe responder una serie de preguntas sobre un tema en específico, esta técnica es considerada una de las mejores debido a que mediante el dialogo establecido se puede conocer incluso información que no se tenía esperada. (Eumed, 2017)

Para este proceso el conjunto de preguntas que se realizó fueron las siguientes.

¿Sabe usted los requisitos que debe tener un lugar para instalar una torre?

¿Tiene usted conocimiento de un costo estimado de lo que cuesta la instalación de una torre, o repetidora?

El sector Estero del Pescado se encuentra ubicado en un lugar con muchos árboles ¿qué tipo de solución tendría que darse para mejorar la señal que ellos perciben?

¿Sabe usted la razón por la que no se ha mejorado la señal en el sector?

¿Cree usted que a futuro se busque mejorar la señal en el sector?

#### 3.4.2 Encuesta

Esta técnica es un cuestionario al igual que la entrevista que es utilizada cuando la muestra a encuestar es bastante numerosa, en el presente caso se usan ítems estructurados los cuales tienen respuestas fijas y se dan opciones para la selección. (Eumed, 2017)

Las preguntas realizadas en la encuesta son las siguientes:

¿Cuenta usted con teléfono celular?

¿Cuántos teléfonos celulares hay en su hogar?

Seleccione las operadoras móviles que utilizan los teléfonos celulares de su hogar

¿Qué tipo de usuario es usted?

En su celular ¿Cuál es la acción que usted más realiza?

¿Se encuentra satisfecho con el servicio que ofrece su operadora móvil?

Califique el servicio que ofrece su operadora móvil

¿Sabe usted el tipo de tecnología que ofrece su operadora móvil y que usa su celular?

¿Cuál de las siguientes opciones son los problemas que presenta su operadora?

¿Qué días de la semana usted utiliza con mayor frecuencia la red móvil?

¿En qué horario usted utiliza con mayor frecuencia la red móvil?

¿Cuándo usted usa la red móvil en estos horarios y días tiene problemas?

¿El lugar donde usted habita tiene algún tipo de instalación de red telefónica?

¿Cree usted que es necesaria la instalación de una red telefónica en su sector?

### **3.4.3 Observación**

La observación es definida como la acción de examinar algo mediante la vista con el fin de obtener información con el fin de procesarla posteriormente. (Definición Mexico, 2017)

En esta investigación esta técnica es utilizada para obtener información sobre la forma en que el sector Estero del Pescado recibe el servicio de telefonía móvil, en este caso se hace la observación por medio de los sitios web de las diferentes empresas que ofrecen este servicio.

### **3.4.4 Estudio de campo**

El trabajo de campo es realizado en este proceso debido a que se deben hacer las mediciones de los niveles de señal, tipo de tecnología y ubicación de antenas tipo torre que de las que el sector utiliza. La toma de datos es realizada por medio de la aplicación Open Signal.

## **3.5 Instrumentos**

### **3.5.1 Open signal**

Como se mencionó con antelación, se hizo uso de la aplicación Open Signal, es una compañía que se especializa en el mapeo de cobertura inalámbrica.

Los datos de la compañía sobre la calidad de la señal del operador provienen de usuarios que tiene instalada la aplicación móvil de consumo.

A diferencia de otras aplicaciones, que buscan la velocidad máxima posible a través de pruebas optimizadas,

Open Signal le informa acerca de su velocidad real, lo que es posible que se experimenta cuando es usado el dispositivo móvil.

Cualquier persona que use la aplicación aporta datos, informando a otros sobre el rendimiento del mundo real, no estimado, sin necesidad de solicitar información personal.

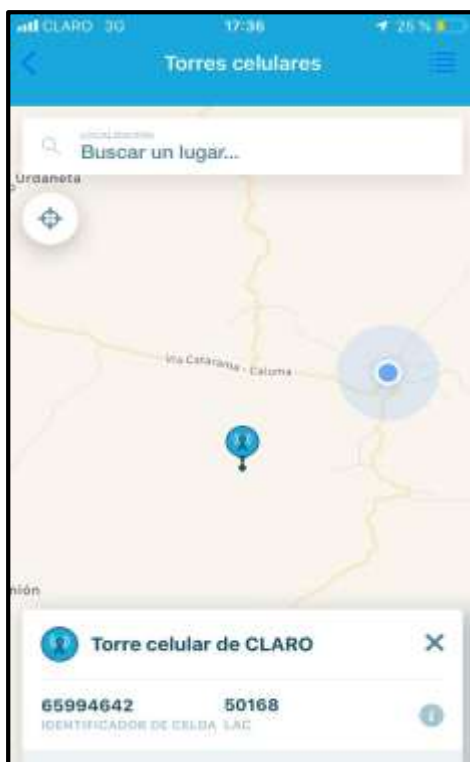
Al hacer uso de la aplicación el dispositivo analiza y verifica cual es la mejor opción para poder conectar el móvil.

Así está informando sobre las medidas de la fuerza de señal, velocidad y fiabilidad de las redes.



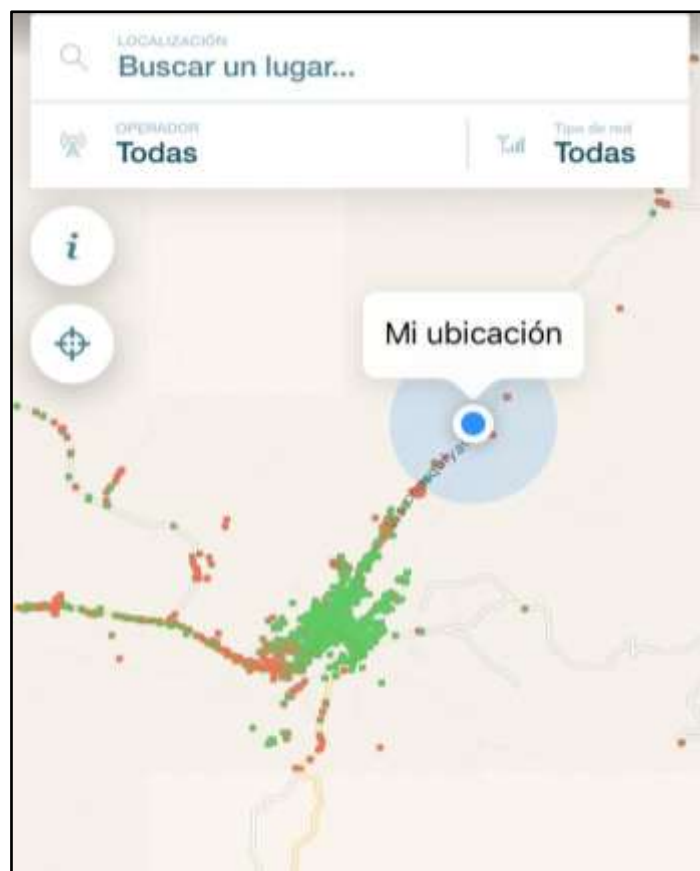
**Figura 19.** Logo de Open Signal, 2018. Información adaptada de [itunes.apple.com](https://itunes.apple.com). Elaborada por el autor.

Con esta herramienta se logró identificar la cantidad de antenas que existen en Caluma, al realizar el test solo se encontró una antena de la operadora Claro como se muestra en la figura a continuación.



**Figura 20.** Torres celulares, 2018. Información adaptada de Open Signal. Elaborada por el autor.

La distancia entre la torre celular más cercana de cantón al punto de localización que es el sector denominado el Estero del Pescado es bastante considerable, siendo esta una de las razones por la que el sector mencionado no logra recibir señal telefónica.



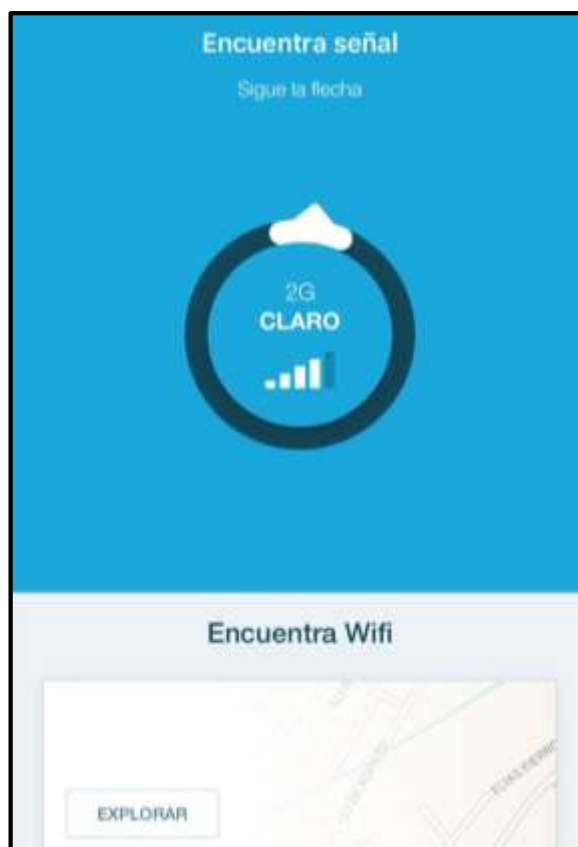
**Figura 21.** Niveles de señal en Caluma, 2018. Información adaptada de Open Signal. Elaborada por el autor.

Como se observa en la figura anterior, los puntos verdes señalan los lugares en los que la señal de telefónico móvil de forma global de todas las operadoras y de todas las tecnologías es percibida por el usuario.

Calificando verde como la mejor percepción de señal y degradando en tonalidades rojas naranjas y amarillas la calidad de señal conforme se va deteriorando.

En el punto que se observa en la imagen denominada como “Mi ubicación” se puede observar que hacen referencia varios puntos de color rojo, es decir que la señal telefónica medida en el sector es muy pobre

Además, según se muestra en la Figura 15, con esta aplicación se ha podido identificar que el tipo de tecnología móvil que llega al sector es 2G, razón por la cual la poca señal que llega no es de buena calidad, razón por la cual este sector se encuentra afectado constantemente con una mala calidad y con intermitencias en el servicio brindando.



*Figura 22. Tecnología móvil que recibe el sector del Estero del Pescado en Caluma, 2018. Información adaptada de Open Signal. Elaborada por el autor.*

### 3.6 Población y muestra

En el sector del Estero del Pescado del cantón Caluma se tiene presente que habitan 535 personas, siendo esta la población total se procede a realizar la siguiente fórmula:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

En dónde:

- **N:** es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).
- **k:** es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos.
- **e:** es el error muestral deseado.
- **p:** es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio.
- **q:** es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es 1-p.
- **n:** es el tamaño de la muestra

Por lo tanto:

$$n = \frac{95^2 * 0,5 * 0,5 * 535}{(5^2 * (N - 1)) + 2,58^2 * 95 * 0,5} = 224 \text{ Encuestados}$$

### 3.7 Análisis de resultados

#### 3.7.1 Análisis de la encuesta

Por medio de este método se busca obtener información veraz y autentica de la principal fuente afectada como lo son os usuarios del Barrio del Estero del Pescado, con el fin de apreciar las necesidades de estos

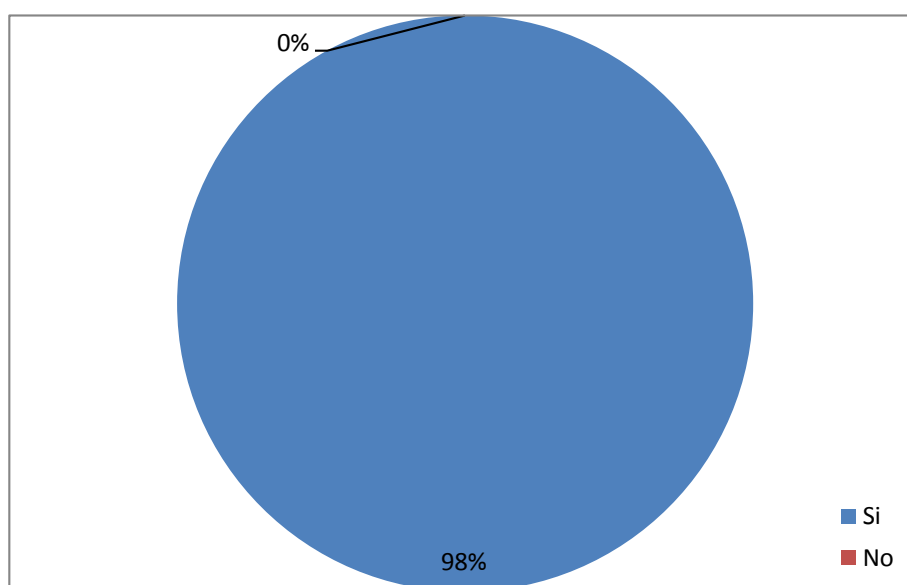
El modelo de esta encuesta busca obtener la información de manera fácil por medio de preguntas optativas. En las que constan las siguientes:

#### 1) ¿Cuenta usted con teléfono celular?

**Tabla 2.** Existencia de teléfonos celulares en el hogar encuestado, 2018.

Descripción	Frecuencia	%
Si	220	98%
No	4	2%
Total	224	100%

*Información adaptada de la investigación directa, elaborado por el autor*



**Figura 23.** Existencia de teléfonos celulares en el hogar encuestado, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

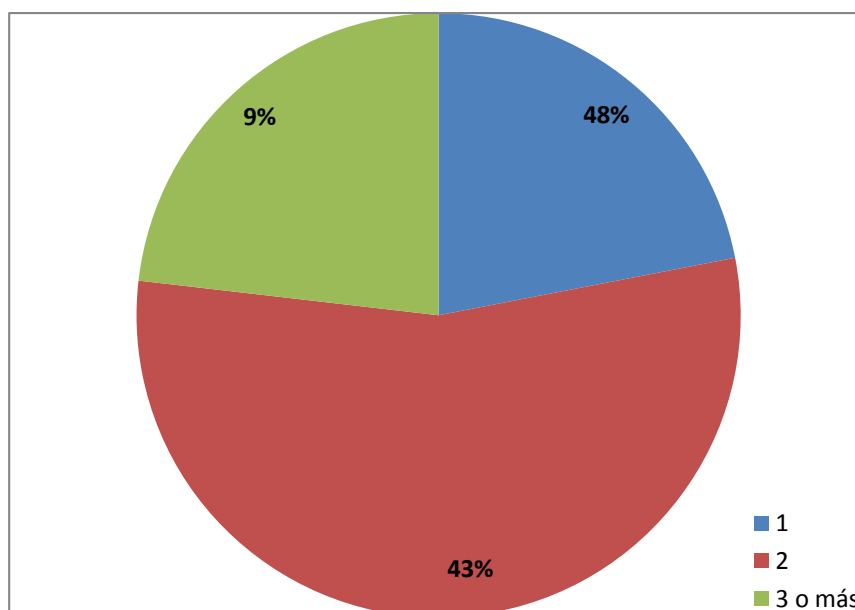
De la tabla y figura anterior se puede observar que toda la muestra encuestada posee teléfono celular en su hogar.

