



Universidad  
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Sistemas e Informática

Tesis

**Sistema de ubicación para la mejora de la cobertura  
de estaciones base de transmisión móvil de  
tecnología 4G**

para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Sistemas e Informática

**Miguel Edgard Cañari Quispe**

Huancayo, 2018



Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme salud, sabiduría y mucha fuerza para no decaer en el camino para llegar a ser un Ingeniero. A mi familia sabiendo que no me alcanzara la vida para agradecerle por todo su sacrificio y esfuerzo, espero me acompañen muchos años más a mi lado. A mi asesor y profesores que me brindaron su ayuda cuando más lo necesite fueron ejes fundamentales en mi vida estudiantil.



## **DEDICATORIA**

La presente tesis se la dedico especialmente a mis padres, por ser el pilar más importante en mi vida quienes me han apoyado en mis estudios, y han estado siempre presentes en los momentos más difíciles de vida.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTO .....	II
DEDICATORIA .....	IV
ÍNDICE .....	V
LISTA DE FIGURAS .....	VII
LISTA DE TABLAS .....	IX
RESUMEN .....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
PROBLEMA GENERAL.....	2
PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	2
1.2 OBJETIVOS .....	2
OBJETIVO GENERAL .....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	3
JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....	3
JUSTIFICACIÓN SOCIAL .....	3
IMPORTANCIA .....	3
1.4 ALCANCE.....	4
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	6
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	6
2.2 BASES TEÓRICAS.....	11
ESTACIÓN BASE DE TRASMISIÓN.....	11
4G LTE .....	15
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO MANUAL .....	17
DISEÑO DE SOFTWARE POR PROTOTIPO.....	19
CRITERIOS DE CALIDAD DE SOFTWARE: .....	20
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	23
CAPITULO III: METODOLOGÍA .....	28
3.1 TIPO DE ESTUDIO.....	28
3.2 MÉTODO APLICADO PARA EL DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN .....	28
PLANIFICACIÓN.....	29
ANÁLISIS .....	29
DISEÑO .....	30
CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO .....	30
REFINAMIENTO DEL PROTOTIPO .....	30
ENTREGABLE FINAL .....	30
CAPITULO IV: PLANIFICACION .....	31
4.1 ARQUITECTURA .....	31
4.2 TECNOLOGÍA.....	32
4.3 PLAN DEL PROYECTO .....	33
4.4 RESULTADOS ESPERADOS .....	34
CAPITULO V: ANÁLISIS Y DISEÑO.....	35
5.1 IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS .....	35
REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES .....	36

FÓRMULA DE CÁLCULO.....	36
5.2 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS .....	38
PILA DE PRODUCTO.....	38
HISTORIA DE USUARIO.....	39
VIABILIDAD LEGAL.....	43
VISIÓN DEL PROYECTO .....	43
5.3 MODELADO DEL SISTEMA.....	43
DIAGRAMA DE ACTIVIDADES.....	43
DIAGRAMA CASO DE USO .....	44
5.4 DISEÑO DEL SISTEMA .....	46
ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN .....	46
DISEÑO DE INTERFAZ GRÁFICA.....	47
REQUERIMIENTO VS INTERFACES.....	53
DISEÑO DE BASE DE DATOS .....	53
DISEÑO DEL ALGORITMO DE DISTRIBUCIÓN BTS .....	54
CAPITULO VI: CONSTRUCCION .....	60
CAPITULO VII: REFINACION DEL PROTOTIPO.....	64
CAPITULO VIII: ENTREGABLE FINAL .....	67
8.1 USABILIDAD .....	73
8.2 EXACTITUD.....	79
8.3 EFICACIA .....	81
8.4 EFICIENCIA .....	89
CONCLUSIONES .....	91
TRABAJOS FUTUROS .....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	93
ANEXO .....	95

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: LÍNEA DE TIEMPO DE LOS CAMBIOS NORMATIVOS (2012-2014) .....	7
FIGURA 2: DÉFICIT DE ESTACIONES BASE CELULAR HASTA 2025 .....	9
FIGURA 3: ANTENAS INSTALADAS EN LAS ESTACIONES BASE CELULARES SEGÚN TECNOLOGÍA .....	10
FIGURA 4 TIPO DE TORRES MÓVILES .....	12
FIGURA 5 ESTRUCTURA DE ESTACIONES BASE DE TRASMISIÓN MÓVIL.....	14
FIGURA 6; DIAGRAMA DE PROCESOS DE UBICACIÓN BTS .....	17
FIGURA 7 MODELO POR PROTOTIPO .....	20
FIGURA 8: ARQUITECTURA DEL SISTEMA .....	32
FIGURA 9: DIAGRAMA DE ACTIVIDADES .....	44
FIGURA 10: DIAGRAMA DE CASO DE USO .....	45
FIGURA 11: ARQUITECTURA DE SOLUCIÓN .....	46
FIGURA 12: DISEÑO DE INTERFACE MENÚ PRINCIPAL .....	47
FIGURA 13: DISEÑO DE INTERFACE CREAR NUEVO PROYECTO .....	48
FIGURA 14: DISEÑO DE INTERFACE DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	48
FIGURA 15: DISEÑO DE INTERFACE DE DELIMITACIÓN DE ÁREA .....	49
FIGURA 16: DISEÑO DE INTERFACE DE COMPONENTES .....	50
FIGURA 17: DISEÑO DE INTERFACE DISTRIBUCIÓN BTS .....	50
FIGURA 18: DISEÑO DE INTERFACE DE REPORTE GENERAL .....	51
FIGURA 19: INTERFACE DE REPORTE DETALLADO .....	52
FIGURA 20: INTERFACE DE ABRIR PROYECTO .....	52
FIGURA 21: DIAGRAMA DE LA BASE DE DATOS .....	54
FIGURA 22: DIAGRAMA DEL ÁREA DE COBERTURA .....	55
FIGURA 23: ÁREA DE COBERTURA MENOR 30 <b>km<sup>2</sup></b> .....	56
FIGURA 24: ÁREA DE COBERTURA 30 <b>km<sup>2</sup></b> < A < 60 <b>km<sup>2</sup></b> .....	56
FIGURA 25: ÁREA DE COBERTURA 60 <b>km<sup>2</sup></b> < A < 90 <b>km<sup>2</sup></b> .....	57
FIGURA 26: ÁREA DE COBERTURA 90 <b>km<sup>2</sup></b> < A < 120 <b>km<sup>2</sup></b> .....	58
FIGURA 27: ÁREA DE COBERTURA A > 120 <b>km<sup>2</sup></b> .....	58
FIGURA 28: CONSTRUCCIÓN DEL FORMULARIO INICIO .....	60
FIGURA 29: CONSTRUCCIÓN DEL FORMULARIO DE UBICACIÓN .....	61
FIGURA 30: CONSTRUCCIÓN DEL FORMULARIO DE DELIMITACIÓN.....	61
FIGURA 31: CONSTRUCCIÓN DEL FORMULARIO DE COMPONENTE .....	62
FIGURA 32: CONSTRUCCIÓN DEL FORMULARIO DISTRIBUCIÓN .....	62
FIGURA 33: CONSTRUCCIÓN DEL FORMULARIO REPORTE GENERAL.....	63
FIGURA 34: CONSTRUCCIÓN DEL FORMULARIO REPORTE DETALLADO .....	63
FIGURA 35: FORMULARIO PORTADA.....	64
FIGURA 36: REFINACIÓN DEL FORMULARIO PRINCIPAL .....	65
FIGURA 37: REFINACIÓN DEL FORMULARIO DE DISTRIBUCIÓN .....	65
FIGURA 38: REFINACIÓN DEL FORMULARIO DE COMPONENTE.....	66
FIGURA 39: IMPLEMENTACIÓN FINAL DE LA PORTADA DE INICIO .....	67
FIGURA 40: IMPLEMENTACIÓN FINAL DE LA MENÚ PRINCIPAL.....	68
FIGURA 41: IMPLEMENTACIÓN FINAL DE LA CREAR NUEVO PROYECTO.....	68
FIGURA 42: IMPLEMENTACIÓN FINAL DE LA LISTA DE PROYECTOS .....	69
FIGURA 43. IMPLEMENTACIÓN FINAL DE LA UBICACIÓN DEL PROYECTO .....	69
FIGURA 44: IMPLEMENTACIÓN FINAL DE LA DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	70
FIGURA 45: IMPLEMENTACIÓN FINAL DE LA LISTA DE COMPONENTES BTS .....	70

FIGURA 46: IMPLEMENTACIÓN FINAL DE LA DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS BTS.....	71
FIGURA 47: IMPLEMENTACIÓN FINAL DE LA REPORTE GENERAL .....	72
FIGURA 48: IMPLEMENTACIÓN FINAL DE LA REPORTE DETALLADA DEL PROYECTO ..	72
FIGURA 49: LA EXPLICACIÓN PREVIA DEL FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE .....	73
FIGURA 50: CALIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTAS QUE ACOMPAÑAN AL SOFTWARE....	74
FIGURA 51: LAS INTERFACES DEL SOFTWARE SON FÁCILES DE USAR .....	74
FIGURA 52: EXACTITUD DEL PROCESO DE CÁLCULO .....	75
FIGURA 53: EXACTITUD DEL PROCESO DE UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN BTS EN EL PLANO .....	75
FIGURA 54: EL TIEMPO DE USO EL SISTEMA PARA CALCULAR EL ÁREA DE 20 KM2 ....	76
FIGURA 55: LA GENERACIÓN DEL LISTADO DE COMPONENTES DEL BTS .....	76
FIGURA 56: LA COMBINACIONES DE LOS COLORES EN LAS INTERFACES .....	77
FIGURA 57: RECOMENDARÍA EL USO DEL SOFTWARE .....	77
FIGURA 58: LAS MEJORAS QUE SE ESPERAN PARA EL SOFTWARE .....	78
FIGURA 59: VALORACIÓN DEL SOFTWARE EN UNA ESCALA DE 1 A 10 .....	78
FIGURA 60: COORDENADAS DE GOOGLE EARTH.....	79
FIGURA 61: COORDENADAS DEL SISTEMA DE UBICACIÓN BTS.....	79
FIGURA 62: CALCULAR ÁREA DE GOOGLE EARTH .....	80
FIGURA 63: CALCULAR ÁREA CON EL SISTEMA DE UBICACIÓN BTS .....	80

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1: DIFERENCIAS ENTRE ANTENAS 3G Y 4G .....	17
TABLA 2: COSTOS DE UBICACIÓN BTS .....	18
TABLA 3: CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTO .....	22
TABLA 4: MODELO DE COMPARACIÓN DE COSTOS DE SOFTWARE.....	22
TABLA 5: MODELO DE COMPARACIÓN DE COSTOS DEL PROCESO DE UBICACIÓN.....	22
TABLA 6 PLAN DE CICLO DE VIDA DEL SISTEMA DE MEJORAMIENTO DE UBICACIÓN DE ESTACIONES BTS.....	34
TABLA 7: LISTA DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.....	36
TABLA 8 LISTA DE REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES.....	36
TABLA 9 TABLA DE CONVERSIÓN LATITUD Y LONGITUD A KILÓMETROS .....	36
TABLA 10 LISTA DE PILA DE PRODUCTO.....	38
TABLA 11: REQUERIMIENTOS VS INTERFACES .....	53
TABLA 12: COMPARACIÓN DE COSTOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE.....	89
TABLA 13: COMPARACIÓN ENTRE LOS COSTOS PROCESO DE UBICACIÓN.....	89

## RESUMEN

La tecnología 4G LTE (acrónimo de Long Term Evolution) ha permitido incrementar la oferta y demanda de teléfonos inteligentes, duplicándose desde 3.7 millones en el 2015 a 8.6 millones para el 2017, esto genera el déficit de estaciones base de transmisión (en inglés Base Transceiver Station (BTS)) ya que se requiere tener 7145 estaciones adicionales de tecnología 4G, siempre teniendo en consideración las restricciones técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

El objetivo de esta tesis fue el desarrollo de un prototipo para la ubicación geográfica de estaciones base de transmisión móvil, la cual mejora la cobertura de señal, el prototipo en mención es un programa de escritorio con conexión a base de datos. Permite crear un proyecto, ubicar el área geográfica, delimitar el área geográfica, distribuir los puntos de ubicación de los nuevos BTS, listar los componentes a utilizar y generar los reportes tanto general y detallado del proyecto.

El sistema de ubicación de BTS permite la distribución óptima los puntos de instalación, disminuyendo el número de estaciones, mejorando así la cobertura y servicio al usuario. Puede ser empleado tanto por empresas de telefonía móvil, para la instalación de nuevas BTS, por entidades públicas para el control de las estaciones, siendo el fin último la disminución de antenas instaladas por diferentes operadores móviles.

En los resultados se muestra el prototipo de un software funcional que permite la ubicación de BTS en dentro de un plano geográficas y las principales restricciones encontradas son la cobertura de los teléfonos celulares de solo 5 Kilómetros y el número de usuarios puede atender cada estación de 200 usuarios.

La palabra claves es Ubicación

## **ABSTRACT**

The 4G technology LTE (acronym for Long Term Evolution) has allowed us to increase the supply and demand of smartphones, more than doubled from 3.7 million in 2015 to 8.6 billion by 2017, this generates the deficit of base stations of the transmission (BTS) as it is required to have 7145 additional stations of 4G technology, always taking into consideration the technical constraints of the Ministry of Transport and Communications (MTC).

The objective of this thesis was the development of a prototype for the geographic location of base stations for transmission to mobile, which improves signal coverage, the prototype in question is a desktop program with database connection. Allows you to create a project, locate the geographic area, to delimit the geographic area, to distribute the points of location of the new BTS, a list of components to use and generate the reports both of a general and a detailed project.

The system of the location of BTS allows the optimal distribution of the points of installation, decreasing the number of stations, thus improving the coverage and service to the user. Can be used both by mobile phone companies, for the installation of new BTS, by public entities for the control of the stations, is the ultimate goal the reduction of installed antennas for different mobile operators.

In the results shown the prototype of a functional software that allows the location of BTS within a plane that is geographical and the main constraints are found for the coverage of the cell phones of only 5 Kilometres and the number of users, you can serve each station of 200 users.

The keyword is Location

## INTRODUCCIÓN

El mercado de las telecomunicaciones en el Perú está creciendo, según (IDeAL, 2011) el Perú es el cuarto país en evolución tecnológica considerando la instalada de estaciones base de telefonía móvil con tecnología tercera generación (3G) y cuarta generación 4G LTE (acrónimo de Long Term Evolution), gracias a la aparición de nuevos operadores móviles, equipos celulares más potentes y mayor poder adquisitivo de la población. La llegada de la tecnología 4G LTE al país es una realidad, pero su implementación ha encontrado dificultad, específicamente en la instalación de estaciones base de transmisión (BTS), lo cual permitiría una mejor cobertura en todo el País, se agrega como dificultad que cada instalación debe cumplir restricciones de seguridad pública, ornato, áreas protegidas y otros servicios que son establecidas por el Ministerio Transporte y Comunicaciones (MTC).

Esta tesis está dividida en nueve capítulos, en el Capítulo I se formula el planteamiento problema, los objetivos, justificación y alcance de la tesis, en el Capítulo II se plantea el marco teórico con antecedentes del problema, bases teóricas y definición de términos utilizados, en el Capítulo III se plantea la metodología utilizada en el diseño del sistema la cual es por prototipo, en el Capítulo IV se inicia del diseño de la planificación con la arquitectura, tecnología y plan de desarrollo del sistema, en el Capítulo V se recolecta los requerimientos para el desarrollo del sistema, los cuales son identificados y analizados, en el Capítulo VI se modela los procesos y diseña las interfaces del sistema, en el Capítulo VII se construye el primer prototipo del sistema, en el Capítulo VIII se refina el primer prototipo con la observaciones hechas por expertos, en el Capítulo IX se entrega el prototipo final mejorado y funcional del

sistema. Al final se realiza las conclusiones obtenidas en el desarrollo del sistema y proponer trabajos futuros a partir del prototipo.

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 Planteamiento y formulación del problema**

En el Perú la Ley Nro. 29022; Ley para el Fortalecimiento de la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones, de alguna u otra manera ha permitido el incremento de la demanda de estaciones de telefonía Móvil. BTS.

La tecnología 4G ha permitido mejorar el desarrollo de las actividades diarias. La llegada de los dispositivos móviles inteligentes, y la disminución de las tarifas de conexión a Internet, ha incrementado la comunicación entre los diferentes pueblos que integra nuestro país, por lo que se requiere de la ampliación de las capacidades de las redes de telefonía móvil.

La instalación de nuevas estaciones base de transmisión móvil (BTS) con tecnología 4G, ha permitido según refiere (The Mobile World Congress, 2017):

*“El aumento del número de conexiones de 3.5 millones en el 2015 a 5.7 millones en el 2016, teniendo como meta 16 millones de conexiones para el 2020”.*

Colocando al Perú en cuarto país con mayor crecimiento de número de conexiones en Latinoamérica.

Actualmente en el Perú existen 15185 estaciones base de transmisión móvil de diferentes operadores móviles (Claro, Movistar, Bitel y Entel), las cuales son insuficientes y no tienen cobertura en todo el país, según se muestra en la Figura 2 las zonas rurales de la sierra y selva son con menos cobertura, incluso Lima y las capitales de provincia sufren una deficiente cobertura por el número de clientes que deben soportar el tráfico de telefonía móvil. Según refiere (OSITEL, 2018) es necesario instalar 21888 estaciones base para cumplir con la demanda actual, teniendo en consideración lo expuesto se plantea el siguiente problema.

### **Problema General**

¿Cómo mejorar la cobertura de estaciones base de transmisión móvil de tecnología 4G?

### **Problemas Específicos**

¿Cuáles son los requerimientos y restricciones para las ubicaciones de estaciones base de transmisión móvil de tecnología 4G establecidas por Ministerio de Transportes y Comunicaciones?

¿Cómo obtener las coordenadas geográficas de las estaciones base de transmisión móvil de tecnología 4G dentro de un área geográfica?

## **1.2 Objetivos**

### **Objetivo general**

Diseñar un software de ubicación de estaciones base de transmisión móvil de tecnología 4G.

## **Objetivos específicos**

- Identificar los requerimientos y restricciones para las ubicaciones de estaciones base de transmisión móvil de tecnología 4G establecidas por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).
- Diseñar el algoritmo que determine las coordenadas geográficas de las estaciones base de transmisión móvil de tecnología 4G dentro de un área geográfica.

### **1.3 Justificación e Importancia**

#### **Justificación Práctica**

La presente tesis busca solucionar el problema de ubicación de las nuevas estaciones bases de transmisión móvil de tecnología 4G, la justificación practica radica en que el sistema permite diseñar y ubicar óptimamente los puntos de instalación de BTS.

#### **Justificación Social**

Esta investigación es socialmente deseable ya que el sistema de ubicación permitirá tener una cobertura plena en áreas rurales y urbanas, mejorando la comunicación entre los pueblos, disminuirá el número de BTS innecesarios o sobrepuestos, mejoramiento del ornato público cumpliendo con la ley y aceptación de las personas a la instalación de nuevas estaciones.

#### **Importancia**

El diseño del sistema de ubicación de estaciones, demuestra la importancia de la identificación los puntos de ubicación más adecuados para la instalación de una estación BTS. La cual permite reducir el número de estaciones necesarias para la

cobertura un área geográfica, mejorar ornato público y disminuyendo los conflictos sociales con la población local.

#### **1.4 Alcance**

El alcance del proyecto se delimita por dos factores, el área que se desea cobertura y los procesos de cálculo de los puntos de ubicación. El desarrollo del proyecto se realiza con un modelo por prototipo, permitiendo controlar la recopilación del requerimiento y desarrollo del proyecto, buscado al final entregar un prototipo básico funcional de los requerimientos, el área de cobertura se delimita a la región de Junín, la cual abarca las 9 provincias y sus 123 distritos, los procesos de cálculo utilizados son el área de cobertura, distancia entre puntos y punto medio en una recta en el plano geográfico.

El diseño del sistema de ubicación BTS, tiene delimitaciones en factores internos y externos que influyen en el área de cobertura, permitiendo la cobertura ideal de la BTS.

#### **Factores Externos**

Los principales factores externos son geográficos en la sierra del Perú, principalmente de la región de Junín que es una zona montañosa con valles.

- En el área geografía de despliegue no se considera a otros operadores móviles.
- En el área geográfica de despliegue no toma en cuenta otros BTS existentes.
- En el área geográfica de despliegue se omiten datos de elevación del terreno.
- En el área geográfica de despliegue no se considera la existencia de edificios elevados.

#### **Factores Internos**

- En la ubicación de los puntos BTS se omite la aplicación downtilt (dirección arriba) y uptilt (dirección abajo) en los sectoriales.

- En la ubicación de los puntos BTS se utilizan los sectoriales con ángulos de 120° de cobertura.
- En la ubicación de los puntos BTS se omite la altura de las torres.

