



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE MEDIO AMBIENTE**

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MEDIO  
AMBIENTE**

**MODALIDAD:  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:  
EVALUACIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO  
ELECTROMAGNÉTICO PRODUCIDO POR ANTENAS DE  
TELECOMUNICACIONES EN LA CIUDAD DE CALCETA**

**AUTOR:  
MOLINA HUERTA LUIS FERNANDO**

**TUTOR:  
ING. CARLOS VILLAFUERTE VÉLEZ**

**CALCETA, JULIO 2020**

## DERECHOS DE AUTORÍA

MOLINA HUERTA LUIS FERNANDO declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

A handwritten signature in black ink, reading "Luis Fernando H.", with a horizontal line underlining the text.

---

**MOLINA HUERTA LUIS FERNANDO**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Carlos Villafuerte Vélez certifica haber tutelado el proyecto titulado **EVALUACIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO PRODUCIDO POR ANTENAS DE TELECOMUNICACIONES EN LA CIUDAD DE CALCETA**, que ha sido desarrollado por **MOLINA HUERTA LUIS FERNANDO** previo a la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



---

**ING. CARLOS VILLAFUERTE VÉLEZ**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EVALUACIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO PRODUCIDO POR ANTENAS DE TELECOMUNICACIONES EN LA CIUDAD DE CALCETA**, que ha sido propuesto, desarrollado por **MOLINA HUERTA LUIS FERNANDO**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



Eco. Roberto Zambrano Farías M.Sc.

**MIEMBRO**



Ing. Jonathan Chicaiza Intriago M.Sc.

**MIEMBRO**



Blga. María Fernanda Pincay Cantos M.Sc.

**PRESIDENTA**

## AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” por abrir sus puertas y brindarme una buena formación profesional.

A mis padres Javier y Fabrisia por la confianza brindada, a pesar de vivir lejos de casa y con el pronóstico en contra durante 5 años nunca dejaron de apoyarme y siempre creyeron en mí, de igual manera a mis hermanos Javier y Alejandra, ustedes cuatro me enseñaron que no existe una familia perfecta, sin embargo la nuestra es lo más parecido a eso, con sus altos y bajos, pero sobre todo gracias por enseñarme el verdadero significado de la palabra FAMILIA.

A la compañera que Dios puso en mi vida al empezar esta carrera, la que con errores y aciertos permaneció a mi lado durante este camino, me quiere y me cuida, María José Andrade Loor, por ser mi pilar en mis momentos de debilidad y el motor que me impulsa a ser mejor cada día. Es una promesa entre los dos de que así será siempre. Te Amo.

A la familia Andrade Loor por darme ese calor familiar que un joven lejos de su hogar necesita, por recibirme como un miembro más y brindarme su cariño desde el principio.

A mi tutor el ingeniero Carlos Villafuerte, por creer en mí para desarrollar este proyecto y brindarme todas las comodidades para realizarlo, de igual manera al ingeniero Jonathan Chicaiza por ser una guía fundamental para la culminación del mismo.

A mis amigos que desde la distancia siempre me acompañan y que son parte de mis alegrías y penas especialmente a Doménica Ortiz y Andrés Chérrez, los hermanos que la vida me regaló.

*Luis Fernando Molina Huerta*

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a todas las personas que viven en mi mente y en mi corazón pero que no pueden estar hoy celebrando junto a mí porque han partido a gozar de la gracia del señor:

- A mi hijo, quien sin conocer el mundo pudo poner el mío de cabeza durante un par de meses.
- A mi Mamita Carmen, profesora de letras y de la vida, quien me enseñó a amar y extrañar al mismo tiempo, un beso hasta cielo Mi Carmela, cumplí lo que prometí.
- A mi adorada Tía María Dolores, a quien quise como a mi madre, este triunfo también te lo debo, sé que desde arriba seguirás guiando mi camino.
- A mi abuela Josefa, con ese amor incondicional que nació en el Carrizal, por esa alegría y picardía en tu sonrisa durante los domingos de helados.

También lo dedico como un modelo de superación para esas pequeñas personas que me ven como su ejemplo, mis queridos sobrinos: Cristhel, Mathías, Javier y Dylan, espero ser el mismo tío y ejemplo que siempre quise para mí.

*Luis Fernando Molina Huerta*

## CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA .....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
CONTENIDO GENERAL.....	vii
CONTENIDO DE CUADROS .....	xi
CONTENIDO DE FIGURAS .....	xi
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4. IDEA A DEFENDER.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. SEÑAL ANALÓGICA .....	5
2.2. SEÑAL DIGITAL .....	5
2.3. ANTENA .....	6
2.4. ONDA.....	8
2.4.1. ELEMENTOS DE UNA ONDA.....	8
□ LONGITUD DE ONDA: .....	8
□ AMPLITUD DE ONDA:.....	9
□ PERÍODO:.....	9

□ FRECUENCIA.....	9
2.4.2. ONDA ELECTROMAGNÉTICA.....	9
2.5. CAMPO ELÉCTRICO, MAGNÉTICO Y ELECTROMAGNÉTICO .....	10
2.5.1. CAMPO ELÉCTRICO .....	10
2.5.2. CAMPO MAGNÉTICO .....	10
2.5.3. CAMPO ELECTROMAGNÉTICO .....	11
2.5.4. UNIDADES DE MEDIDA .....	11
2.6. RADIACIÓN .....	12
2.6.1. RADIACIÓN NO IONIZANTE.....	12
2.6.2. RADIOFRECUENCIAS.....	12
2.7. MEDIDOR DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO TM - 195 .....	12
2.7.1. CARACTERÍSTICAS .....	13
2.8. TIPOS DE EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN NO IONIZANTE POR CAMPO ELECTROMAGNÉTICO .....	14
2.9. LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPO ELECTROMAGNÉTICO RECOMENDADOS POR EL CONATEL 2005 .....	14
2.10. EFECTOS DE LA RADIACIÓN NO IONIZANTE EN LA SALUD .....	15
2.10.1. EFECTOS TÉRMICOS .....	15
2.10.2. EFECTOS NO TÉRMICOS.....	16
2.10.3. EFECTOS ATÉRMICOS.....	16
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....	17
3.1. UBICACIÓN .....	17
3.2. DURACIÓN .....	17
3.3. VARIABLES EN ESTUDIO .....	18
3.3.1. VARIABLE DEPENDIENTE .....	18
3.3.2. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	18

3.4. MÉTODOS.....	18
3.4.1. MÉTODO ESTADÍSTICO .....	18
3.4.2. MÉTODO ANALÍTICO .....	18
3.4.3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	18
3.5. TÉCNICAS.....	19
3.5.1. GEORREFERENCIACIÓN .....	19
3.5.2. RECOLECCIÓN DE DATOS .....	19
3.5.3. ENCUESTA .....	19
3.5.4. FICHA DE CARACTERIZACIÓN.....	19
3.6. PROCEDIMIENTO.....	20
3.6.1. FASE I. DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN LOS PUNTOS ESTABLECIDOS.....	20
ACTIVIDAD 1. GEORREFERENCIACIÓN DE ANTENAS DE TELEFONÍA Y LOS PUNTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO. ....	20
ACTIVIDAD 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS ANTENAS TELEFONÍA EXISTENTES EN LA CIUDAD DE CALCETA. ....	20
ACTIVIDAD 3. RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	20
ACTIVIDAD 4. APLICACIÓN DE ENCUESTAS .....	21
ACTIVIDAD 5. PROCESAMIENTO DE RESULTADOS .....	22
3.6.2. FASE II. ELABORACIÓN DE MAPAS DE INCIDENCIA DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN LA CIUDAD DE CALCETA.....	22
ACTIVIDAD 6. ELABORACIÓN DE MAPA DE INCIDENCIA. ....	22
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
FASE I. DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN LOS PUNTOS ESTABLECIDOS .....	23

ACTIVIDAD 1. GEORREFERENCIACIÓN DE LAS ANTENAS Y LAS ZONAS DE INCIDENCIA DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO.....	23
ACTIVIDAD 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS ANTENAS DE TELEFONÍA EXISTENTES EN LA CIUDAD DE CALCETA. ....	24
ACTIVIDAD 3. RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	27
ACTIVIDAD 4. APLICACIÓN DE ENCUESTAS .....	32
FASE II. ELABORACIÓN DE MAPAS DE INCIDENCIA DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN LA CIUDAD DE CALCETA.....	37
ACTIVIDAD 6. ELABORACIÓN DE MAPA DE INCIDENCIA .....	37
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	40
CONCLUSIONES .....	40
RECOMENDACIONES .....	40
BIBLIOGRAFÍA .....	42
.....	47
ANEXOS .....	47

## CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 2.1. Clasificación de antenas.....	7
Cuadro 2.2. Frecuencias y longitudes asociadas a ondas electromagnéticas.....	10
Cuadro 2.3. Límites máxima de exposición por estación radioeléctrica fija.....	15
Cuadro 4.1. Coordenadas de las antenas.....	24
Cuadro 4.2. Ficha de caracterización antena CONECEL.....	25
Cuadro 4.3. Ficha de caracterización antena OTECEL.....	26
Cuadro 4.4. Ficha de caracterización antena OTECEL 2.....	26
Cuadro 4.5. Ficha de caracterización antena CNT.....	27
Cuadro 4.6. Cuadro de ubicación de los puntos de muestreo.....	29
Cuadro 4.7. Resultados de campo electromagnético.....	31
Cuadro 4.8: Rangos de CEM por colores.....	38
Cuadro 4.9: Análisis de resultados de la encuestas.....	34

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 2.1. Gráfica de señales analógicas y digitales.....	6
Figura 2.2. Transmisión omnidireccional y direccional.....	6
Figura 2.3. Elementos de una onda.....	9
Figura 3.1. Ubicación de la zona de estudio.....	17
Figura 3.2. TM 195 Triple Axis Radio Frequency (RF) Digital Field Strength Meter EMF.....	21
Figura 4.1. Georreferenciación de las antenas.....	23
Figura 4.2. Puntos de muestreo.....	28
Figura 4.4. Mapa de incidencia de Campo Electromagnético.....	39

## RESUMEN

El crecimiento exponencial de estaciones bases de telefonía dentro de las ciudades ha desencadenado la preocupación de los habitantes sobre los posibles efectos en la salud que las radiaciones no ionizantes producen. Por esta razón se evaluó la intensidad de campo electromagnético producido por antenas de telecomunicaciones en la ciudad de Calceta. Para las mediciones de las variables se utilizó el equipo TM-195 tomando datos en los ejes X, Y y Z en puntos estratégicos de la ciudad de Calceta, georreferenciados mediante un GPS, obteniendo como resultado de campo electromagnético un promedio de  $0.0167 \text{ W/m}^2$  lo que representa un 0.03% del límite recomendado por el CONATEL siendo este de  $48.75 \text{ W/m}^2$  para exposición ocupacional y  $9.75 \text{ W/m}^2$  para exposición poblacional, demostrándose así que la radiación no sobrepasa los límites recomendados. Se realizó un mapa de incidencia el cual determinó que la zona céntrica de la ciudad de Calceta es la más irradiada por el campo electromagnético debido al posicionamiento cercano de 7 antenas de telecomunicaciones. También fue aplicada una encuesta a la población, la cual determinó que el 83% de los encuestados se mantiene en exposición ocupacional y aunque el 87% de la población en estudio tiene conocimiento sobre la presencia de antenas, el 29% de ellos cree que la radiación no ionizante tiene efectos cancerígenos para la salud, lo que evidencia que desconocen el tema en cuestión.

**Palabras Clave:** Antenas, Radiación No Ionizante, Campo Electromagnético.

## ABSTRACT

The exponential growth of telephone base stations within cities has triggered the inhabitants' concern about the possible health effects that non-ionizing radiation produces. For this reason, the electromagnetic field intensity produced by telecommunication antennas in Calceta city was evaluated. For the measurements of the variables, the TM-195 equipment was used, taking data on the X, Y and Z axes at strategic points in Calceta city, georeferenced by means of a GPS, obtaining as a result of an electromagnetic field an average of  $0.0167 \text{ W / m}^2$  which represents 0.03% of the limit recommended by CONATEL, being  $48.75 \text{ W / m}^2$  for occupational exposure and  $9.75 \text{ W / m}^2$  for population exposure, thus demonstrating that radiation does not exceed the recommended limits. An incidence map was made which determined that the central area of Calceta city is the most irradiated by the electromagnetic field due to the close positioning of 7 telecommunications antennas. A population survey was also applied, which determined that 83% of the respondents remain in occupational exposure and although 87% of the study population is aware of the presence of antennas, 29% of them believe that the Non-ionizing radiation has carcinogenic health effects, which shows that they are unaware of the subject in question.