## 2) ¿Cuántos teléfonos celulares hay en su hogar?

**Tabla 3.** Cantidad de teléfonos celulares en el hogar encuestado, 2018.

Descripción	Frecuencia	%
1	107	48%
2	97	43%
4 o más	20	9%
Total	224	100%

*Información adaptada de la investigación directa, elaborado por el autor*



**Figura 24.** Cantidad de teléfonos celulares en el hogar encuestado, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

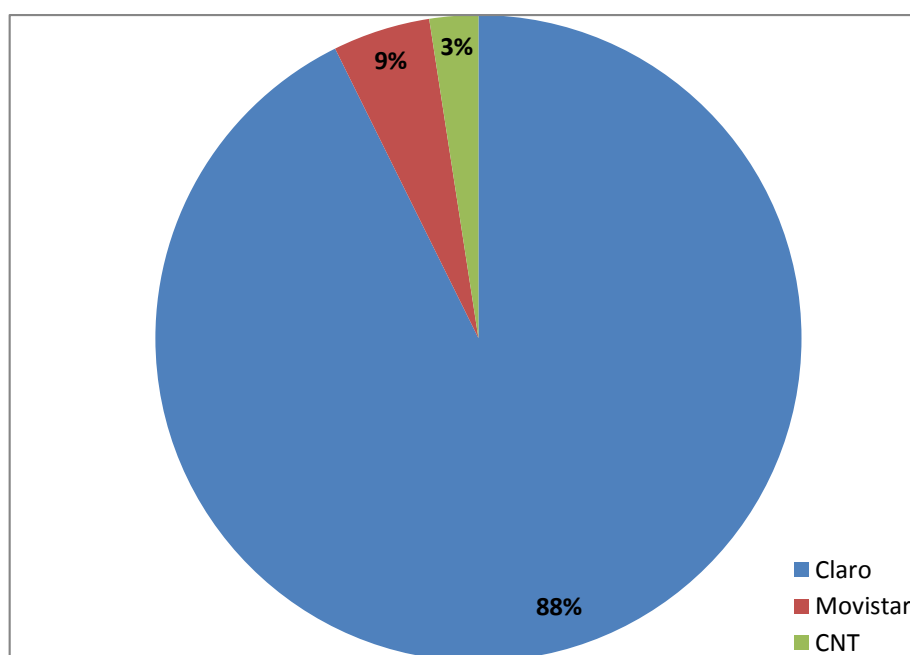
Los habitantes del Estero del Pescado dieron a notar durante la encuesta que en su hogar la mayoría posee 1 teléfonos celulares, mientras que el 9% indicó que hay 3 o más celulares en su hogar y el 43% que solo hay 1 celular en su hogar.

## 3) Seleccione las operadoras móviles que utilizan los teléfonos celulares de su hogar

**Tabla 4.** Operadora a la que pertenece el encuestado, 2018.

Descripción	Frecuencia	%
Claro	197	88%
Movistar	20	9%
CNT	7	3%
Total	82	100%

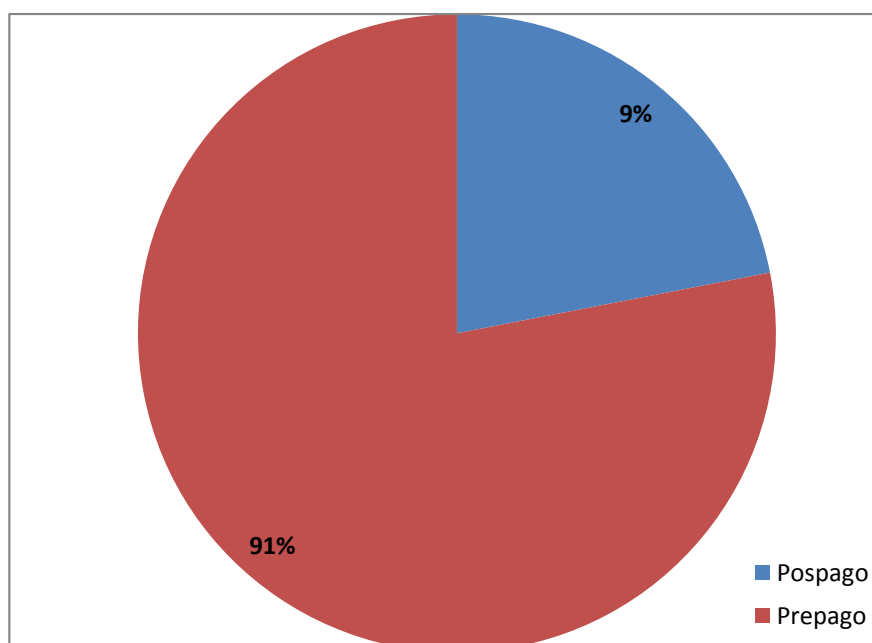
*Información adaptada de la investigación directa, elaborado por el autor*



**Figura 25.** Operadora móvil a la que pertenece el encuestado, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

En esta pregunta se puede observar que el 88% de los encuestados es cliente de la operadora Claro; el 9% pertenece a la Movistar y solo el 3% utiliza CNT.

#### 4) ¿Qué tipo de usuario es usted?



**Figura 26.** Tipo de usuario, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.



**Tabla 5.** Tipo de usuario, 2018.

Descripción	Frecuencia	%
Prepago	64	78%
Post pago	18	22%
Total	82	100%

*Información adaptada de la investigación directa, elaborado por el autor*

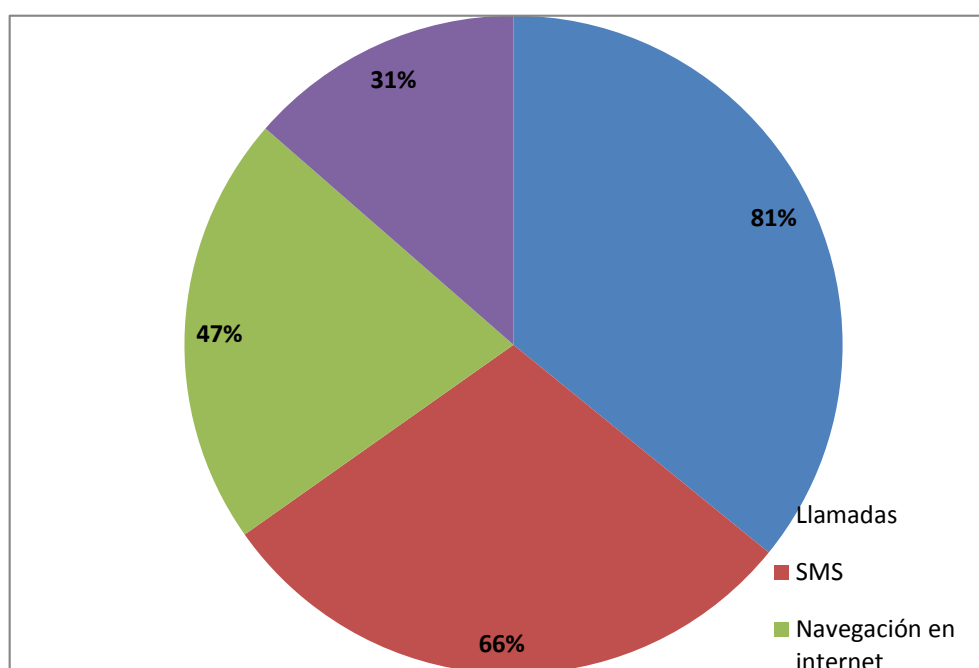
Con esta pregunta se pudo conocer el tipo de servicio que han contratado los usuarios; el 78% es usuario prepago y el 22% es usuario post pago (plan celular).

##### 5) En su celular ¿Cuál es la acción que usted más realiza?

**Tabla 6.** Actividad que más realiza el usuario, 2018.

Descripción	Frecuencia	%
Llamadas	66	81%
SMS	54	66%
Navegación en internet	39	47%
Redes sociales	25	31%

*Información adaptada de la investigación directa, elaborado por el autor*



**Figura 27.** Actividad que realiza más el usuario, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

Con la pregunta anterior se tiene que el 81% de los encuestados usa el teléfono para realizar llamada; el 66% de los encuestados lo usa para enviar mensajes de texto; el 47% de

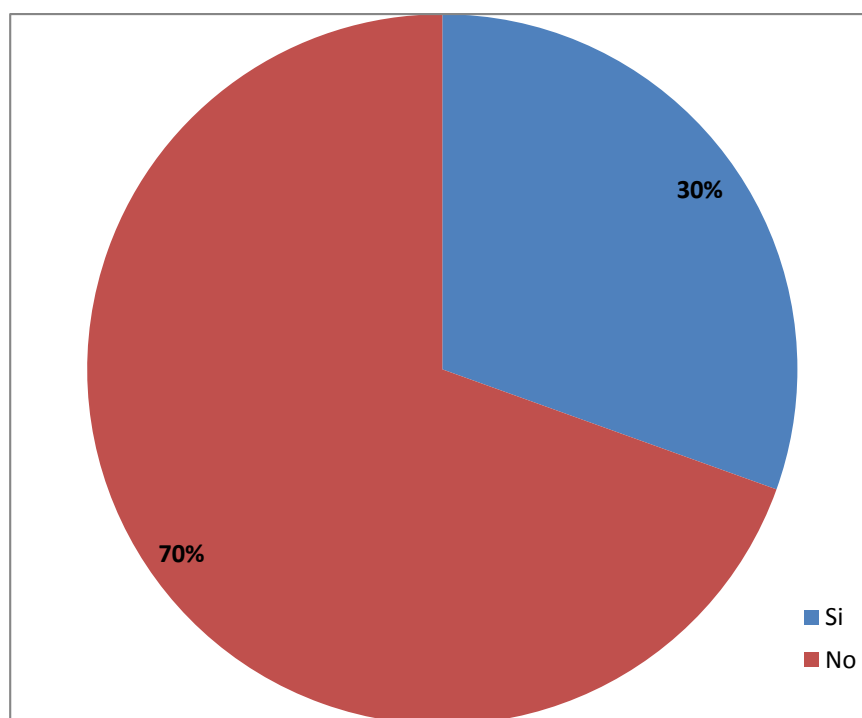
estos utiliza su móvil para navegar en internet y el 31% de los usuarios utiliza su red móvil para revisar redes sociales.

#### 6) ¿Se encuentra satisfecho con el servicio que ofrece su operadora móvil?

**Tabla 7.** Satisfacción sobre el servicio móvil, 2018.

Descripción	Frecuencia	%
Si	25	30%
No	57	70%
Total	82	100%

*Información adaptada de la investigación directa, elaborado por el autor*



**Figura 28.** Satisfacción sobre el servicio móvil, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

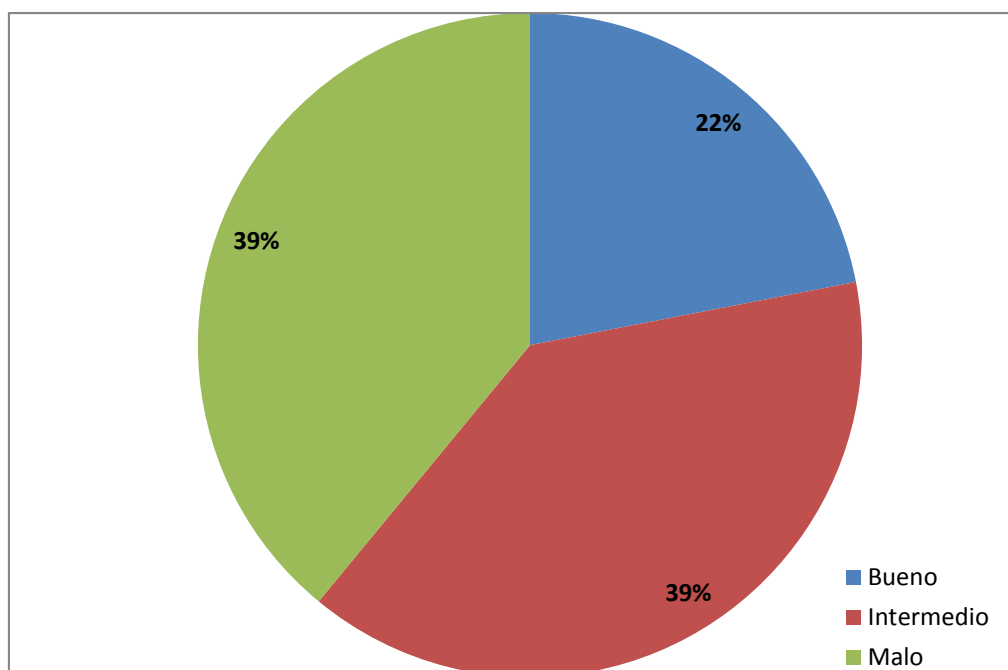
El 70% de los usuarios no se encuentra satisfecho con el servicio recibido por parte de la operadora a la que pertenece y solo el 30% se encuentra satisfecho con el servicio.