El sistema permite la ubicación geográfica mediante el ingreso de coordenadas geográficas y direcciones, delimitar la zona de cobertura con puntos de delimitación, calcular el área de cobertura, distribuir los puntos BTS, registrar los componentes requeridos para su instalación y generar un reporte de general del sistema.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1 Antecedentes del problema

- a) El desarrollo de las telecomunicaciones en América Latina requiere que se incremente el número de estaciones de tecnología 4G o por lo menos la mejora de las existentes, los gobiernos deben considerar que nivel de demanda se ha incrementado a tal punto que la industria de las telecomunicaciones se ha consolidado como una de las industrias con mayor crecimiento, impulsada por el hecho de ser la herramienta de comunicación más utilizada, según refiere (Moya, 2015):

*“No hay duda de que realizar una implementación de estación base, es algo complicado y en lo que hay que tener muchos factores en cuenta (búsqueda de emplazamiento, equipamiento de instalación, permisos legales, fuente de energía, comunicación con otros equipo, seguridad y salud pública)”.*

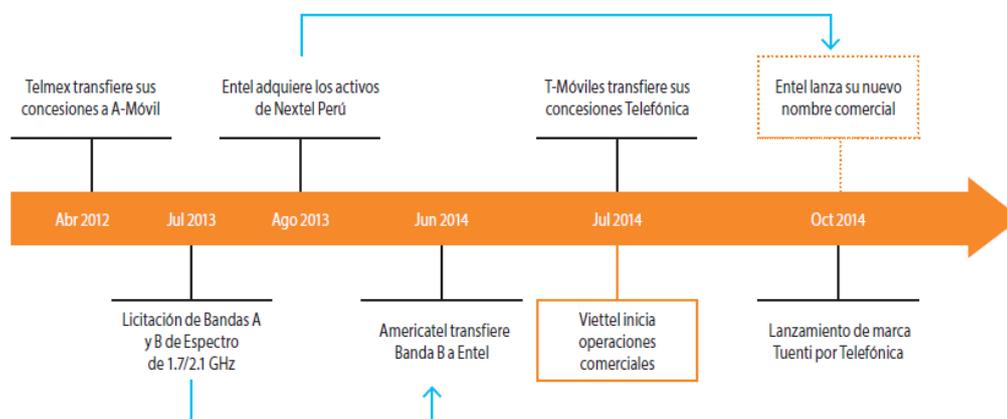
En esta situación el estado tiene que ser el impulsor de políticas para el desarrollo de las telecomunicaciones como un derecho de igualdad de ciudadanos y mejorar la competencia entre las empresas.

b) La evolución del mercado de la telecomunicación en el Perú está supervisada por OSIPTEL (Organismo Supervisor de Inversión Privada en las Telecomunicaciones) el impacto del cambio de normativas y regulaciones, el lanzamiento de nuevas marcas impulsa la economía del país tal como refiere (OSIPTEL, 2015):

*“El Perú en los últimos tres años experimenta un crecimiento en las telecomunicaciones gracias al ingreso tres nuevas marcas de telefonía móvil (Bitel, Entel y Fuente), dos grupos económicos (Vittel y Entel Chile) y fusiones con la compra de Nextel por el grupo Entel Chile, esta situación ha dinamizado la competencia, generando que las estrategias comerciales de los operadores estén en constante renovación, buscando nuevas maneras de atraer más clientes y mejorar los servicios”*

En la Figura 1 se muestra como ha variado en los últimos 5 años la asignación de espectros radioelectrónicos y el ingreso de nuevos operadores de telefonía móvil al mercado de las telecomunicaciones en el Perú.

**Figura 1: Línea de tiempo de los cambios normativos (2012-2014)**



**Fuente:** (OSIPTEL, 2015)

La competencia entre los operadores móviles tiene un impacto positivo en la economía del país, impulsado la expansión del servicio con operadores virtuales, ofertas y beneficiado a los usuarios y la expansión de la cobertura a nuevos distritos.

c) El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) promulga la Ley Nro. 29022 Ley para el Fortalecimiento de la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones, que refiere (MTC, 2015):

***“la instalación y expansión de los servicios públicos de telecomunicaciones, en especial en áreas rurales y lugares de preferente interés social y zonas de frontera, a través de la adopción de medidas que promuevan la inversión privada en Infraestructura de Telecomunicaciones”***

, la cual brinda facilidades legales a los operadores de telefonía para la instalación de nuevas estaciones base de transmisión (BTS), permitiendo así ampliar la cobertura y calidad de servicios brindados en todo el territorio nacional.

La Ley Nro. 29022 considera restricciones referidas en (MTC, 2015):

***“Salud pública, medio ambiente, seguridad nacional, ornato, orden interno, áreas protegidas del SINAMPE, y patrimonio cultural u otros servicios”.***

En la Figura 2 se muestra el número de estaciones base de transmisión móviles (BTS) instaladas existentes, el número de BTS requeridos y el déficit que se tiene en cada región del país, siendo un total de 7145 de estaciones necesarias para el 2025. En las cuales encontramos que las regiones de Lima, Ancash y Junín tienen el mayor déficit de estaciones base celular.

**Figura 2: Déficit de estaciones base celular hasta 2025**

REGIONES	ESTACIONES BASE*	ESTACIONES BASE REQUERIDA**	DÉFICIT DE ESTACIONES**	%
Lima	4,783	6,517	1,734	24.3%
Ancash	577	1,255	678	9.5%
Junín	640	1,152	512	7.2%
Arequipa	860	1,174	314	4.4%
Piura	737	1,050	313	4.4%
P. C. Callao	367	649	282	3.9%
Puno	588	852	264	3.7%
Cajamarca	735	998	263	3.7%
Loreto	306	568	262	3.7%
Ica	410	671	261	3.7%
Ayacucho	410	659	249	3.5%
La Libertad	891	1,135	244	3.4%
Huancavelica	272	502	230	3.2%
Amazonas	278	499	221	3.1%
Lambayeque	556	777	221	3.1%
Cusco	696	905	209	2.9%
San Martín	454	639	185	2.6%
Ucayali	157	325	168	2.4%
Apurímac	292	445	153	2.1%
Huánuco	403	553	150	2.1%
Tacna	245	318	73	1.0%
Tumbes	119	179	60	0.8%
Pasco	153	206	53	0.7%
Moquegua	146	182	36	0.5%
Madre de Dios	109	119	10	0.1%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>15,184</b>	<b>22,329</b>	<b>7,145</b>	

**Fuente:** (OSIPTEL, 2016)

- d) La infraestructura para una BTS con tecnología 4G LTE ha llegado al Perú traída principalmente por los operadores móviles con el fin de satisfacer la exigencia de sus clientes, la instalación de las nuevas BTS con tecnología 4G ha comenzado ganar impulso actualizado las estructuras 3G y 2G existentes, la nueva instalación mejora la velocidad de los datos y permite utilizar las nuevas tecnologías, según refiere (Carrier, 2015)

*“El aumento del tráfico de video, como las aplicaciones de YouTube, Netflix o canales de TV en la web, se suman el video en redes sociales (Facebook, Whatsapp, Twitter), videollamadas o broadcasting (Periscope, Meerkat) así como la conexión de cámaras de vigilancia, entre otros usos. Se estima que en 4 años más de 2/3 del tráfico móvil será video”*

Se muestra Figura 3, el número de estaciones base de transmisión móvil (BTS) según la tecnología instalada en cada región del país, siendo las tecnologías 2G y 3G las más utilizadas, pero 4G es la de mayor expansión, impulsada por los operadores móviles Movistar, Claro, Entel y Bitel.

**Figura 3: Antenas instaladas en las estaciones base celulares según tecnología**

REGIONES	BITEL	CLARO			ENTEL			MOVISTAR		
	3G	2G	3G	4G	2G	3G	4G	2G	3G	4G
Amazonas	25	34	9	0	12	18	13	187	10	0
Ancash	93	131	62	14	75	89	71	216	76	62
Apurímac	34	58	22	3	7	27	7	163	15	10
Arequipa	147	200	164	49	134	150	132	222	150	128
Ayacucho	49	91	47	5	32	44	30	203	31	29
Cajamarca	95	156	48	5	36	50	32	382	50	27
Cusco	110	155	144	23	73	90	67	287	68	40
Huancavelica	22	80	18	1	5	8	5	154	5	4
Huánuco	48	86	35	4	24	38	15	204	34	36
Ica	82	75	66	17	101	107	100	89	79	65
Junín	97	95	67	8	87	100	85	282	78	58
La Libertad	154	178	135	45	125	144	124	241	171	131
Lambayeque	105	71	56	18	101	114	101	133	128	111
Lima	889	1043	1049	819	1210	1264	1206	812	953	816
Loreto	49	41	30	11	18	22	19	161	49	35
Madre de Dios	12	36	27	6	13	22	12	31	9	8
Moquegua	27	34	18	6	15	16	15	50	32	21
Pasco	20	38	11	0	10	12	7	70	17	10
Piura	137	113	67	17	105	113	104	261	150	131
P. C. Callao	88	67	73	57	102	105	101	55	78	64
Puno	96	164	86	9	59	80	56	222	62	43
San Martín	81	53	28	5	20	34	18	251	44	36
Tacna	50	39	36	6	35	37	35	64	53	37
Tumbes	25	23	18	5	25	25	25	31	30	22
Ucayali	31	21	19	4	17	19	16	61	42	38

**Fuente:** (OSIPTEL, 2016)

La instalación de estaciones BTS de 4G está en crecimiento en las zonas urbanas siendo la migración de 3G a 4G la más común, la cual aprovecha la estructura existente 3G e incorpora de los equipos a tecnología 4G, la cobertura en zonas rurales sigue siendo deficiente por falta de infraestructura y medios para la comunicación de la BTS, el costo de instalación de la infraestructura necesaria en las zonas rural impide a los operadores móviles su expansión en la zona.

## **2.2 Bases teóricas**

### **Estación Base De Trasmisión**

La estación base de trasmisión móvil (BTS), es una instalación fija de trasmisión y recepción de radiofrecuencia de telefonía móvil, normalmente se instalan en lo alto de los edificios en zonas Urbanas y en torres o postes en zonas rurales, con alturas entre 15 y 50 metros, la cual compone una red de comunicación con otras BTS y tiene un área de cobertura que puede variar por factores como: obstáculos árboles, montañas y edificios, ubicación externa o interna, problemas técnicos en las redes, numero usuarios a soportar y tecnología utilizada. Según refiere (Osow, 2005):

*“Las radio bases, como la iluminación, deben estar en los mismos sitios donde están las personas, en las ciudades, porque están allí donde se necesita que la gente esté comunicada o iluminada, Además, la cantidad de clientes y la extensión de la ciudad puede requerir que una sola radio base no sea suficiente para cubrir esas necesidades y deban instalarse varias radios bases”*

Los niveles de trasmisión son variables según el número de llamadas atendidas y la distancia del usuario a la estación BTS, en la actualidad se emplean transmisores de radiofrecuencias de baja potencia, pues su intervalo de frecuencias esta entre 450MHz y 2700 MHz. La cual permite tener una cobertura de grandes distancias.

### **Componentes de una estación Base**

Los elementos que componen una estación base de trasmisión móvil son:

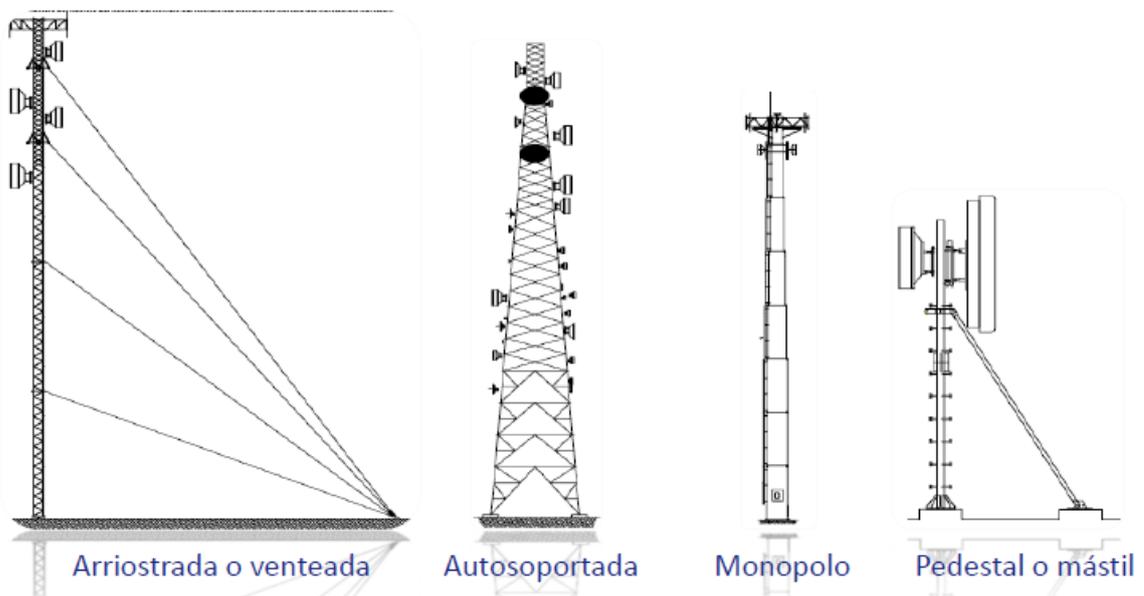
- Antena
- Torre o mástil.
- Equipo de comunicación
- Enlace con la central telefónica.
- Planta eléctrica o baterías.
- Sistema de refrigeración.

## Componentes Externos

### a) Torre

Estructura que sirve de soporte a los sistemas radiantes que tienen entre sus elementos a la antena o arreglos de antenas de las Estaciones de Radiocomunicación.

**Figura 4 Tipo de torres móviles**



**Fuente:** (Huidobro, 2013)

### b) Antena

La antena, panel o sectorial puede ser instalada sobre una torre, mástil o edificio mediante anclajes y tilt mecánico o bien integrarse estéticamente con el mástil modular cuadrado. Permite la emisión y recepción de radio frecuencias móviles con un radio de 90° y 120°.

### c) RRU

Unidad de radio remoto (RRU) es el equipo que controla la radiofrecuencia (RF) de una estación base, esta instaladas en torres, postes, paredes y soportes, se instala cerca de las antenas acortando la longitud de alimentación entre los sectoriales y

unidad de energía base, la cual reducir la pérdida de alimentación, y mejorar la cobertura del sistema. Proporciona funciones de modulación de señales de banda base y señales de radio frecuencia, procesamiento de datos, y detección de ondas estacionarias.

**d) Feeder or Jumper**

Los alimentadores (Feeder) o los puentes (Jumper) se utilizan para conectar la antena a la estación base. Son de tres tipos: puente de 1/2 ", alimentador de 7/8" y alimentador de 5/4 ". El puente es flexible, pero tiene una alta pérdida. Se utiliza en el cableado de corta distancia entre el TMA o RRU y la antena, también entre el TMA y el alimentador.

**e) Cable AISG**

El cable Antenna Interface Standards Group (AISG) es el cable estándar de interfaces de antena utilizado para alimentar datos y energía desde el controlador AISG a los dispositivos AISG. Permite la comunicación entre la BBU y la antena o sectorial.

**f) Cable Óptico**

El cable óptico se utiliza ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de la radio y superiores a las de un cable convencional. Son el medio de transmisión por cable más avanzado, al ser inmune a las interferencias electromagnéticas.



**b) Batería**

Las baterías para la instalación estación BTS son componentes que permite la continuidad de servicio, son una fuente eléctrica continua del sistema en casos de corte del servicio eléctrico.

**c) Distribuidor de Energía**

Es el sistema de alimentación de energía para los equipos que componen las estaciones BTS, estabiliza los picos de energía eléctrica para los diferentes equipos.

**d) BBU**

BBU se encarga del control de la estación base y del procesamiento de señales radio frecuencias; Tiene una capacidad máxima de 48 frecuencias portadoras dentro de un solo bastidor. Utiliza la misma plataforma de hardware que WCDMA y puede soportar inserciones mixtas GSM y WCDMA en una placa de banda base para lograr la operación de modo dual.

**e) LPU**

(LPU Lightning Protection Unit) Es un dispositivo de protección externa contra rayos, diseñado con el fin de soportar las más duras condiciones de explotación y de proteger la unidad interna o externa de las repentinas subidas de tensión eléctrica, causadas por los rayos.

**4G LTE**

En la actualidad la tecnología de segunda y tercera generación como son HSPA/EV-DO ya son insuficientes para satisfacer los requerimientos de velocidad de transferencia de datos de los servicios de banda ancha actuales. Según refiere (Vodafone, 2010):

*“La tecnología 4G busca lograr altas velocidades para así mejorar los servicios actuales de comunicación de datos, llamadas por video, voz etc. Además, busca mantener una conexión estable y portátil, esto quiere decir que se podrá pasar de una red a otra diferente sin perder la conexión además de mantener una tasa fija de unos 100 MB/S en todas las partes el mundo.”*

### **Características de LTE**

- Baja latencia de datos, 100ms para el plano de control y 10ms para el plano de usuario
- Ancho de banda adaptativo 1.4, 3, 5, 10, 15 y 20Mhz
- Compatible con otras redes 3G
- Red de frecuencia única OFDM
- Velocidad de bajada: 326.5Mbps para 4×4 antenas y 172.38 para 2×2 antenas
- Velocidad de subida: 86.5Mbps
- Óptimo para desplazamientos de 15Km/h compatible hasta 500Km/h
- Más de 200 usuarios por celda. Celda de 5Mhz
- Celdas de 100 a 500Km con degradaciones cada 30Km. Tamaño óptimo de las celdas 5km
- Las redes 2G y 3G están basadas en Conmutación de circuito para voz mientras que LTE propone Conmutación por paquetes IP.

La tecnología 4G es el comienzo del nuevo enfoque en las telecomunicaciones, orientada a la transmisión de paquete de datos a alta velocidad, mejorando la capacidad de conexión de los dispositivos móviles hasta 10 veces superior de la tecnología 3G. La cual permite el funcionamiento de las nuevas tecnologías (ipv6, gadget, e-commerce, juegos, banca móvil, redes sociales, redes cooperativas, podcast, video llamada e internet de las cosas), como demuestra en la Tabla 1, que la tecnología LTE en las antenas 4G ha mejorado considerablemente la velocidad transmisión de datos a 1300 Mbps a velocidad máxima, las cuales soportan 200 usuarios simultáneamente, tienen un alcance 500 kilómetros como máximo y 5 kilómetros con cobertura óptima.

**Tabla 1: Diferencias entre Antenas 3G y 4G**

Diferencias Entre Antenas 3G y 4G		
Tecnología	3G	4G
Estándar	HSPA	LTE
Velocidad máxima	168 Mbps	1300 Mbps
Velocidad baja	14,2 - 168,4 Mbps	100-1200 Mbps
Velocidad subida	5,76 - 23 Mbps	50-600 Mbps
Cobertura máxima	7-11 Km	100 a 500 km
cobertura optima	4km	5km
Nro. Usuarios	50	200
Comunicación	voz / datos	Paquete Datos

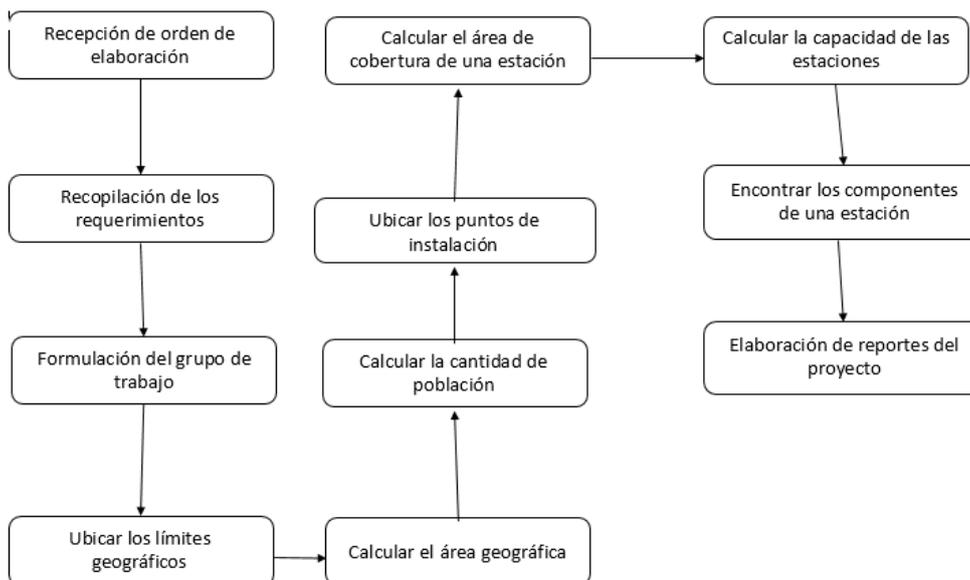
Fuente: (ZTE Technologies, 2015)

### Descripción del Proceso de cálculo manual

El proceso de ubicación manual de estaciones base requiere considerar parámetros como: el área geográfica de cobertura, el radio de cobertura de una estación, el número de clientes, el tipo de tecnología y las restricciones del ministerio de trasportes y comunicaciones

### Diagrama de procesos para la ubicación de estaciones BTS

**Figura 6; Diagrama de procesos de ubicación BTS**



Fuente: (Lari contratista)

La Figura 6, muestra los procesos necesarios para la ubicación de una estación BTS, primero se presenta un pedido de elaboración del proyecto, segundo se recopila los requerimientos y restricciones, tercero se junta un grupo de trabajo experto, cuarto se delimita el área geográfica a trabajar, quinto se calcula el área en metros cuadrados, sexto se calcula la cantidad de población del área geográfica, séptimo se determina el punto de instalación de las estaciones BTS, octavo se calcula el área de cobertura ideal, noveno se calcula la capacidad de la estación, decimo se listan los componentes de materiales para la estación y último se genera un reporte general del proyecto.