**Key words:** Antenna, Non-ionizing radiation, Electromagnetic Field

# **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

## **1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Desde la antigüedad, el hombre se ha expuesto a los campos eléctricos y magnéticos naturales existentes en la tierra. Los campos electromagnéticos (CEM) generados de manera antrópica se propagaron alrededor del mundo a través del crecimiento intensivo de los servicios de telecomunicaciones, redes eléctricas, aplicaciones médicas, científicas, militares, industriales, llegando hasta las aplicaciones domésticas (Organización Mundial de la Salud [OMS], *sf*). Para Galache (2013), es seguro que en varias localidades existe una percepción negativa sobre los posibles efectos de la exposición a campos electromagnéticos producidos por antenas de telefonía, esto desencadena un síndrome denominado hipersensibilidad electromagnética el cual genera molestias como insomnio, dolor de cabeza o tensión nerviosa.

La OMS mantiene el “Proyecto Internacional CEM” sobre los posibles efectos que los campos electromagnéticos puedan causar en la salud de las personas, en los que los resultados hasta la fecha no comprueban afectación, sin embargo, los conocimientos sobre los efectos biológicos presentan algunas lagunas que requieren más investigaciones, por ello con carácter preventivo se han expedido en varios países normas y reglamentos de protección de las emisiones de radiación no ionizantes, Ecuador, en el 2005 a través del Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) emitió el Reglamento de Protección de Emisiones (Bonilla, 2016).

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones del Ecuador ARCOTEL (2019) en su informe anual correspondiente al año 2018, cuenta con un total de 16.768 estaciones base repartidas en todo el territorio ecuatoriano, de las cuales 9.188 son estaciones de CONECEL S.A, 5.167 estaciones de OTECEL S.A, y 2.413 estaciones de CNT E.P.

Según ARCOTEL (2019), hasta el mes de abril del año 2019, Manabí cuenta con 729 estaciones de la empresa CONECEL S.A. (Cobertura Claro), 368 estaciones de la empresa OTECEL S.A. (Cobertura Movistar/Tuenti) y 184 estaciones de la empresa CNT E.P, estas tres empresas brindan cobertura para redes 2G, 3G y 4G y muchas de sus estaciones base se encuentran ubicadas dentro de los cascos urbanos.

La ciudad de Calceta cuenta con la cobertura móvil de las tres empresas mencionadas, dentro de la ciudad existen 4 antenas de telefonía, adicionalmente existen 4 antenas de radio comunicación que son utilizadas por las cooperativas de taxi, 2 antenas moduladoras de frecuencia que son utilizadas por las locutoras radiales y 2 antenas wifi para conexión de internet, lo que hace que la población del casco urbano de Calceta se mantenga constantemente en exposición a radiación no ionizante, según el tiempo de exposición esta se puede clasificar en poblacional y ocupacional. Según Cruz (2009) la proliferación de estaciones base en el ámbito urbano despierta una gran preocupación en la sociedad por lo que pueda causar la exposición a los campos electromagnéticos generados por los sistemas de telecomunicaciones.

A partir del desconocimiento en general por parte de los pobladores de la zona urbana de la ciudad de Calceta sobre los efectos que pueden generar la exposición poblacional y ocupacional a un campo electromagnético, esta investigación plantea la siguiente interrogante. ¿Los campos electromagnéticos emitidos por las antenas de telecomunicaciones de la ciudad de Calceta cumplen con el Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante presentado por el CONATEL?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La investigación se basó en el estudio realizado por Aponte, Escobar, Pinedo y Arizabaleta (2007), el cual toma puntos de interés tales como escuelas, hospitales, y lugares de afluencia masiva de personas de igual manera las mediciones se tomaron como lo propone Bonilla (2016) en su estudio, el cual se basó en el protocolo de medición aprobado por el CONATEL mediante Resolución No. 01-01-CONATEL-2005 de 11 de enero de 2005 y publicado en el Registro Oficial No. 536 de 3 de marzo de 2005.

Se fundamentó en el Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante propuesto por el CONATEL, planteado bajo las recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos de la (Comisión Internacional de Protección Contra la Radiación No Ionizante [ICNIRP], 2014), que establece los límites permisibles para no tener repercusiones en el ámbito poblacional y ocupacional.

Este estudio determinó la intensidad de campo electromagnético, en la ciudad de Calceta, y los datos obtenidos servirán de soporte científico para que las autoridades municipales y las empresas que brinden el servicio de telecomunicaciones en la ciudad tomen las medidas respectivas de seguridad.

La investigación contribuyó a tener una perspectiva real de los posibles efectos producidos por la exposición a campos electromagnéticos generados por antenas de telecomunicaciones y la influencia que estos pueden tener sobre los seres humanos, además, teniendo en cuenta que nos encontramos en un país y en una ciudad en vías de desarrollo, esta investigación permite a las autoridades municipales planificar el crecimiento ordenado en la prestación de servicios de las empresas de telecomunicaciones.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la intensidad de campo electromagnético producido por antenas de telecomunicaciones en la ciudad de Calceta.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la intensidad de campo electromagnético, nivel de conocimiento y tipo de exposición de la población en los puntos establecidos.
- Elaborar mapas de incidencia de la intensidad de campo electromagnético en la ciudad de Calceta.

## **1.4. IDEA A DEFENDER**

La intensidad de campo electromagnético de las antenas de telecomunicaciones de la ciudad de Calceta sobrepasa los límites recomendados en el reglamento del Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. SEÑAL ANALÓGICA**

Para Monter y Ríos (2016) una señal analógica es una señal que tiene variación de forma continua a lo largo del tiempo estas señales representan una magnitud física es decir temperatura, luminosidad, humedad, las mismas que pueden tomar la mayoría de los valores de un intervalo. Entonces podemos describir las señales analógicas como aquellas que se pueden percibir de todos los lugares, la luz natural, el sonido y la energía (ver Figura 2.1.) un ejemplo claro es cuando el arco iris se descompone lentamente y en forma continua, cuando los voltajes o la tensión tienen variación de una corriente alterna es el momento donde la señal analógica se genera, en este caso aumenta durante medio período el valor de la señal de signo eléctrico positivo y durante el medio período restante va disminuyendo con signo eléctrico negativo (Castaño, 2008).

### **2.2. SEÑAL DIGITAL**

Según Oppenheim, Willsky y Nawab (1998) se despliega una señal digital cuando se muestra una variación discontinua con el tiempo y únicamente se pueden tomar algunos valores discretos, sus parámetros son: nivel eléctrico, ancho de pulso, y velocidad pulsos por segundo.

Entonces a diferencia de las señales analógicas, las señales digitales no se producen en el mundo físico como tal, se puede decir que son originadas por actividades antrópicas y su tratamiento es distinto. Su representación en el dominio del tiempo dependerá del estado que pueda tener. Las señales digitales únicamente adquieren un número determinado de períodos diferentes, se clasifican según el número de estados (binarias, ternarias, etc.) y según su naturaleza eléctrica (unipolares y bipolares) (ver figura 2.1.) (Monter y Ríos, 2016).

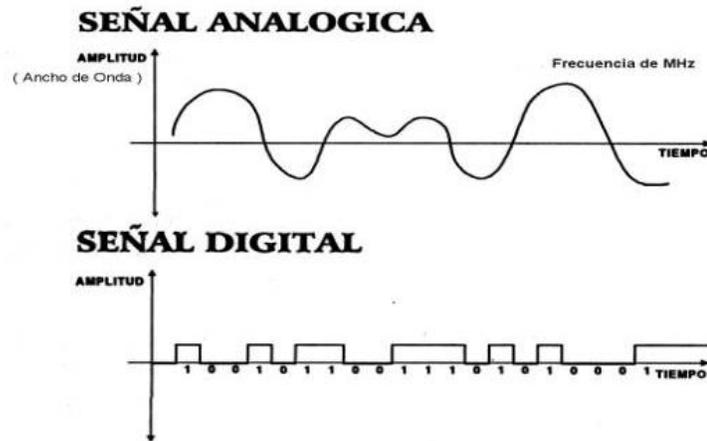


Figura 2.1 Grafica de señales Analógicas y digitales.

### 2.3. ANTENA

El (Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE], 1983) citado por Anguera y Pérez (2008) define una antena como “aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas”. Dicho de otro modo, una antena es un conductor metálico capaz de emitir ondas electromagnéticas que pueden ser omnidireccionales o direccionales, las omnidireccionales son capaces de transmitir ondas en todas las direcciones, mientras que las direccionales son las que emiten o reciben la onda en una sola dirección (ver Figura 2.2), Huidobro (2013) muestra una clasificación de las antenas más usadas (ver cuadro 2.1), su uso depende del tamaño y longitud de alcance, ya que a medida que aumentan su alcance el tamaño disminuye.

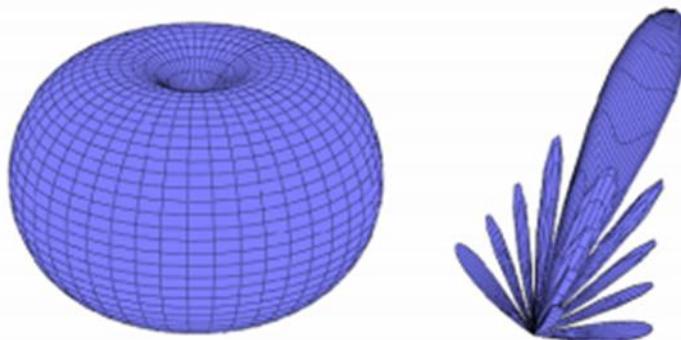
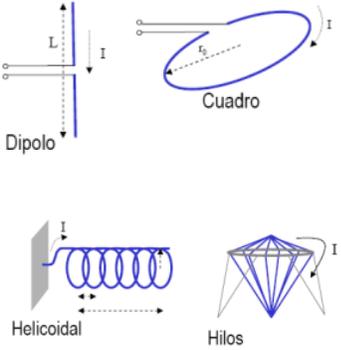


Figura 2.2 Transmisión Omnidireccional y direccional.

Cuadro 2.1. Clasificación de las Antenas.

TIPO DE ANTENA	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
<p style="text-align: center;"><b>HILO</b></p>	<p>Este tipo de antenas como su nombre lo indica están formadas por hilos que sirven de conductor eléctricamente delgados, pueden estar formadas por hilos rectos (dipolos, rombos), espirales (circular, cuadrada o cualquier forma arbitraria) y hélices.</p> <p>Las más comunes son las dipolo por ser las más sencillas consiste en un hilo conductor de media longitud de onda a la frecuencia de trabajo cortado por la mitad teniendo en el centro un generador, en la mayoría de los casos fabricados con aluminio o cobre.</p>	 <p>Dipolo</p> <p>Cuadro</p> <p>Helicoidal</p> <p>Hilos</p>
<p style="text-align: center;"><b>YAGI – UDA</b></p>	<p>La antena Yagi - uda es utilizada principalmente para recetar canales de televisión. La antena Yagi es una antena capaz de concentrar la mayor parte de la energía radiada de manera localizada, aumentando así la potencia emitida hacia el receptor o recibida desde la fuente y evitando interferencias introducidas por fuentes no deseadas.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>CON REFLECTOR (PARABÓLICAS)</b></p>	<p>En este tipo de antenas la señal emitida/recibida no sale/entra directamente en/del elemento captador, sino que se emite/recoge por/en el mismo una vez reflejada en un elemento pasivo que concentra la señal. En el caso de una antena receptora, su funcionamiento se basa en la reflexión de las ondas electromagnéticas, por la cual las ondas que inciden paralelamente al eje principal se reflejan y van a parar a un punto denominado foco que está centrado en el paraboloide. En cambio, si se trata de una antena emisora, las ondas que emanan del foco (dispositivo de emisión) se ven reflejadas y salen en dirección paralela al eje de la antena. Básicamente, existen tres tipos principales de antenas con reflector: FOCO PRIMARIO, OFFSET, CASSEGRAIN, siendo la última la más grande en su tipo.</p>	 <p style="text-align: center;">FOCO PRIMARIO</p>  <p style="text-align: center;">OFFSET</p>

		 <p>CASSEGRAIN</p>
<p><b>ARRAYS</b></p>	<p>Una antena de arreglo de fase (array) es un grupo de antenas que, cuando se conectan, funcionan como una sola antena cuyo ancho de haz y dirección (o sea, patrón de radiación) puede cambiarse electrónicamente sin tener que mover físicamente ninguna de las antenas individuales. La ventaja principal de este tipo de antenas es que eliminan la necesidad de mover en forma mecánica los elementos de la misma. Una aplicación típica es en radares, donde los patrones de radiación deben ser capaces de cambiar rápidamente para seguir un objeto en movimiento y, últimamente, también en las comunicaciones móviles de 3G y 4G.</p>	

Fuente: Huidobro (2013).

## 2.4. ONDA

Para Castaño (2008) el movimiento ondulatorio es una forma de transporte de energía sin transporte de materia. Una onda se define como una perturbación que se propaga desde su fuente origen y puede ser percibida por todos los elementos que rodean a la fuente, esta propagación es omnidireccional y tiene una velocidad de viaje constante, al interactuar con objetos pueden producir vibraciones.