#### 7) Califique el servicio que ofrece su operadora móvil

**Tabla 8.** Calidad de servicio percibido por el usuario, 2018.

Descripción	Frecuencia	%
Bueno	18	22%
Intermedio	32	39%
Malo	32	39%
Total	82	100%

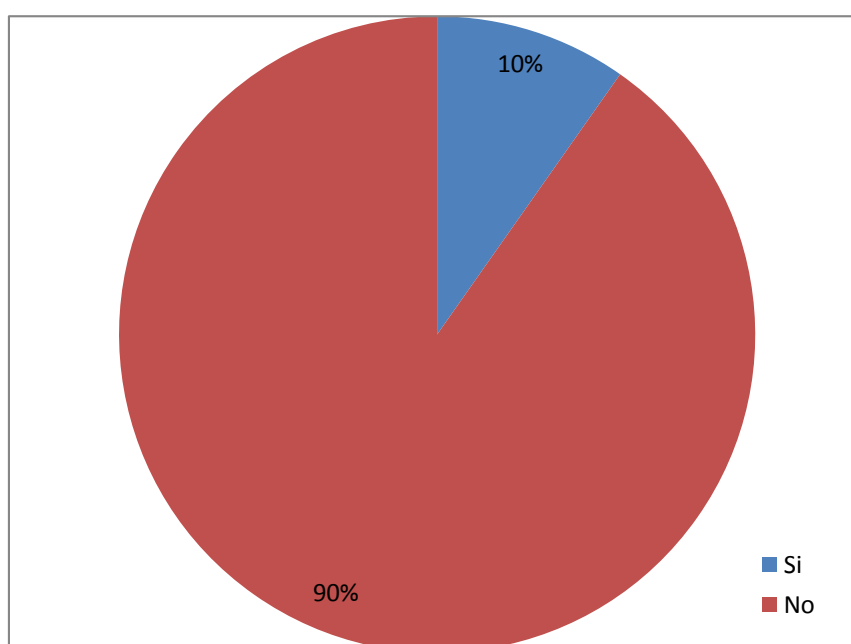
*Información adaptada de la investigación directa, elaborado por el autor*



**Figura 29.** Calidad de servicio móvil percibido por el usuario, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

Los grupos más alto con el 39% cada uno determinan que el servicio recibido por su operadora es malo o intermedio y solo el 22% está de acuerdo con la idea de que el servicio recibido es bueno.

**8) ¿Sabe usted el tipo de tecnología que ofrece su operadora móvil y que usa su celular?**



**Figura 30.** Tipo de tecnología móvil recibida, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

**Tabla 9.** Tipo de tecnología móvil recibida, 2018.

Descripción	Frecuencia	%
Si	8	10%
No	74	90%
<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100%</b>

*Información adaptada de la investigación directa, elaborado por el autor*

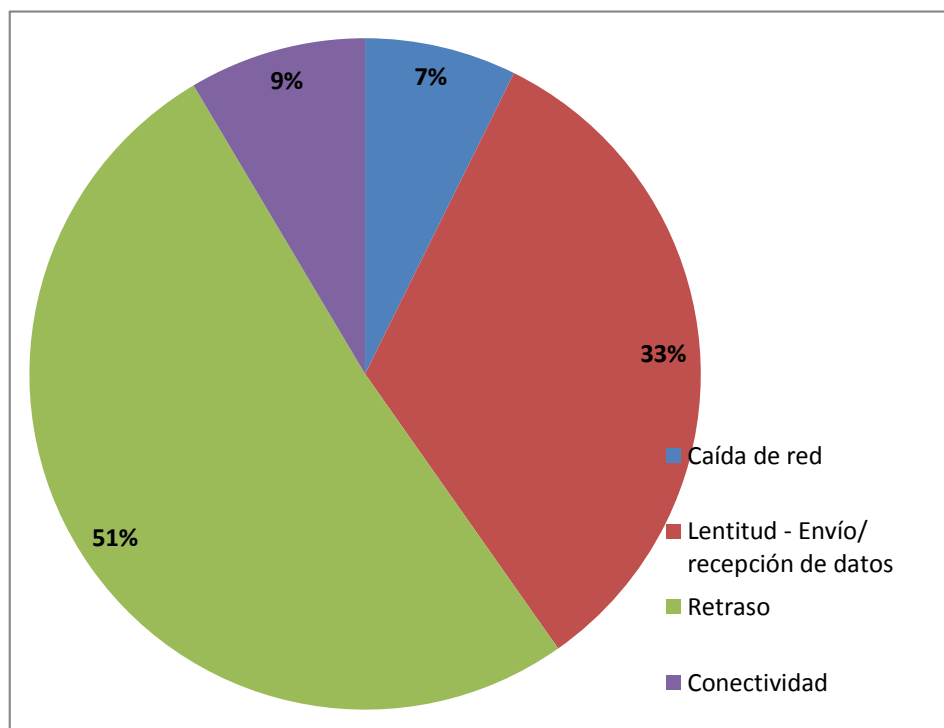
Con esta pregunta se puede notar que los usuarios de las diferentes operadoras móviles que laboran en este sector no saben respecto al tipo de tecnología que reciben de sus operadoras, solo el 10% tiene conocimiento al respecto.

**9) ¿Cuál de las siguientes opciones son los problemas que presenta su operadora?**

**Tabla 10.** Problemas que presenta la operadora, 2018.

Descripción	Frecuencia	%
Caída de red	6	7%
Lentitud – Envío / recepción de datos	27	33%
Retraso	42	51%
Conectividad	7	9%
<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100%</b>

*Información adaptada de la investigación directa, elaborado por el autor*



**Figura 31.** Problemas que presenta la operadora, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

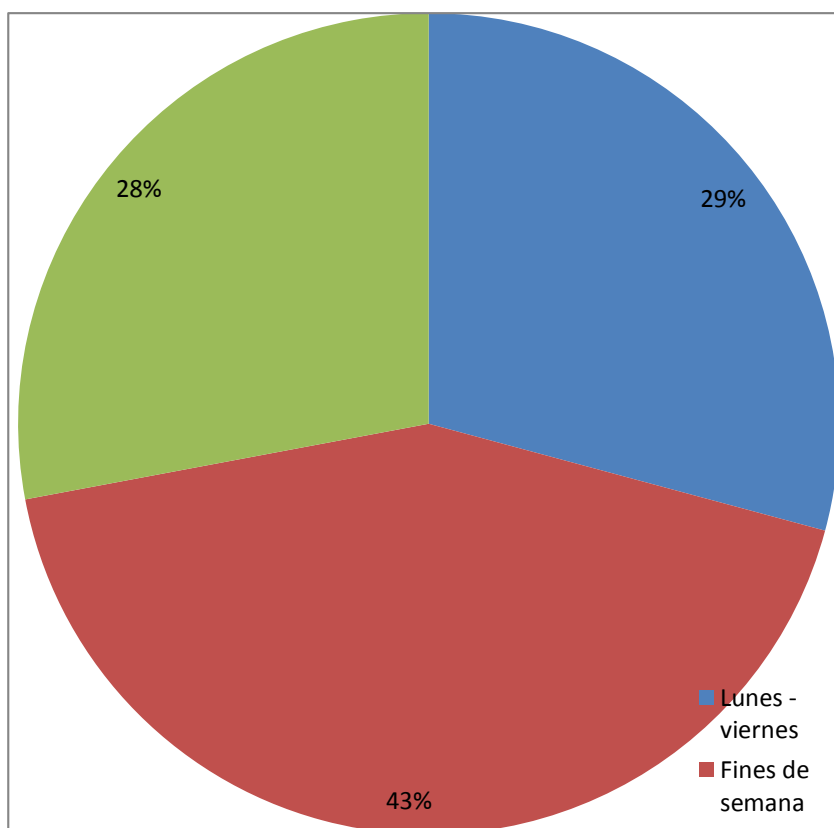
Es notorio que el 51% de los usuarios reporta como problema principal el retraso de la señal durante las llamadas, el 33% indica que el problema es la lentitud del servicio al enviar o recibir información, el 9% dice que el problema es la conectividad y el 7% que es la caída de red; se debe tener presente que todo esto va tomado de la mano.

#### 10) ¿Qué días de la semana usted utiliza con mayor frecuencia la red móvil?

**Tabla 11.** *Días en los que se usa el servicio, 2018.*

Descripción	Frecuencia	%
Lunes – viernes	47	29%
Fines de semana	69	43%
Feriado	45	28%
<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100%</b>

*Información adaptada de la investigación directa, elaborado por el autor*



**Figura 32.** *Días en los que usa el servicio, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.*

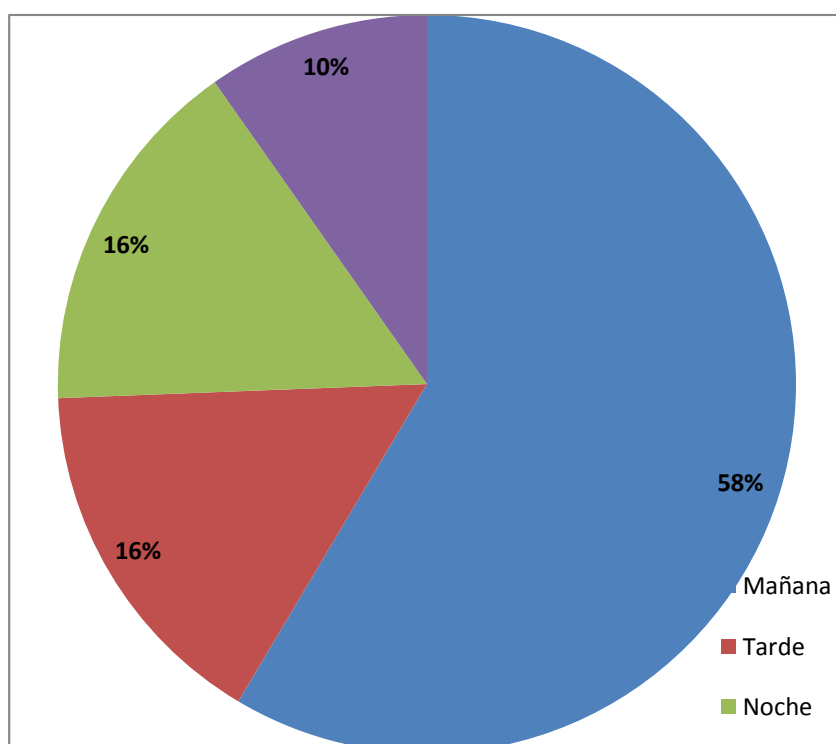
El 43% de los encuestados utiliza el servicio los fines de semana; el 29% lo utiliza de lunes a viernes y el 26% lo utiliza los fines de semana.

### 11) ¿En qué horario usted utiliza con mayor frecuencia la red móvil?

**Tabla 12.** Horario en el que usa el servicio, 2018.

Descripción	Frecuencia	%
Mañana	48	33%
Tarde	13	25%
Noche	13	25%
Madrugada	8	17%
<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100%</b>

*Información adaptada de la investigación directa, elaborado por el autor*



**Figura 33.** Horario en el que usa el servicio, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

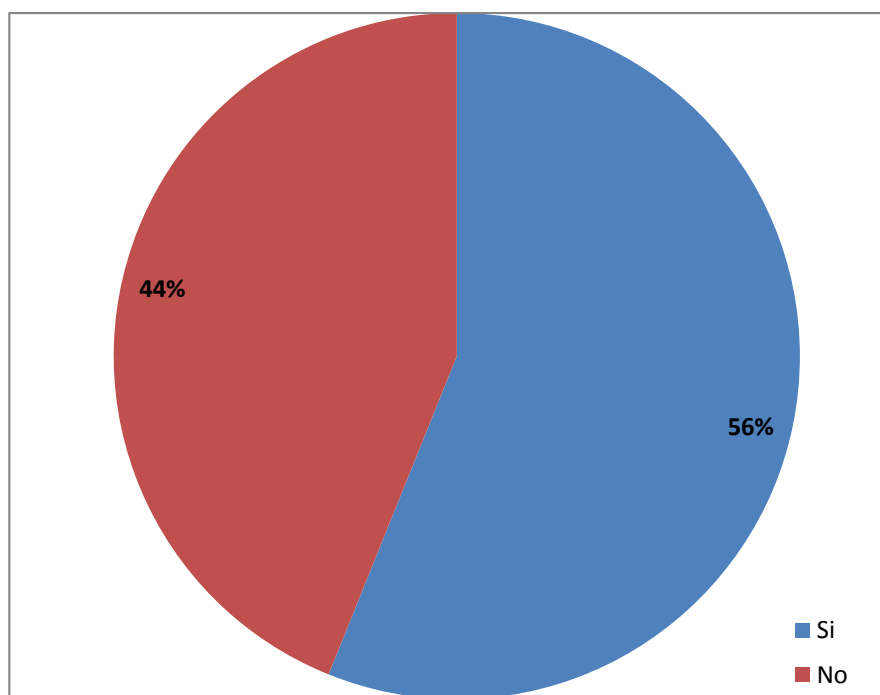
Con esta pregunta se puede observar que el 58% de los usuarios prefieren hacer uso de la red móvil en el horario de la mañana; el 16% prefiere hacerlo en el horario de la tarde y de igual forma en la noche y el 10% lo hace durante la madrugada.