### **Estimación de costos del proceso de ubicación BTS**

**Tabla 2: Costos de ubicación BTS**

Calcular los puntos de instalación			Días	15
	cantidad	Costo /día	Sub Total/ día	Total
Personal*	4	S/40,00	S/160,00	S/2.400,00
Materiales*		S/200,00	S/200,00	S/3.000,00
Materiales Digitales*	4	S/12,00	S/48,00	S/720,00
Licencias		S/200,00	S/200,00	S/3.000,00
Viáticos*	4	S/20,00	S/80,00	S/1.200,00
Tramites		S/50,00	S/50,00	S/750,00
<b>Total</b>			<b>S/688,00</b>	<b>S/11.070,00</b>

**Fuente:** (Lari contratista)

\* el sistema de ubicación BTS pueden influir en estos factores

En la Tabla 2, se muestran los costos generales para la elaboración de un proyecto de ubicación de estaciones BTS, donde el costo de licencia como los permisos de ministerio de transporte y municipal son los más altos y lentos, en segundo lugar el personal y los materiales utilizados aumenta los costos.

## **Diseño de software por Prototipo**

La metodología aplicada en esta investigación es la metodología ágil, la que conlleva a validar los diseños a través de prototipos, obteniéndose así versiones de software en ciclos más cortos y cumpliendo los objetivos establecidos previamente, según refiere (Dennis, y otros):

*“El diseño prototipado del sistema realiza las fases de análisis, diseño e implementación simultáneamente con el fin de desarrollar rápidamente una versión simplificada del sistema propuesto Y darlo a los usuarios para su evaluación y retroalimentación.”*

El diseño prototipado permitió mejorar el sistema según la valoración de los usuarios o aparición de nuevos requerimientos del sistema. El modelo por prototipos utilizado es (Pressman, 2012) .el cual se muestra en la Figura 7 y se divide en los siguientes:

**Planificación:** (Pressman, 2012): *“En la planificación del sistema se plantea la arquitectura de solución del sistema, la tecnología que se utilizara para el desarrollo del sistema, el desarrollo del plan del proyecto y los resultados que se espera obtener del sistema.”*

**Recolección de requerimiento:** (Pressman, 2012): *“En la recolección de requerimientos se identifica los requerimientos funcionales y no funcionales que debe cumplir el sistema, también se analizara la solución con los procesos de la historia de usuario, viabilidad legal y visión futura del sistema.”*

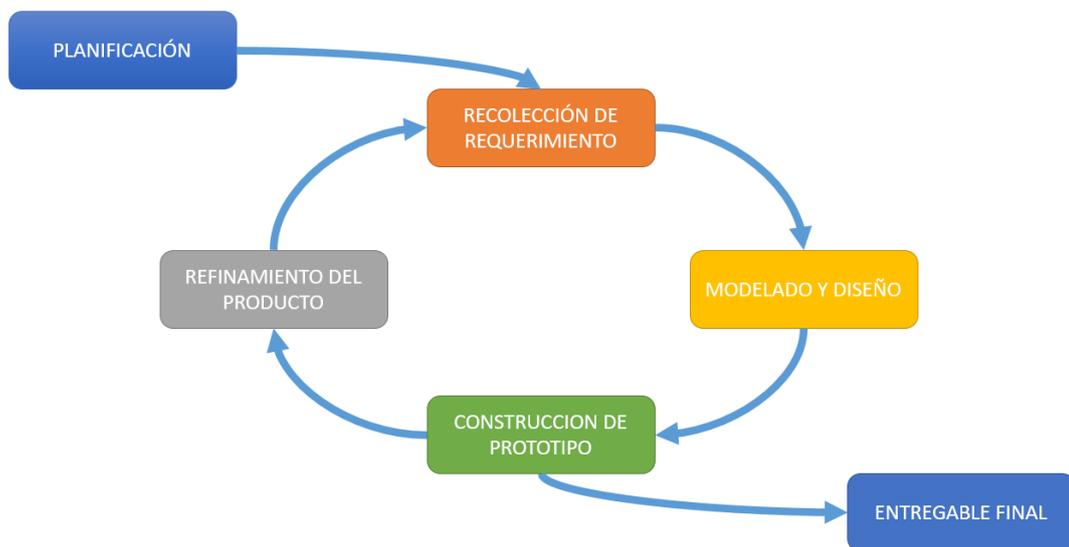
**Modelado y diseño:** (Pressman, 2012) : *“En el modelado y diseño del sistema se desarrolla la arquitectura detallada de solución del sistema, el diseño de interfaces, el diseño de la base de datos y el mapa de navegación del sistema.”*

**Construcción de prototipo:** (Pressman, 2012) : *“En la construcción del prototipo se desarrolla el sistema que cumpla los requerimientos del obtenidos, y contenga el modelo diseñado previamente para obtener un sistema funcional.”*

**Refinamiento del prototipo:** (Pressman, 2012) :“En la refinación del prototipo se revisa el sistema funcional obtenido previamente que cumpla con los requerimientos y diseño propuestos el sistema se mejora de acuerdo a la necesidad del sistema y cliente.”

**Entregable final:** (Pressman, 2012) :“En la entregable final se entrega el sistema funcional corregido y validado por el cliente o experto, listo para el uso del cliente en el área de producción.”

**Figura 7 Modelo Por Prototipo**



**Fuente:** (Pressman, 2012)

**Criterios de calidad de software:**

Los criterios de calidad de software toman en cuentas aspectos de funcionales y no funcionales, los cuales deben ser medibles mediante pruebas. Los criterios de calidad considerados para el desarrollo del sistema de localización de estaciones son la usabilidad, exactitud y eficiencia.

## **Usabilidad**

La usabilidad es la referencia a la capacidad de un producto u objeto que permite al usuario aprender su uso, facilidad de control u operación, satisfacer sus necesidades y puede ser utilizado por otros usuarios. Para comprobar la usabilidad del sistema se realizará la encuesta del Anexo 1, midiendo la facilidad que los usuarios tienen al utilizar el sistema.

## **Exactitud**

La exactitud es la fidelidad en la ejecución de un proceso, el resultado obtenido es aquel que se pretendía. La cual implica la inexistencia del error o del fallo. Para medir la exactitud se realizará pruebas de caja negra.

## **Pruebas de caja negra**

Las pruebas de caja negra también llamada pruebas funcionales debidas que el usuario no tienen un conocimiento detallado del sistema y solo un manual funcionamiento. Nos permite mostrar la exactitud del sistema. La cual se medir el funcionamiento de los procesos, operaciones y cálculos realizados en el sistema.

## **Eficacia**

La eficacia es el proceso de cumplir los procesos, requerimiento o objetivos previamente establecidos de funcionalidad del sistema, lo cuales no importa los recursos o procesos utilizados para lograr los resultados esperados.

**Tabla 3: Cumplimiento de requerimiento**

Requerimiento	*****nombre del requerimiento***
Especificación	**** detalles del requerimiento
	***** imagen del sistema *****
Resultado	***** los resultados obtenidos comparado con el sistema *****

**Fuente: Elaboración Propia**

Para comprobar la eficacia del sistema se utilizará la Tabla 3 donde se registra el requerimiento y la especificación del sistema y se compara con prototipo y los resultados obtenidos.

### **Eficiencia**

La eficiencia es la capacidad de utilización el menor número de recursos y tiempo de manera racional para al alcanzar un objetivo, lo que supone optimización de los recursos. Comparado con los requerimientos obtenidos anteriormente. Para medir la Eficiencia se realizará una comparación los costos en el proceso de ubicar una estación base y el costo de desarrollo de un software similar.

**Tabla 4: Modelo de Comparación de Costos de Software**

<b>Comparativa de Costos de Desarrollo de Software</b>				
<b>Sistema de ubicación BTS</b>			<b>*****otro sistema*****</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Costo</b>	<b>Días</b>	<b>Costo</b>	<b>Días</b>
<b>Requerimiento</b>	**Costo / requerimiento**	Nº días	**Costo / requerimiento**	Nº días
<b>Diseño</b>	**Costo / diseño*	Nº días	**Costo / diseño*	Nº días
<b>Programación</b>	*Costo / programa*	Nº días	*Costo / programa*	Nº días
<b>Personal</b>	*Costo /personal*	Nº días	*Costo /personal*	Nº días
<b>Materiales</b>	Costo / materiales*	Nº días	Costo / materiales*	Nº días
<b>Licencias</b>	*costo/ licencia*	Nº días	*costo/ licencia*	Nº días

**Fuente: Elaboración Propia**

**Tabla 5: Modelo de Comparación de Costos del Proceso de Ubicación**

Tabla comparativa entre los costos proceso de ubicación				
Sistema de ubicación BTS			*****otro sistema*****	
Nombre	Costo	Día	Costo	Días
<b>Personal</b>	*costo/ personal*	N° días	*costo/ personal*	N° días
<b>Materiales</b>	*Costo/ material*	N° días	*Costo/ material*	N° días
<b>Materiales Digitales</b>	*Costo/material digital*	N° días	*Costo/material digital*	N° días
<b>Licencias y Tramites</b>	*Costo/Licencia	N° días	*Costo/Licencia	N° días
<b>Viáticos</b>	Costo / viáticos	N° días	Costo / viáticos	N° días

**Fuente: Elaboración Propia**

### 2.3 Definición de términos

**C#:** (Ceballos, 2013): “es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado y estandarizado por Microsoft como parte de su plataforma .NET, que después fue aprobado como un estándar por la ECMA (ECMA-334) e ISO (ISO/IEC 23270)”

**google apis:** (Svennerberg, 2010): “Google Maps es un servidor de aplicaciones de mapas en la web que pertenece a Alphabet Inc. Ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotografías por satélite del mundo e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle con Google Street View”.

**Anclas:** (MTC, 2015): “Dispositivo, generalmente de material metálico, madera o de hormigón, que usualmente es utilizado en la infraestructura de planta externa como elemento auxiliar que soporta esfuerzos de tracción para la fijación de riendas al suelo.”

**Antena:** (MTC, 2015): “Dispositivo que emite o recibe señales radioeléctricas móviles o radiales”.

**Armarios de Distribución:** (MTC, 2015): *“Gabinete o pequeña estructura utilizada como punto de distribución, permitiendo que en su interior se efectúe la interconexión de cables de diferentes tipos y características.”*

**Autorización:** (MTC, 2015): *“Autorización, permiso, licencia u otro tipo de habilitación que se tramita ante la Entidad para la instalación de la Infraestructura de Telecomunicaciones.”*

**Bienes Estatales:** (MTC, 2015): *“Son los bienes muebles e inmuebles cuya titularidad, administración y mantenimiento corresponde a las Entidades, independientemente del nivel de gobierno al que pertenezcan. Pueden ser Bienes de Dominio Público o Bienes de Dominio Privado.”*

**Bienes de Dominio Público:** (MTC, 2015): *“Son aquellos Bienes Estatales, calificados como tales en el Reglamento de Bienes de Propiedad Estatal.”*

**Bienes de Dominio Privado:** (MTC, 2015): *“Son aquellos Bienes Estatales que siendo de propiedad del Estado o de alguna Entidad, no están destinados al uso público ni afectados a algún servicio público, y respecto de los cuales la Entidad titular ejerce el derecho de propiedad.”*

**Cable:** (MTC, 2015): *“Cable para redes de telecomunicaciones; puede ser aéreo, cuando se encuentre instalado en postes o torres; o subterráneo, cuando se encuentre instalado bajo tierra, en forma directa o a través de Ductos y Cámaras.”*

**Canalización Subterránea:** (MTC, 2015): *“Conjunto de Cámaras y Ductos colocados en el subsuelo, en los cuales se instalan los cables subterráneos.”*

**Concesionaria del Servicio Público de Electricidad:** (MTC, 2015): *“Titular de una concesión otorgada para la prestación del servicio público de electricidad.”*

**Derecho de Vía:** (MTC, 2015): *“Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario.”*

**Elementos Accesorios:** (MTC, 2015): *“Son aquellos que se adicionan a una Infraestructura de Telecomunicaciones previamente instalada, sin afectarla; tales como anclas, riostras, suministros, cajas terminales, armarios de distribución, cajas metálicas, abrazaderas y otros elementos de sujeción, cables de acometida, cables de distribución aéreo o subterráneo, DSLAM, parabólicas para TV Satelital, y similares.”*

**Estación de Radiocomunicación:** (MTC, 2015): *“Conjunto de equipos, instrumentos, dispositivos y periféricos que posibilitan la prestación de los servicios públicos de telecomunicaciones a través de la emisión o recepción de señales que utilizan el espectro radioeléctrico. Esta incluye las instalaciones accesorias para asegurar la operatividad del sistema.”*

**Fibra Óptica:** (MTC, 2015): *“Hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, utilizado como medio físico para transmitir grandes cantidades de información a grandes distancias haciendo uso de pulsos de luz como portadora óptica.”*

**Formulario Único de Instalación de Infraestructura de Telecomunicaciones:**  
(MTC, 2015): *“Es el documento que contiene la solicitud para la obtención de la Autorización y para la adecuación de la Infraestructura de Telecomunicaciones.”*

**MTC:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**Operador:** (MTC, 2015): *“Titular de la concesión de un Servicio Público de Telecomunicaciones o la empresa prestadora de servicios públicos de valor añadido que cuente con la autorización a que se refiere el artículo 33° de la Ley de Telecomunicaciones.”*

**Planta Externa:** (MTC, 2015): *“Es toda infraestructura exterior o medios enterrados, tendidos o dispuestos a la intemperie por medio de los cuales se ofrecen servicios de telecomunicaciones.”*

**Procedimiento de Instalación de Infraestructura de Telecomunicaciones:** (MTC, 2015): *“Es el procedimiento administrativo de aprobación automática descrito en el artículo 5° de la Ley para el Fortalecimiento de la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones que regula la aprobación de las solicitudes de instalación de Infraestructura de Telecomunicaciones que presenten los Operadores o Proveedores de Infraestructura Pasiva ante una Entidad.”*

**Proveedor de Infraestructura Pasiva:** (MTC, 2015): *“Persona jurídica que sin ser Operador, se encuentra habilitado para desplegar Infraestructura de Telecomunicaciones mediante su inscripción en el Registro de Proveedores de Infraestructura Pasiva del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.”*

**Radiocomunicación:** (MTC, 2015): *“Toda telecomunicación transmitida por medio de ondas radioeléctricas.”*

**Red de Telecomunicaciones:** (MTC, 2015): *“Es aquella Infraestructura de Telecomunicaciones que establece una red de canales o circuitos para conducir señales de voz, audio, datos, textos, imágenes u otras señales de cualquier naturaleza, entre dos o más puntos definidos por medio de un conjunto de líneas físicas, enlaces*

*radioeléctricos, ópticos o de cualquier otro tipo, así como por los dispositivos o equipos de conmutación asociados para tal efecto.”*

**Riostra:** (MTC, 2015): *“También conocido como viento. Elemento tensor que asegura postes, torres u otras estructuras de soporte.”*

**Sistema Radiante:** (MTC, 2015): *“Conjunto de Antenas, Cables y equipo transmisor, acoplados entre sí al interior de una Estación de Radiocomunicación, que irradian ondas electromagnéticas al espacio libre.”*

**Solicitante:** (MTC, 2015): *“Es el Operador, o en su caso, el Proveedor de Infraestructura Pasiva que presenta una solicitud de Autorización de instalación de Infraestructura de Telecomunicaciones de acuerdo al Procedimiento de Instalación de Infraestructura.”*

**Torre de Telecomunicaciones:** (MTC, 2015): *“Estructura que sirve de soporte a los sistemas radiantes que tienen entre sus elementos a la antena o arreglos de antenas de las Estaciones de Radiocomunicación.”*

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 Tipo de estudio**

En el proceso de investigación de proyecto se consultó antecedentes, encontrando que la demanda de la sociedad influye en las instalaciones de antenas, la tecnología que permite el funcionamiento de dispositivos móviles son variados y tiene una cobertura limitados, y la diferencia geográfica que se encuentra en región Junín que son la sierra y selva, se puede comprobar que es un estudio descriptivo porque comprende las características de diferentes factores.

### **3.2 Método aplicado para el desarrollo de la solución**

La metodología aplicada para el desarrollo del sistema, es el modelo por prototipos. El cual permite obtener versiones del sistema en ciclos cortos que cumplan los requerimientos establecidos previamente. Como se muestra en la Figura 7 la metodología por prototipo se inicia con la planificación y se retroalimenta con la recolección de requerimiento, modelo, diseño, construcción y refinamiento del prototipo de madera circular, finalmente general un entregable final del prototipo.

Esta metodología está compuesta por las siguientes etapas:

1. Planificación
2. Recolección de requerimiento
3. Modelo y diseño
4. Construcción de prototipo
5. Refinamiento del prototipo
6. Entregable final

El modelo de desarrollo por prototipos permitirá la recopilación de los requerimientos del usuario, realizar un análisis del requerimiento y validaciones del diseño del software de manera rápida, pasando a la construcción del prototipo y entregando los requerimientos funcionales del sistema. Según refiere (Pressman, 2012):

*“la construcción de prototipos se puede utilizar como un paradigma efectivo para la ingeniería del software. La clave es que cliente y el desarrollador se deben poner de acuerdo en el prototipo se construya y sirva como un mecanismo para la definición de requerimientos, en que se descarte, al menos en parte, y en que después se desarrolle el software real con un enfoque hacia la calidad”.*

El proceso se realiza repetitivamente hasta tener la aprobación final del usuario.

### **Planificación**

La planificación permite la identificación de los requerimientos necesarios para desarrollo del proyecto, el planteamiento de cronograma de trabajo nos permite delimitar los tiempos de desarrollo y definir los resultados esperados de los requerimientos y dentro de los plazos.

### **Análisis**

El análisis permite diferenciar los requerimientos entre funcionales y no funcionales para modelar la estructura del sistema, se lista las herramientas necesarias para el desarrollo, construcción y funcionamiento del proyecto, se verificando la viabilidad de los resultados que se desea alcanzar,

## **Diseño**

El diseño nos permite modelar prototipo del sistema, la secuencia de procesos, la estructura de la base de datos y las interfaces, los cuales deben cumplir con los requerimientos anteriores.

## **Construcción de prototipo**

La construcción del prototipo permite desarrollar el primer prototipo funcional donde se agrupa las interfaces, los procesos, la base de datos y la tecnología. Los cuales cumple con los requerimientos establecidos previamente.

## **Refinamiento del prototipo**

La refinación del prototipo es un proceso de mejora del sistema actual, la cual toma como los nuevos requerimientos de los usuarios, y regresa a la etapa del análisis, diseño y construcción.

## **Entregable final**

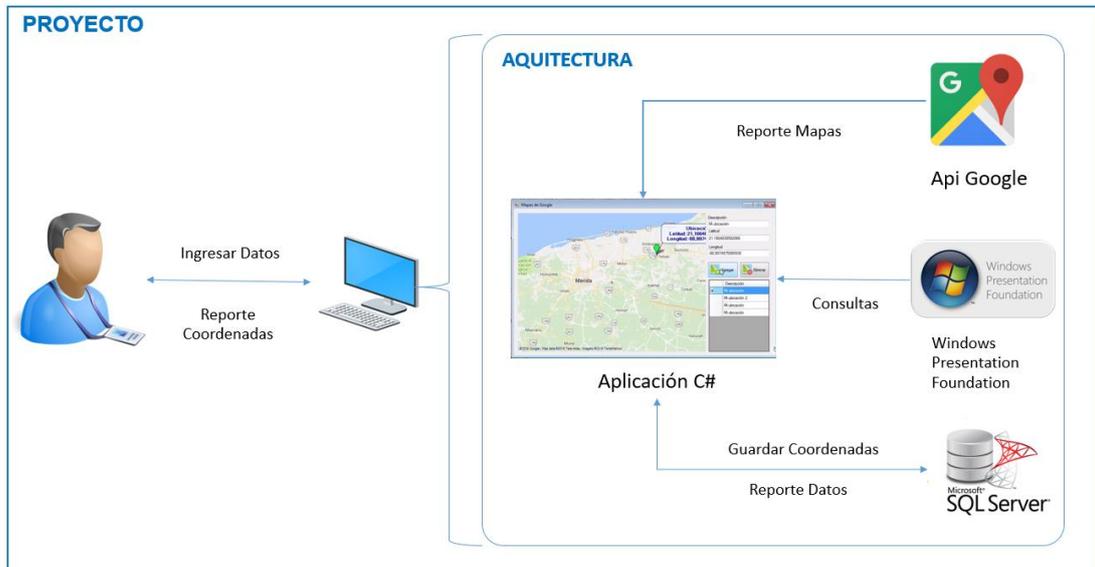
El entregable final se considera a una versión mejorada, el cual pasa por el refinamiento de prototipo una o varias veces, teniendo mejoras en las funciones, estructural y estético según lo requerido por el usuario, cada entregable es una nueva versión del sistema.