### 2.4.1. ELEMENTOS DE UNA ONDA

Cordero (2016) en su libro enlista los elementos de una onda:

- **LONGITUD DE ONDA:** es la distancia entre dos valles o nodos no consecutivos.

- **AMPLITUD DE ONDA:** Magnitud del máximo desplazamiento.
- **PERÍODO:** en una onda periódica es el intervalo de tiempo necesario para formar una onda completa.
- **FRECUENCIA:** Es el número de ciclos que se forman por una unidad de tiempo.

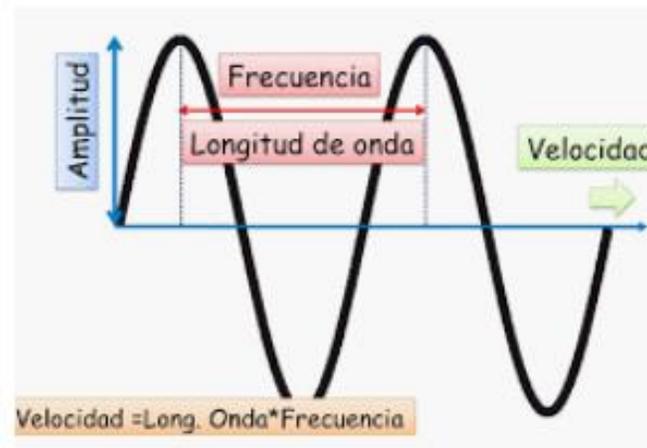


Figura 2.3. Elementos de una onda.

### 2.4.2. ONDA ELECTROMAGNÉTICA

Según Strother y Bromberg (1981) las ondas electromagnéticas son ondas provenientes de las vibraciones de campos eléctricos y magnéticos. No necesitan ningún tipo de conductor para poder propagarse y viajan a la velocidad de la luz. Su principio es que toda carga eléctrica que tiene una aceleración desprende energía en forma de radiación electromagnética.

**Cuadro 2.2.** Frecuencias y longitudes asociadas a ondas electromagnéticas.

Frecuencia en Hz	Nombre	Longitud de onda se indica unidad
$10^{19}$	Rayos Gama	0.1 A
$10^{18}$	----	----
$10^{17}$	Rayos X	1 nm
$10^{16}$	----	----
$10^{15}$	Ultravioleta	100 nm
$10^{14}$	Visible	400 nm – 700 nm
$10^{13}$	Infrarojo	10 $\mu$ m
$10^{12}$	----	----
$10^{11}$	----	----
$10^{10}$	Microonda	1 cm
$10^9$	----	----
$10^8$	FM y TV	1m
$10^7$	----	10 m
$10^6$	AM	100 m
$10^5$	Onda Larga	1000 m

Fuente: Strother y Bromberg (1981).

## 2.5. CAMPO ELÉCTRICO, MAGNÉTICO Y ELECTROMAGNÉTICO

### 2.5.1. CAMPO ELÉCTRICO

Para Ponce (2016) el campo eléctrico es un espacio que contiene energía, la cual interactúa con las cargas eléctricas existentes en el medio. Su intensidad se mide en Voltios por metros (V/m) por lo que es inversamente proporcional a la distancia, es decir, si existe una mayor distancia en las distribuciones de las cargas la intensidad del campo eléctrico va a disminuir. Para que un campo eléctrico funcione se necesitan materiales conductores y para reducir su intensidad se utilizan aislantes (Cordero, 2016).

### 2.5.2. CAMPO MAGNÉTICO

Presenta las mismas características que el campo eléctrico, con la diferencia de que, para que se origine el campo magnético una carga eléctrica debe moverse,

este aparece alrededor de conductores circulantes de corriente y puede ser continuo o alterno. Es directamente proporcional a la intensidad de corriente pero inversamente proporcional a la distancia del elemento conductor, es decir, si aumenta la intensidad de corriente el campo magnético aumenta, pero disminuye si se aleja del elemento conductor (Vera, 2012).

### 2.5.3. CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

Según Alonso, García y Onaindia (2017) el campo electromagnético está determinado por el espectro cuya energía no es capaz de romper los enlaces atómicos, incluso a intensidades altas. Dentro de este espectro se encuentran desde los campos estáticos hasta la frecuencia máxima de 300 GHz. Dentro de la zona de radiación no ionizante se encuentran la luz visible y la radiación infrarroja.

### 2.5.4. UNIDADES DE MEDIDA

Según lo planteado por Velásquez (2005) la unidad de medida del campo eléctrico es el voltio por metro expresado como V/m, mientras que la unidad del campo magnético se expresa en amperios por metro enunciada como A/m, esta unidad puede ser llamada Gauss o Tesla dependiendo del sistema de unidades utilizado, como referencia se tiene una equivalencia de 1 Gauss =  $10^{-4}$  Tesla.

La densidad de potencia es el valor total del campo electromagnético, resulta de multiplicar el valor del el campo eléctrico y del campo magnético de un punto establecido, su unidad de medida es el vatio por metro cuadrado ( $w/m^2$ ), es decir:

$$\text{Campo Electromagnético} = \text{Campo eléctrico} * \text{Campo Magnético}$$

$$\frac{w}{m^2} = \frac{V}{m} * \frac{A}{m} \quad [2.1.]$$

Dónde:

V = Voltio

A = Amperio

m = metros

w = Vatios

## **2.6. RADIACIÓN**

La radiación es una forma de transmisión de la energía, tiene origen natural o antrópico, se produce cuando hay un desnivel energético de átomos o de moléculas y no se puede percibir a través de los sentidos, se considera un contaminante físico. Al interactuar con la materia, esta puede cambiarla, produciendo, por ejemplo, un aumento de la temperatura. Cuando la radiación entra en contacto con los humanos pueden ocurrir alteraciones en su salud, el efecto está condicionado por el tipo de radiación y la cantidad de radiación recibida (Klave *et al.*, 2002).

### **2.6.1. RADIACIÓN NO IONIZANTE**

Es la parte del espectro de baja frecuencia, que a pesar de tener una alta intensidad no puede causar ionización en los sistemas biológicos porque son demasiado débiles para romper los enlaces atómicos (Bonilla, 2016).

### **2.6.2. RADIOFRECUENCIAS**

Las radiofrecuencias son una forma de radiación no ionizante que corresponden a frecuencias mayores de 9 KHz o 2 GHz, que es la parte del espectro destinado a las telecomunicaciones (TV, radio, telefonía). Contienen energía suficiente para generar calor, pero no la ionización en los sistemas biológicos (Galache, 2013).

## **2.7. MEDIDOR DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO TM - 195**

Está diseñado para la medición y seguimiento en Radio Frecuencia (RF) de la intensidad de campo electromagnético y es capaz de medir el rango de frecuencias de 50MHz-3.5GHz (Tenmars, *sf*). Es ideal para las aplicaciones de:

- Medición de Potencia de RF para los transmisores.
- Medición de la intensidad de campo de las ondas electromagnéticas de alta frecuencia (RF).
- Medición de la densidad de potencia de radiación de la antena de una estación base de teléfono.
- Detección de dispositivos inalámbricos de cámara espía.

- Detección de LAN inalámbrica (Wi-Fi), instalaciones.
- Nivel de seguridad de radiación de teléfono celular/inalámbrico.
- Detección de fugas en hornos de microondas.
- Seguridad personal, ambiental de CEM.

### 2.7.1.

#### **CARACTERÍSTICAS**

La empresa Tenmars (sf) define las características de su equipo el TM – 195, estas son:

- Rango RF: 0.0038 V/m a 20V/m.
- Rango de frecuencia: 0.05 GHz a 3.5GHz.
- Sensores: Triple ejes (X, Y, Z).
- Memoria de registro de datos manual. (Máximo y promedio).
- Factor de calibración, alarma y configuración de reloj.
- Pantalla: Pantalla de cristal líquido (LCD), 4 1/2 dígitos lectura máxima de 19999 caracteres.
- Método de medición: Medición triaxial digital.
- Característica direccional: Isotrópico, triaxial.
- Selección del rango de medida: Rango continuo.
- Resolución de pantalla: 0.1 mV/m, 0.1  $\mu$  A/m, 0.001  $\mu$  W/m<sup>2</sup>, 0.001  $\mu$  W/cm<sup>2</sup>.
- Ajuste de tiempo: Normalmente 1.5 s (0 a 90% del valor de medición).
- Velocidad de muestreo: 1.5 veces por segundo.
- Alarma sonora: Zumbador.
- Unidades: mV/m, V/m,  $\mu$  A/m, mA/m,  $\mu$  W/m<sup>2</sup>, mW/m<sup>2</sup>,  $\mu$  W/cm<sup>2</sup>.
- Valor de demostración: Valor instantáneo medido, valor máximo, valor medio o el valor medio máximo.
- Función de alarma: Umbral ajuste con ON/OFF.
- Factor de calibración CAL: Ajustable.
- Memoria de datos manual y lectura de almacenamiento: 200 conjuntos de datos.
- Baterías: 9V NEDA 1604, IEC 6F22 o JIS 006P.
- Vida de la batería: 15 horas aproximadamente.

- Apagado automático: El tiempo predeterminado es de 15 minutos. Umbral ajustable: 0-99 minutos.
- Rango de temperatura de operación: 0° C a 50° C.
- Rango de humedad de operación: 25% a 75% HR.
- Rango de temperatura de almacenamiento: -10° C a 60° C.
- Rango de humedad de temperatura: 0% a 80% HR.
- Dimensiones: 60 x 60 x 195 mm.
- Peso (incluyendo la batería): Aprox. 200 g.

## **2.8. TIPOS DE EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN NO IONIZANTE POR CAMPO ELECTROMAGNÉTICO**

Castillo (2013) manifiesta que debido a las restricciones básicas que deben ser cumplidas y los niveles de referencia que determinan los casos que pueden ser superados, se han establecido límites y tipos de exposición que aseguran en cumplimiento de estas normativas. Para la clasificación de los tipos se dividen en dos grupos; exposiciones poblacionales y ocupacionales, entendiéndose así que el público general que no puede tener un control sobre la exposición o no puede alejarse de la fuente que irradia el campo electromagnético por motivos de ubicación domiciliaria se considera exposición poblacional, en cambio, cuando se tiene una exposición ocasional a elevada radiación no ionizante como consecuencia del trabajo y se puede controlar abandonando la zona o tomando medidas de seguridad se considera exposición ocupacional.

## **2.9. LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPO ELECTROMAGNÉTICO RECOMENDADOS POR EL CONATEL 2005**

Los límites recomendados del Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante propuesto por el CONATEL (2005) mediante la resolución No. 01-01-CONATEL-2005 de 11 de enero de 2005 publicado en el Registro Oficial No. 536 del 3 de marzo de 2005.

**Cuadro 2.3.** Límites Máximos de exposición por estación radioeléctrica fija.

Tipo de Exposición	Rango de frecuencias	Densidad de potencia de onda plana equivalente, S (W/m <sup>2</sup> )
<b>Ocupacional</b>	3 - 65 KHz	-
	0,065 - 1 MHz	-
	1 - 10 MHz	-
	10 - 400 MHz	10
	400 - 2000 MHz	f/40
	2 - 300 GHz	50
<b>Poblacional</b>	3 - 150 KHz	-
	0,15 - 1 MHz	-
	1 - 10 MHz	-
	10 - 400 MHz	2
	400 - 2000 MHz	f/200
	2 - 300 GHz	10

Fuente: CONATEL (2005).

## 2.10. EFECTOS DE LA RADIACIÓN NO IONIZANTE EN LA SALUD

Para Sanitas (2000) la humanidad se encuentra inmersa en un mar electromagnético natural, el campo magnético de la tierra y los fenómenos ondulatorios atmosféricos, sumados a los campos generados de manera antrópica, al inicio solo se refería a las torres de electricidad, pero al llegar la era tecnológica se empezó a tomar en cuenta los aparatos de uso doméstico, industrial y radares. Pero actualmente los campos electromecánicos se han empleado en la medicina, la industria, el comercio, en fin han invadido la vida diaria. La organización mundial de la salud afirma que los estudios realizados hasta el momento no son suficientes para evaluar el riesgo de la salud ocasionado por la radiación no ionizante.

Según Guerrero y Pérez (2006) los efectos de la radiación no ionizante los dividen en 3 tipos: térmico, no térmicos y atérmicos.

### 2.10.1. EFECTOS TÉRMICOS

Los efectos térmicos se producen cuando la energía electromagnética causan aumento en la temperatura del objeto o persona más de 1 °C (Portales, 2002). Permanecer expuesto a altas intensidades de campo electromagnético afecta principalmente a las moléculas de agua y los iones en los tejidos, los órganos más

afectados son el cristalino del ojo, los órganos parenquimatosos y los órganos huecos tales como la vejiga, el estómago y la vesícula biliar (Guerrero y Pérez, 2006).