### 12) ¿Cuándo usted usa la red móvil en estos horarios y días tiene problemas?

**Tabla 13.** Problema en el horario, 2018.

Descripción	Frecuencia	%
Si	46	56%
No	36	44%
<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100%</b>

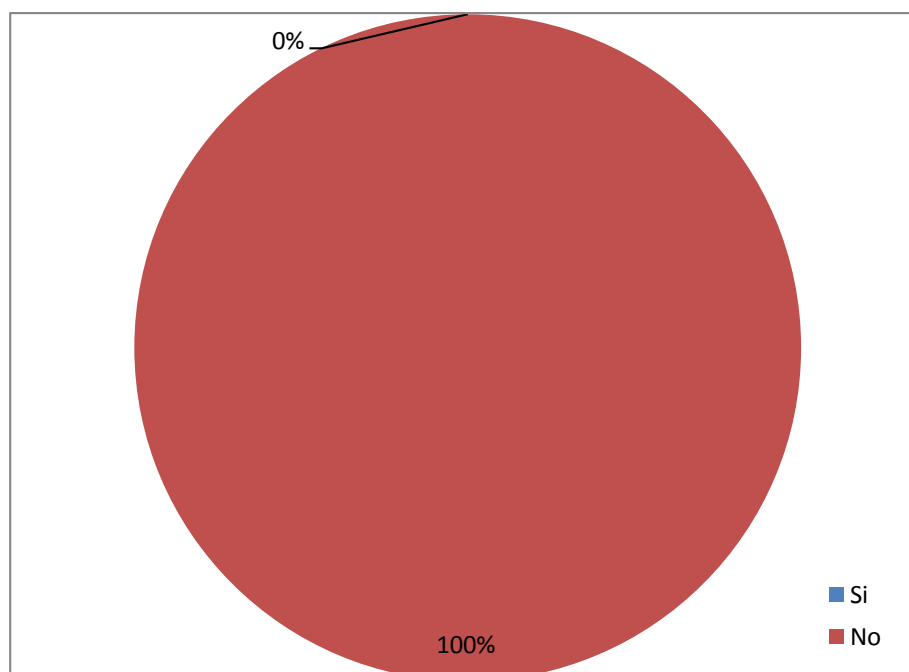
*Información adaptada de la investigación directa, elaborado por el autor*



**Figura 34.** Problemas en el horario, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

Solo el 56% de los usuarios indicaron tener problemas al hacer uso de su celular durante el horario de su preferencia y el 44% dijo no tener problemas en ese momento.

**13) ¿El lugar donde usted habita tiene algún tipo de instalación de red telefónica?**



**Figura 35.** Existencia de una red telefónica, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

**Tabla 14.** *Existencia de una red telefónica, 2018.*

Descripción	Frecuencia	%
Si	0	0%
No	82	100%
<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100%</b>

*Información adaptada de la investigación directa, elaborado por el autor*

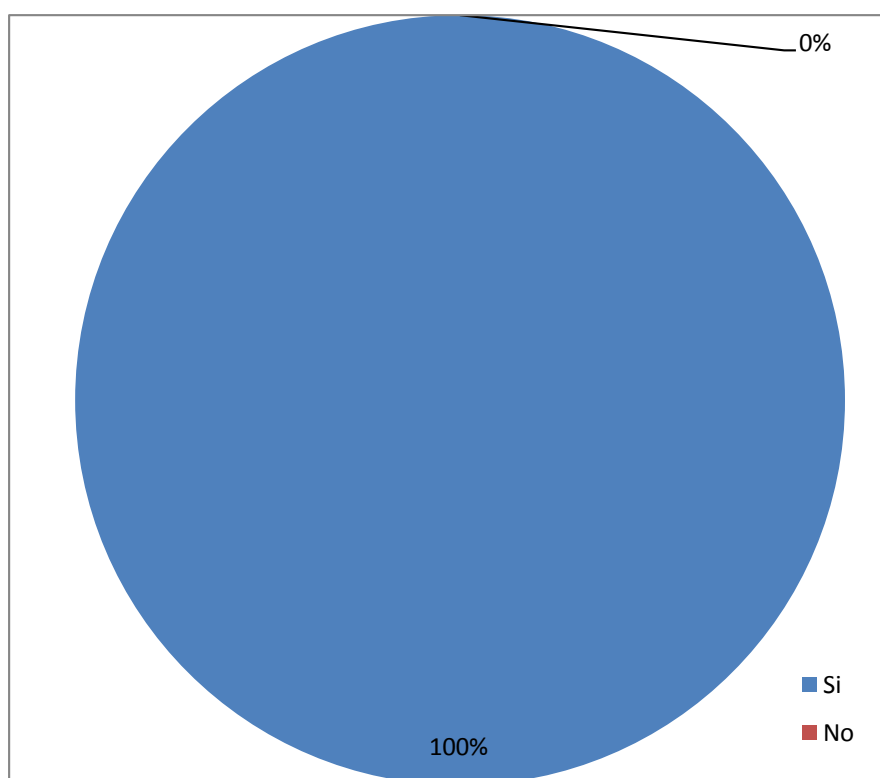
El 100% de los encuestados están de acuerdo con que no existe una red telefónica en el sector del Estero del Pescado para que el servicio que perciban los usuarios sea el ideal.

#### 14) ¿Cree usted que es necesaria la instalación de una red telefónica en su sector?

**Tabla 15.** *Necesidad de una red telefónica, 2018.*

Descripción	Frecuencia	%
Si	82	100%
No	0	0%
<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100%</b>

*Información adaptada de la investigación directa, elaborado por el autor*



**Figura 36.** *Necesidad de una red telefónica, 2018. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.*

El 100% de los usuarios han coincidido sobre la necesidad en optimizar el servicio e instalar una nueva red de telefonía móvil para mejorar su calidad de vida.



#### 4.1.1 Análisis de la entrevista

Para realizar la entrevista se realizaron peticiones de la misma por medio de oficios para obtener información del tema propuesto; se logró contactar con un ex trabajador de claro que respondió lo siguiente:

- **¿Sabe usted los requisitos que debe tener un lugar para instalar una torre?**
- La geografía del terreno, si existen líneas de tensión que puedan interferir con la señal. Por consiguiente, un estudio 3GPP un Radio Planie y solicitar los permisos respectivos a la Arcotel
- **¿Tiene usted conocimiento de un costo estimado de lo que cuesta la instalación de una torre, o repetidora?**
- Si se refiere a un sistema indoor, entre antena y repetidor alrededor de \$15000
- Si se refiere a un sistema outdoor, una torre; entre 15000 y 30000.
- **El sector Estero del Pescado se encuentra ubicado en un lugar con muchos árboles ¿qué tipo de solución tendría que darse para mejorar la señal que ellos perciben?**
- No conozco el sector, pero poner soluciones indoor/outdoor mimetizadas que no interfieran con el ambiente del sector
- **¿Sabe usted la razón por la que no se ha mejorado la señal en el sector?**
- Al hacer instalación de herramientas para mejorar un servicio las empresas de telefonía necesitan hacer un balance de costo beneficio, de no existir la forma en la que lo invertido se recupere estas no procederán a realizar cambios; podría ser esa una razón por la que no se ha mejorado la señal.
- **¿Cree usted que a futuro se busque mejorar la señal en el sector?**
- Esto será dependiendo el tipo de solución, la cantidad de habitantes y la forma en la que se recupere la inversión, así que es probable que sí.




#### 4.1.2 Análisis del estudio de campo

##### 4.1.2.1 Cobertura identificada por las operadoras


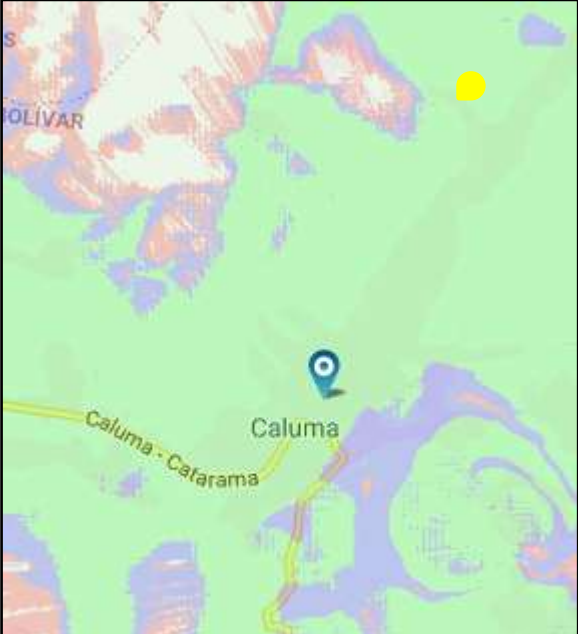
Los diferentes sitios web de las operadoras que prestan servicio de telefonía en el país poseen herramientas con las que se puede constatar la cobertura que los sectores y los diferentes tipos de tecnología que reciben los usuarios.

La operadora con más acogida en el sector muestra la siguiente información:

**Tabla 16.** Claro, Mapa de cobertura y tecnología presentes en el sector Estero del Pescado, 2018.



Tecnología	Mapa	Observación
4G		<p>En la imagen se observa que la tecnología 4G ofrecida por Claro, no tiene recepción en el lugar.</p>
3G		<p>El espectro de la 3G es notorio en el sector, más en el punto analizado llega con la menor intensidad.</p>
2G		<p>La tecnología 2G es la que tiene mucha mas recepcion en los hogares, coincidiendo con las tomas de Open Signal.</p>

**Tabla 17.** Movistar, mapa de cobertura y tecnología presentes en el sector Estero del Pescado, 2018.

Tecnología	Mapa	Observación
4G	-	El sector no recibe señal 4G
3G		Se muestra que la tecnología 3G se encuentra presente en todo el sector y con buena calidad
2G		Se muestra que la tecnología 3G se encuentra presente en todo el sector y con buena calidad

Información adaptada del [www.movistar.com.ec](http://www.movistar.com.ec), elaborado por el autor

**Tabla 18.** CNT, Mapa de cobertura y tecnología presentes en el sector Estero del Pescado, 2018.

Tecnología	Mapa	Observación
4G	-	El sector no recibe por parte de CNT tecnología 4G
3G		Se muestra que la tecnología 3G se encuentra presente en todo el sector y con buena calidad
2G		Se muestra que la tecnología 2G se encuentra presente en todo el sector y con buena calidad

*Información adaptada del gis.cnt.gob.ec, elaborado por el autor*

Como se observa en las tablas anteriores el tipo de tecnología que tiene mejor recepción en el sector es la 2G.

#### 4.1.2.2 Ubicación geográfica

El sector del Estero del Pescado se encuentra alrededor de muchas áreas verdes y montañas como se observa en la figura a continuación.



**Figura 37.** Ubicación geográfica del Estero del Pescado en Caluma, 2018. Información adaptada de [www.google.com](http://www.google.com). Elaborada por el autor.

Luego de observar la ubicación del mencionado sector se puede determinar como una de las causas que afecta a la recepción de señal móvil sea de mala calidad.

## 4.2 Resultados generales

Se puede destacar que el sector del Estero del Pescado tiene la necesidad optimizar el uso de la telefonía móvil para que de esta forma pueda mejorar su calidad de vida, ya que los usuarios reportan que no logran comunicarse como desean con sus seres queridos o en caso de emergencia se ven con muchas complicaciones para solicitar ayuda.

Entre las razones por la que este sector no posee una calidad en el servicio de telefonía móvil es la situación geográfica en la que se encuentra, a pesar de que las diferentes operadoras garantizan que el tipo de tecnología recibido por el usuario; como mínimo 2G y

como máximo 3G; debido a los diferentes factores que rodean este lugar no permiten la llegada de la señal deseada.

Se debe recalcar que durante la encuesta reportaban como comentario que la operadora que utilizaban era Claro, debido a que tiene una antena y su servicio es el mejor, aunque no de tan buena calidad.

Además, con esto se observa que la necesidad de actualizar los dispositivos móviles no es necesaria ya que la mayoría están aptos para recibir la tecnología 2G.

Hacer la instalación de la torre es muy costosa y las empresas de telefonía tendrían que esperar mucho tiempo para ver recuperada su inversión por lo que esta no es una opción viable para el sector.

## **Capítulo IV**

### **Desarrollo de la propuesta**

#### **4.1 Propuesta**

Luego del análisis realizado anteriormente, se obtuvo que a pesar de tener una torre cerca del sector del Estero del Pescado debido a su situación geográfica no puede recibir la señal que ellos esperan, se encuentra rodeada por un lado de un río emblemático para el cantón y del otro lado de los árboles.

Otro detalle obtenido es que el tipo de tecnología con mejor señal que se percibe en el lugar es 2G, proporcionada por Claro, además de que los usuarios no poseen celulares de alta gama como para que incida la incompatibilidad el tipo de tecnología y los dispositivos móviles. Y el costo de una torre para hacer un upgrade al tipo de tecnología que reciben es costoso, por lo que no es una opción en estos momentos

Con toda esta información recopilada se puede mencionar que lo mejor para el sector es la instalación de un sistema de antenas repetidoras, lo más indicado para las zonas rurales.

#### **4.2 Ventajas de instalar un repetidor**

- Optimizar la recepción y producción de llamadas a partir de cualquier espacio del pueblo y su entorno.
- Conexión a internet por medio de la red ya sea 3G, Hspa, Hspa+, Umts; lo que brinda velocidades de navegación mucho más grandes de las que provee el Adsl en los pueblos.
- Permite que los comerciantes del área puedan utilizar las formas de cobranzas electrónicas como el tpv y datafonos.
- Facilita el establecimiento de sistemas para control telemático por medio la red GPRS para vigilar e inspeccionar sistemas como los de riego, control del ganado y la explotación del suelo.
- Debido a la posibilidad de conexión tipo 3G; podrían instalarse lo que son sistemas de alarma, video vigilancia que puedan ser revisados en tiempo real con el fin de optimizar la seguridad de los hogares y los bienes agrícolas.
- Permite que las personas que requieran de unos sistemas medico de cuidados contantes pueda tener un sistema de alerta a los mismos.

### 4.3 ¿Qué se debe tener en cuenta al instalar un repetidor?

Los factores son los siguientes:

- La ubicación de los hogares: zona rural / zona urbana
- El tamaño de los hogares o locales a los que se planea mejorar la señal.
- Los niveles de señal que perciban las viviendas.
- El tipo de red que se va a amplificar.

**Tabla 19.** *Frecuencia y tecnología con la que funciona Claro, 2019.*

Operadora	2G	3G	4G
Claro	850 MHz	850 MHz	1700 MHz (Band 4)

*Información adaptada de la investigación directa, elaborada por el autor.*

En la tabla anterior se muestra las frecuencias en las que trabaja la operadora Claro en el país con referencia al tipo de tecnología que brinda.

Debido a que la operadora Claro es la que tiene más acogida en el sector se debe buscar una antena que trabaje en la frecuencia en la que esta ofrece la 2G y/o 3G.

Cuando mayor sea el tamaño de la población, se necesita un dispositivo de mayor potencia y más antenas interiores para dar cobertura a las diferentes estancias/ alturas/ pisos.