## **CAPITULO IV: PLANIFICACION**

### **4.1 Arquitectura**

La arquitectura del sistema de ubicación BTS, requirió una arquitectura de componentes que permita al usuario crear un proyecto, registrar la ubicación, delimitar el área de cobertura, registra los componentes, distribución de los puntos BTS, generar reporte general y detallado de componentes del proyecto, por tanto, necesita un interfaz basado en Windows presentation foundation, gestor de datos MS SQL server 2008 y un api de mapeo Google maps.

**Figura 8: Arquitectura del sistema**



**Fuente: Elaboración Propia**

En la Figura 8, se muestra la arquitectura del sistema, donde el usuario al interactuar con el sistema mediante interfaces, ingresa y solicita información a la base de datos como lista componentes, coordenadas y resultado de operación matemáticas, se solicita los planos geográfico, direcciones y puntos geográficos a la API gmap de google y finalmente se relaciona con los formularios de Windows.

## 4.2 Tecnología

### Bases de Datos MS SQLServer

La base de datos MS SQL server es el sistema que permite la gestión de datos relacionales con entorno empresarial que incluyen control de transacción, excepciones y manejo de errores, procedimientos almacenados y declaración de variables, la cual utilizaremos para almacenar los datos de los puntos de instalación y el área de cobertura de los BTS.

### API Google Maps

Google Maps muestra el mapa físico de un área geográfica deseada, teniendo la capacidad de realizar acercamientos y alejamientos para mostrar el mapa, el usuario puede controlar el mapa con el mouse o las teclas de dirección para moverse a la ubicación que desee y capturar el área donde deseamos instalar las estaciones de trasmisión móvil de tecnología 4G.

### **Windows Presentation Foundation**

Windows Presentation Foundation (**WPF**), es el marco de desarrollo para la creación de interfaces de aplicaciones, parte de la tecnología NET. Framework. La plataforma WPF tiene características de desarrollo como modelado de aplicaciones, recursos, controles gráficos, enlace de datos, documentos y seguridad.

### **4.3 Plan del proyecto**

<b>Nombre de tarea</b>	<b>Duración</b>	<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>	<b>Responsable</b>
<b>Sistema ubicación BTS</b>	<b>90 días</b>	<b>lun 02/01/17</b>	<b>vie 21/04/17</b>	
<b>1. Planificación</b>	<b>6 días</b>	<b>lun 02/01/17</b>	<b>sáb 07/01/17</b>	Gerente del Proyecto
<b>1.1 Arquitectura del Sistema</b>	2 días	lun 02/01/17	mar 03/01/17	Gerente del Proyecto
<b>1.2 Tecnología</b>	1 día	mié 04/01/17	mié 04/01/17	Gerente del Proyecto
<b>1.3 Plan del Proyecto</b>	2 días	jue 05/01/17	vie 06/01/17	Gerente del Proyecto
<b>1.4 Resultado Esperados</b>	1 día	sáb 07/01/17	sáb 07/01/17	Gerente del Proyecto
<b>2. Recolección de requerimientos</b>	<b>12 días</b>	<b>lun 09/01/17</b>	<b>sáb 21/01/17</b>	Analista Sistema, Analista Programación y Usuario
<b>2.1 Identificar Requerimiento</b>	<b>6 días</b>	<b>lun 09/01/17</b>	<b>sáb 14/01/17</b>	Analista de Sistema, Usuario
<b>2.1.1 Requerimiento Funcionales</b>	3 días	lun 09/01/17	mié 11/01/17	Analista de Sistema, Usuario
<b>2.1.2 Requerimiento no Funcionales</b>	3 días	jue 12/01/17	sáb 14/01/17	Analista de Sistema, Usuario
<b>2.2 Análisis de requerimiento</b>	<b>6 días</b>	<b>lun 16/01/17</b>	<b>sáb 21/01/17</b>	Analista de Sistema
<b>2.2.1 Pila de Producto</b>	2 días	lun 16/01/17	mar 17/01/17	Analista de Sistema
<b>2.2.2 Historia de Usuario</b>	2 días	mié 18/01/17	jue 19/01/17	Analista de Sistema
<b>2.2.3 Viabilidad legal</b>	2 días	vie 20/01/17	sáb 21/01/17	Analista de Sistema
<b>3. Modelado y Diseño</b>	<b>12 días</b>	<b>lun 23/01/17</b>	<b>sáb 04/02/17</b>	Analista programación
<b>3.1 Modelado del sistema</b>	<b>6 días</b>	<b>lun 23/01/17</b>	<b>sáb 28/01/17</b>	Analista programación
<b>3.1.1 Diagrama de Actividad</b>	2 días	lun 23/01/17	mar 24/01/17	Analista programación
<b>3.1.2 Diagrama de Caso de Uso</b>	2 días	mié 25/01/17	jue 26/01/17	Analista programación
<b>3.1.3 Diagrama de despliegue</b>	2 días	vie 27/01/17	sáb 28/01/17	Analista programación
<b>3.2 Diseño del Sistema</b>	<b>6 días</b>	<b>lun 30/01/17</b>	<b>sáb 04/02/17</b>	Analista programación

<b>3.2.1 Arquitectura de Solución</b>	2 días	lun 30/01/17	mar 31/01/17	Analista programación
<b>3.2.2 Diseño de Interfaces</b>	2 días	mié 01/02/17	jue 02/02/17	Analista programación
<b>3.2.3 Diseño de la Base de Datos</b>	2 días	vie 03/02/17	sáb 04/02/17	Analista programación
<b>4. Construcción del Prototipo</b>	36 días	lun 06/02/17	lun 20/03/17	Programador
<b>5. Refinamiento del Prototipo</b>	12 días	mar 21/03/17	mié 05/04/17	Usuario experto
<b>6. Entregable Final</b>	12 días	jue 06/04/17	vie 21/04/17	Programador

**Tabla 6 Plan de Ciclo de vida del Sistema de Mejoramiento de Ubicación de estaciones BTS.**

#### **4.4 Resultados esperados**

Mediante esta tesis se desarrolla un sistema de ubicación, que permite al usuario seleccionar un área geográfica, mediante estos datos distribuye puntos de instalación de BTS permitiendo mejorar de la cobertura de las estaciones base de transmisión móvil de tecnología 4G en áreas urbanas y rurales, teniendo como restricciones las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para lo cual se ha aplicado la metodología ágil de desarrollo por prototipos.

## **CAPITULO V: ANÁLISIS Y DISEÑO**

### **5.1 Identificación de requerimientos**

La técnica utilizada para la identificación de los requerimientos es mediante cuestionario, la cual está dirigida a un público específico con el apoyo del área de telecomunicaciones Bitel y Movistar. La cual nos brinda una mayor exactitud, obteniendo los requerimientos funcionales y no funcionales, así como los módulos que compondrán el sistema.

Módulo 1 ->Modulo de archivo de proyecto

Módulo 1 ->Modulo de Ingreso de datos

Módulo 3 ->Modulo de cálculo de procesos

Módulo 4 ->Modulo de salida de datos.

#### **Requerimientos Funcionales**

Los requerimientos funcionales del sistema se han identificado y listado en la tabla 5, así mismo se han agrupado en los módulos más convenientes.

**Tabla 7: Lista de Requerimientos Funcionales**

Nro.	Requerimiento	Dificultad	Modulo
R1	El sistema debe permitir crear, guardar y eliminar un proyecto de Ubicación BTS.	Baja	Módulo 1
R2	El sistema debe permitir seleccionar un área geográfica donde se instalara las BTS.	Media	Módulo 2
R3	El sistema debe permitir ingresar los puntos que delimitan el área de instalación	Media	Módulo 2
R4	El sistema debe permitir ingresar los componentes de necesarios de instalación BTS.	Media	Módulo 2
R5	El sistema debe permití centralizar la ubicación de BTS el área con mayor población	Media	Módulo 2
R6	El sistema debe mostrar un área geográfica con los puntos de instalación de BTS.	Media	Módulo 4
R7	El sistema debe mostrar el radio de cobertura de cada BTS que haya determinado.	Alta	módulo 4
R8	El sistema debe calcular los puntos de instalación en el área geográfica delimitado.	Alta	Módulo 3
R9	El sistema debe calcular el radio de cobertura en el área geográfica delimitada.	Alta	Módulo 3
R10	El sistema debe generar el reportar de ingeniería de detalle por cada BTS.	Baja	módulo 4
R11	El sistema debe generar el reportar de ingeniería resumido del proyecto.	Baja	Módulo 4

**Requerimientos no Funcionales**

**Tabla 8 Lista de requerimientos no funcionales**

Nro.	Requerimiento	Dificultad
1	Se requiere emplear la Base de datos de MYSQL.	Baja
2	El sistema utilizará el lenguaje de programación C#.	Media
3	El sistema utilizará un interface gráfica de java swing.	Media
4	El sistema utilizará la Api Google Maps.	Alta
5	Los puntos de instalación tendrán en consideración la ley Nro. 29022 Ley para el Fortalecimiento de la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones.	Alta
6	El radio de cobertura de los BTS tendrá en consideración Decreto Supremo N° 038-2003 que establecen límites máximos permisibles de radiaciones no ionizantes.	Baja

**Fórmula De Cálculo**

**Tabla 9 Tabla de conversión latitud y longitud a kilómetros**

Convertir Latitud a Kilómetros		Convertir Longitud a Kilómetros	
Latitud	Kilómetros	X= la latitud	
1°	111.12	1°	Coseno(x)*111.325
1'	1.851	1'	1°/60
1"	0.032	1"	1'/60

### Formula Haversine calcular distancia entre dos puntos

$$\text{Distancia} = 2 * R * \text{asin} \sqrt{\sin^2\left(\frac{\Delta\text{lat}}{2}\right) + \cos(\text{lat1}) * \cos(\text{lat2}) * \sin^2\left(\frac{\Delta\text{lon}}{2}\right)}$$

Lat → latitud

Lon → Longitud

(lat1, lon1) → Latitud y longitud en el punto 1

(lat2, lon2) → Latitud y longitud en el punto 2

Δlat = lat2 - lat1

Δlon = lon2 - lon1

R = 6372.795477598 Km (Radio de la Tierra)

### Formula de Gauss calcular Área Poligonal

$$\text{area} = \frac{1}{2} * \begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ x_3 & y_3 \\ x_4 & y_4 \end{bmatrix} = (x_1y_2 + x_2y_3 + x_3y_4 + x_4y_1) - (x_2y_1 + x_3y_2 + x_4y_3 + x_1y_4)$$

### Formula de calcular el punto medio

$$x_m = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

PM=xm,ym

$$y_m = \frac{y_1 + y_2}{2}$$

## 5.2 Análisis de Requerimientos

### Pila de Producto

**Tabla 10 Lista de pila de producto**

<b>Identificador (ID) de la Historia</b>	<b>Enunciado de la Historia</b>	<b>Alias</b>	<b>Dimensión / Esfuerzo Días</b>	<b>Prioridad</b>
<b>HU-2017-0001</b>	Como usuario, necesito crear, guardar, editar y eliminar un proyecto de localización de BTS.	UsuProye	2	Alta
<b>HU-2017-0002</b>	Como usuario, necesito seleccionar el área geográfica donde se instalarán las BTS.	UsuSeleGeo	2	Media
<b>HU-2017-0003</b>	Como usuario, necesito ingresar los puntos que limitan el área geográfica donde se instalaran las BTS.	UsuPunLim	2	Media
<b>HU-2017-0004</b>	Como usuario, necesito ingresar los componentes para la instalación de los puntos BTS.	UsuaComp	5	Media
<b>HU-2017-0005</b>	como usuario, necesito permitir centralizar la ubicación de BTS el área con mayor población	UsuCentra	5	Media
<b>HU-2017-0006</b>	como usuario, necesito visualizar un área geográfica con los puntos de instalación de BTS con sus respectivos nombres	UsuVisualGeo	7	Alta
<b>HU-2017-0007</b>	Como usuario, necesito visualizar el radio de cobertura de los puntos de instalación BTS.	UsuRadioAnte	5	Media
<b>HU-2017-0008</b>	Como usuario, necesita que el sistema muestre los puntos de instalación en el área geográfica seleccionada.	SisPunIns	8	Alta
<b>HU-2017-0009</b>	como usuario, necesita que el sistema calcule el radio de cobertura de cada BTS en el área geográfica seleccionada	SisRadiCobe	8	Alta
<b>HU-2017-0010</b>	Como usuario, necesito que el sistema generar un reportar de ingeniería de detalla por cada BTS.	UsuaRepoDeta	5	Media
<b>HU-2017-0011</b>	Como usuario, necesito que el sistema generar un reportar de ingeniería general del proyecto.	Usurparen	5	Media

## Historia de Usuario

	Enunciado de la Historia	Criterios de Aceptación						
Identificador (ID) de la Historia	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
HU-2017-0001	como usuario	Necesito crear, guardar, abrir y eliminar un proyecto de localización de BTS.	para los proyectos realizados	1	crear un nuevo proyecto	durante el ingreso al menú principal	seleccionar nuevo proyecto	Ingresa el nombre del proyecto.
				2	Abrir un proyecto existente	durante el ingreso al menú principal	seleccionar abrir proyecto	lista de los proyectos existentes
				3	Eliminar un proyecto existente	Durante el listado de proyecto existente	seleccionar eliminar proyecto existente	eliminar proyecto de la lista
				4	Guardar cambios en el proyecto	cuando se ingresa datos del proyecto	seleccionar la opción de guardar proyecto	Guardar los datos del proyecto
HU-2017-0002	como usuario	Necesito seleccionar el área geográfica inicial donde se instalarán las BTS.	para identificar el área geografía inicial	1	Seleccionar el espacio geográfico.	Durante la búsqueda del área geográfico	encontrar el área en el mapa geográfico	mostrar el área geográfica seleccionada
				2	Ingresar la longitud y latitud del área geográfica	durante el ingreso de los datos del área seleccionada	seleccione la ubicación país, provincia, ciudad y coordenadas	ingresa los datos de país, provincia y ciudad del área
				3	ingresar el número de población y	durante el ingreso el número de	seleccione tipo de zona y numero de	ingresa los datos tipo de zona y

					tipo de zona (urbana y rural)	población y tipo de zona (urbano y rural)	abonas potencial	número de abonados
<b>HU-2017-0003</b>	como usuario	Necesito ingresar los puntos que delimitan el área geográfica donde se instalaran las BTS.	para delimitar el área de cobertura de los BTS	1	ingresa las coordenadas de los puntos de delimitación	delimitación del área de cobertura	ingresar latitud y longitud de los puntos límites	registra latitud y longitud de los puntos límites
				2	Mostrar las coordenadas de los puntos de delimitación	delimitación del área de cobertura	mapa geográfico seleccione para el despliegue	el ingreso de los datos la correctamente
				3	calcular el área en los límites en kilómetros cuadrados	delimitación del área de cobertura	área geográfica delimitada por puntos	los metros cuadrados del área limitado
				4	registra las coordenadas de los puntos y el área calculada	delimitación del área de cobertura	Botón registrar límites de área	Guardar los límites de cobertura en área geográfica
<b>HU-2017-0004</b>	como usuario	Necesito ingresar los componentes para la instalación de los puntos BTS.	Para la instalación de los puntos BTS.	1	registrar nuevo componente	durante la lista de componentes	seleccionar los nuevos componentes	abrir nuevo componente BTS
				2	Eliminar un proyecto existente	durante la lista de componentes	elegir eliminar un componente	registrar el Angulo de los sectoriales
				3	Guardar cambios en el componente	durante la lista de componentes	seleccionar guardar componente	registrar los componentes de los BTS
<b>HU-2017-0005</b>	como usuario	necesito permitir centralizar la ubicación de BTS el área con mayor población	para poder mover los puntos BTS	1	modificar los puntos BTS	Modificar los puntos de BTS	mover puntos de BTS	nueva ubicación del punto BTS
				2	Calcular nueva ubicación BTS	Modificar los puntos de BTS	mover puntos de BTS	nueva ubicación de los puntos BTS
				3	Guarda las nuevas	Modificar los puntos de BTS	Botón guardar proyecto distribución de	Guardar las ubicaciones de BTS

					ubicaciones de los BTS		los puntos BTS	
<b>HU-2017-0006</b>	como usuario	necesito visualizar un área geográfica con los puntos de instalación de BTS con sus respectivos Identificadores	para controlar los puntos de estación BTS	1	mostrar coordenada de los puntos BTS	Distribuir los puntos de BTS	seleccionar un punto BTS	visualiza las coronada del punto BTS
				2	mostrar nombre de los puntos BTS	Distribuir los puntos de BTS	seleccionar un punto BTS	visualiza el nombre del BTS
				3	Registrar las coordenadas y nombre de los puntos BTS	Distribuir los puntos de BTS	Botón Guarda proyecto coordenadas y nombre de BTS	Guardar los nombres y coordenadas de los puntos BTS
<b>HU-2017-0007</b>	como usuario	Necesito mostrar el radio de cobertura de los BTS.	para control el radio de cobertura de cada punto BTS	1	mostrar la cobertura del punto BTS	Distribuir los puntos de BTS	seleccionar un punto BTS	visualiza el radio de cobertura BTS
				2	mostrar el Angulo de cobertura de los puntos BTS	Distribuir los puntos de BTS	seleccionar un punto BTS	visualiza el Angulo de cobertura BTS
				3	registrar el ángulo y cobertura de los puntos BTS	Distribuir los puntos de BTS	Botón guarda proyecto cobertura y ángulo de cobertura BTS	Guardar los radios y ángulo de cobertura de los puntos BTS
<b>HU-2017-0008</b>	como usuario	Necesito que el sistema calcule los puntos de instalación en el área geográfica delimitada.	para calcular la ubicación de los puntos BTS	1	calculara la ubicación de puntos BTS	Calcular los puntos BTS	Botón calcular puntos BTS	coordenadas de puntos BTS
				2	validar la ubicación de los puntos BTS	verificar la distancia entre puntos	Botón calcular puntos BTS	Distancia necesaria entre BTS
				3	colocar los puntos de BTS	Distribuir los puntos de BTS	Botón calcular puntos BTS	visualizar los puntos BTS en el mapa

<b>HU-2017-0009</b>	como usuario	Necesito que el sistema calcule el radio de cobertura de cada BTS en el área geográfica delimitada	para calcular el radio de cobertura de los puntos BTS	1	calculara el radio de cobertura de los puntos BTS	Calcular la cobertura puntos BTS	Botón calcular puntos BTS	radio de cobertura de puntos BTS
				2	validar la cobertura de los puntos BTS	verificar el alcance de cobertura	Botón calcular puntos BTS	alcance de cobertura aprobada según MTC
				3	colocar el radio de cobertura de los puntos BTS	colocar el radio de cobertura BTS	Botón calcular puntos BTS	visualizar la cobertura de los puntos BTS en el mapa
<b>HU-2017-0010</b>	como usuario	Necesito que el sistema genere un reporte de ingeniería de detalla por cada BTS.	para controla los numero de componentes necesarios para la instalación de los puntos BTS	1	listar el número de BTS detallados con sus componentes	Durante el reporte general del proyecto	botón reporte proyecto detallado	lista de BTS con sus componentes
				2	modificar los componentes de instalación BTS	durante el listado reporte detallado del proyecto	selección de datos a modificar	guardar modificación del reporte
				3	exportar reporte detallado del proyecto	durante la lista de reporte detallado	botón imprimir reporte proyecto detallado	imprimir reporte detallado
<b>HU-2017-0011</b>	como usuario	Necesito que el sistema genere un reporte de ingeniería general del proyecto.	para reportar de lista de los puntos BTS	1	listar datos generales del proyecto	Durante el reporte general del proyecto	botón reporte proyecto General	lista reporte del proyecto
				3	exportar reporte general del proyecto	Durante el reporte general del proyecto	botón imprimir reporte proyecto	imprimir reporte general

## **Viabilidad Legal**

La tesis tiene en consideración las ley de regulación del ministerio de trasportes y comunicaciones (MTC) Ley Nro. 29022 Ley para el Fortalecimiento de la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones, que considera el despliegue e instalación de estaciones base de trasmisión móvil una prioridad nacional y Decreto Supremo N° 038-2003 que establecen límites máximos permisibles de radiaciones no ionizantes en telecomunicaciones del ministerio de trasporte y comunicaciones (MTC).Permitiendo conocer el radio de cobertura de una estación base de trasmisión móvil.