### **2.10.2. EFECTOS NO TÉRMICOS**

Se producen cuando un cuerpo permanece expuesto a una baja intensidad de campo electromagnética y esta no es capaz de elevar la temperatura por encima de las oscilaciones normales del sistema biológico, hay evidencias de que exposiciones prolongadas a radiaciones de baja intensidad sean potencialmente nocivas, por el efecto no térmico de la exposición a radiaciones (Gutiérrez *et al.*, 2013).

La Organización Mundial de la Salud, investigadores norteamericanos y de países miembros del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) desestiman a los efectos no térmicos y niegan la posibilidad de que los campos de radiofrecuencias produzcan algún tipo de influencia biológica que no sea de origen térmico su principal argumento es que este tipo de ondas no generan mutaciones y no influyen en la iniciación del cáncer (Mena, 2014).

### **2.10.3. EFECTOS ATÉRMICOS**

Según Guerrero y Pérez (2006) los efectos atérmicos se producen cuando a pesar de permanecer en exposición a altas intensidades de campo electromagnético no se produce energía capaz de causar un aumento de la temperatura de un cuerpo debido al enfriamiento ambiental, los efectos biológicos comunes de este tipo de radiación son principalmente estimular corrientes eléctricas que pueden ser percibidas por las células nerviosas y musculares.

# CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

## 3.1. UBICACIÓN

La investigación se desarrolló dentro de la ciudad de Calceta, cabecera cantonal de Bolívar, en la provincia de Manabí ubicada entre las coordenadas 593017 E y 9906503 N.



### UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



**Figura 3.1.** Ubicación de la zona de estudio.  
**Fuente:** Imagen Satelital de Google Earth (2018).

## 3.2. DURACIÓN

El proyecto tuvo una duración de 6 meses que comprendieron desde Septiembre de 2019 hasta Febrero del 2020.

### **3.3. VARIABLES EN ESTUDIO**

#### **3.3.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Intensidad de campo electromagnético.

#### **3.3.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Antenas de telecomunicaciones.

### **3.4. MÉTODOS**

#### **3.4.1. MÉTODO ESTADÍSTICO**

En este estudio se empleó la estadística descriptiva, inicialmente se recopilaron datos cuantitativos y cualitativos, se realizaron tablas con los promedios de todos los resultados de las mediciones y se estableció la relación con los límites recomendados, esto se realizó en el software Microsoft Excel y se utilizó un gráfico de barras para representar los niveles de radiación obtenidos.

#### **3.4.2. MÉTODO ANALÍTICO**

Se utilizó el método analítico considerando que el GAD municipal de Bolívar no cuenta con información sobre las antenas existentes en la ciudad, por lo cual se realizó una recopilación bibliográfica sobre las características de las mismas y mediante la observación se hizo una comparación para llevar a cabo la ficha de caracterización de las antenas ubicadas dentro de casco urbano de la ciudad de Calceta.

#### **3.4.3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Este método sirvió principalmente para obtener datos de fuentes tales como libros, tesis y artículos científicos, concernientes a la caracterización de las antenas, además de conseguir referencias técnicas de los protocolos de mediciones, así como también, para adquirir información general sobre campo electromagnético relacionado con la salud y la influencia de las antenas de telecomunicaciones dentro de los cascos urbanos.

## **3.5. TÉCNICAS**

### **3.5.1. GEORREFERENCIACIÓN**

Mediante un GPS fueron georreferenciadas las 4 antenas de telefonía de la ciudad de Calceta, y de la misma manera se obtuvieron los datos de los puntos de muestreo, luego se empleó un software de información geográfica, para situar dichos puntos en formato shapefile mediante la elaboración de mapas, lo que facilitó la delimitación de las zonas de incidencia del campo electromagnético.

### **3.5.2. RECOLECCIÓN DE DATOS**

La recolección de datos para campo eléctrico, magnético y electromagnético se realizó mediante el equipo medidor de campo electromagnético, TM-195 Triple Axis Radio Frequency (RF) Digital Field Strength Meter EMF capaz de medir un rango de frecuencia de 50 MHz a 3.5 GHz.

### **3.5.3. ENCUESTA**

Para poder clasificar el tipo de exposición poblacional y ocupacional se aplicó encuestas en los puntos de interés, para determinar el tiempo que los individuos permanecen expuestos a la radiación electromagnética y si tienen conocimiento sobre los posibles efectos de la radiación electromagnética emitida por las antenas de telecomunicaciones. Cabe mencionar que Calceta cuenta con una población total de 17682 habitantes

### **3.5.4. FICHA DE CARACTERIZACIÓN**

Mediante la recopilación bibliográfica y con la ayuda de la observación se establecieron las fichas de caracterización, en estas fichas se tomó en cuenta principalmente el ancho de banda y las frecuencias con la que se manejan cada una de las antenas de telefonía presentes en el casco urbano de la ciudad de Calceta (ver anexo 1).

## **3.6. PROCEDIMIENTO**

### **3.6.1. FASE I. DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN LOS PUNTOS ESTABLECIDOS**

#### **ACTIVIDAD 1. GEORREFERENCIACIÓN DE ANTENAS DE TELEFONÍA Y LOS PUNTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO.**

Se georreferenciaron las antenas de telefonía y mediante un software de información geográfica fueron ubicadas dentro de una imagen satelital de la ciudad de Calceta obtenida de Google Earth del año 2018 mediante el formato shapefile - puntos, a partir de esto, se demarcó la zona de influencia del campo electromagnético y se determinaron los puntos de interés para realizar las mediciones en escuelas, hospitales, instituciones públicas, entre otros como lo indica (Aponte *et al.*, 2007).

#### **ACTIVIDAD 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS ANTENAS TELEFONÍA EXISTENTES EN LA CIUDAD DE CALCETA.**

Se contabilizaron las antenas de telecomunicaciones existentes en el casco urbano de Calceta, sin embargo, para el estudio únicamente se utilizaron las antenas de telefonía, para lograr la identificación de estas, se realizó una recopilación bibliográfica y a partir de la investigación de Fernández (2010) ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS, en conjunto con la observación, fueron comparadas las características de estas y clasificadas por su frecuencia y ancho de banda para posteriormente elaborar una ficha que detalle por separado los elementos restantes como la modulación y polarización de cada antena de telefonía.

#### **ACTIVIDAD 3. RECOLECCIÓN DE DATOS.**

En los puntos seleccionados se tomaron las mediciones de campo eléctrico, magnético y electromagnético mediante el equipo TM-195 Triple Axis Radio Frequency (RF) Digital Field Strength Meter EMF, se procedió como Aponte *et al.*, (2007) lo indica, a una altura de 1,5 metros desde el suelo y cada lectura tuvo una

duración de 6 minutos, luego se elaboró una tabla de resultados que fue comparada con los límites recomendados establecidos por el CONATEL, siguiendo la metodología aplicada por Bonilla (2016) se realizaron 3 mediciones diarias durante 6 semanas en horarios de 7:00 – 8:00, 12:00 – 13:00 y 17:00 - 18:00 para obtener resultados más representativos. La variable resultante fue campo electromagnético, dado en unidades de vatios por metro cuadrado ( $w/m^2$ ) y se halló multiplicando los valores de campo eléctrico por campo magnético.

$$\frac{w}{m^2} = \frac{V}{m} * \frac{A}{m} \quad [3.1.]$$

Dónde:

V = Voltio

A = Amperio

m = metros

w = Vatios



Figura 3.2 TM 195 Triple Axis Radio Frequency (RF) Digital Field Strength Meter EMF.

#### **ACTIVIDAD 4. APLICACIÓN DE ENCUESTAS**

Después de identificar las zonas de incidencia, se aplicó una encuesta de preguntas cerradas a la población para determinar el nivel de conocimiento que estos tienen sobre los posibles efectos de la radiación electromagnética sobre los seres humanos y su estado de exposición (ver anexo 1).

$$n = \frac{k^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(e^2 \cdot (N-1) + k^2 \cdot p \cdot q)} \quad [3.2.]$$

Dónde:

N: Población Total

k: Nivel de Confianza

e: error muestral deseado

p: probabilidad a favor

q: probabilidad en contra

## **ACTIVIDAD 5. PROCESAMIENTO DE RESULTADOS**

Con los resultados obtenidos en las encuestas se determinó el tipo de exposición al que se somete diariamente la población, según Castillo (2013), se pueden clasificar en 2 tipos que son: poblacional cuando sus domicilios se encuentran ubicados dentro de las zonas de incidencia y es ocupacional si se tratan de oficinas, escuelas y puestos de trabajo.

### **3.6.2. FASE II. ELABORACIÓN DE MAPAS DE INCIDENCIA DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN LA CIUDAD DE CALCETA.**

#### **ACTIVIDAD 6. ELABORACIÓN DE MAPA DE INCIDENCIA.**

Con los resultados obtenidos en la fase 1 de georreferenciación y recolección de datos donde se estableció la ubicación de las antenas y considerando los lineamientos de Aponte *et al.*, (2007) para establecer zonas de incidencia en la ciudad de Calceta, se procedió a la elaboración de mapas tomando en cuenta un radio de 30 metros desde cada punto de muestreo y para identificar la intensidad del campo electromagnético que influye en cada punto, se establecieron 3 rangos utilizando intervalos que pueden ir desde 0.0020 w/m<sup>2</sup> hasta 0.20 w/m<sup>2</sup> que fueron expresados por 3 colores: verde para el rango bajo, amarillo para el rango medio y rojo para el rango alto (Andrade y Contreras, 2014).

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### FASE I. DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN LOS PUNTOS ESTABLECIDOS

#### ACTIVIDAD 1. GEORREFERENCIACIÓN DE LAS ANTENAS Y LAS ZONAS DE INCIDENCIA DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO.

Según la ARCOTEL (2019) dentro del casco urbano de Calcuta existen 4 antenas correspondientes a cada una de las 3 empresas existentes en el país 1 de CONECEL S.A., 2 de OTECEL S.A. y 1 de CNT E.P. en la Figura 4.1 se puede apreciar la ubicación de cada una de las antenas, seguida del cuadro de las respectivas coordenadas.



#### Georreferenciación de las Antenas de Telefonía en la ciudad de Calcuta



**Figura 4.1.** Georreferenciación de las antenas.  
**Fuente:** Imagen Satelital de Google Earth (2018).

La antena de la empresa CONECEL S.A. se encuentra en el barrio “Las Mercedes”, una de las antenas de la empresa OTECEL S.A. se sitúa en la calle Granda Centeno y Salinas donde inicia la vía al cantón Junín y la segunda base se sitúa sobre la

Avenida Estudiantil en el barrio “Inés Moreno”, mientras que la antena de la empresa CNT E.P. se ubica en el centro de la ciudad, en las calles Bolívar entre Pichincha y Granda Centeno detrás de las oficinas de CNT, a pocos metros de la iglesia San Agustín. En el cuadro 4.1 se pueden visualizar las coordenadas GPS de las antenas de telefonía de la ciudad de Calceta.

**Cuadro 4.1.** Coordenadas de las antenas.

<b>GEORREFERENCIACIÓN DE LAS ANTENAS</b>			
<b>BASE</b>	<b>DIRECCIÓN DE LOCALIZACIÓN</b>	<b>COORDENADAS</b>	
		<b>E</b>	<b>N</b>
CONECCEL	BARRIO LAS MERCEDES	593585	9906663
OTECCEL 1	CALLE GRANDA CENTENO (VÍA JUNÍN)	592843	9906312
OTECCEL 2	BARRIO INÉS MORENO	592341	9906713
CNT	CALLE BOLÍVAR	593049	9906337

Fuente: Elaboración Propia.

Al igual que en la ciudad de Calceta, en la ciudad de Quito también se sitúan las antenas de telefonía dentro de la ciudad, según informó Silva (2017) que hasta esa fecha existían 591 antenas de telefonía dentro del perímetro urbano y aunque desde otra perspectiva Uribe (2014) no las cuantifica, hace un pronunciamiento sobre la ubicación de antenas dentro de las ciudades, ambos plantean evaluar a profundidad los daños que estas puedan tener sobre los seres humanos y también proponen realizar un trabajo de mimetización en las mismas. Por otro lado Cáceres (2016) afirma que se debe trabajar directamente con la sociedad, exponiendo resultados de mediciones de radiación no ionizante y explicando cuando y en qué zonas esta radiación pueda llegar a perjudicar a la salud de las personas.

## **ACTIVIDAD 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS ANTENAS DE TELEFONÍA EXISTENTES EN LA CIUDAD DE CALCETA.**

Bajo el modelo de ficha utilizado por Fernández (2010) en su estudio, se planteó la caracterización de las antenas de telefonía existentes en el casco urbano de la ciudad de Calceta. Se recalca que las operadoras CONECCEL y OTECEL tienen muchas características similares como por ejemplo manejan el mismo ancho de banda de 850 MHz con una frecuencia de funcionamiento de 850 MHz a 1900MHz, una misma modulación de onda brindando coberturas UMTS/HSDPA y redes

GPRS/GSM/EDGE. Lo que las diferencia en algunos casos es el tipo de antena utilizada para brindar sus servicios (ver cuadros 4.2, 4.3 y 4.4).