En este sentido el material de las paredes interiores y forjados determinará de manera significativa la transmisión de la señal. No es lo mismo que las paredes sean de ladrillos huecos, o de adobe; cuanto más robusta sea las paredes / forjados, menor será la propagación en el interior de la vivienda.

Como ocurre en muchas casas rurales antiguas. En este último caso es preferible que opte por equipos de mayor potencia de emisión.

Si se necesita dar servicio a varias plantas o estancias independientes, la mejor opción es instalar una antena reemisora en cada planta. En estos casos, necesitaremos un amplificador que tenga la potencia suficiente para alimentar a varias antenas interiores.

### 4.4 Elementos de un equipo repetidor

Antena local: Esta antena es la delegada de fraguar la señal telefónica sobre la localidad en la que ha sido colocada, la que permitirá que los usuarios del sector puedan gozar de la cobertura deseada en sus teléfonos móviles y routers.





**Figura 38.** Antena local, 2019. Información adaptada de [www.ampligsm.com](http://www.ampligsm.com). Elaborada por el autor.

Antena de conexión con la antena base: Es la encomendada de recibir las ondas electromagnéticas que logran llegar a la ubicación que proviene de las antenas base o torres de las empresas que brindan telefonía que funcionan en el lugar.



**Figura 39.** Antena de conexión, 2019. Información adaptada de [www.ampligsm.com](http://www.ampligsm.com). Elaborada por el autor.

Estas antenas deberían estar situadas en el punto más elevado posible con el objetivo de evitar problemas de interferencia por la forma del lugar en el que se la ubicará, entre las posibles opciones de ubicación podría ser el campanario de una iglesia, si poseen tanques elevados de agua, o la edificación más alta del lugar. (Ampli GSM, 2016)

**Amplificador:** Es el aparato electrónico que se encarga de modificar la señal que recibe desde la antena, amplificándola; con el fin de enviarla a los usuarios a través de la antena local.



**Figura 40.** Amplificador, 2019. Información adaptada de [www.ampligsm.com](http://www.ampligsm.com). Elaborada por el autor.

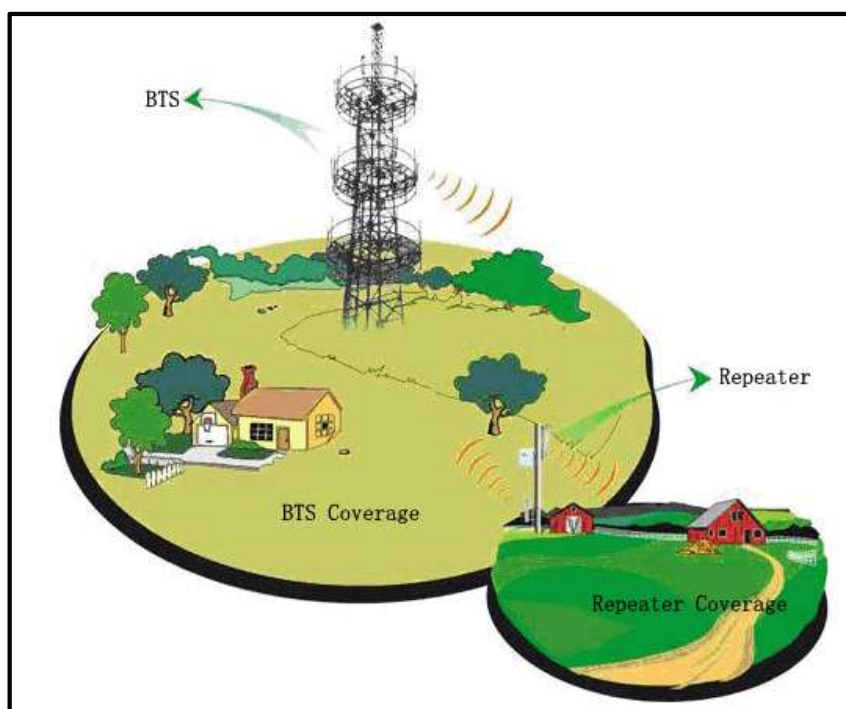
El sistema repetidor de señal móvil acoge la señal originaria de la torre de telefonía de la operadora. Para ello se opta por la colocación de una antena punto a punto de esta forma logra recibir la señal la misma que debe ser colocada en el punto más elevado del lugar. Luego de esto se pasa a amplificarla por medio de un dispositivo del cual la potencia se verá establecida por la cantidad de usuarios y la calidad del servicio que se quiera brindar.

Luego se debe enviar la señal amplificada al sector; la antena que realiza la conexión entre la torre y las antenas que brindan la cobertura al pueblo deben mantener una distancia mínima de 20 metros entre si debido a que podría haber interferencia esta parte es importante para contribuir a los rendimientos de las mismas. (Ampli GSM, 2016)

En caso de que los ciudadanos de la zona se encuentren esparcidos en una zona amplia habrá necesidad de repetidores de más potencia para poder cubrir la zona.

Esta sería una de las razones por las que el costo respectivo de la instalación sería más alto, de modo que la mejor opción disponible sería instalar una repetidora en un lugar central del pueblo y que las viviendas hagan la instalación de amplificadores de señal domésticos. (Ampli GSM, 2016)

#### 4.5 Diseño de la red



**Figura 41.** Diseño de la red externa, 2019. Información adaptada de [www.ampligsm.com](http://www.ampligsm.com). Elaborada por el autor.

En la imagen anterior se muestra la forma en la que la antena repetidora debería ir ubicada (procurar que sea en línea de vista) a la torre para mejor recepción de la señal hasta un punto central en el que los hogares puedan instalar los amplificadores de señal en sus hogares.

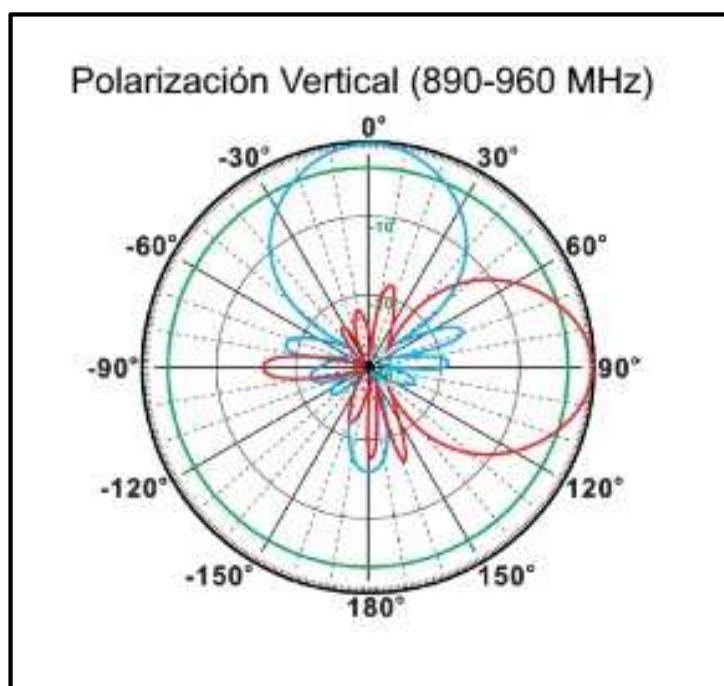
Entre las opciones de antenas se tiene el tipo direccional AY09G13 de Altelix ofrece una alta ganancia y robusto grado de construcción. Debido a su diseño flexible y resistencia es adecuada para cualquier entorno y puede colocarse para polarización horizontal o vertical.

Incluye un cable coaxial de 12 pulgadas terminado en un conector tipo N-Hembra estándar, con conector intercambiable.

Tiene lo siguiente como características:

- Cobertura de banda ancha
- Alta ganancia, bajo costo
- Polarización horizontal o vertical
- Diseñada para operación bajo todo clima
- Fabricación en acero inoxidable
- Opciones de conector intercambiable

Patrón de Radiación:



**Figura 42.** Patrón de radiación de la antena, 2019. Información adaptada de [www. wni.mx](http://www.wni.mx). Elaborada por el autor.

Diseño resistente a la intemperie, es adecuado para cualquier ambiente. La antena se puede montar para polarización horizontal o vertical.

A continuación, se muestra un detalle de los componentes que podrían ser instalados en el diseño de la red para el sector del Estero del Pescado de Caluma.

**Tabla 20.** Componentes para la red de repetidora local 2019.

DISPOSITIVO	CARACTERISTICA	COSTO
Antena de conexión con la antena Base	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antena de alimentación</li> <li>• Extensor de antena</li> <li>• Grid para reflector</li> <li>• Soportes</li> <li>• Alimentación</li> </ul>	\$ 250 + impuestos

DISPOSITIVO	CARACTERISTICA	COSTO
-------------	----------------	-------

### Amplificador multibanda



Trabaja en  
frecuencias de  
850MHz Y 1900  
MHz

\$200 +  
impuestos

### Micro repetidora para el hogar

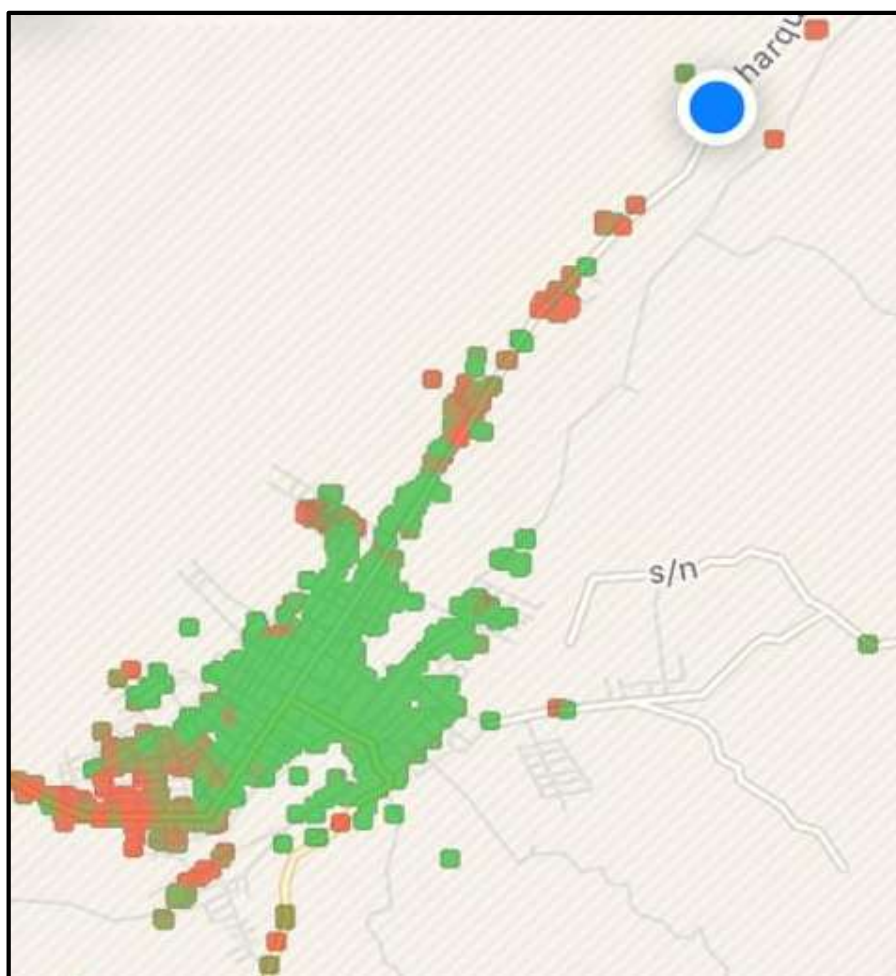


- Amplificador
- Adaptador de energía
- Antena Whip 3dBi (indoor)
- Antena Yagi con 10 m. de cable 8dBi (outdoor)

\$170

*Información adaptada de la investigación directa, elaborada por el autor.*

## 4.6 Simulación



**Figura 43.** Lugares en los que se recibe señal en Caluma, 2019. Información adaptada de [www. wni.mx](http://www.wni.mx). Elaborada por el autor.

En la Figura 35, se muestran los lugares de Caluma que poseen buena recepción de telefonía móvil, como lo es en el centro del cantón mencionado.

Una de las opciones que se presenta en la colocación de antenas de transmisión, por lo que decidió hacer uso de Ubiquiti como solución, debido a que en la actualidad se encuentran en su auge, por precio y variedad de productos.

Para el simulador se tomaron en cuenta las coordenadas brindadas por Google Maps, que posteriormente fueron colocadas en el mismo.

Una de las torres de transmisión debe ser colocada en un punto de la ciudad en la que la recepción de telefonía móvil tenga una intensidad elevada como se puede observar en la imagen anterior.

La antena fue colocada en uno de los puntos casi al terminar la ciudad para que tenga mejores posibilidades de recepción.





**Figura 44.** Ubicación de la torre A y B para la simulación, 2019. Información adaptada de link.ui.com  
Elaborada por el autor.

La antena A, estará ubicada en las coordenadas (-1.627496,-79.255714) y la antena B en las coordenadas (-1.606626,-79.241516). Según el simulador Airlink para que la zona de Fresnel sea la idea se necesita que la antena A este a 20 metros de altura y la antena B a 25 metros de altura, con lo cual se conseguirá una zona despejada como se muestra en la siguiente imagen.



**Figura 45.** Zona de Fresnel en el simulador de Ubiquiti, 2019. Información adaptada de link.ui.com  
Elaborada por el autor.

#### 4.6.1 Antena A - Rocket 5AC Prism Gen2

Esta antena ha sido diseñada por Ubiquiti Networks de AirMAX con alto rendimiento y facilidad de instalación. El Rocket®Prism 5AC Gen 2 cuenta con las tecnologías airMAX ac y airPrism para obtener el máximo rendimiento inalámbrico en áreas de alta densidad.

Es de cobertura mundial; es decir que puede ser implementada en cualquier parte del mundo, ofrece una cobertura completa el espectro de 5GHz con una sola radio; además permite flexibilidad en la configuración del ancho de banda del canal, que se encuentre sujeto a las regulaciones locales del país.