## **Visión del Proyecto**

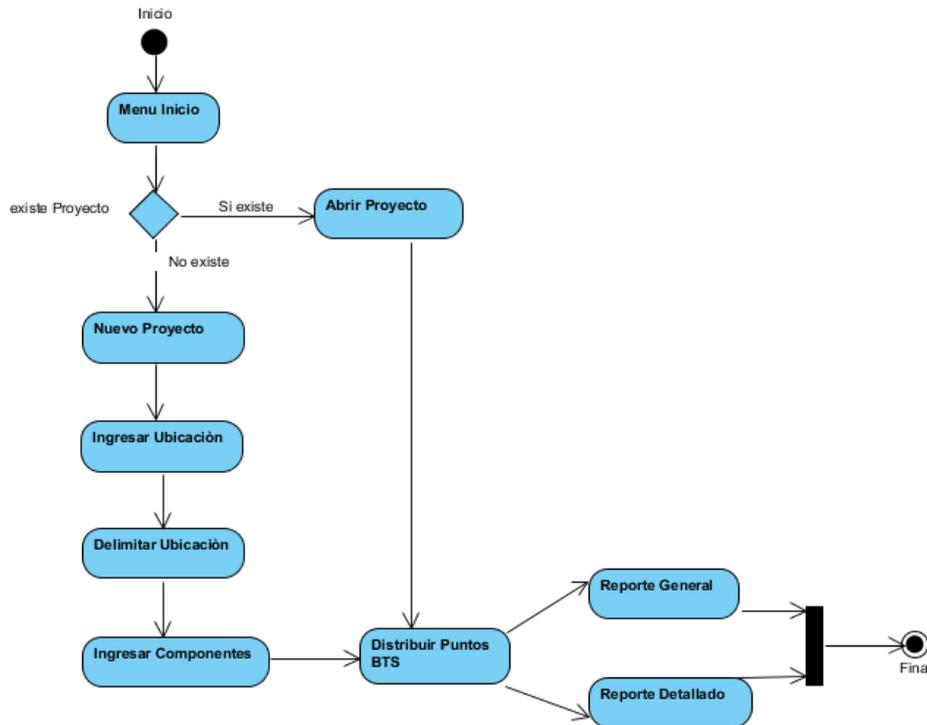
Esta tesis permitirá la implementación en el futuro la colocalización de antenas con varios operadores móviles en una misma estructura, la cual minimiza los costos de instalación y operaciones, el impacto visual del número de antenas en zonas urbanas y rurales. En la actualidad el Perú busca la forma de colocalización de antenas, las cuales a encontrando dificultades por el costo de recolocación de antenas y el precio del uso de nuevas infraestructuras teniendo en consideración la tecnología usada por cada operador móvil.

## **5.3 Modelado del Sistema**

### **Diagrama de Actividades**

El diagrama de actividad permite modelar la secuencia de acciones del sistema desde el ingreso, la diferentes opciones o decisiones y el termino de la secuencia con el cierre del sistema.

**Figura 9: Diagrama de Actividades**



**Fuente: Elaboración Propia**

Como se muestra en la Figura 9 la secuencia de actividades inicia con el ingreso al sistema, se abre el menú principal tiene decisión crear proyecto o abrir proyecto, si abres proyecto abres formulario abrir proyecto y distribuir puntos BTS de proyecto existente. Si eliges crear proyecto se abre el formula ingresa nombre proyecto, ingresa la ubicación geográfica, delimita el área de cobertura, ingresa los componentes de las estaciones y distribuye los puntos BTS. Al final se pude generar dos reportes generales y detallados terminando con el cierre del sistema.

### **Diagrama Caso de Uso**

El diagrama de caso de uso permite mostrar los procesos que interactúan con el usuario en el ingreso de datos y generación de reportes y los procesos secundarios dependientes de proceso principal.

**Figura 10: Diagrama de Caso de Uso**



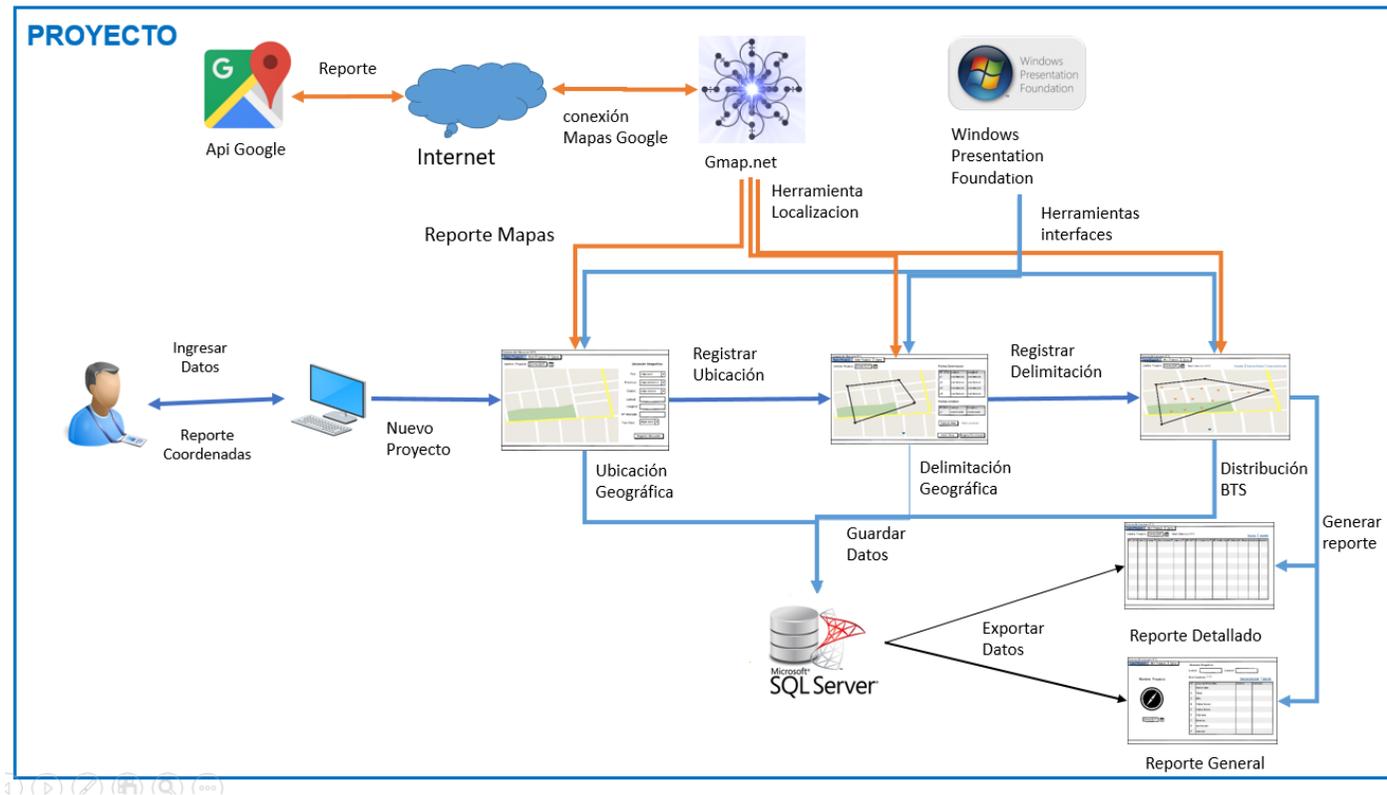
**Fuente: Elaboración Propia**

En la Figura 10 se muestra que en el sistema de ubicación BTS se realiza los procesos de crear nuevos proyectos, abrir proyecto existente, ubicar geográficamente, delimitar un área geográfica, registrar los componentes de las estaciones BTS y generar reportes generales o detallados.

## 5.4 Diseño del Sistema

### Arquitectura de la solución

Figura 11: Arquitectura de solución



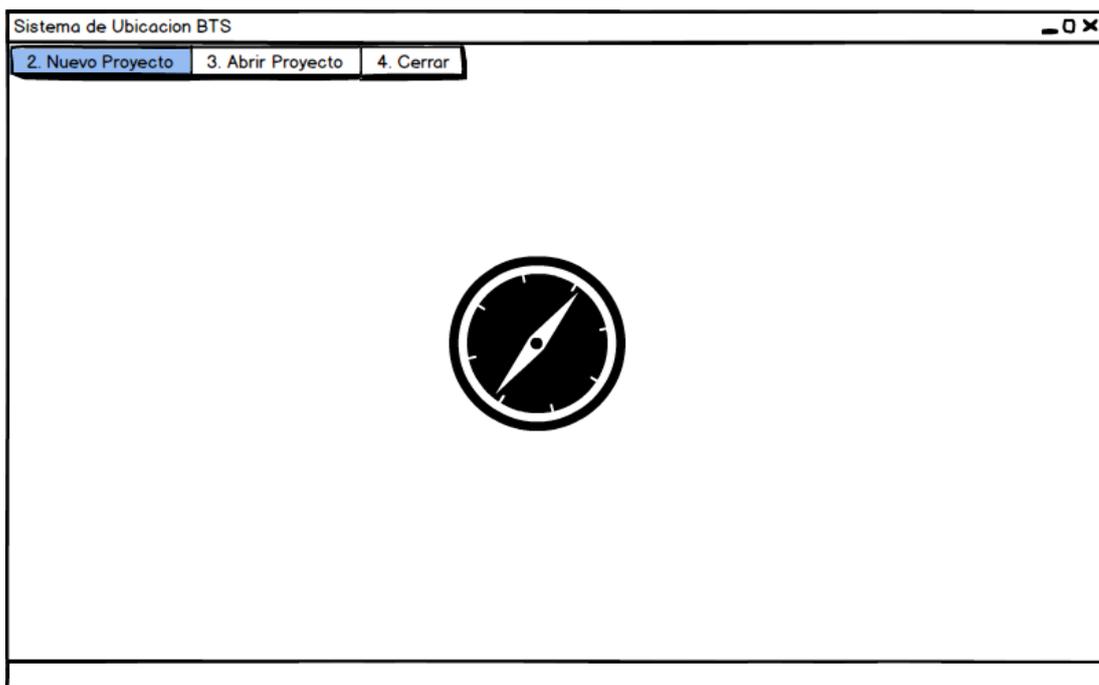
Fuente: Elaboración Propia

La arquitectura propuesta para el desarrollo del sistema consiste en la interacción del usuario con las interfaces de ubicación, delimitación y distribución con la cual ingresan y solicitan información a la base de datos SQL server, utilizando los framework de Windows y el API Gmap de Google, Desde la base de datos se obtienen los reportes general y detallado.

### **Diseño de Interfaz Gráfica**

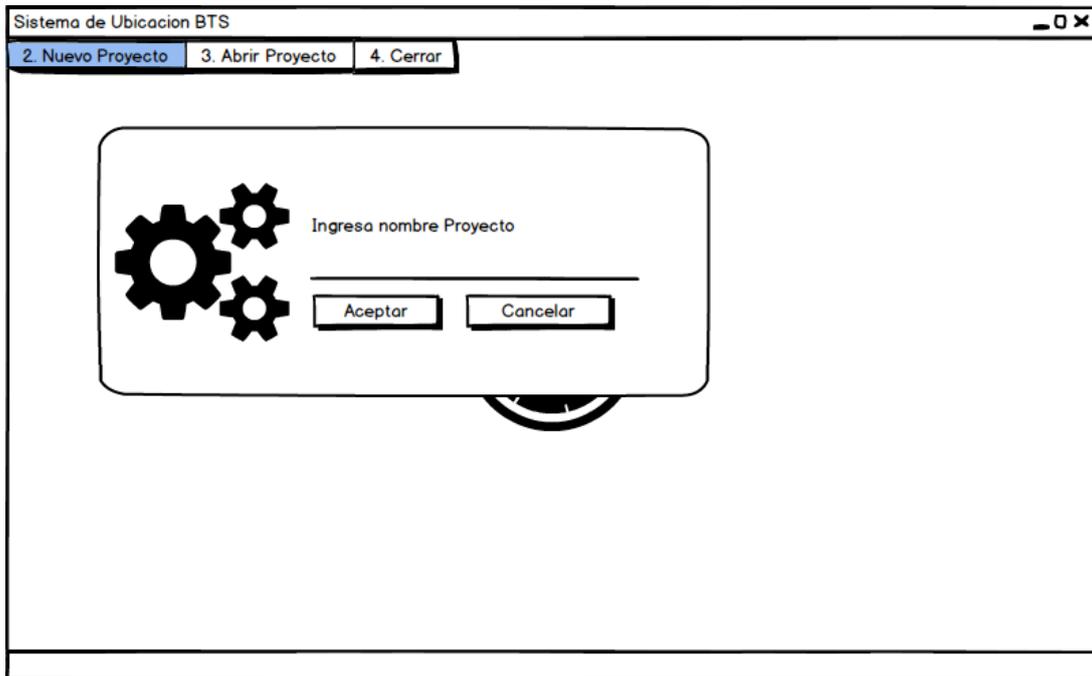
Los modelos de las interfaces para el sistema de ubicación se desarrollarán para un software de escritorio, con funciones básicas de una ventana Windows y tamaño de 1300 x 650 pixeles para la interface principal.

**Figura 12: Diseño de Interface Menú Principal**



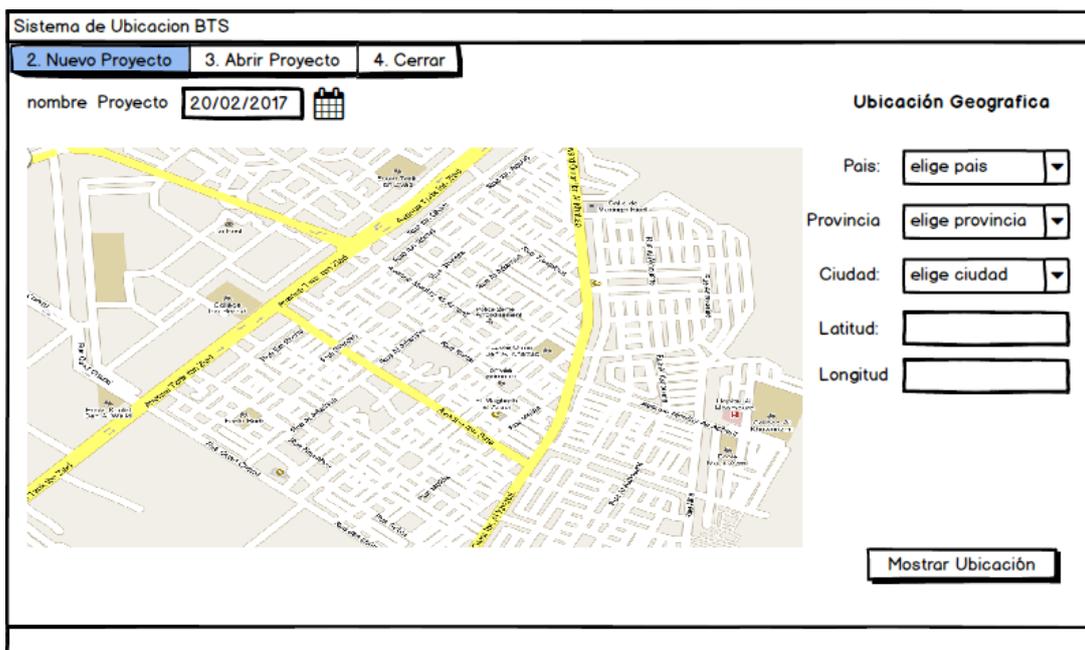
En la Figura 12 se muestra el primer modelo de las interfaces del menú principal, con las opciones generales de la página como cerrar, minimizar y expandir, la página contiene la barra horizontal de las opciones de nuevo proyecto, abrir proyecto y como fondo lo logo del sistema.

**Figura 13: Diseño de Interface Crear Nuevo Proyecto**



En la Figura 13 se muestra el primer modelo de la interfaces de crear nuevo proyecto, con las opciones generales anteriores, la página contiene en el centro una barra horizontal para ingreso de datos y dos botones de aceptar o cancelar la creación de nuevo proyecto.

**Figura 14: Diseño de Interface de Ubicación Geográfica**



En la Figura 14 se muestra el primer modelo de la interfaces de ubicación geográfica, con las opciones generales anteriores adicionando el nombre del proyecto y fecha, la página contiene un mapa geográfico horizontal, barra de opción para seleccionar el país, región, provincia y ciudad, barras para ingresar los datos de la latitud y longitud. Por último, el botón de registrar ubicación.

**Figura 15: Diseño de Interface de Delimitación de Área**

Sistema de Ubicación BTS

2. Nuevo Proyecto 3. Abrir Proyecto 4. Cerrar

nombre Proyecto  20/02/2017

Puntos Delimitacion		
N° BTS	Latitud	Longitud
p1	coordenada	coordenada
p2	coordenada	coordenada
p3	coordenada	coordenada
p4	coordenada	coordenada

Puntos conexion		
N° BTS	Latitud	Longitud
p1	coordenada	coordenada

N° Abonado:

Tipo Zona:

Metro cuadrado

En la Figura 15 se muestra el primer modelo de la interfaces de delimitación de cobertura, con las opciones generales anteriores adicionando el nombre del proyecto y fecha, la página contiene un mapa geográfico horizontal, una tabla de los puntos geográficos, una barra de opciones para seleccionar el tipo de zona rural o urbana, un cuadro para ingresar los datos del número de abonados. Por último, los botones de calcular el área de cobertura y registrar delimitación.



En la Figura 17, se muestra el primer modelo de la interfaces de la distribución BTS, con las opciones generales anteriores adicionando el nombre del proyecto y fecha, la página contiene un mapa geográfico horizontal donde se visualiza los límites geográficos y los puntos de ubicación de las estaciones BTS, también tiene opciones de reporte general y detallado.

**Figura 18: Diseño de Interface de Reporte General**

Sistema de Ubicacion BTS

2. Nuevo Proyecto | 3. Abrir Proyecto | 4. Cerrar

Ubicacion Geografica

Latitud:  Longitud

Nivel Cobertura: 100%

Nombre Proyecto

Reporte Detallado | Imprimir

N°	Lista de Materiales	tipo	Cantidad
1	Sectoriales		
2	Torre		
3	RRU		
4	Cable Coaxial		
5	Cable Optica		
6	Gabinete		
7	Baterias		
8	rectificador		
9	serouter		

20/02/2017

En la Figura 18, se muestra el primer modelo de la interfaces del reporte general, con las opciones generales anteriores adicionando la ubicación de la latitud y longitud del proyecto, la página contiene una tabla de con el lista de compontes con la cantidad necesarios en todo el proyecto, también tiene opciones de reporte general e imprimir



En la Figura 20, se muestra el primer modelo de la interface de abrir proyecto, con las opciones generales anteriores, la página contiene una tabla con el listado de los proyectos realizados con sus nombres, fecha y las opciones de abrir, editar y eliminar.