En cuanto a la empresa CNT, se maneja con un ancho de banda de 1900 MHz y dos sub-bandas F y F' brindando cobertura HSDPA/HSDPA+, mediante la resolución 622-32-CONATEL- 2007 el Consejo Nacional de Telecomunicaciones concedió a la empresa OTECEL utilizar un ancho de banda de 5 MHz para una frecuencia de 1892-1895 MHz y 1972 -1975 MHz (ver cuadro 4.5).

**Cuadro 4.2:** Ficha de caracterización antena CONECEL.

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE ANTENAS: ANTENA CONECEL S. A.						
	Características	SISTEMA GSM		SISTEMA UMTS		
	Frecuencias de funcionamiento	850 MHz	824 MHz a 880 MHz		850 MHz	824 MHz a 880 MHz
		1900 MHz	1865 MHz a 1950 MHz		1900 MHz	1865 MHz a 1950 MHz
Ancho de banda	850 MHz		850 MHz			
Modulación	GSM/GPRS/EDGE		UMTS/HSDPA			
Polarización	Vertical		Cruzada			
Información a transmitir	Telefonía y datos		Telefonía y datos			

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.3:** Ficha de caracterización antena OTECEL.

<b>FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE ANTENAS: ANTENA OTECEL S. A.</b>						
	<b>Características</b>	<b>SISTEMA GSM</b>		<b>SISTEMA UMTS</b>		
	<b>Frecuencias de funcionamiento</b>	<b>850 MHz</b>	835 MHz a 894 MHz		<b>850 MHz</b>	835 MHz a 894 MHz
		<b>1900 MHz</b>	1865 MHz a 1950 MHz		<b>1900 MHz</b>	1865 MHz a 1950 MHz
	<b>Ancho de banda</b>	850 MHz		850 MHz		
	<b>Modulación</b>	GSM/GPRS/EDGE		UMTS/HSDPA		
	<b>Polarización</b>	Vertical		Cruzada		
	<b>Información a transmitir</b>	Telefonía y datos		Telefonía y datos		

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4.4:** Ficha de caracterización antena OTECEL 2.

<b>FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE ANTENAS: ANTENA OTECEL 2 S. A.</b>				
	<b>Características</b>	<b>SISTEMA UMTS</b>		
	<b>Frecuencias de funcionamiento</b>	<b>850 MHz</b>	835 MHz a 894 MHz	
		<b>1900 MHz</b>	1865 MHz a 1950 MHz	
	<b>Ancho de banda</b>	850 MHz		
	<b>Modulación</b>	UMTS/HSDPA		
	<b>Polarización</b>	Cruzada		
	<b>Antena</b>	Sectorial		
<b>Información a transmitir</b>	Telefonía y datos			

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.5: Ficha de caracterización antena CNT.

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE ANTENAS: ANTENA CNT E. P.		
Características	SISTEMA UMTS	
	Frecuencias de funcionamiento	1900 MHz
Ancho de banda	1900 MHz	
Sub - banda	F	
	F'	
Modulación	HSDPA/HSDPA+	
Polarización	Cruzada	
Antena	Sectorial	
Información a transmitir	Telefonía y datos	

Fuente: Elaboración propia.

### ACTIVIDAD 3. RECOLECCIÓN DE DATOS.

Se tomaron 14 puntos para muestrear campo eléctrico, magnético y electromagnético dentro del caso urbano de la ciudad de Calceta, en la Figura 4.2 se puede apreciar el mapa de ubicación de los puntos, estos se situaron cerca de escuelas, colegios, oficinas y barrios para llevar una relación de equidad entre la radiación poblacional y ocupacional.



**Figura 4.2.** Puntos de muestreo.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Imagen Satelital de Google Earth (2018).

A continuación en el cuadro 4.6 se encuentran detallados todos los puntos, con sus respectivas coordenadas y sus direcciones. Los horarios de los muestreos fueron: de 7:00 a 8:00, de 12:00 a 13:00 y de 17:00 a 18:00, dada la similitud de los resultados al no evidenciarse diferencias numéricas no prolongadas en los resultados, se utilizó el promedio del campo electromagnético en los tres ejes X, Y y Z en cada uno de los puntos.

**Cuadro 4.6:** Cuadro de ubicación de los puntos de muestreo.

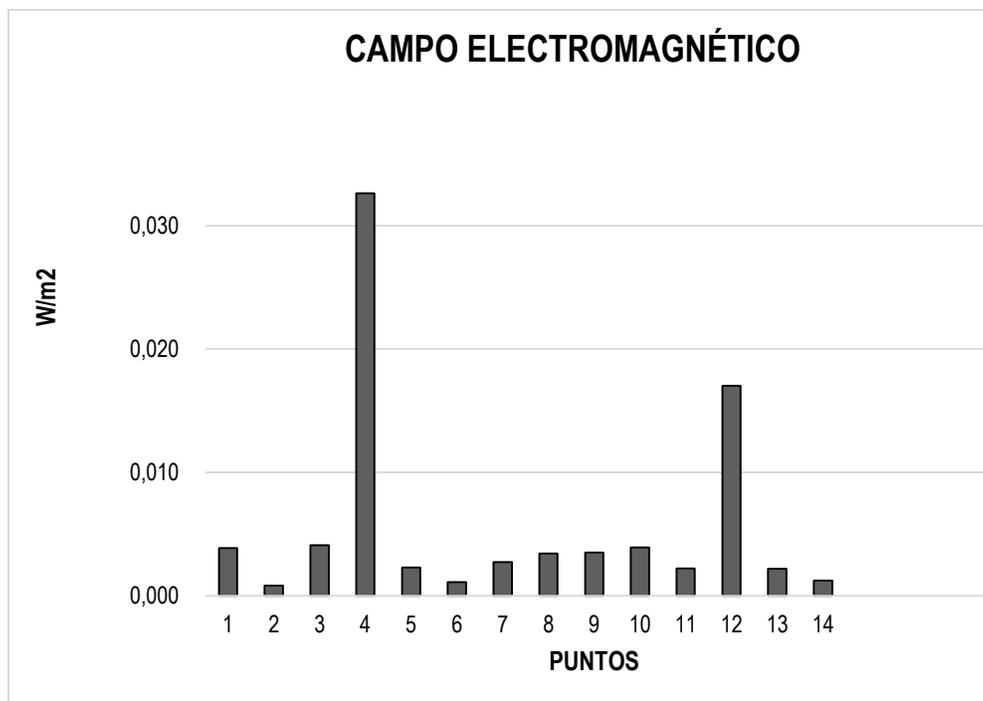
PUNTOS	DIRECCIÓN DE LOCALIZACIÓN	COORDENADAS	
		E	N
Punto 1	TERMINAL TERRESTRE DE CALCETA	593497	9906602
Punto 2	CALLE SALINAS Y GRANDA CENTENO	592899	9906353
Punto 3	CALLE 10 DE AGOSTO Y GRANDA CENTENO	592946	9906377
Punto 4	CALLE 10 DE AGOSTO Y RICAURTE	592921	9906476
Punto 5	CALLE CHILE Y RICAURTE	593174	9906508
Punto 6	CALLE 10 DE AGOSTO Y PICHINCHA	593000	9906257
Punto 7	CALLE CESAR OVIDIO VILLAMAR Y SUCRE	593057	9906606
Punto 8	CALLE LUIS MARÍA PUINTO Y RICAURTE	592771	9906418
Punto 9	BARRIO INÉS MORENO	592474	9906750
Punto 10	CALLE 10 DE AGOSTO Y 13 DE OCTUBRE	592850	9906815
Punto 11	CALLE SALINAS Y SERGIO DOMINGO DUEÑAS	592832	9906654
Punto 12	AV.SIXTO DURÁN BALLÉN (COLEGIO MERCEDES)	593312	9906213
Punto 13	CALLE JUAN MONTALVO (COLEGIO PABLO VI)	593541	9906338
Punto 14	BARRIO SANTA MARTHA	592314	9906753

Fuente: Elaboración propia.

En el casco urbano de la ciudad de Calceta se contabilizaron un total de 12 antenas que corresponden a 4 antenas de telefonía, 4 antenas repetidoras, 2 antenas de internet (Wi-Fi) y 2 antenas de modulación de frecuencia.

Para el estudio se midieron 3 variables en el casco urbano de la ciudad de Calceta: Campo Eléctrico, Campo Magnético y Campo Electromagnético en los ejes espaciales X, Y, y Z. El resultado del campo electromagnético se calculó con el producto del campo eléctrico por el campo magnético y se promediaron los valores de todas las mediciones realizadas en cada uno de los 14 puntos.

Se realizó un gráfico de barras para observar el comportamiento del campo electromagnético en los puntos de muestreo, en el cual se observa el aumento de radiación no ionizante en los puntos 4 y 12, como los resultados son muy bajos es imposible apreciar la recta límite, porque al momento de dimensionar este con los resultados el gráfico se distorsiona y se vuelve imperceptible (ver gráfico 4.1)



**Gráfico 4.1.** Intensidad del campo electromagnético en los 14 puntos.

**Fuente:** Elaboración propia.

Dentro de los datos obtenidos se pueden evidenciar 2 picos de mayor valor en los puntos 4 y 12. En lo que respecta al punto 4, se puede establecer una relación de los resultados por una antena repetidora que se encuentra arriba del edificio del punto de muestreo, la cual brinda cobertura a los comunicadores, a esto se le puede sumar la presencia de los radio comunicadores utilizados por los taxistas de la cooperativa San Agustín ubicados en el mismo punto.

En cuanto al punto 12, la variación puede estar influenciada por la presencia de la antena moduladora de frecuencia de Radio Carrizal, ubicada a una cuadra del punto de muestreo. Esto afirma que algunos dispositivos inalámbricos producen mayor radiación no ionizante aumentando el campo electromagnético de una zona determinada, pero aun así estas radiaciones no son suficientes para causar ningún tipo de afectación a la salud. A continuación en el cuadro 4.7 se muestra el resumen de los resultados del campo electromagnético de los 14 puntos en comparación con los valores recomendados por el CONATEL para exposición poblacional y ocupacional respectivamente.

Cuadro 4.7: Resultados de campo electromagnético.

COMPARACIÓN DE VALORES DE EXPOSICIÓN CAMPO ELECTROMAGNÉTICO					
PUNTOS	Campo Electromagnético W/m <sup>2</sup>	CONATEL			
		RANGO POBLACIONAL		RANGO OCUPACIONAL	
		850mMHz	1900 MHz	850mMHz	1900 MHz
Punto 1	0,0039	4.25 W/m <sup>2</sup>	9.75 W/m <sup>2</sup>	21.25 W/m <sup>2</sup>	48.75 W/m <sup>2</sup>
Punto 2	0,0008				
Punto 3	0,0041				
Punto 4	0,0326				
Punto 5	0,0023				
Punto 6	0,0011				
Punto 7	0,0027				
Punto 8	0,0034				
Punto 9	0,0035				
Punto 10	0,0039				
Punto 11	0,0022				
Punto 12	0,0170				
Punto 13	0,0022				
Punto 14	0,0012				

Fuente: Elaboración propia.

Al momento de comparar estos resultados con los límites recomendados por el CONATEL se pudo evidenciar que estos se mantienen muy por debajo del límite tanto para las exposiciones poblacional y ocupacional.

En la investigación realizada por Castillo (2013) en la ciudad de Riobamba se constató que las radiaciones emitidas por antenas moduladoras de frecuencia son mucho más altas que las antenas de telefonía, desde una perspectiva similar en la ciudad de Cuenca, en su publicación Andrade y Contreras (2014) afirman que el 67% del máximo de los valores de radiación no ionizante se deben a antenas de radio y sus resultados representan un 1% del límite propuesto por la UIT en su recomendación K.52.

De la misma manera Fandiño, Arana y Trilleras (2018), en el estudio aplicado en el Municipio de Soledad en Colombia obtuvieron resultados similares alcanzando un 0.3% del límite local, al igual que esta investigación, donde los resultados más altos corresponden al 0.7% y 0.4% del límite de campo electromagnético, se demuestra

que las radiaciones no ionizantes emitidas por las antenas de telecomunicaciones en la ciudad de Calceta no sobrepasan los límites recomendados por el CONATEL.

#### **ACTIVIDAD 4. APLICACIÓN DE ENCUESTAS**

La encuesta (ver anexo 1) fue aplicada para determinar el tipo de exposición de la población a las radiaciones no ionizantes y también la incidencia que consideran que tienen en su salud, teniendo en cuenta que la población total de la Ciudad de Calceta es de 17.682 habitantes, se aplicó la fórmula de población finita para obtener la muestra poblacional que fue de 140 personas.