Esta antena puede ser adaptada con un rendimiento óptimo con otra del tipo:

- PtP backhaul RocketDish™ ac Antena
- Enlaces PTMP del sector airMAX ac



**Figura 46.** Rocket 5AC Prism Gen2, 2019. Información adaptada de [dl.ubnt.com](http://dl.ubnt.com). Elaborada por el autor.

El software con el que trabaja es el airOS 8 es el sistema operativo revolucionario para los productos de Ubiquiti airMAX.

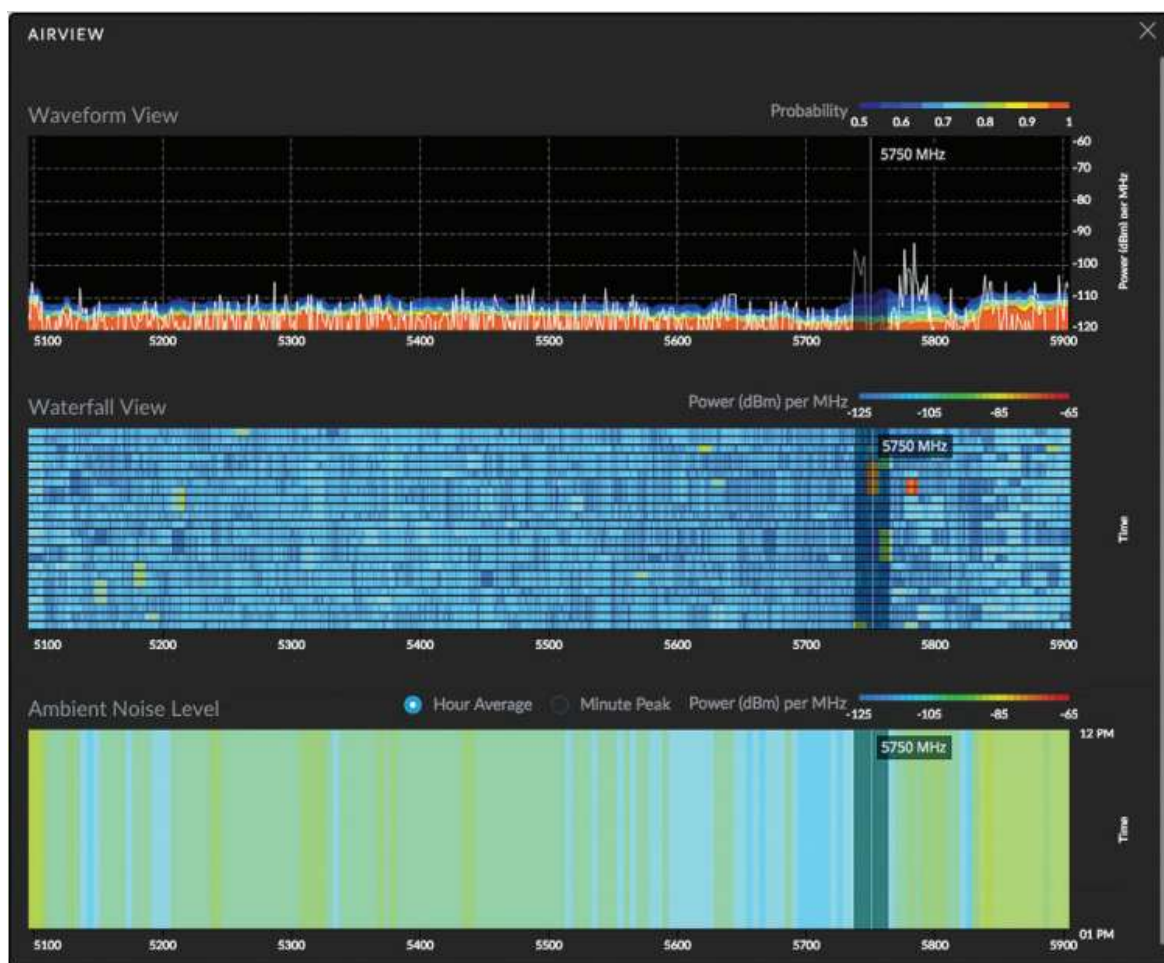
Entre sus funciones inalámbricas están:

- Punto de acceso PtMP airMAX Modo mixto
- AirMAX AC Protocol Support



- Modo de enlace punto a punto (PtP) de largo alcance
- Ancho de canal seleccionable
- PtP: 10/20/30/40/50/60/80 MHz
- PtMP: 10/20/30/40 MHz
- Selección automática de canales
- Control de potencia de transmisión: Automático / Manual
- Selección Automática de Distancia (ACK Timing)
- La seguridad más fuerte de WPA2

Los dispositivos de CA airMAX de analítica de RF avanzada cuentan con una arquitectura de radio múltiple para impulsar un revolucionario motor de analítica para RF. Un procesador independiente en la PCBA alimenta una segunda radio dedicada, que analiza de forma persistente el espectro completo de 5 GHz y cada símbolo recibido para proporcionarle la analítica de RF más avanzada de la industria.



**Figura 47.** Visión de los espectros que ofrece airView, 2019. Información adaptada de dl.ubnt.com.  
Elaborada por el autor

El análisis espectral de airView le permite identificar firmas de ruido y planificar sus redes para minimizar la interferencia de ruido. AirView realiza las siguientes funciones:

- Controla constantemente el ruido ambiental.
- Recopila puntos de datos de energía en vistas espectrales en tiempo real
- Ayuda a optimizar la selección de canales, el diseño de la red y el rendimiento inalámbrico
- airView se ejecuta en segundo plano sin deshabilitar el enlace inalámbrico, por lo que no hay interrupciones en la red. En airView, hay tres vistas espectrales, cada una de las cuales representa datos diferentes.
- Cascada Agregada de energía recolectada para cada frecuencia.
- Energía agregada de forma de onda recolectada
- Nivel de ruido ambiental La energía de ruido de fondo se muestra en función de la frecuencia

airView proporciona una potente funcionalidad de analizador de espectro, eliminando la necesidad de alquilar o comprar equipo adicional para realizar encuestas en el sitio.

Además, posee prioridad de QoS inteligente asignada a voz / video para una transmisión continua; escalabilidad Alta capacidad y escalabilidad: larga distancia capaz de enlaces de alta velocidad, clase portadora.

**Tabla 21.** Especificaciones de la antena como TX y RX, 2019.

TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
airMAX ac	1x BPSK (1/2)	28 dBm	± 2 dB	airMAX ac	1x BPSK (1/2)	-96 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (1/2)	28 dBm	± 2 dB		2x QPSK (1/2)	-95 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (3/4)	28 dBm	± 2 dB		2x QPSK (3/4)	-92 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (1/2)	28 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (1/2)	-90 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (3/4)	28 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (3/4)	-86 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (3/4)	28 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (3/4)	-83 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (1/4)	27 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (1/4)	-77 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (1/8)	26 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (1/8)	-74 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (3/4)	24 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (3/4)	-69 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (1/4)	22 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (1/4)	-65 dBm	± 2 dB

*Información adaptada de la investigación directa, elaborada por el autor.*

En la tabla 21 se encuentra información sobre las especificaciones de la modulación y los dBm y la tolerancia que presenta este tipo de antena como transmisor y como receptor.

El precio de esta antena está en \$249.00 más los impuestos debidos por el ingreso al país.

**Tabla 22.** Características de la antena Rocket 5AC Prism Gen2, 2019.

Dimensions	88 x 40 x 230 mm (3.47 x 1.58 x 9.06")	
Weight	400 g (14.11 oz)	
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Ethernet Port	
RF Connectors	(2) RP-SMA (Waterproof), (1) GPS* (Waterproof)	
LEDs	(4) Signal Strength, GPS*, LAN, Power	
Enclosure	Die-Cast Aluminum with White Powder Coating	
Max. Power Consumption	9.5W	
Power Supply	24V, 1A Gigabit PoE Adapter (Included)	
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)	
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc	
Memory	128 MB DDR2 SDRAM	
Supported Voltage Range	18-26VDC	
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels	
Channel Sizes	PtP Mode	PtMP Mode
	10/20/30/40/50/60/80 MHz	10/20/30/40 MHz
ESD/EMP Protection	± 24 kV Contact / Air for Ethernet	
Operating Temperature	-40 to 80° C (-40 to 176° F)	
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing	
RoHS Compliance	Yes	
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4	
Modes	Access Point, Station	
Services	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet, Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing	
Utilities	airMagic, airView, Antenna Alignment Tool, Discovery Utility, Site Survey, Ping, Traceroute, Speed Test	
Distance Adjustment	Dynamic Ack and Ackless Mode	
Power Adjustment	Software Adjustable UI or CLI	
Security	WPA2 AES Only	
QoS	Supports Packet Level Classification WMM and User Customer Level: High/Medium/Low	
Statistical Reporting	Up Time, Packet Errors, Data Rates, Wireless Distance, Ethernet Link Rate	
Other	Remote Reset Support, Software Enabled/Disabled, VLAN Support, 256QAM, GPS*, TX Filter	
Ubiquiti Specific Features	30/50/60 MHz Channels, airMAX ac Mode, Traffic Shaping with Burst Support, Discovery Protocol, Frequency Band Offset, Ackless Mode	
Certifications	CE, FCC, IC	

Información adaptada de la investigación directa, elaborada por el autor.

Los datos para la ubicación de la antena deben ser los siguientes:

Rocket 5AC Prism Gen2

Q

-1.627496,-79.255714

Altura del dispositivo

20.4 m

Potencia de salida

28 dBm

Ancho de banda

20 MHz

45°

60°

90°

120°

-1.627496, -79.255714

Color

Árbitro. altura de la estación

12.0 m

Pire

44 dBm

Título

29.96°

Inclinación

1.31°

**Figura 48.** Datos de la ubicación de la antena A, 2019. Información adaptada de dl.ubnt.com. Elaborada por el autor.

#### 4.6.2 Antena B - PowerBeam 5AC Gen2

Ubiquiti Networks lanza la última generación de airMAX® CPE (Equipamiento de las instalaciones del cliente), el PowerBeam® 5AC Gen 2, con gestión dedicada de Wi-Fi.

Posee una inmunidad al ruido mejorada ya que dirige energía de RF en un ancho de haz más ajustado. Con el enfoque en una dirección, el PowerBeam 5AC Gen 2 bloquea o filtra espacialmente el ruido, por lo que se mejora la inmunidad al ruido. Esta característica es especialmente importante en un área llena de otras señales de RF de la misma o similar frecuencia.

Diseño integrado, la tecnología InnerFeed® de Ubiquiti integra la radio en la bocina de una antena, por lo que no se necesita un cable. Esto mejora el rendimiento porque elimina las pérdidas de cable.

Con un alto rendimiento y un diseño innovador, la PowerBeam 5AC Gen 2 es versátil y económica de implementar.



**Figura 49.** Antena PowerBeam 5AC Gen2, 2019. Información adaptada de [dl.ubnt.com](http://dl.ubnt.com). Elaborada por el autor.

Al igual que la antena Rocket 5AC posee el mismo tipo de tecnología de RF y similares características referentes al poder, debido a que deben ser compatibles en características de este tipo para poder realizar el enlace.

A diferencia del protocolo estándar de Wi-Fi, la división de tiempo múltiple de UbiquitiEl protocolo airMAX de acceso (TDMA) permite a cada cliente enviar y recibir datos utilizando intervalos de tiempo previamente designados programados por un controlador AP inteligente.

Este método de intervalo de tiempo elimina las colisiones de nodos ocultos y maximiza la eficiencia del tiempo de transmisión, por lo que la tecnología airMAX proporciona mejoras de rendimiento en latencia, inmunidad al ruido, escalabilidad y rendimiento en comparación con otros sistemas de exteriores de su clase.

airMAX ac admite altas velocidades de datos, que requieren una modulación densa: 256QAM, un aumento significativo con respecto a 64QAM, que se utiliza en airMAX.

Con el uso de la tecnología patentada de airMAX ac, los productos de airMAX ac soportan hasta 450+ Mbps de rendimiento real de TCP / IP, hasta el triple del rendimiento de los productos estándar de airMAX.

Con una protección contra sobretensiones mejorada, la PowerBeam 5AC Gen 2 está disponible en paquetes individuales o de cinco.

- Diseño mecánico innovador
- Inclinación mecánica incorporada El soporte de montaje ofrece convenientemente ajustes de elevación: inclinación de  $\pm 20^\circ$ .
- Montaje rápido Los sujetadores mínimos simplifican la instalación.
- Fácil extracción La alimentación de la antena se puede separar con solo presionar un botón.
- Las características de fábrica son las siguientes:
- Sujetadores recubiertos con GEOMET para mejorar la resistencia a la corrosión en comparación con los sujetadores galvanizados.
- Plato y soportes Fabricados en acero galvanizado con recubrimiento de polvo para una resistencia superior a la corrosión. El hardware también evita que la pintura se retire de los soportes de metal para mejorar la resistencia a la corrosión.
- Soporte opcional En entornos de mucho viento, puede mejorar el soporte con hardware adicional (no incluido).