### Requerimiento vs Interfaces

**Tabla 11: requerimientos vs interfaces**

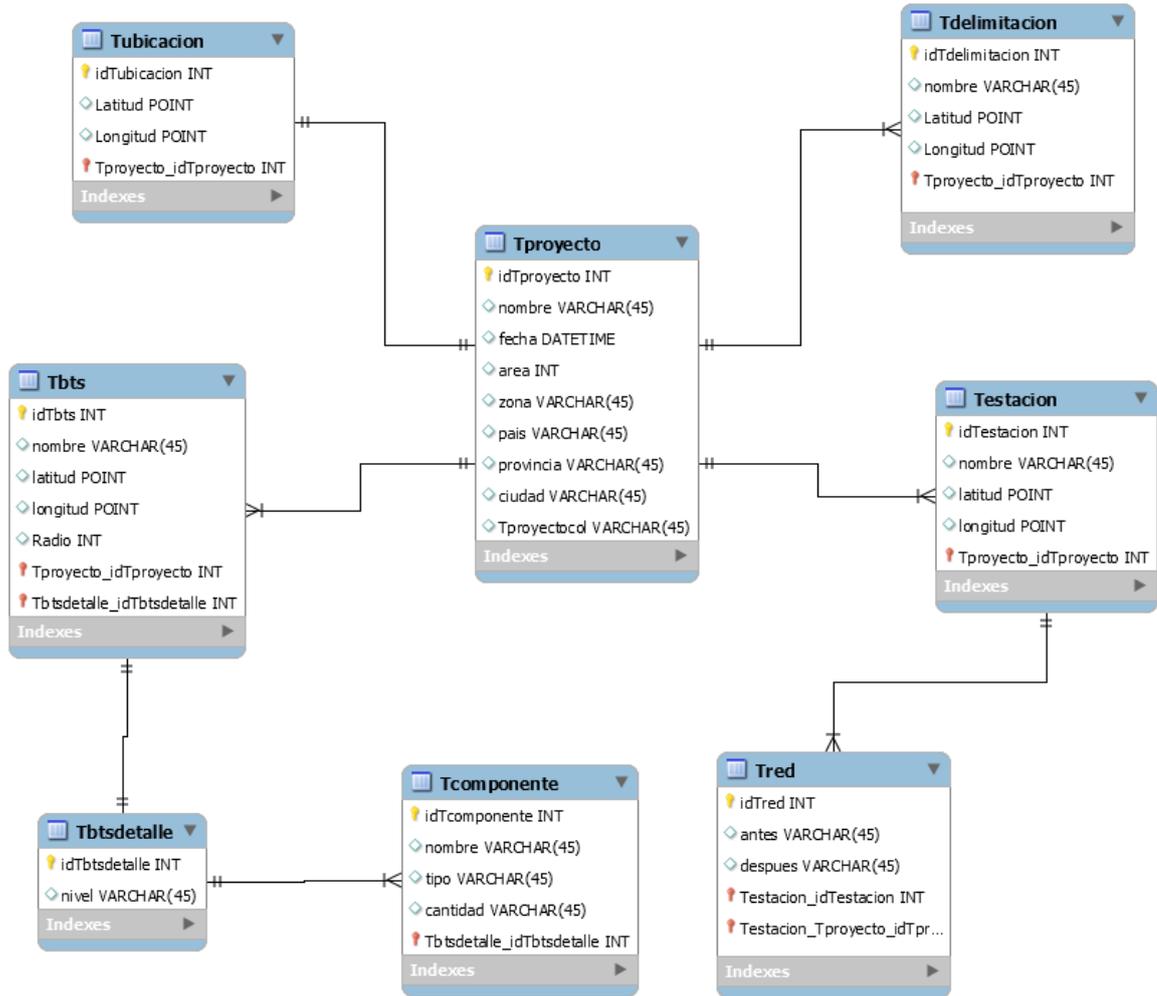
<b>Nro.</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Interfaces</b>
R1	El sistema debe permitir crear, guardar y eliminar un proyecto de Ubicación BTS.	1
R2	El sistema debe permitir seleccionar un área geográfica donde se instalará las BTS.	3
R3	El sistema debe permitir ingresar los puntos que delimitan el área de instalación	2
R4	El sistema debe permitir ingresar los componentes de necesarios de instalación BTS.	4
R5	El sistema debe permití centralizar la ubicación de BTS el área con mayor población	5
R6	El sistema debe mostrar un área geográfica con los puntos de instalación de BTS.	6
R7	El sistema debe mostrar el radio de cobertura de cada BTS que haya determinado.	6
R8	El sistema debe calcular los puntos de instalación en el área geográfica delimitado.	6
R9	El sistema debe calcular el radio de cobertura en el área geográfica delimitada.	6
R10	El sistema debe generar el reportar de ingeniería de detalle por cada BTS.	7
R11	El sistema debe generar el reportar de ingeniería resumido del proyecto.	8

En la Tabla 11, se muestra la relación de requerimientos funcionales del sistema comparados con el diseño de las interfaces, se busca determinar que las interfaces cumplen con los requerimientos.

### Diseño de Base de Datos

El diseño de la base de datos para el sistema de ubicación de las estaciones BTS, se realiza con MS SQL server. Los procesos a utilizar son de registro, eliminar, editar y reportar datos, según solicitan las interfaces y el usuario final.

**Figura 21: Diagrama de la base de datos**



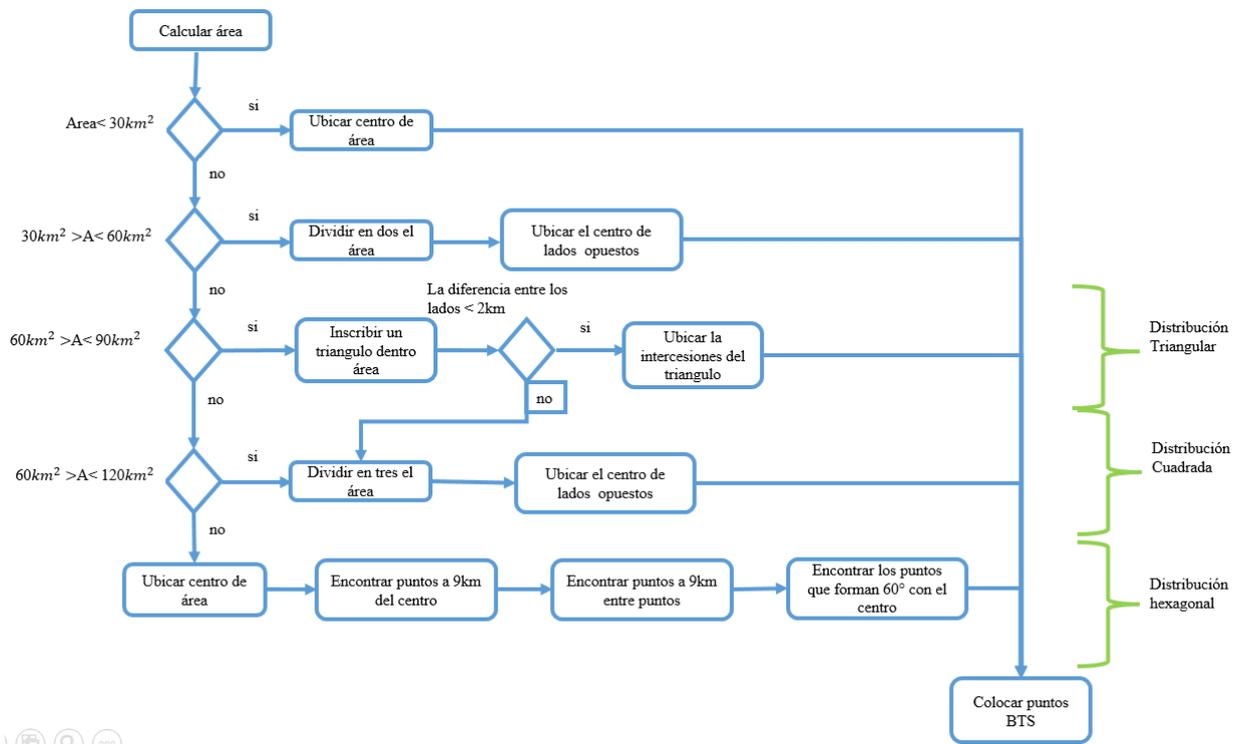
**Fuente: Elaboración Propia**

En la Figura 21, se muestra la estructura de la base de datos, donde la tabla de proyecto es relaciona a las tablas de ubicación, BTS, delimitación, estación, la tabla de detalle enlaza BTS y componentes, la tabla estación se relaciona con la tabla red. Los reportes son generados con datos desde las tablas detalle, componente, proyecto y BTS.

### **Diseño del algoritmo de distribución BTS**

El diseño del algoritmo de distribución permite desarrollar el proceso de calcular, el número de BTS según los metros cuadrados del área de cobertura. También considera las diferencias entre los lados.

**Figura 22: Diagrama del área de cobertura**



**Fuente: Elaboración Propia**

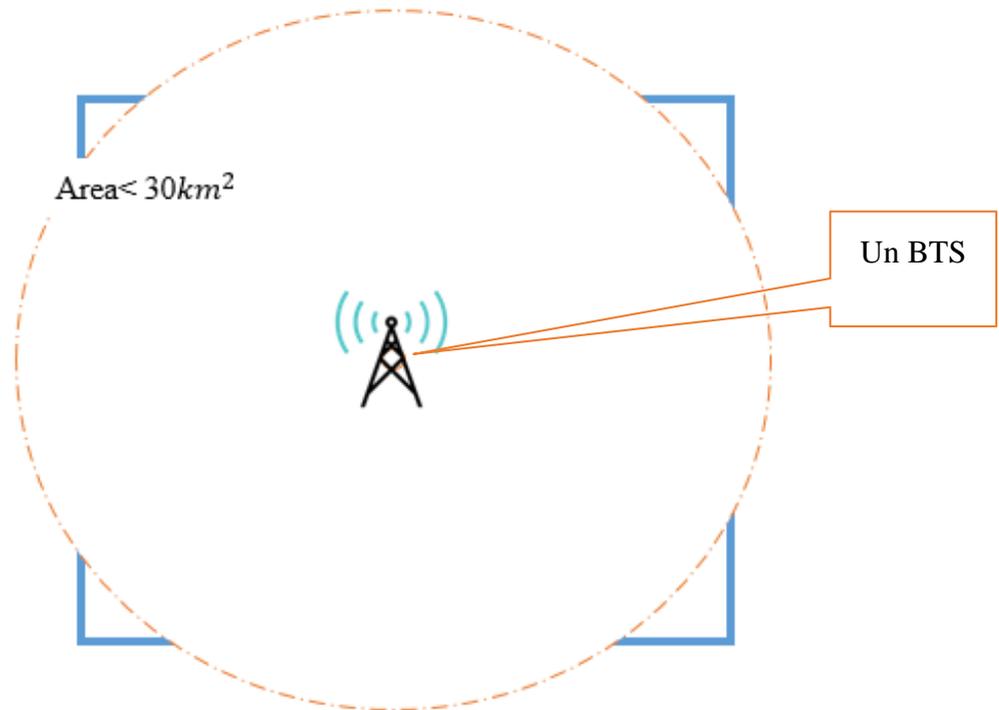
En la Figura 22, se muestra el proceso de cálculo de distribución de las estaciones BTS, primero se calcula el área de cobertura, si el área es menor a  $30 \text{ Km}^2$  se ubica un punto BTS, pero cuando es mayor se ubica dos puntos, cuando es mayor de  $60 \text{ Km}^2$  se realiza una distribución triangular, si es mayor de  $90 \text{ Km}^2$  se distribuye equitativamente en forma de cuadrado y si es mayor de  $120 \text{ Km}^2$  se aplica distribución hexagonal.

### 1. Distribución por el área de cobertura

La distribución de los puntos de BTS se realizó considerando el tamaño del área de cobertura, al tener una mayor área de cobertura más número de estaciones son necesarios para cobertura.

#### a) Cuando el área de cobertura $A < 30 \text{ km}^2$

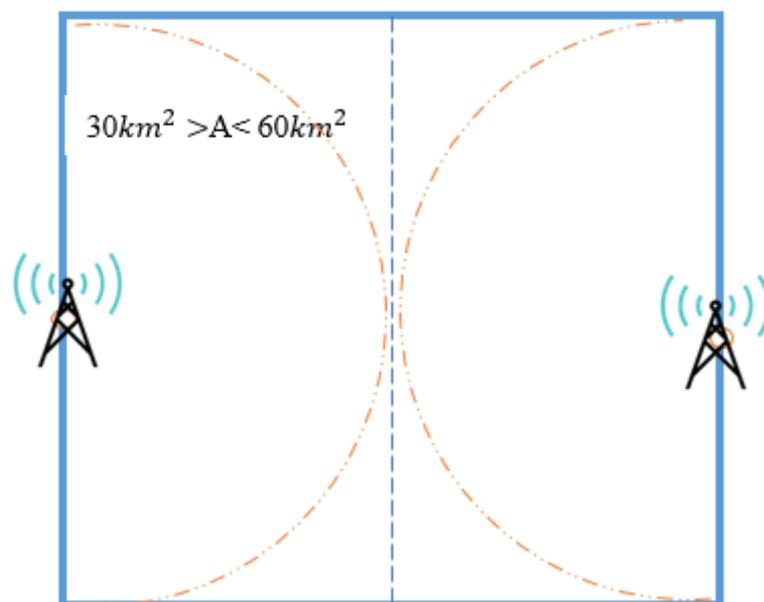
**Figura 23: Área de cobertura menor  $30 \text{ km}^2$**



La Figura 23, muestra el número de estación BTS para un área menor de 30 kilómetros cuadrados, la cual puede ser cubierta con una sola estación.

**b) Cuando el área de cobertura  $30 \text{ km}^2 > A < 60 \text{ km}^2$**

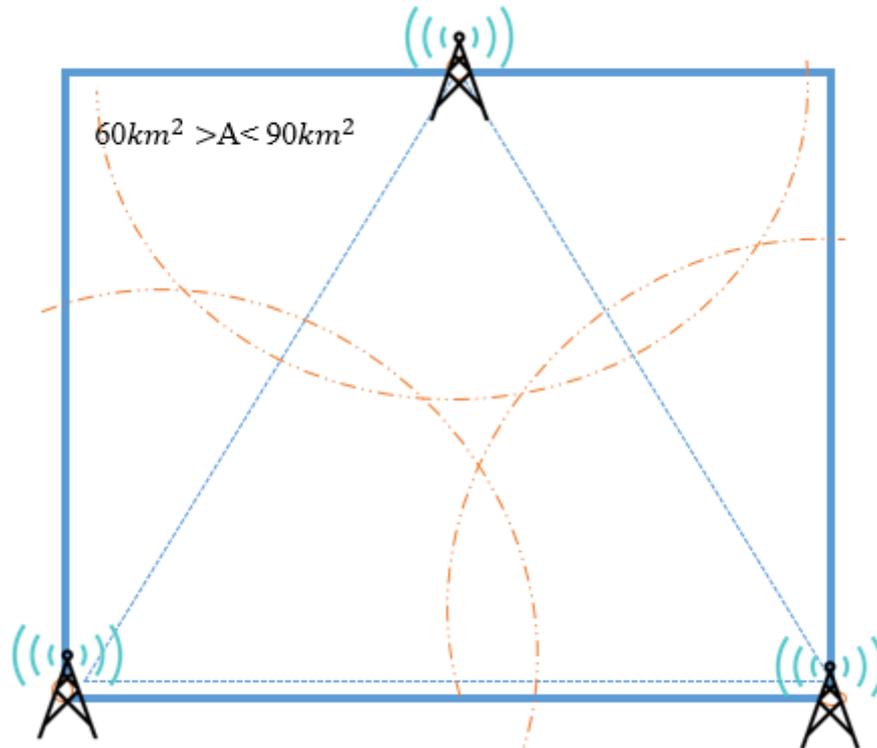
**Figura 24: Área de cobertura  $30 \text{ km}^2 > A < 60 \text{ km}^2$**



La Figura 24, muestra el número de estación BTS para un área mayor de 30 kilómetros cuadrados pero menor de 60 kilómetros cuadrados, la cual puede ser cubiertas con dos estaciones a lados opuestos..

c) Cuando el área de cobertura  $60 \text{ km}^2 > A < 90 \text{ km}^2$

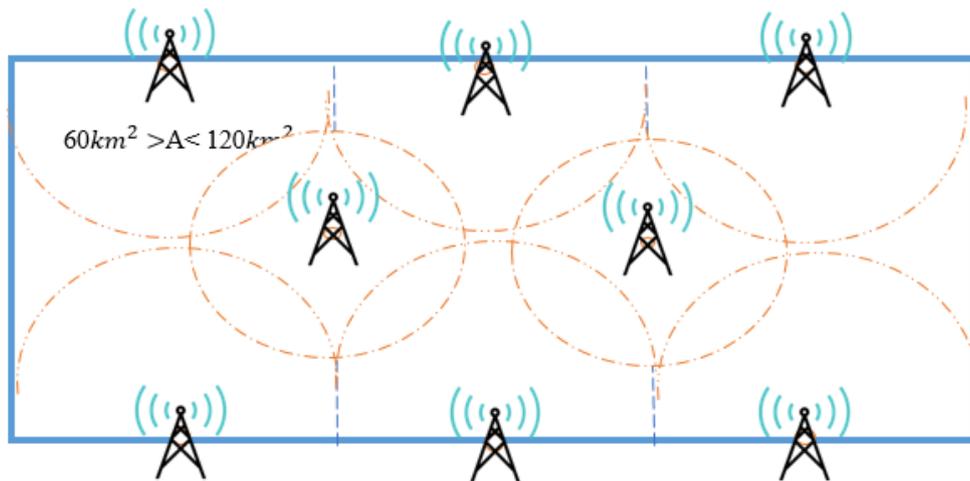
**Figura 25: Área de cobertura  $60 \text{ km}^2 > A < 90 \text{ km}^2$**



La Figura 25, muestra el número de estación BTS para un área mayor de 60 kilómetros cuadrados pero menor de 90 kilómetros cuadrados, la cual puede ser cubiertas con tres estaciones que forman un triángulo.

d) Cuando el área de cobertura  $90 \text{ km}^2 > A < 120 \text{ km}^2$

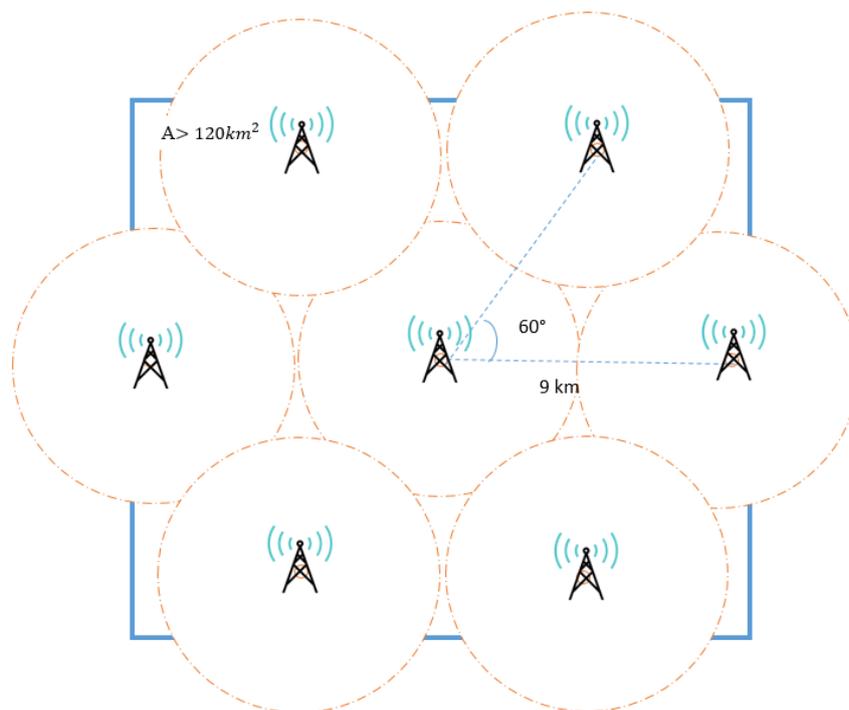
**Figura 26: Área de cobertura  $90 \text{ km}^2 > A < 120 \text{ km}^2$**



La Figura 26, muestra el número de estación BTS para un área mayor de 90 kilómetros cuadrados pero menor de 120 kilómetros cuadrados, la cual puede ser cubierta con 5 a más estaciones con forma rectangular, dos a cada lado opuestos y uno al medio.

e) Cuando el área de cobertura  $A > 120 \text{ km}^2$

**Figura 27: Área de cobertura  $A > 120 \text{ km}^2$**

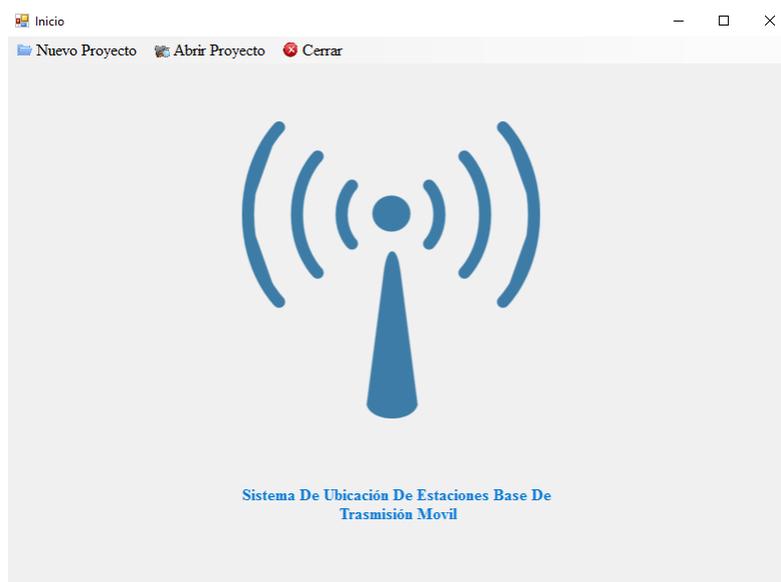


La Figura 27, muestra el número de estación BTS para un área mayor de 120 kilómetros cuadrados, la cual puede ser cubiertas con siete estaciones en forma sexagonal, seis en los lados y uno en el centro a una distancia de 9 kilómetros de cada estación BTS.