##### **Fórmula de población finita:**

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

Dónde:

N: Población Total (17682 hab.)

k: Nivel de Confianza 90% (1,65 – 90%)

e: error muestral deseado (0,07 – 7%)

p: probabilidad a favor (0,5 – 50%) es el peor caso

q: probabilidad en contra (0,5 – 50%)

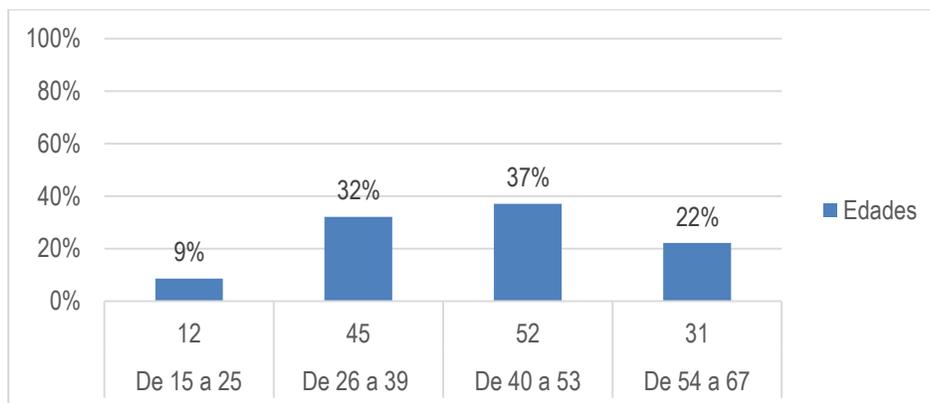
$$n = \frac{1,65^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 17682}{(0,07^2 \cdot (17682 - 1) + 1,65^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5)}$$

$$n = 138$$

Debido a la heterogeneidad de la población, se realizaron 140 encuestas.

## Edad de la población

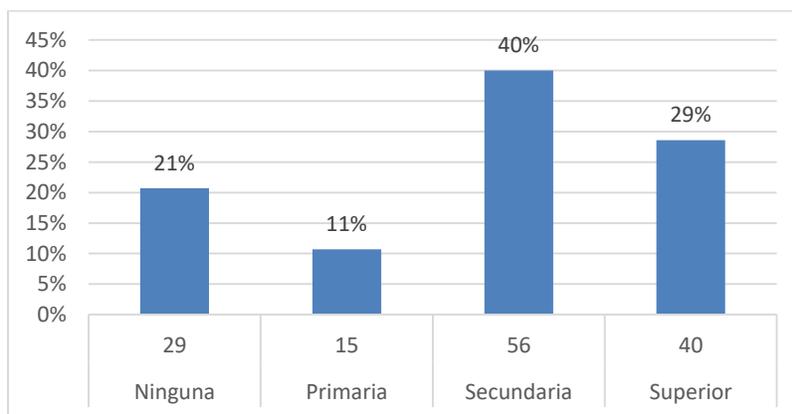
El 9% de la población encuestada corresponde a una edad de 15 a 25 años, el 22% una edad de 54 a 67 años, el 32% tiene una edad de 26 a 39 años, mientras que el 37% tiene la edad de entre 40 a 53 años.



**Gráfico 4.2.** Edades de los encuestados.  
Fuente: Elaboración propia.

## Nivel de educación de los encuestados

El 69% de las personas encuestadas han cursado una educación secundaria y superior, esto indica que la mayoría de la población tiene un alto nivel de instrucción a diferencia del 32% restante que tienen un nivel de instrucción bajo debido a que no han realizado ningún estudio o solo han llegado a cursar la primaria



**Gráfico 4.3.** Nivel de educación de los encuestados.  
Fuente: Elaboración propia.

## 1 ¿Tiene conocimiento sobre las antenas de telefonía existentes en la ciudad de Calceta?

De la población encuestada el mayor número de personas representadas por el 87% tiene conocimiento sobre las antenas de telefonía existente en la ciudad, pero el 13% tiene un desconocimiento total acerca del tema.

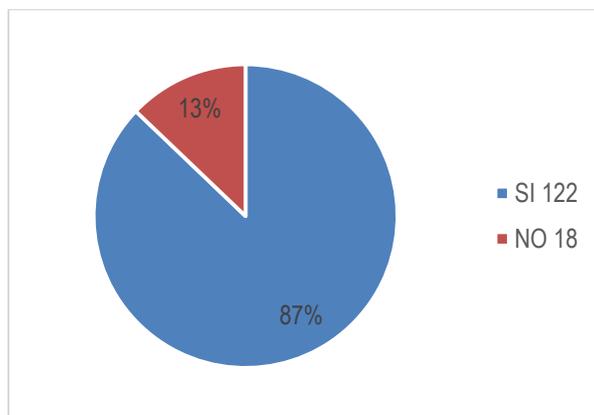
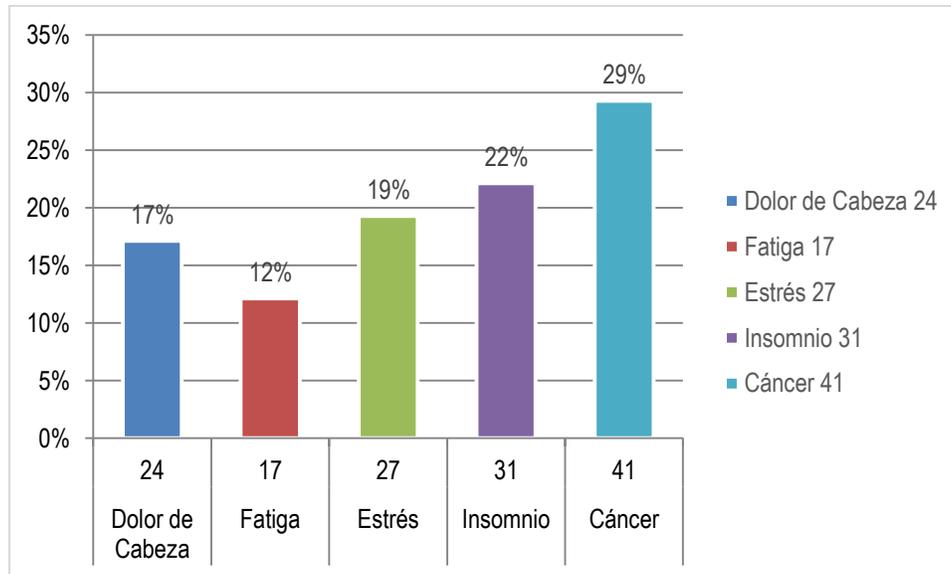


Gráfico 4.4. Respuestas de la pregunta 1.  
Fuente: Elaboración propia.

## 2-3. ¿Tiene conocimiento de casos en los que las antenas de telecomunicaciones hayan ocasionado daños a la salud? ¿Cuáles de las siguientes afectaciones a la salud cree Ud. que se producen por las emisiones de las antenas de telefonía?

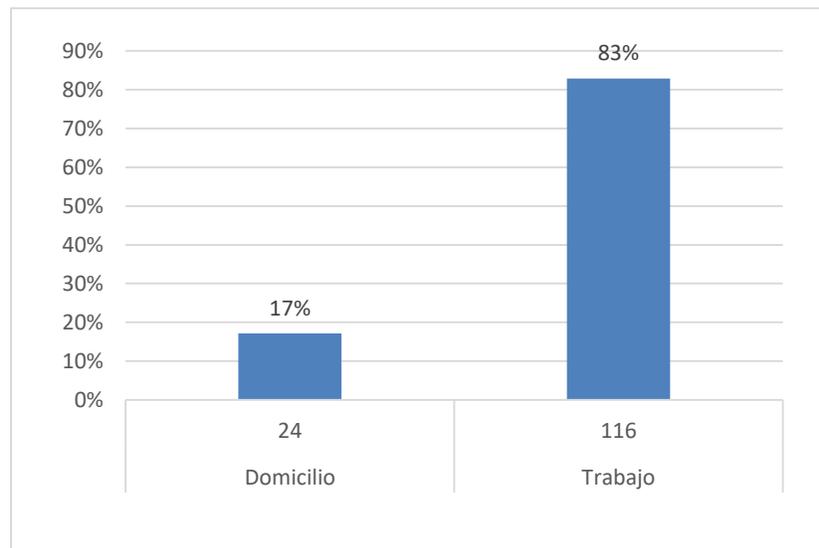
La mayoría de la población encuestada afirma que desconoce de afectaciones en la salud causada por las antenas esto representa el 89%, mientras un 11% testifica que tiene conocimiento sobre enfermedades causadas por las antenas. Aun cuando en la pregunta anterior la mayoría de los encuestados sostienen que no conocen sobre afectaciones en la salud causada por las emisiones de las antenas de telecomunicación el 29% considera que el cáncer se produce por las ondas electromagnéticas, un menor porcentaje de los encuestados que representan el 12% sostiene que las emisiones de las antenas causan fatiga, un 17% afirman que causa dolor de cabeza, el 19% cree que causa estrés, y 22% respondió que es una causa del insomnio.



**Gráfico 4.5.** Respuestas de la pregunta 2 y 3.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4 ¿Cerca de su lugar de domicilio o trabajo existen antenas?

De la muestra poblacional encuestada, un 83% tiene antenas cerca de su trabajo y el 17% cerca de su domicilio, lo que da como conclusión que la exposición es mayoritariamente ocupacional.



**Gráfico 4.6.** Respuestas de la pregunta 4.  
Fuente: Elaboración propia.

## 5 ¿A qué distancia aproximadamente se encuentran las antenas?

En lo que respecta a los domicilios, el 38% de los encuestados viven entre 200 y 300 metros siendo esta una distancia prudencial con respecto a las antenas de telecomunicaciones, , mientras que en el caso de los trabajadores que se desempeñan diariamente cerca de la presencia de antenas, afirman estar situados a una distancia aproximada de entre 50 y 100 metros, estos representan a la mayoría de trabajadores encuestados alcanzando un 58%, se puede evidenciar que en ambos casos son muy pocas las personas se encuentran a menos de 10 metros de las antenas.

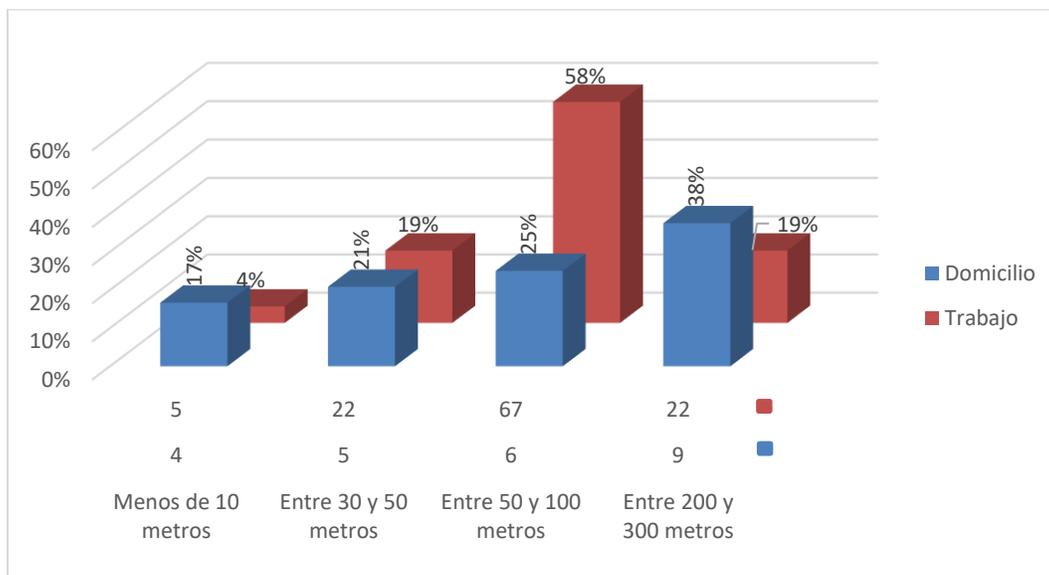
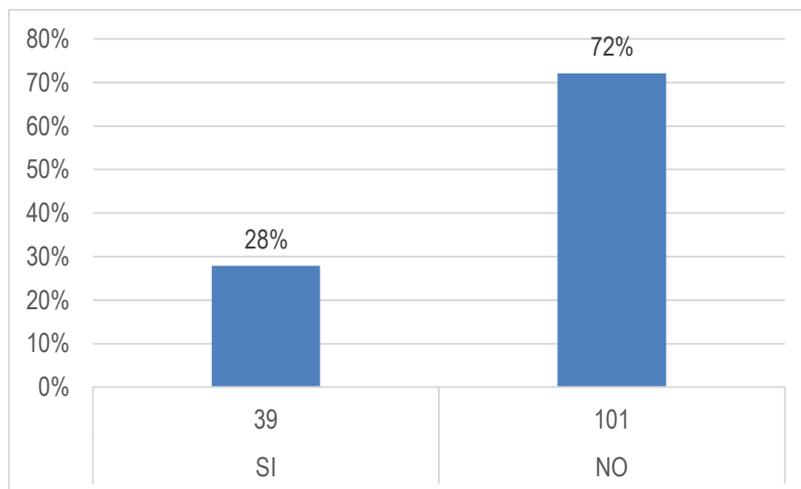


Gráfico 4.7. Respuestas de la pregunta 5.