Entre las especificaciones se tiene:



**Tabla 23.** Características de la antena PowerBeam 5AC Gen2, 2019.

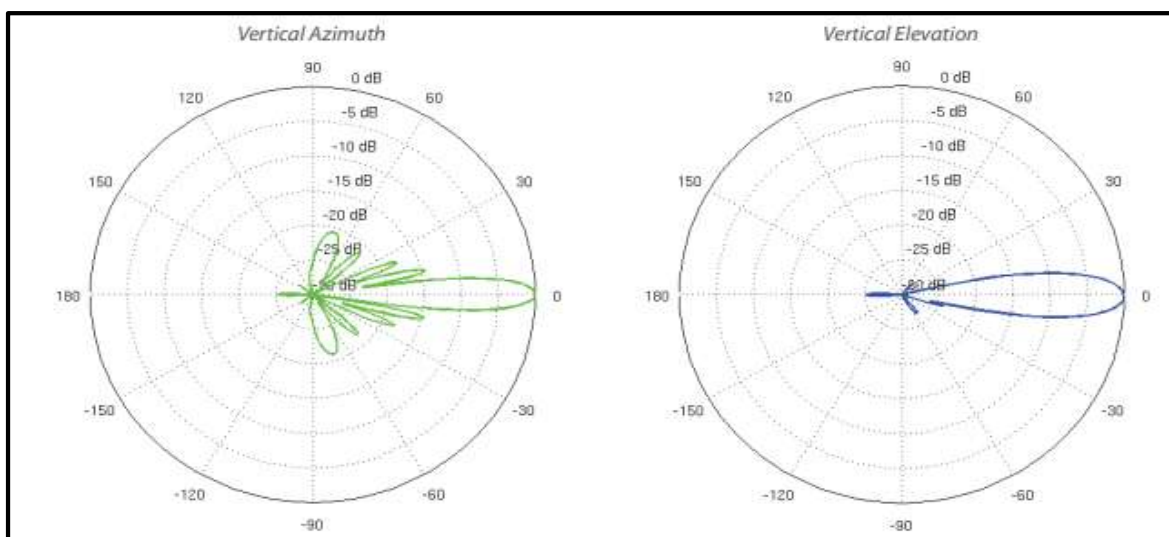
PBE-5AC-Gen2		
Dimensions	420 x 420 x 230 mm (16.54 x 16.54 x 9.06")	
Weight	2.22 kg (4.89 lbs)	
Power Supply	24V, 0.5A Gigabit PoE Adapter (Included)	
Max. Power Consumption	8.5W	
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)	
Supported Voltage Range	20 to 26VDC	
Gain	25 dBi	
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Ethernet Port	
Processor Specs	MIPS 74Kc	
Memory	64 MB	
LEDs	Power, Ethernet, (4) Signal Strength	
Channel Sizes	PtP Mode	PtMP Mode
	10/20/30/40/50/60/80 MHz	10/20/30/40 MHz
Enclosure Characteristics	Antenna Feed	Dish Reflector
	Outdoor UV Stabilized Plastic	Powder-Coated SPCC
Mounting	Pole-Mounting Kit (Included)	
Wind Loading	380 N @ 200 km/h (85.4 lbf @ 125 mph)	
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)	
ESD/EMP Protection	Air: $\pm 24$ kV, Contact: $\pm 24$ kV	
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)	
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing	
RoHS Compliance	Yes	
Salt Fog Test	IEC 68-2-11 (ASTM B117), Equivalent: MIL-STD-810 G Method 509.5	
Vibration Test	IEC 68-2-6	
Temperature Shock Test	IEC 68-2-14	
UV Test	IEC 68-2-5 at 40° C (104° F), Equivalent: ETS 300 019-1-4	
Wind-Driven Rain Test	ETS 300 019-1-4, Equivalent: MIL-STD-810 G Method 506.5	
Certifications	CE, FCC, IC	

Información adaptada de la investigación directa, elaborada por el autor.

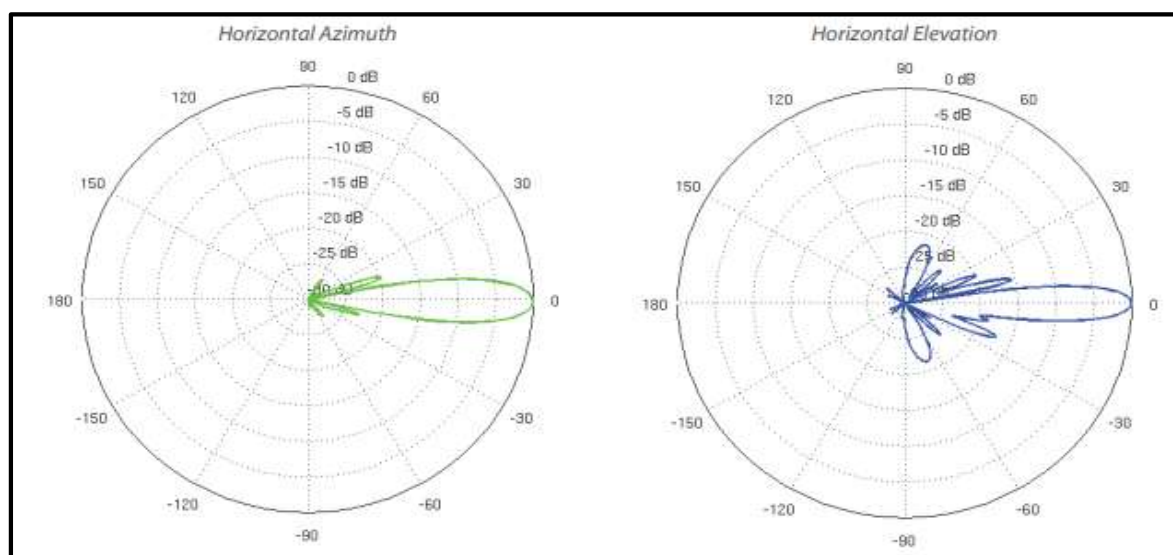
**Tabla 24.** Especificaciones como TX y RX, 2019.

TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
airMAX ac	1x BPSK (1/2)	24 dBm	$\pm 2$ dB	airMAX ac	1x BPSK (1/2)	-96 dBm Min.	$\pm 2$ dB
	2x QPSK (1/2)	24 dBm	$\pm 2$ dB		2x QPSK (1/2)	-95 dBm	$\pm 2$ dB
	2x QPSK (3/4)	24 dBm	$\pm 2$ dB		2x QPSK (3/4)	-92 dBm	$\pm 2$ dB
	4x 16QAM (1/2)	24 dBm	$\pm 2$ dB		4x 16QAM (1/2)	-90 dBm	$\pm 2$ dB
	4x 16QAM (3/4)	24 dBm	$\pm 2$ dB		4x 16QAM (3/4)	-86 dBm	$\pm 2$ dB
	6x 64QAM (2/3)	23 dBm	$\pm 2$ dB		6x 64QAM (2/3)	-83 dBm	$\pm 2$ dB
	6x 64QAM (3/4)	23 dBm	$\pm 2$ dB		6x 64QAM (3/4)	-77 dBm	$\pm 2$ dB
	6x 64QAM (5/6)	22 dBm	$\pm 2$ dB		6x 64QAM (5/6)	-74 dBm	$\pm 2$ dB
	8x 256QAM (3/4)	20 dBm	$\pm 2$ dB		8x 256QAM (3/4)	-69 dBm	$\pm 2$ dB
	8x 256QAM (5/6)	20 dBm	$\pm 2$ dB		8x 256QAM (5/6)	-65 dBm	$\pm 2$ dB

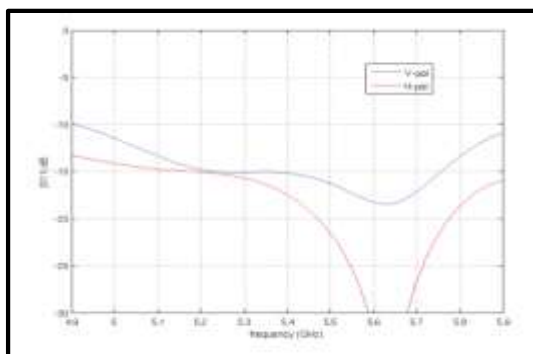
Información adaptada de la investigación directa, elaborada por el autor.



**Figura 50.** Dispersión de la señal emitida en forma horizontal de PowerBeam 5AC Gen2, 2019. Información adaptada de dl.ubnt.com. Elaborada por el autor.



**Figura 51.** Dispersión de la señal emitida de forma horizontal de PowerBeam 5AC Gen2, 2019. Información adaptada de dl.ubnt.com. Elaborada por el autor.



**Figura 52.** Niveles de pérdida en el retorno PowerBeam 5AC Gen2, 2019. Información adaptada de dl.ubnt.com. Elaborada por el autor.

Los datos para la ubicación de la antena deben ser los siguientes:

PowerBeam 5AC Gen2	
Q	-1.606626,-79.241516
Altura del dispositivo	25.0 m
Potencia de salida	25 dBm
25 dBi	
-1.606626, -79.241516	
Color	
Pire	50 dBm
Título	214.22 °
Inclinación	-1.33 °

**Figura 53.** Datos de la ubicación de la antena B, 2019. Información adaptada de dl.ubnt.com. Elaborada por el autor.

#### 4.6.3 Área de cobertura



**Figura 54.** Área de cobertura según el simulador, 2019. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

En la forma de cobertura que se observa en la figura 44 se nota que el área de la antena B si está cubierta en parte, no cubre todo debido a la forestación que se encuentra alrededor.



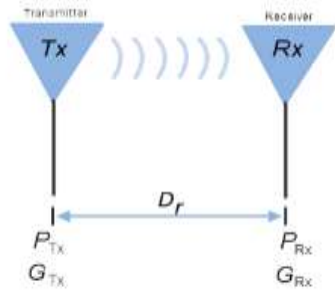
Por eso se indica ubicar la antena repetidora en un punto del pueblo la antena repetidora con los componentes que se mencionan en la Tabla 24 con lo que red tendría una buena operación.

#### 4.7 Cálculo de potencia

Potencia del transmisor:	28	dBm
Ganancia del transmisor (dBi):	30	
Frecuencia:	20	mega
Distancia:	2.81	Kilómetros
Ganancia del receptor (dBi):	25	
<b>Calcular</b>		

**Resultado:**

**Poder recibido: 15.56 dBm**



$$1] P_{rx} = P_{tx} G_{tx} G_{rx} \left( \frac{c}{4\pi D_r f_0} \right)^2$$

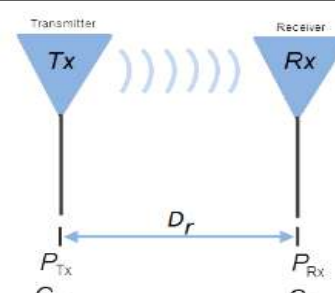
$$2] P_{rx}(dB) = P_{tx} + G_{tx} + G_{rx} + 20 \log_{10} \left( \frac{\lambda}{4\pi D_r} \right)$$

**Figura 55.** Cálculo de la potencia, 2019. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

Potencia del transmisor:	28	dBm
Ganancia del transmisor (dBi):	34	
Frecuencia:	20	mega
Distancia:	2.81	Kilómetros
Ganancia del receptor (dBi):	25	
<b>Calcular</b>		

**Resultado:**

**Poder recibido: 19.56 dBm**



$$1] P_{rx} = P_{tx} G_{tx} G_{rx} \left( \frac{c}{4\pi D_r f_0} \right)^2$$

$$2] P_{rx}(dB) = P_{tx} + G_{tx} + G_{rx} + 20 \log_{10} \left( \frac{\lambda}{4\pi D_r} \right)$$

**Figura 56.** Cálculo de la potencia con más dBi, 2019. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

En las figuras anteriores se muestra el cálculo de la potencia que este diseño de red tendrá a la salida.

En la figura 45 se calcula en caso de que la antena emisora tenga 30 dBi de ganancia y la receptora tenga 25dBi que da un resultado de 15.56 dBm. Mientras que en la Figura 46 la antena TX posee 34 dBi y la antena RX posee 25 dBi resultando 19.56 dBm. Por lo tanto, mientras más elevada la ganancia de las antenas mayor será el poder que se reciba.

#### **4.8 Conclusiones**

La baja calidad de señal recibida por el sector es debido a la ubicación geográfica del sector y a la falta de torres de telefonía móvil colocadas en el sector.

El sector Estero del Pescado obtiene servicio de telefonía de Claro, Movistar y CNT; más aún esto, los moradores del sector tienen por preferencia el uso de Claro debido a que es la operadora con la que tienen una mejor recepción de señal.

La empresa Claro tiene instalada una torre cerca del sector del Estero del Pescado la cual da señal de telefonía a Caluma.

El sector antes mencionado solo recibe señal 2G debido a su ubicación geográfica, ya que esta distante de la torre instalada y rodeada de árboles y ríos.

La instalación de una torre depende de la acogida del sector y su población, debe hacer por medio de un análisis de factibilidad debido a que las operadoras necesitan recuperar su inversión.

La colocación de repetidoras sería la opción más viable, debido a su costo y facilidad de instalación; lo misma que podría ser implementada por la operadora con más acogida en el sector.

El uso de un amplificador de señal multibanda será de gran ayuda para aumentar el tipo de tecnología que reciben los usuarios.

#### **4.9 Recomendaciones**

Para mejorar el problema que presenta el sector lo más recomendable por costo y por factibilidad es instalar una repetidora que lleve la señal a un punto del pueblo.

Los hogares podrían implementar su propio sistema de amplificación para tener mejor recepción de señal.

En caso de instalar la repetidora, tener presente que se debe hacer mantenimiento preventivo y correctivo para el óptimo funcionamiento de la misma.

Antes de buscar un nuevo método para mejorar la recepción de la señal hacer un nuevo estudio de campo para verificar su funcionamiento y conocer que puntos debería mejorar.

Hacer campañas para actualizar los equipos de los habitantes del sector del Estero del Pescado, para hacer una actualización de la infraestructura y mejorar el servicio.