## CAPITULO VI: CONSTRUCCION

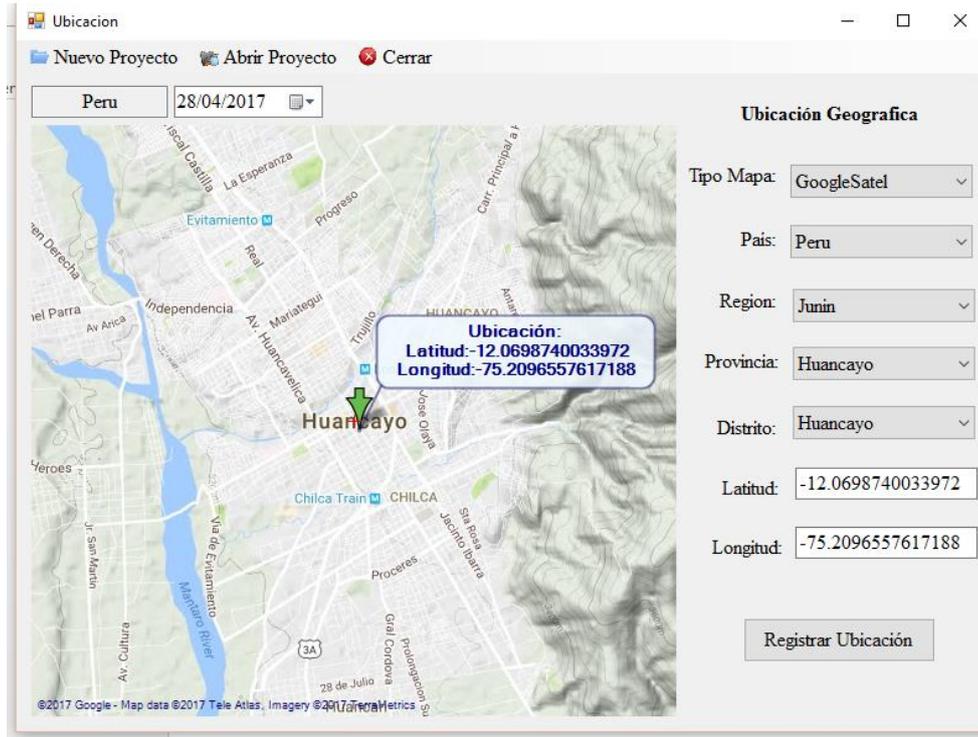
El proceso de construcción se realizó buscando cumplir con los requerimientos recopilados, para ello se implementaron las interfaces, procesos, y base de datos previamente diseñados y validados.

**Figura 28: Construcción del Formulario Inicio**



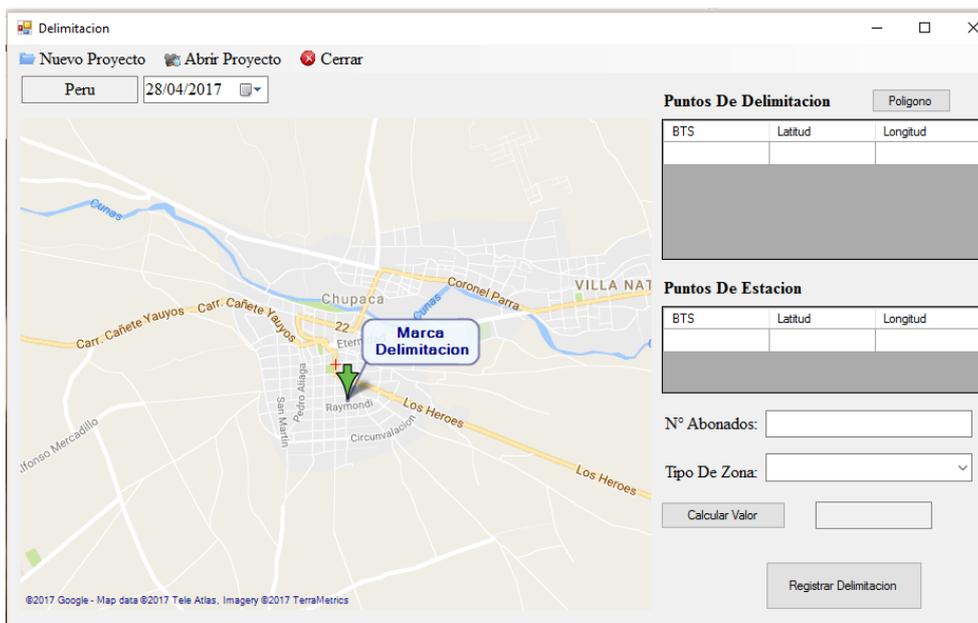
El formulario de inicio contiene una barra de opciones, con las opciones de crear, abrir proyecto y manual de uso, como fondo tiene el logo con el nombre del sistema.

**Figura 29: Construcción del Formulario de Ubicación**



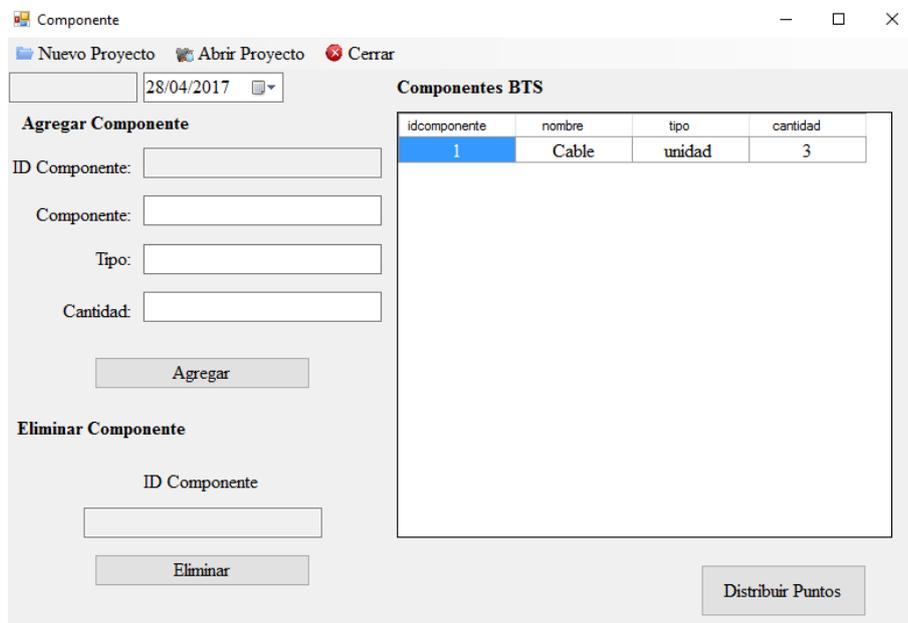
El formulario de ubicación permite seleccionar la ubicación del mapa según país, región, provincia, distrito y coordenadas de ubicación.

**Figura 30: Construcción del Formulario de Delimitación**



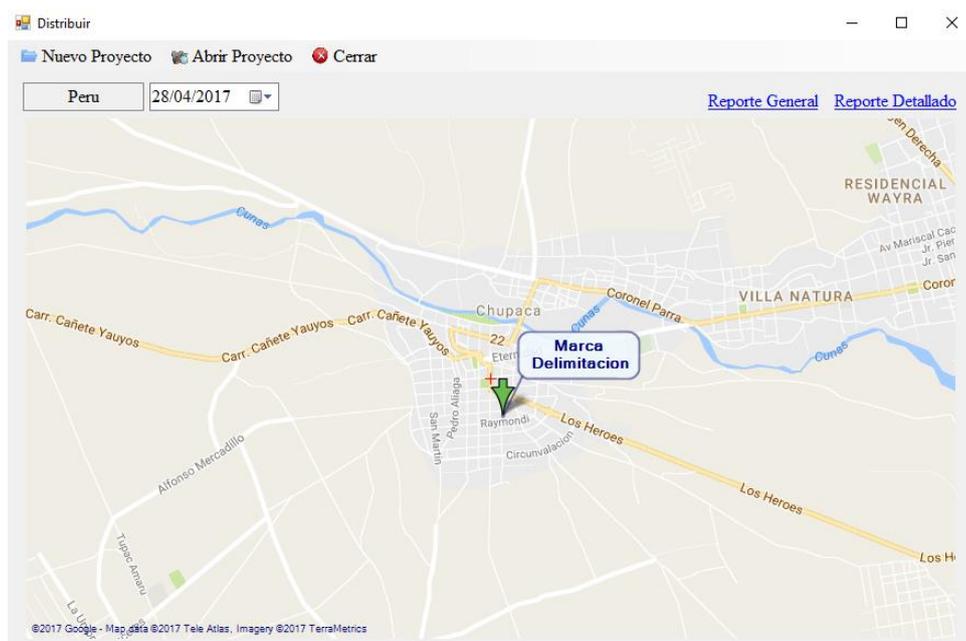
El formulario de delimitación permite ingresar el punto de delimitación con coordenadas, ingresar los número de abonados en la zona y calcular el área.

**Figura 31: Construcción del Formulario de Componente**



El formulario de componentes permite ingresar un listado de materiales que necesita una estación BTS para su construcción, en algunos casos pueden variar.

**Figura 32: Construcción del Formulario Distribución**



El formulario de distribución permite, repartir los puntos de instalación de la estación BTS en el área seleccionada previamente.

**Figura 33: Construcción del Formulario Reporte General**

The screenshot shows a web browser window titled 'Rgeneral'. The navigation bar includes 'Nuevo Proyecto', 'Abrir Proyecto', and 'Cerrar'. The main content area is divided into two columns. The left column features a 'Nombre' label, a large antenna icon, and a date selector showing 'viernes . 28 de abril de 2017'. The right column is titled 'Ubicacion Geografica' and contains two input fields for 'Latitud' and 'Longitud'. At the top right of the main area, there are links for 'Reporte Detallado' and 'Imprimir'. A large empty rectangular box is positioned at the bottom right of the form.

El formulario de reporte permite visualizar el listado de componentes que se necesita para la instalación de las estaciones BTS.

**Figura 34: Construcción del Formulario Reporte Detallado**

The screenshot shows a web browser window titled 'Rdetallado'. The navigation bar includes 'Nuevo Proyecto', 'Abrir Proyecto', and 'Cerrar'. The main content area has a 'Nombre' label and a date selector showing 'viernes . 28 de abril de 2017'. At the top right of the main area, there are links for 'Reporte General' and 'Imprimir'. A large empty rectangular box occupies the majority of the lower half of the form.

## CAPITULO VII: REFINACION DEL PROTOTIPO

Debido a la metodología empleada se llevaron a cabo refinaciones del primer prototipo obtenido, esto se logró por las observaciones de los usuarios recopiladas en la encuesta realizada y se muestra en la Figura 58 , que consideran las interfaces no son amigables y su funcionalidad es baja su evolución se muestra a continuación:

### I.Creación de una portada de inicio informativa del sistema.

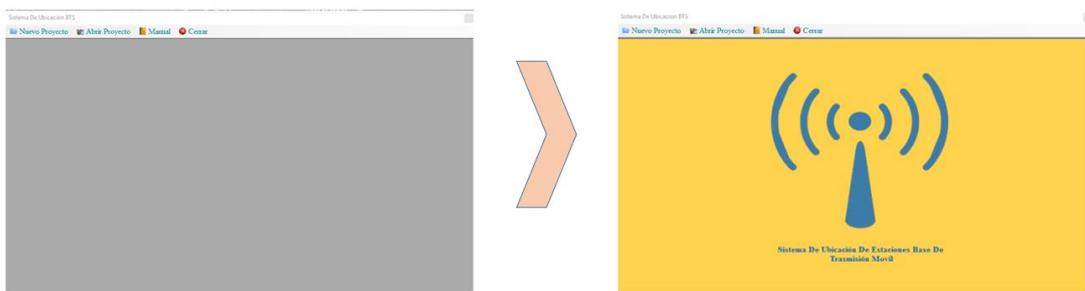
**Figura 35: formulario portada**



La portada inicial es la primera interacción del usuario con el sistema que permite informar al usuario datos del sistema con el logo, nombre y versión del sistema, la cual identifica al sistema de otros programas.

## II. Mejoramiento del sistema con interfaces más amigables al usuario.

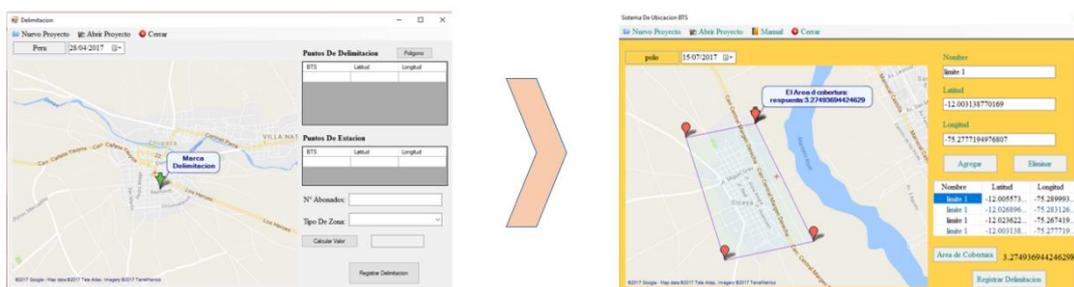
**Figura 36: Refinación del Formulario Principal**



El diseño de interfaces del sistema mejora la estructura de navegación entre los formularios MDI que contienen los demás formularios, los colores facilitan la vista del usuario.

## III. Mejoramiento de la estructura del formulario de delimitación de la cobertura

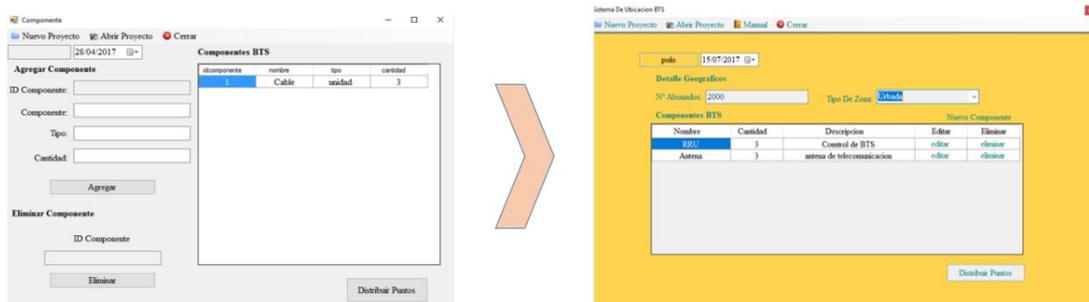
**Figura 37: Refinación del Formulario de Distribución**



En la mejora del formulario de delimitación se modifica la distribución de los componentes, se muestra el área de cobertura con líneas y los puntos de delimitación, en la lista se muestran nombres, latitud y longitud.

#### IV. Mejoramiento de la estructura del formulario de componente de estaciones BTS

**Figura 38: Refinación del Formulario de Componente**



En la mejora del formulario de componentes se modifica la distribución de los componentes, se cambia los botones de agregar y eliminar a link dentro de la tabla que contiene la lista de los componentes de las estaciones BTS, se agrega el número de abonados y el tipo de zona de distribución.

## CAPITULO VIII: ENTREGABLE FINAL

El entregable final permite visualizar el diseño de las interfaces finales del prototipo del sistema de ubicación de estaciones, los cuales deben cumplir los requerimientos, modelos, fórmulas de cálculo y deben ser funcionales para una primera versión de del sistema.

**Figura 39: Implementación Final de la Portada de Inicio**



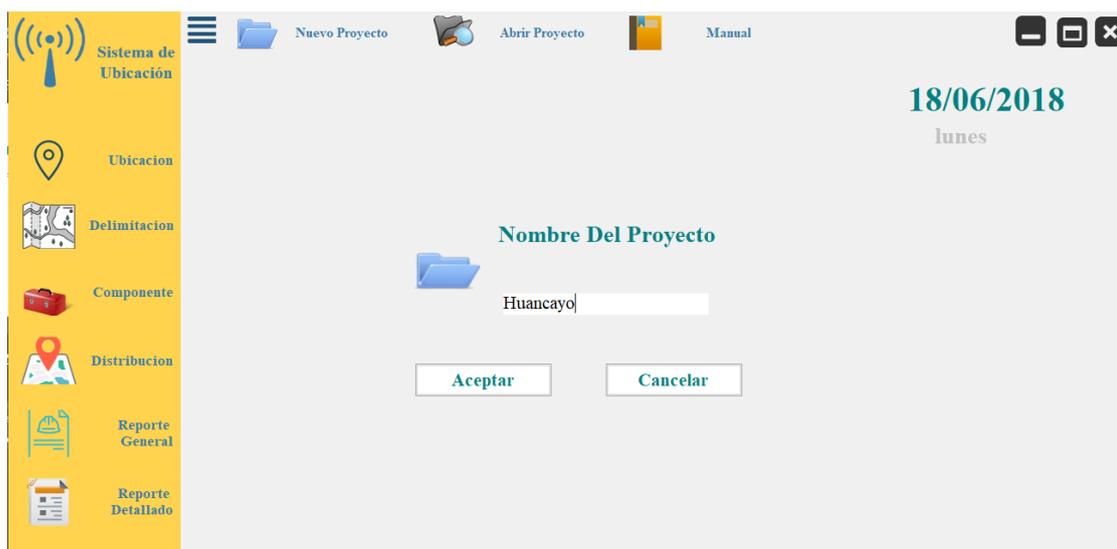
La portada de inicio establece la presentacion del software,informacion general del sistema el nombre del proyecto ,logo y la version actual del sistema.

**Figura 40: Implementación Final de la Menú Principal**



En el menú principal se muestran las opciones que permiten realizar el sistema como crear nuevo proyecto, abrir proyecto existente, ver manual de funcionamiento y cerrar el sistema.

**Figura 41: Implementación Final de la Crear Nuevo Proyecto**



La opción de crear nuevo proyecto permite ingresar el nombre del nuevo proyecto, registrar la fecha de creación y verificar que el proyecto creado no exista en la lista de proyectos.

**Figura 42: Implementación Final de la Lista de Proyectos**

The screenshot shows the 'Registro de Proyecto' window. On the left is a yellow sidebar with navigation icons for 'Sistema de Ubicación', 'Ubicación', 'Delimitación', 'Componente', 'Distribución', 'Reporte General', and 'Reporte Detallado'. The main area contains a table with the following data:

Nombre	Fecha	Area	Zona	Abonados	Abrir	Eliminar
peru	18/07/2017	1.54466912...	Rural	200	<a href="#">abrir</a>	<a href="#">eliminar</a>
Cañari	18/07/2017	0.26243737...	Urbana	200	<a href="#">abrir</a>	<a href="#">eliminar</a>
poñon	20/07/2017	2.23108095...	Urbana	200	<a href="#">abrir</a>	<a href="#">eliminar</a>
lota	20/07/2017	1.22845454...	Urbana	200	<a href="#">abrir</a>	<a href="#">eliminar</a>
otro	6/08/2017	7.70817063...		0	<a href="#">abrir</a>	<a href="#">eliminar</a>
polin	6/08/2017	2.15108518...	Urbana	200	<a href="#">abrir</a>	<a href="#">eliminar</a>
ok	14/06/2018				<a href="#">abrir</a>	<a href="#">eliminar</a>

La opción de abrir proyecto muestra la lista de proyectos existentes en el sistema y sus características como nombre, fecha, el área, la zona y el número de abonados. Teniendo como opciones abrir o eliminar proyectos existentes.

**Figura 43. Implementación Final de la Ubicación del Proyecto**

The screenshot shows the 'Ubicación Geografica' window. The top bar includes 'Nuevo Proyecto', 'Abrir Proyecto', and 'Manual'. Below the navigation sidebar, there are input fields for 'ok' and '18/06/2018'. The main area features a map of Huancayo with a location marker. A tooltip displays the following coordinates:

Ubicación:  
 Latitud: -12.062823517087  
 Longitud: -75.2079391479492

On the right side, there is a form for 'Ubicación Geografica' with the following fields:

- Tipo Mapa: Seleccione
- País: Peru
- Region: Junin
- Provincia: Huancayo
- Distrito: Huancayo
- Latitud: -12.062823517087
- Longitud: -75.2079391479492

A 'Registrar Ubicación' button is located at the bottom right of the form.

Después de registrar nombre del proyecto se continúa la ubicación el área geográfica, seleccionando el país, región, provincia, distrito, indicando la latitud, longitud y el tipo de mapa a utilizar, los cuales son validados para ser registrados con el botón registrar delimitación.

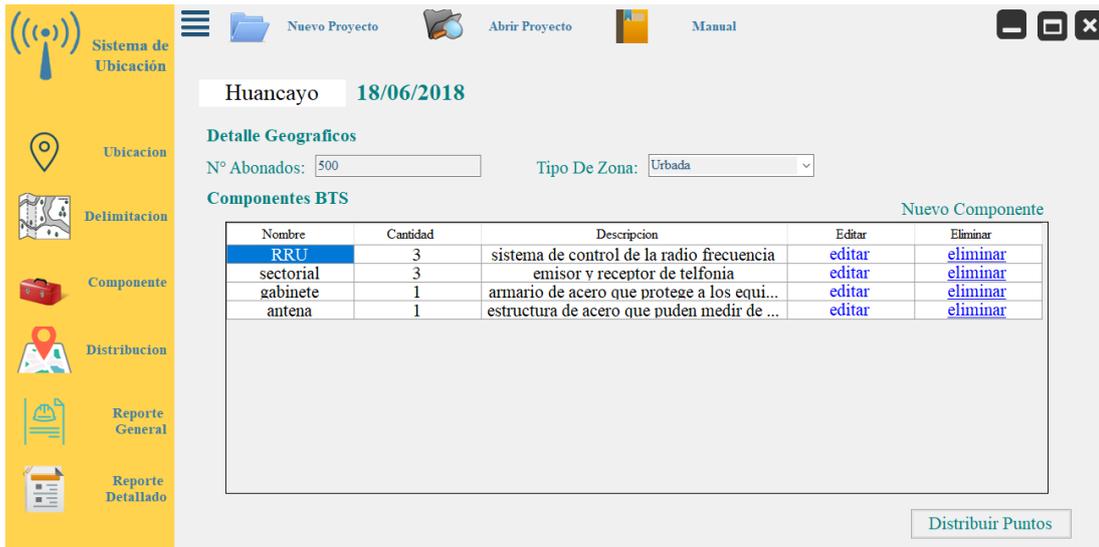
**Figura 44: Implementación Final de la Delimitación del Proyecto**

The screenshot shows a web application interface for project delimitation. The main area displays a map of Huancayo with a red polygon defining a coverage area. A sidebar on the left contains navigation options like 'Sistema de Ubicación', 'Ubicación', 'Delimitación', 'Componente', 'Distribucion', 'Reporte General', and 'Reporte Detallado'. The top right shows the date '18/06/2018' and a search bar with 'ok'. The right panel displays 'Delimitacion Geografica' with fields for 'Nombre' (limite 4), 'Latitud' (-12.0529189493603), and 'Longitud' (-75.2046775817871). A table below lists four limits with their coordinates. At the bottom, there is a 'Registrar Delimitacion' button.