Fuente: Elaboración propia.

## 6. Cree Ud. ¿Qué permanecer cerca de estas antenas ha afectado a su salud?

Un 72% de los encuestados que representan el mayor porcentaje consideran que permanecer cerca de las antenas no ha afectado a su salud, mientras que el 28% restante creen que si han tenido afectaciones a su salud a causa de la cercanía con las antenas.



**Gráfico 4.8.** Respuestas de la pregunta 6.  
Fuente: Elaboración propia.

Avendaño, Gonzaga y Ruiz (2013) determinaron a través de su encuesta que la mayoría de las personas encuestadas en la ciudad de Guayaquil se encuentran inmersas en una exposición ocupacional, de la misma manera en la ciudad de Riobamba, Castillo (2013) obtuvo resultados similares con una mayoría representada por el 91% con exposiciones menores a 10 horas, esta investigación alcanza también un 83% de exposición ocupacional, cabe recalcar que tanto en las 2 investigaciones propuestas como en esta, la mayoría de personas encuestadas cree que permanecer cerca de estas antenas no afecta en absoluto a su salud.

## **FASE II. ELABORACIÓN DE MAPAS DE INCIDENCIA DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN LA CIUDAD DE CALCETA.**

### **ACTIVIDAD 6. ELABORACIÓN DE MAPA DE INCIDENCIA**

A pesar de que los valores de campo electromagnético no sobrepasan los límites recomendados por el CONATEL los resultados se dividieron entre los 3 rangos y los intervalos tomados para ello fueron, el mínimo de  $0.0020 \text{ w/m}^2$  para radiación baja y media, obteniéndose en el resultado bajo, 7 puntos los cuales fueron: 2, 5, 6, 7, 11, 13, 14; en el resultado medio, 5 puntos que fueron: 1, 3, 8, 9, 10 y en el resultado alto se utilizó el intervalo más alto que fue de  $0.20 \text{ w/m}^2$  donde se encontraron 2

puntos que fueron el 4 y el 12 y se utilizaron los colores de los rangos para demarcar la incidencia.

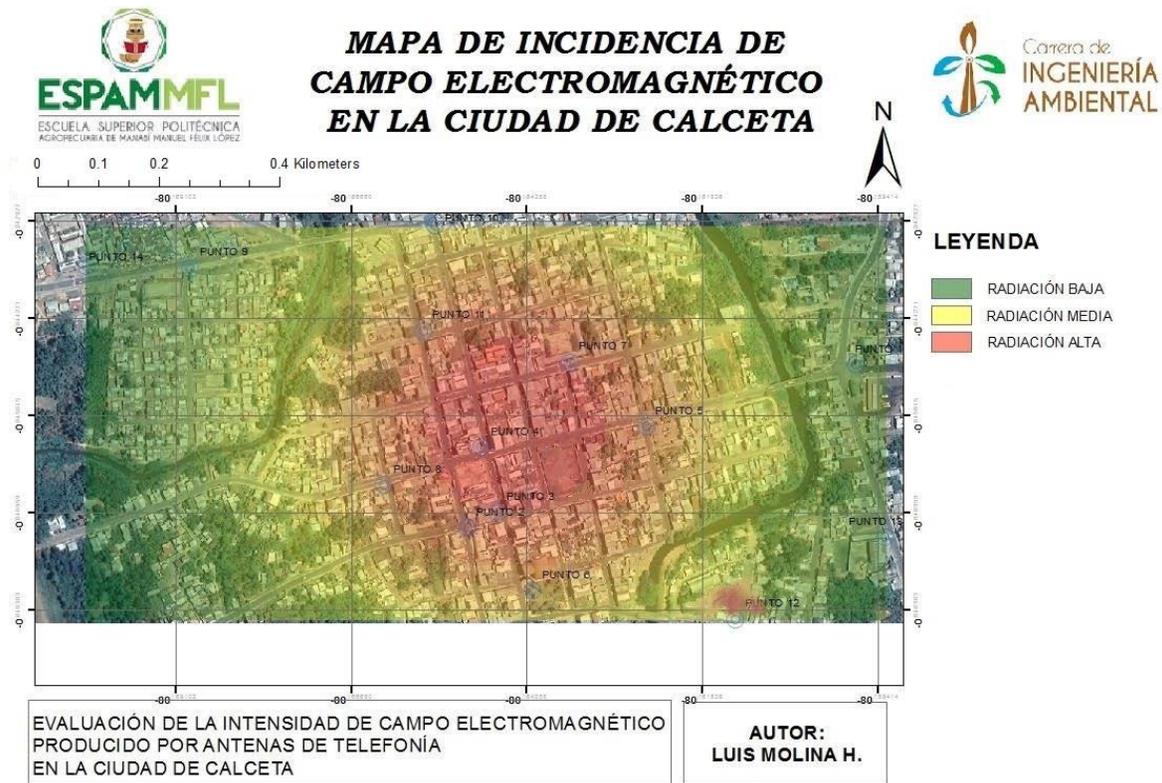
**Cuadro 4.8:** Rangos de CEM por colores.

RESULTADOS	INTERVALOS	RANGO	COLORES
Resultados Mínimos	0.0007	0.0020	VERDE
	0.0027		
Resultados Medios	0.0028	0.0020	AMARILLO
	0.008		
Resultados Máximos	0.01	0.2	ROJO
	0.03		

Fuente: Elaboración propia

Los 14 puntos fueron clasificados dentro de los rangos propuestos y se procedió a realizar el mapa de incidencia de campo electromagnético mostrando una mayor radiación en la zona céntrica de la ciudad de Calceta comprendida desde la calle Cesar Ovidio Villamar hasta la calle Granda Centeno y desde la calle Salinas hasta la calle Bolívar, cabe mencionar que esta zona está influenciada por las antenas CNT y OTECEL 1, conjuntamente con 3 antenas repetidoras utilizadas para comunicación local y 2 antenas de internet.

Se aprecia también la variación en el punto 12 cerca del colegio Mercedes, aumento influenciado principalmente por la antena moduladora de frecuencia de Radio Carrizal.



**Figura 4.4** Mapa de incidencia de campo electromagnético.

**Fuente:** Elaboración Propia a partir de imagen satelital de Google Earth (2018).

Según Zambrano (2016) en su investigación realizada en la ciudad de Guayaquil, afirma que la radiación no ionizante por campo electromagnético no sobrepasa los límites recomendados por la ICNIRP, por lo que considera que no es necesario realizar un mapeo de zonas de influencias, a diferencia de Idrovo (2015) que asegura que es indispensable realizar un levantamiento cartográfico dinámico de intensidad de radiación no ionizante, que demuestre que el campo electromagnético no sobrepasa los límites recomendados por normas nacionales e internacionales, sin embargo ambos concuerdan en que se debe informar a la población inmersa en las zonas de incidencia.

# **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CONCLUSIONES**

- El campo electromagnético producido por la radiación no ionizante de las 4 antenas de telefonía existentes en la ciudad de Calceta, no sobrepasa los límites recomendados por el CONATEL, a pesar de que los puntos 4 y 12 son los picos más altos, estos niveles solo representan el 0.7% y 0.4% del límite propuesto respectivamente, debido a que estas variaciones se deben a la presencia de antenas moduladoras de frecuencia y la focalización de aparatos tecnológicos en cada zona.
- La encuesta arrojó que el 83% de la población afirma mantenerse en una exposición ocupacional ya que manifiestan que durante sus labores se encuentran entre los 50 y 100 metros de distancia con las antenas de telecomunicaciones, también se pudo evidenciar que aunque aseguran no sentirse perturbados por la presencia de antenas no niegan la posibilidad de poder contraer una enfermedad, lo que demuestra que desconocen de los efectos de la radiación no ionizante en la salud humana.
- En el mapa de incidencia se pudo determinar que la zona céntrica del casco urbano de Calceta es la más irradiada por el campo electromagnético, debido a que en este lugar se encuentran las antenas CNT y OTECEL 1, conjuntamente con 3 antenas repetidoras utilizadas para comunicación local y 2 antenas de internet.

## **RECOMENDACIONES**

- Para realizar mediciones en la fuente se recomienda tener en cuenta la distancia y la altura que tiene la antena con respecto al punto de muestreo, para establecer una posible relación entre la distancia y la intensidad de campo electromagnético.
- Utilizar esta investigación como referente para campañas de información a la comunidad, sobre el no riesgo para la salud de la ciudadanía, de la

exposición a la presencia de antenas de telecomunicaciones en el casco urbano de la ciudad de Calceta.

- Se recomienda que el municipio realice una actualización de la información de las antenas de telecomunicaciones existentes en el cantón, para mantener un inventario organizado de antenas de internet, telefonía, radio y televisión para que esa información sirva como línea base de futuras investigaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

\_\_\_\_. s.f. Campos electromagnéticos. ¿Qué son los campos electromagnéticos?

Aguirre, A. 2007. Antenas causan temor en las zonas urbanas. El Universo – Economía. ECU.

Alonso, E; García, R. y Onaindia, C. 2017. Campos electromagnéticos y efectos en salud. Subdirección de Salud Pública de Bizkaia. Trabajo de investigación. España 70pp. Formato PDF. vol.21 no.5 Camagüey set.-oct. ISSN 1025-0255 Disponible en:  
[https://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/salud\\_amb\\_campos\\_electrom/es\\_def/adjuntos/cem\\_es.pdf](https://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/salud_amb_campos_electrom/es_def/adjuntos/cem_es.pdf)

Andrade, D. y Contreras, C. 2014. Medición y análisis de nivel de exposición a radiaciones no ionizantes (RNI) en ambientes indoor en la ciudad de Cuenca, dentro del espectro radioeléctrico en la banda de frecuencia de telefonía celular (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador

Anguera, J y Pérez, A. 2008. Teoría de las antenas. 1 ed. España. Barcelona

Aponte, G; Escobar, A; Pinedo, C. y Arizabaleta, G. 2007. Medición de campos electromagnéticos en la ciudad de Cali, Colombia. Información tecnológica. vol.18, n.3, pp.39-47. ISSN 0718-0764.

ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones). 2019. Radiobases por operador y tecnología a nivel provincial Abril 2019.

Bonilla, L. 2016. Modelación matemática de la radiación no ionizante producida por las estaciones base de telefonía celular (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones. Revista INFOCIENCIA Vol. 10 N° 1.

Cáceres, V. 2016. La regulación ambiental: el caso de las antenas de telecomunicaciones en Argentina. Universidad Nacional de General

- Sarmiento. ARG. Actualidad Jurídica Ambiental, N°60, 4-28 ISSN: 1989-5666.
- Castaño, A. 2008. Ondas electromagnéticas. Física III. Facultad de Ingeniería. UNNE. Corrientes ARG. Pg 2. Formato PDF. Disponible en: <http://ing.unne.edu.ar/pub/fisica3/170308/teo/teo7.pdf>
- Castillo, L. 2014. Estudio de los niveles de radiación electromagnética no ionizante producidas por las antenas de radio, televisión y estaciones base de telefonía celular en varias zonas de la ciudad de Riobamba (Bachelor's thesis).
- CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones). 2005. Reglamento de Protección de Emisiones. Análisis al reglamento de protección de emisiones de radiación no ionizante generadas por el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.
- Cordero, P. 2016. Electromagnetismo. Editorial Universitaria de Chile.
- Cruz, V. (2009). Riesgo para la salud por radiaciones no ionizantes de las redes de telecomunicaciones en el Perú. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, v.26 n.1 ISSN 1726-4634.
- Fandiño, M; Arana, V; Trilleras, J. 2018. Análisis Comparativo de los Niveles de Exposición a Campos Electromagnéticos Irradiados por Estaciones de Telefonía Móvil en el Municipio de Soledad, Atlántico, en Colombia. Vol. 29 N°4, 157-166.
- Fernández, V. 2010. Ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS. Doctoral dissertation Universidad Politécnica de Valencia).
- Galache, P. 2013. Campos Electromagnéticos. Telefonía móvil y Salud Pública. Dirección General de Ordenación e Inspección Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid. ES. Recuperado de: [http://www.sei.gov.mk/clients/sei/admin/ckeditor/ckfinder/userfiles/images/Electromagnetic-fields\\_legislation\\_in\\_Spain\\_ES.pdf](http://www.sei.gov.mk/clients/sei/admin/ckeditor/ckfinder/userfiles/images/Electromagnetic-fields_legislation_in_Spain_ES.pdf)
- Guerrero, J; Pérez, J. 2006. Las Radiaciones no ionizantes y su efecto sobre la salud humana. Revista cubana medica militar. Cuba.