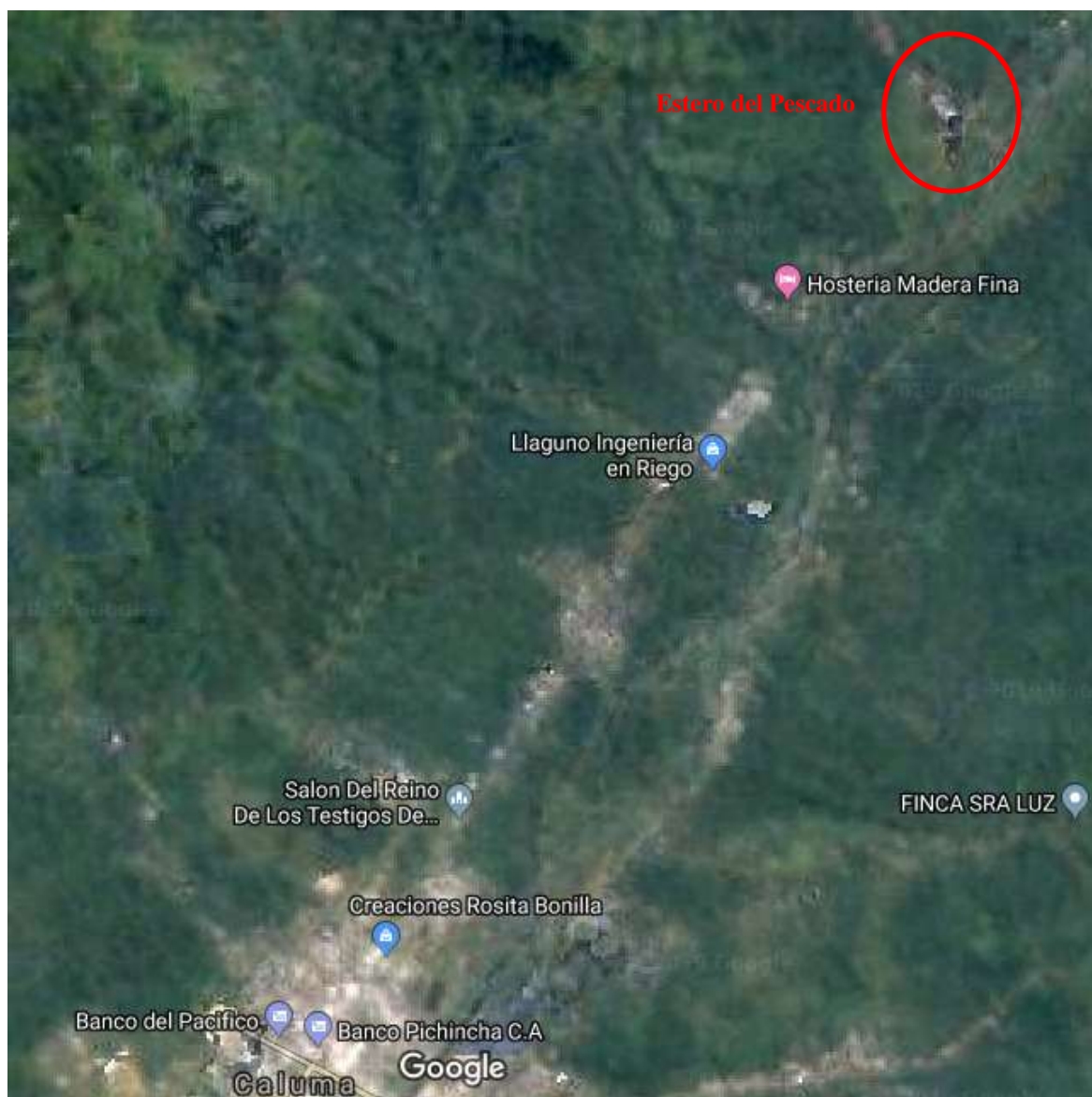
Es recomendable que las antenas estén a 20 metros de altura o más debido a la zona a la que se quiere llegar para que la zona de Fresnel esté limpia y que tenga una buena recepción de señal.

De llegar a utilizar el sistema planteado se recomienda realizar un nuevo test se potencia de señal para constatar que ha mejorado la misma o en caso contrario hacer lo cambios necesarios para mejorarla

**ANEXOS**

## Anexo 1

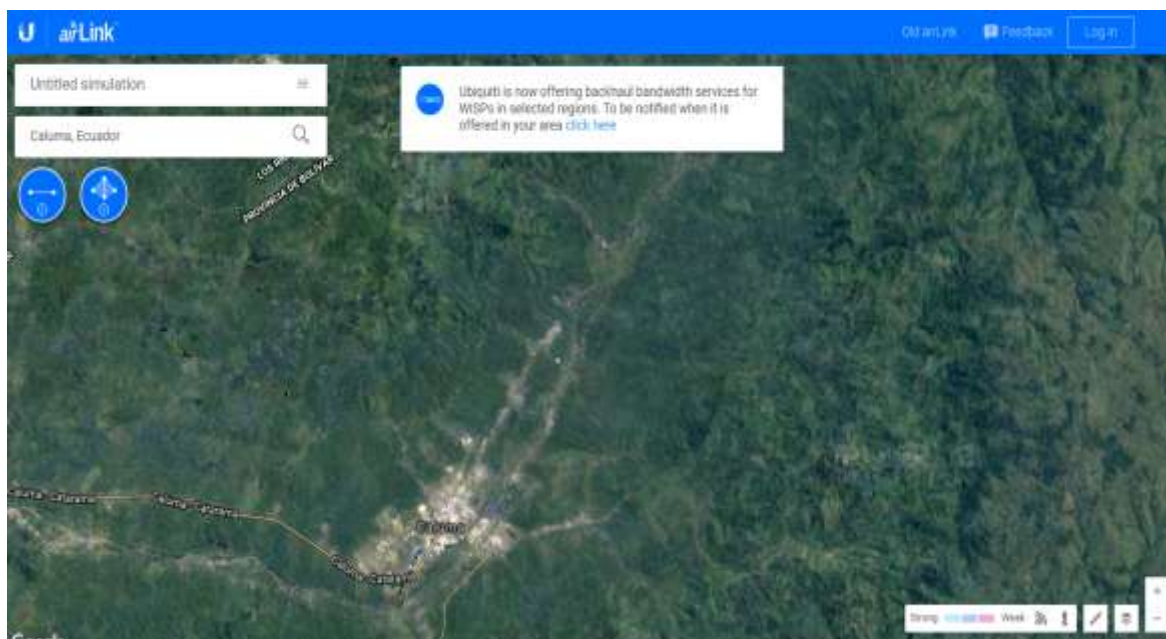
### Situación geográfica del sector Estero del Pescado en Caluma



**Anexo 1.** Situación geográfica del sector Estero del pescado en Caluma, 2019. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

## Anexo 2

### Simulador de Ubiquiti



**Anexo 2.** Simulador de Ubiquiti, 2019. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

### Anexo 3

#### Modelo de encuesta

La siguiente encuesta tiene relación con el Trabajo de Titulación denominado **ANÁLISIS DE LA AUSENCIA DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN PARA LA COMUNIDAD DEL ESTERO DEL PESCADO EN CALUMA**, que tiene por objetivo analizar las razones por las que el sector no tiene la calidad de telefonía móvil deseada por los usuarios. Se solicita que las preguntas sean respondidas con la mayor sinceridad posible.

- 1. Cuenta usted con teléfono celular**
  - A. Si
  - B. No
- 2. Cuantos teléfonos celulares hay en su hogar**
  - A. 1
  - B. 2
  - C. 3 o más
- 3. Seleccione las operadoras móviles que utilizan los teléfonos celulares de su hogar.**
  - A. CLARO
  - B. CNT
  - C. MOVISTAR
  - D. TWENTI
- 4. Usted es usuario**
  - A. POSPAGO (Plan celular)
  - B. PREPAGO (Compra tiempo por medio de recargas)
- 5. En su teléfono celular que acción es la que más realiza**
  - A. Llamadas
  - B. SMS (Mensajes de texto)
  - C. Navegación en internet
  - D. Redes sociales (Facebook, WhatsApp, Instagram, etc.)
- 6. Se encuentra satisfecho con el servicio que ofrece su operadora móvil**
  - A. Si
  - B. No
- 7. Califique el servicio que ofrece su operadora móvil**
  - A. Bueno
  - B. Intermedio
  - C. Malo
- 8. Sabe usted el tipo de red que ofrece su operadora móvil y que usa su celular**
  - A. Si
  - B. No
- 9. ¿Qué tipo de servicio recibe de su operadora de telefonía móvil?**
  - A. Caída de red telefónica
  - B. Lentitud
  - C. Retraso
  - D. En el envío/recepción de datos
  - E. Problema de conectividad
- 10. ¿En qué días de la semana necesita usar con más frecuencia la red móvil?**
  - A. Entre semana de lunes a viernes
  - B. Fines de semana
  - C. Feriado
- 11. ¿En qué horario usted utiliza con mayor frecuencia la red móvil?**
  - A. Mañana
  - B. Tarde
  - C. Noche
  - D. Madrugada

- 12. Cuando usted usa la red móvil en estos horarios tiene problemas**  
A. Si  
B. No
- 13. ¿El lugar donde habita tiene algún tipo de instalación de red telefónica?**  
A. Si  
B. No
- 14. ¿Cree usted que es necesaria la instalación de una red telefónica en su sector?**  
A. Si  
B. No

**Anexo 3.** *Modelo de encuesta, 2019. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.*



## Anexo 4

### Modelo de entrevista

La siguiente encuesta tiene relación con el Trabajo de Titulación denominado **ANÁLISIS DE LA AUSENCIA DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN PARA LA COMUNIDAD DEL ESTERO DEL PESCADO EN CALUMA**, que tiene por objetivo analizar las razones por las que el sector no tiene la calidad de telefonía móvil deseada por los usuarios. Se solicita que las preguntas sean respondidas con la mayor sinceridad posible.

- a) ¿Sabe usted los requisitos que debe tener un lugar para instalar una torre?
- b) ¿Tiene usted conocimiento de un costo estimado de lo que cuesta la instalación de una torre, o repetidora?
- c) El sector Estero del Pescado se encuentra ubicado en un lugar con muchos árboles ¿qué tipo de solución tendría que darse para mejorar la señal que ellos perciben?
- d) ¿Sabe usted la razón por la que no se ha mejorado la señal en el sector?
- e) ¿Cree usted que a futuro se busque mejorar la señal en el sector?

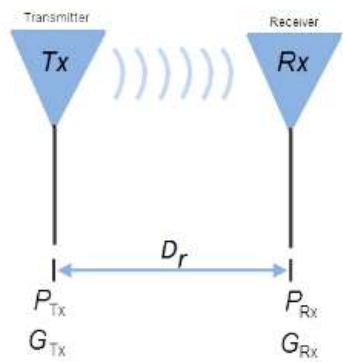
*Anexo 4. Modelo de entrevista, 2019. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.*

## Anexo 5

### Calculadora de potencia en línea

Transmitter Power:	Use numeric value	Milliwatts
Transmitter Gain (dBi):	Use numeric value	
Frequency:	Use numeric value	GHz
Distance:	Use numeric value	Feet
Receiver Gain (dBi):	Use numeric value	
<input type="button" value="Calculate"/>		

**Result:**



$$1] P_{rx} = P_{tx} G_{tx} G_{rx} \left( \frac{c}{4\pi D_r f_0} \right)^2$$

$$2] P_{rx}(dB) = P_{tx} + G_{tx} + G_{rx} + 20 \log_{10} \left( \frac{\lambda}{4\pi D_r} \right)$$

**Anexo 5.** Calculadora de potencia, 2019. Información adaptada de la investigación directa. Elaborada por el autor.

## Bibliografía

- Academic. (Noviembre de 2015). Sitio web. *Academic*.  
<http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/292400>
- Aguiar Garcia, J., & Delgado Cabello, J. (2011). Libro. Física II. Málaga, España.
- Ampli GSM. (Septiembre de 2016). Sitio web. *Ampli GSM*.  
<https://www.ampligsm.com/blog-amplificadores-cobertura-telefono-movil/repetidor-para-pueblo>
- Anguera, J., & Pérez, A. (2008). Libro. Teoría de antenas. Cataluña, España.
- Apolinario, R. (Marzo de 2014). Sitio web. Área tecnología: <http://www.areatecnologia.com>
- Colunga, Y., & Trejo, E. (2010). Medio electrónico. Propuesta de optimización de cobertura de telefonía celular del Municipio de Acajete, Puebla. Mexico, Mexico.
- Correa Oyala, A. (2014). Medio electrónico. Análisis técnico de la pérdida de señal de telefonía móvil en el sector de Sauces III de la ciudad de Guayaquil. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Definición Mexico. (Octubre de 2017). Sitio web. *Definición*. 18, de  
<https://definicion.mx/observacion-gral/>
- Delacour, L. (Marzo de 2009). Sitio web. *Red celular*. <http://redcelular12b.blogspot.com>
- EcuRed. (Abril de 2016). Sitio web. *EcuRed*.  
[https://www.ecured.cu/Sistema\\_de\\_telecomunicaciones](https://www.ecured.cu/Sistema_de_telecomunicaciones)
- Escobar, F. (Mayo de 2012). Sitio web, *Comunicación microondas*.  
<http://comunicacionmicroondas.blogspot.com/2012/05/redes-de-radio-enlace-de-microondas.html>
- Eumed. (Agosto de 2017). Sitio web. *Eumed*. <http://www.eumed.net>
- Glosarios Alicante. (Octubre de 2016). Sitio web. *Glosarios Alicante*.  
<https://glosarios.servidor-alicante.com/telecomunicaciones/estacion-base-controladora>
- Perez, G. (2013). Sitio web. *Espectrometría*. e  
[https://www.espectrometria.com/espectro\\_electromagnetico](https://www.espectrometria.com/espectro_electromagnetico)
- Revista líderes. (Mayo de 2014). Sitio web. *Revista líderes*.  
<https://www.revistalideres.ec/lideres/20-anos-telefonía-movil-supero.html>
- Romero Ternero, M. (2005). Medio electrónico. Transmisión de datos. Sevilla, España.
- Ruesca, P. (Septiembre de 2016). Sitio web. *Radio Comunicaciones*.  
<http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/>
- Solano, M. (2012). Medio electrónico. Conceptos básicos de bioelectromagnetismo. Cantabria, España.

- Tecnología & informática. (Mayo de 2014). Sitio web. *Tecnología & informática*.  
<https://tecnologia-informatica.com/telefono-celular-historia-evolucion-celulares/>
- Tuenti. (Agosto de 2018). Sitio web. *Tuenti*. <https://www.tuenti.ec/foro/tema/6244/>
- Turnero, P. (Agosto de 2014). Sitio web. *Redes de telefonía celular*.  
<https://www.monografias.com/trabajos107/redes-telefonía-celular-gsm-gprs-umts/redes-telefonía-celular-gsm-gprs-umts2.shtml>
- Villasuso, J. (Abril de 2013). Medio electrónico. Ondas electromagnéticas. Mexico, Mexico.