- Gutiérrez, M; Santana, J; Rodríguez, O; Fernández, L; Sarmiento, Y; Licea, R. 2013. Gestión ambiental de la radiación de microondas de radares meteorológicos en Cuba. Efectos en la salud. Revista Cubana de Meteorología. Vol. 19. N° 2. p 169 – 187
- Huidobro, J. 2013. Antenas de Telecomunicaciones. Madrid, ES. ACTA Revista digital de Autores Científico-Técnicos y Académicos. Vol.20. Formato PDF. Disponible en: [https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/020001.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/020001.pdf)
- ICNIRP (Comisión internacional de protección contra la radiación no ionizante). 2014. Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos Formato PDF. Recuperado de: <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdlesp.pdf>
- Idrovo, E. 2015. Diseño de una cartografía dinámica de intensidad de radiación no ionizante en los predios de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Knave, B; Mild, K; Sliney, H; Matthes, R; Sliney, H. y Grandolfo, M. 2002. RADIACIONES NO IONIZANTES. RIESGOS GENERALES. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Formato PDF. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsast/e/fulltext/enciclopedia/49.pdf>
- Medina Guzmán, H. 2009. Física 1. Capítulo 2. Movimiento Oscilatorio. Pontificia Universidad Católica de Perú. PE
- Mena, S. 2014. Los campos eléctricos y magnéticos en las subestaciones eléctricas. Revista de Electricidad y telecomunicaciones de CIEEPI (Colegio de Ingenieros eléctricos y electrónicos de Pichincha). EC. Edición 27. p 16 – 18
- Monter, L y Ríos, D. 2016. Comunicaciones en redes. 1 ed. México. Hidalgo.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2000. Campos electromagnéticos y salud pública – los teléfonos móviles y las estaciones base

- Oppenheim, A; Willsky, A. y Nawab, S. (1998). Señales y sistemas. Pearson Educación.
- Ponce, E. 2016. Afectación ambiental por campos electromagnéticos de baja frecuencia y potenciales riesgos a la Salud Pública. Dominio de las Ciencias, Vol. 2, núm. 4, oct., 2016, pp. 308-322 Dom. Cien., ISSN: 2477-8818
- Portales, M. 2002. Contaminación Electromagnética y salud. Revista Scielo. Vol. 35. pp 3 – 5. Cuba.
- Sanitas. 2000. Radiaciones no ionizantes, medio ambiente y cáncer. Pulsomed. P 1-4.
- Silva, C. 2017. Evaluación del impacto social y visual, de las estaciones de telefonía móvil en la ciudad de Quito, y propuestas para mejorar la gestión (Bachelor's thesis, Quito, 2017.).
- Strother, G. y Bromberg, P. 1981. *Física: aplicada a las ciencias de la salud*. McGraw-Hill.
- Uribe, Y. 2014. Telefonía celular y el cáncer, un debate científico-tecnológico-público. ArtefaCToS. Revista de estudios sobre la ciencia y la tecnología, Vol. 5, n. ° 1, 151-184 ISSN: 1989-3612
- Velásquez, J. 2005. Estudio de Radiación por Campos Electromagnéticos del área de Derecho de Vía de las Líneas de Transmisión Eléctrica en el departamento de Guatemala. Universidad San Carlos de Guatemala. Formato pdf. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0548\\_EA.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0548_EA.pdf)
- Vera, A. 2012. Explorando las ondas: una propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de algunos conceptos básicos del movimiento ondulatorio/Exploring the waves: a didactic offer for the education-learning of some basic concepts of the wave movement (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).

Zambrano, D. 2016. Análisis de la radiación no ionizante (RNI) por parte de radio base celulares en sectores de la ciudad de Guayaquil.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

**Cuadro 1:** Ficha de caracterización antenas.

<b>FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE ANTENAS</b>				
	<b>Características</b>			
	<b>Frecuencias de funcionamiento</b>			
	<b>Ancho de banda</b>			
	<b>Modulación</b>			
	<b>Polarización</b>			
	<b>Información a transmitir</b>			

Fuente: Fernández (2010).

## ANEXO 2

Encuesta dirigida a los habitantes de la ciudad de Calceta.



### ENCUESTA DIRIGIDA A LOS HABITANTES DE LA CIUDAD DE CALCETA

**OBJETIVO:** ELABORACIÓN DE MAPAS DE INCIDENCIA DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN LA CIUDAD DE CALCETA

Estimado (a) me encuentro realizando mi trabajo de titulación que consiste en la evaluación del campo electromagnético producido por antenas de telecomunicaciones en la ciudad de Calceta, por esta razón, solicito sus opiniones al respecto. De antemano agradezco su colaboración.

**Edad:** 12 a 25 (\_\_\_) 26 a 39 (\_\_\_) 40 a 53 (\_\_\_) 54 a 67 (\_\_\_)

**Nivel de Educación:** Primaria (\_\_\_) Secundaria (\_\_\_) Superior (\_\_\_) Ninguna (\_\_\_)

**1. ¿Tiene conocimiento sobre las antenas de telefonía existentes en la ciudad de Calceta?**

SI (\_\_\_)

NO (\_\_\_)

**2. ¿Tiene conocimiento de casos en los que las antenas de telecomunicaciones hayan ocasionado daños a la salud?**

SI (\_\_\_)

NO (\_\_\_)

**3. ¿Cuáles de las siguientes afectaciones a la salud cree Ud. que se producen por las emisiones de las antenas de telefonía?**

Dolores de Cabeza (\_\_\_)

Fatiga (\_\_\_)

Estrés (\_\_\_)

Insomnio (\_\_\_)

Cáncer (\_\_\_)

**4. ¿Cerca de su lugar de domicilio o trabajo existen antenas?**

Casa (\_\_\_)

Trabajo (\_\_\_)

**5. ¿A qué distancia aproximadamente se encuentran las antenas?**

Menos de 10 metros (\_\_\_\_)

Entre 30 y 50 metros (\_\_\_\_)

Entre 50 y 100 metros (\_\_\_\_)

Entre 200 y 300 metros (\_\_\_\_)

**6. Cree Ud. ¿Qué permanecer cerca de estas antenas ha afectado a su salud?**

SI (\_\_\_\_)

NO (\_\_\_\_)

**ANEXO 3.****Puntos de muestreo y resultados de cada variable****Anexo 3 A: Punto 1**

<b>Punto 1 TERMINAL</b>							
COORDENADAS		ESTE	593497			NORTE	9906602
	EJES						
	x		y		z		XYZ
Campo Eléctrico	0.636433333		0.7059		0.574933333		1.2998
Campo Magnético	0.001686567		0.001872267		0.001525		0.002970667
Campo Eléctromagnético	0.001073387		0.001321633		0.000876773		0.003861273

**Anexo 3 B: Punto 2**

<b>Punto 2 TIA</b>							
COORDENADAS		ESTE	592899			NORTE	9906353
	EJES						
	x		y		z		XYZ
Campo Eléctrico	0.360466667		0.3162		0.224633333		0.5522
Campo Magnético	0.000956233		0.0009183		0.000595867		0.001464733
Campo Eléctromagnético	0.00034469		0.000290366		0.000133852		0.000808826

**Anexo 3 C: Punto 3**

<b>Punto 3 OFICINA ESPAM</b>							
COORDENADAS		ESTE	592946			NORTE	9906377
	EJES						
	x		y		z		XYZ
Campo Eléctrico	0.699666667		0.8079		0.6206		1.240633333
Campo Magnético	0.6646924		0.002143033		0.001646133		0.003291
Campo Eléctromagnético	0.465063116		0.001731357		0.00102159		0.004082924

**Anexo 3 D: Punto 4**

<b>Punto 4 COOPERATIVA CALCETA (10 de AGOSTO y RICAURTE esquina)</b>							
COORDENADAS		ESTE	592921			NORTE	9906476
	EJES						
	x		y		z		XYZ
Campo Eléctrico	2.886333333		1.2832		1.4217		3.507333333
Campo Magnético	0.007656667		0.003403333		0.002373398		0.009303
Campo Eléctromagnético	0.022099692		0.004367157		0.00337426		0.032628722

## Anexo 3 E: Punto 5

Punto 5 HOSPITAL (CHILE Y RICAURTE esquina)							
COORDENADAS		ESTE	593174			NORTE	9906508
	EJES						
	x		y		z		XYZ
Campo Eléctrico	0.501166667		0.5745		0.437633333		0.930166667
Campo Magnético	0.001329367		0.0017007		0.001160833		0.002467333
Campo Eléctromagnético	0.000666234		0.000977052		0.000508019		0.002295031

## Anexo 3 F: Punto 6

Punto 6 PARQUE BOLIVAR (sobre la calle 10 de AGOSTO)							
COORDENADAS		ESTE	593000			NORTE	9906257
	EJES						
	x		y		z		XYZ
Campo Eléctrico	0.417166667		0.326266667		0.3591		0.6447
Campo Magnético	0.2744995		0.554611133		0.0009525		0.0017071
Campo Eléctromagnético	0.114512041		0.180951126		0.000342043		0.001100567

## Anexo 3 G: Punto 7

Punto 7 ESCUELA BOLIVAR							
COORDENADAS		ESTE	593057			NORTE	9906606
	EJES						
	x		y		z		XYZ
Campo Eléctrico	0.557466667		0.568533333		0.524733333		1.041366667
Campo Magnético	0.494518467		1.081227133		0.001391833		0.002616
Campo Eléctromagnético	0.275677561		0.614713666		0.000730341		0.002724215

## Anexo 3 H: Punto 8

PUNTO 8 LUIS MARÍA PINTO Y RICAURTE							
COORDENADAS		ESTE	592771			NORTE	9906418
	EJES						
	x		y		z		XYZ
Campo Eléctrico	0.54515		0.70455		0.5799		1.13385
Campo Magnético	0.001446		0.0021341		0.00153815		0.003008
Campo Eléctromagnético	0.000788287		0.00150358		0.000891973		0.003410621

## Anexo 3 I: Punto 9

Punto 9 INÉS MORENO							
COORDENADAS		ESTE	592474			NORTE	9906750
	EJES						
	x		y		z		XYZ
Campo Eléctrico	0.604		0.7601		0.59725		1.1482
Campo Magnético	0.00159975		0.00201595		0.0015842		0.003046
Campo Eléctromagnético	0.000966249		0.001532324		0.000946163		0.003497417

## Anexo 3 J: Punto 10

PUNTO 10 BARRIO NORTE							
COORDENADAS		ESTE	592850			NORTE	9906815
	EJES						
	x		y		z		XYZ
Campo Eléctrico	0.6743		0.7985		0.6074		1.21575
Campo Magnético	0.0017886		0.00211805		0.0016111		0.003225
Campo Eléctromagnético	0.001206053		0.001691263		0.000978582		0.003920794

## Anexo 3 K: Punto 11

PUNTO 11 SALINAS Y SERGIO DOMINGO DUEÑAS							
COORDENADAS		ESTE	592832			NORTE	9906654
	EJES						
	x		y		z		XYZ
Campo Eléctrico	0.4897		0.50055		0.47265		0.91265
Campo Magnético	0.00129895		0.00159295		0.0012537		0.002421
Campo Eléctromagnético	0.000636096		0.000797351		0.000592561		0.002209526

## Anexo 3 L: Punto 12

PUNTO 12 COLEGIO MERCEDES							
COORDENADAS		ESTE	592314			NORTE	9906753
	EJES						
	x		y		z		XYZ
Campo Eléctrico	2.235233333		0.6484		0.902866667		2.5321
Campo Magnético	0.005930617		0.00175965		0.00030003		0.006716867
Campo Eléctromagnético	0.013256312		0.001140957		0.000270887		0.017007778

## Anexo 3 M: Punto 13

PUNTO 13 UNIDAD EDUCATIVA PABLO VI							
COORDENADAS		ESTE	593541			NORTE	9906338
	EJES						
	x		y		z		XYZ
Campo Eléctrico	0.508533333		0.52885		0.441766667		0.882933333
Campo Magnético	0.001348883		0.00149105		0.001171817		0.002468667
Campo Eléctromagnético	0.000685952		0.000788542		0.00051767		0.002179668

## Anexo 3 N: Punto 14

PUNTO 14 BARRIO SANTA MARTHA							
COORDENADAS		ESTE	593312			NORTE	9906213
	EJES						
	x		y		z		XYZ
Campo Eléctrico	0.4516		0.32635		0.3759		0.67825
Campo Magnético	0.4112873		0.3994167		0.00099705		0.0017946
Campo Eléctromagnético	0.185737345		0.13034964		0.000374791		0.001217187



**Anexo 4:** Recolección de datos en punto 5



**Anexo 5:** Recolección de datos en punto 12