Nombre	Latitud	Longitud
limite 1	-12.057...	-75.221...
limite 2	-12.080...	-75.209...
limite 3	-12.062...	-75.194...
limite 4	-12.052...	-75.204...

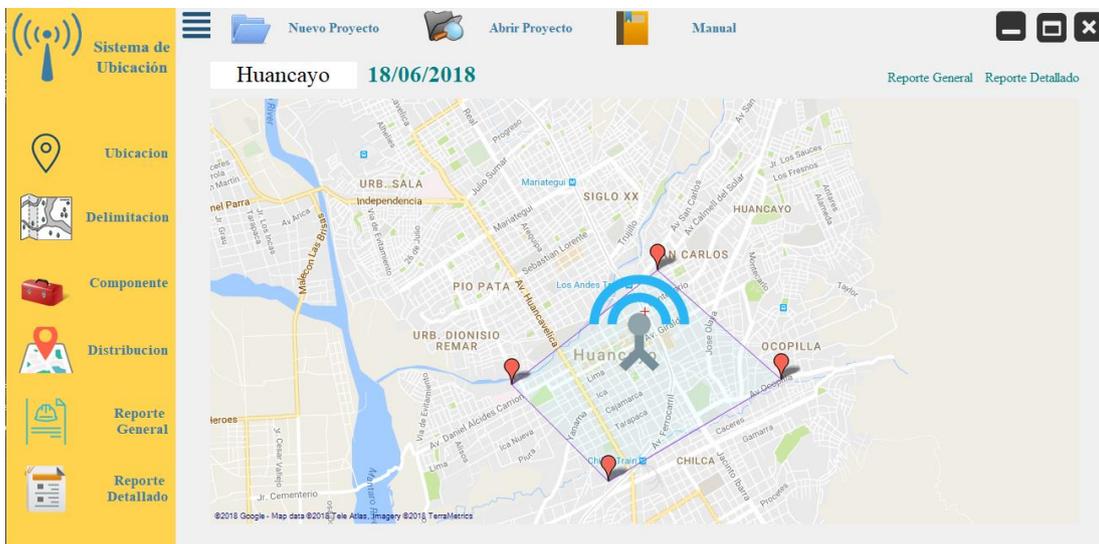
Después de ubicar el proyecto se continúa remarcando el área de cobertura con puntos de delimitación, los cuales se puede ser agregar y eliminar. También se calcula el área delimitada que se verifica antes de registrar, mediante el botón de registrar delimitación.

**Figura 45: Implementación Final de la Lista de Componentes BTS**



Después de registrar la delimitación del área de cobertura, registramos la lista de componentes de las estaciones BTS como equipos y estructuras, los cuales pueden ser editados y eliminados. También permite ingresar del número de clientes y el tipo de zona sea rural o urbana.

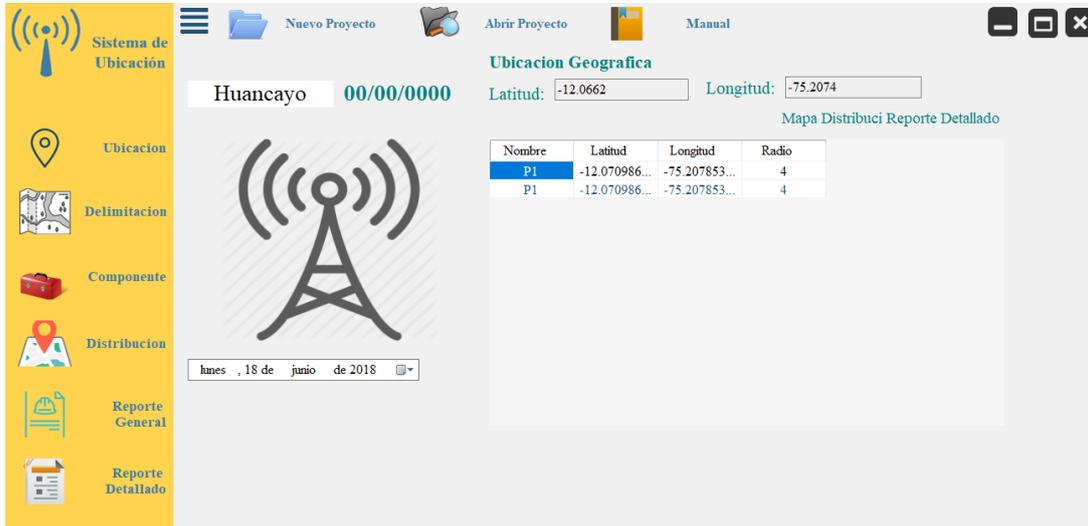
**Figura 46: Implementación Final de la Distribución de Puntos BTS**



Luego de ingresar la lista de componentes, procedemos a distribuir los puntos de instalación BTS dentro del área delimitada, teniendo como restricciones el número de estaciones, la distancia entre las mismas y el número de clientes que deben atender,

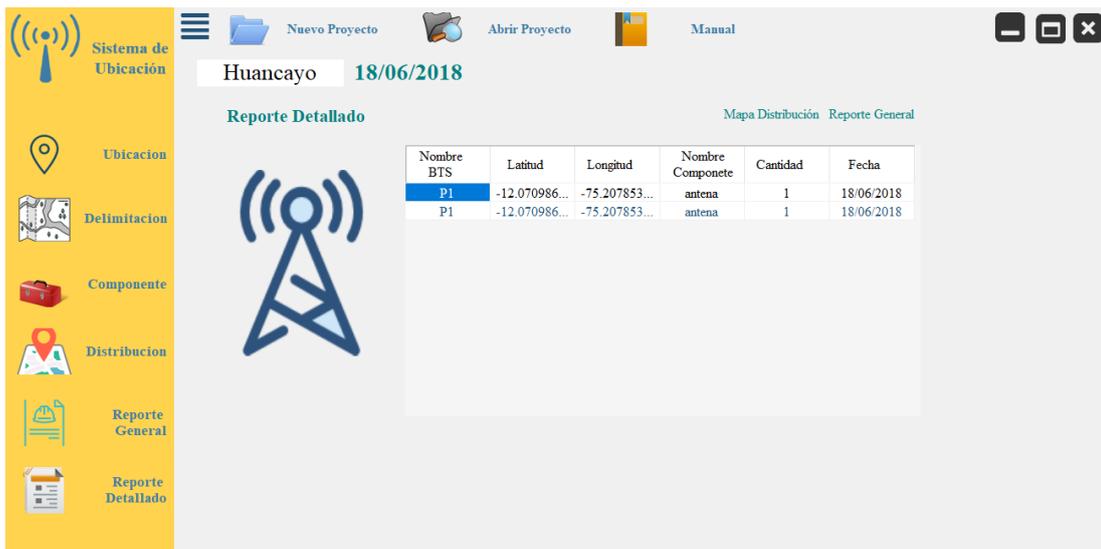
mejorando la cobertura dentro del area. Teniendo como opciones adicionales generar un reporte general y reporte detallado del proyecto.

**Figura 47: Implementación Final de la Reporte General**



El reporte general del proyecto muestra el nombre del proyecto, la fecha actual, la ubicación del proyecto latitud y longitud, la lista de los componentes de las BTS. Teniendo como opciones volver al mapa de distribución y mostrar reporte detallado.

**Figura 48: Implementación Final de la Reporte Detallada del Proyecto**



El reporte detallado del proyecto, muestra además del nombre del proyecto, la lista de BTS necesarios, ubicación (latitud y longitud) y lista de componentes. Teniendo como opciones volver al mapa de distribución y mostrar reporte general.

### 8.1 Usabilidad

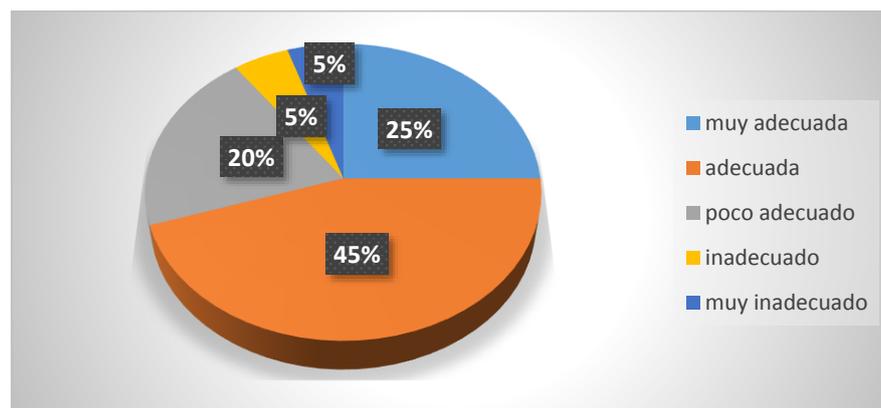
El criterio de usabilidad del diseño del prototipo permite identificar la aceptación del usuario en el funcionamiento, exactitud, interacción, rendimiento y documentación del software mediante una prueba, la cual se miden en una encuesta al usuario y cuyo resultado permitiendo mejorar el prototipo en una nueva versión futura. La encuesta se muestra en el

ANEXO 1.

#### Encuesta

La encuesta se realizo a 20 personas y cuenta con 11 preguntas, referidas a capacitación, documentación, interfaces, proceso de cálculo, distribución BTS, costos de desarrollo, recomendaciones y calificación del sistema.

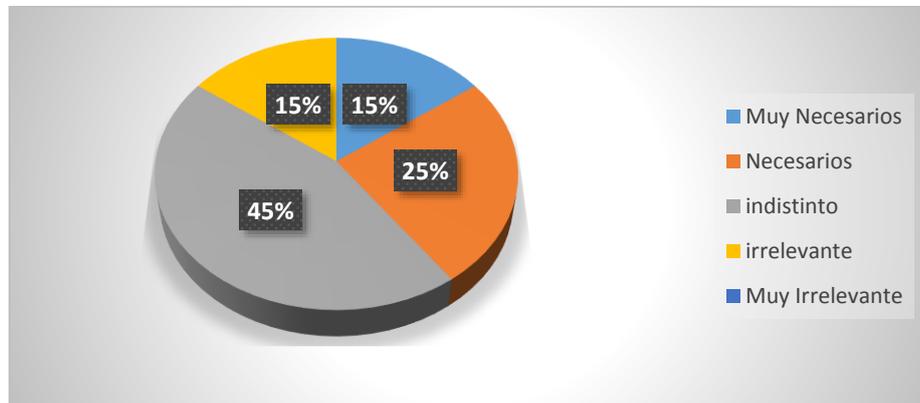
**Figura 49: La explicación previa del funcionamiento del software**



La explicación previa, permite identificar que el usuario aprenda el funcionamiento del sistema, los resultados indican que la percepción de los usuarios es: adecuada 45

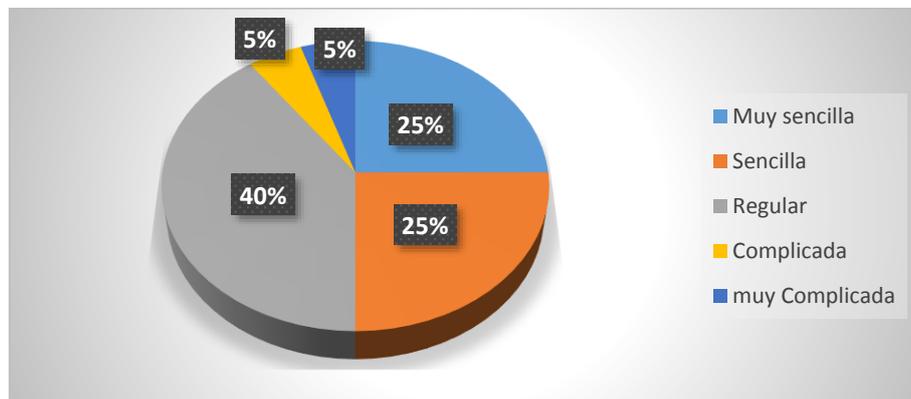
% y muy adecuada en 25%, mientras que poco adecuado 20%, inadecuado 5% y muy inadecuado 5%.

**Figura 50: Calificación de los documentos que acompañan al software**



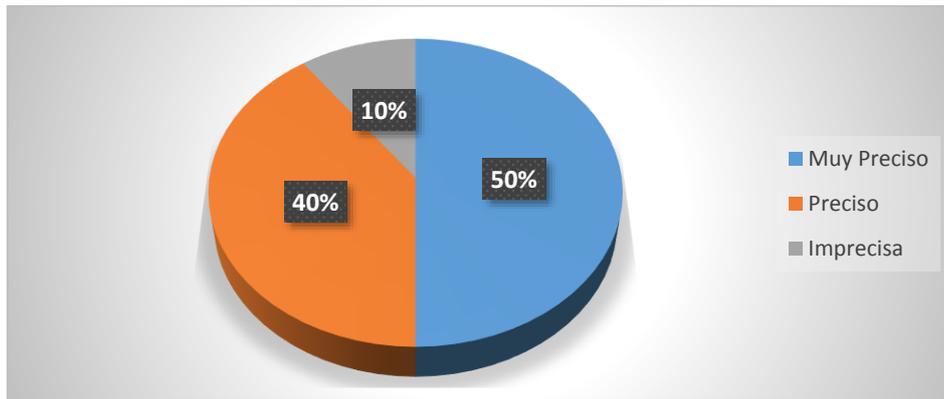
La documentas que acompañan al sistema como el manual de uso, por ejemplo, facilita a los usuarios el empleo del sistema. En la encuesta se muestra que la documentación obtuvo: muy necesarios 15%, es necesario 25% y normal 45%. mientras que irrelevante 15%

**Figura 51: Las interfaces del software son fáciles de usar**



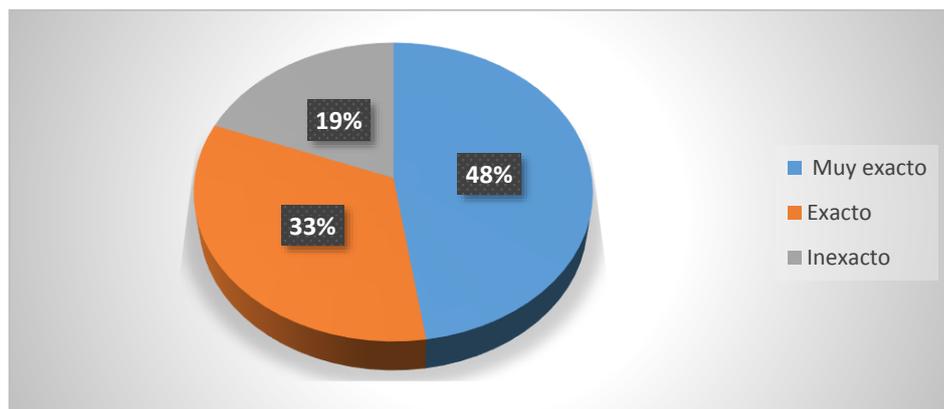
Las interfaces utilizadas permiten a los usuarios el uso del sistema. Considerando específicamente la facilidad de uso se obtuvo: es muy sencilla 25%, es sencilla 25% y regular 40%, mientras que complicado 5% y muy complicado 5%.

**Figura 52: Exactitud del proceso de cálculo**



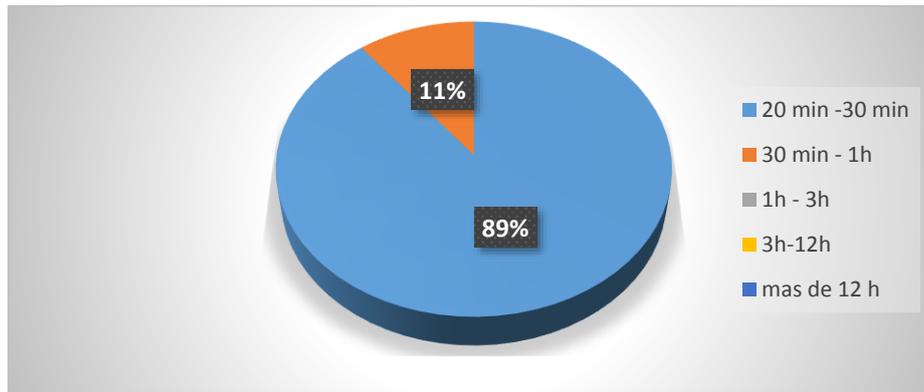
Los cálculos matemáticos utilizadas en el sistema, permite a los usuarios calcular las operaciones matemáticas. En la encuesta se muestra que los procesos de cálculo utilizados son muy precisos 50% y precisas 40%, mientras es imprecisa 10%.

**Figura 53: Exactitud del proceso de ubicación de la estación BTS en el plano**



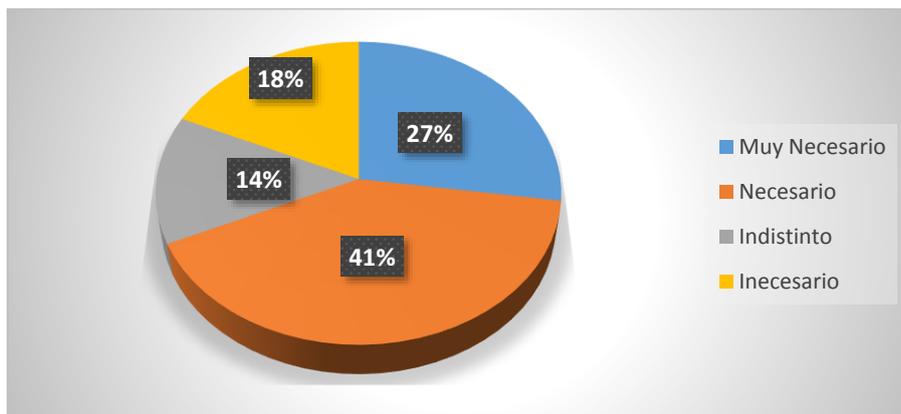
El proceso de ubicación permite a los usuarios calcular la ubicación de la estación BTS. Los resultados indican que el proceso de ubicación utilizado es 48% muy exacto y exacto en 33% mientras 19% considera que es inexacta.

**Figura 54: El tiempo de uso el sistema para calcular el área de 20 km<sup>2</sup>**



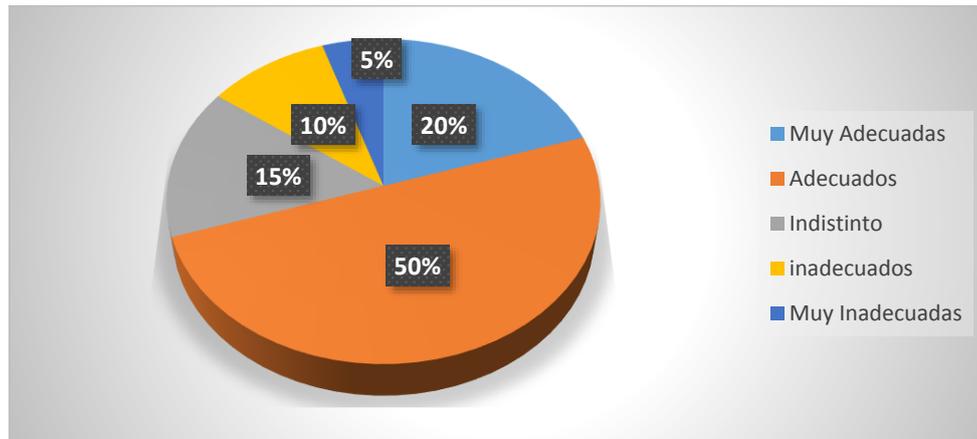
El tiempo que utilizan los usuarios para calcular la ubicación de una BTS en una área de 20 km<sup>2</sup>. Los resultados indican que 89% de usuarios demoran menos de 30 minutos, mientras que 11% demora entre 30 minutos a 1 hora.

**Figura 55: La generación del listado de componentes del BTS**



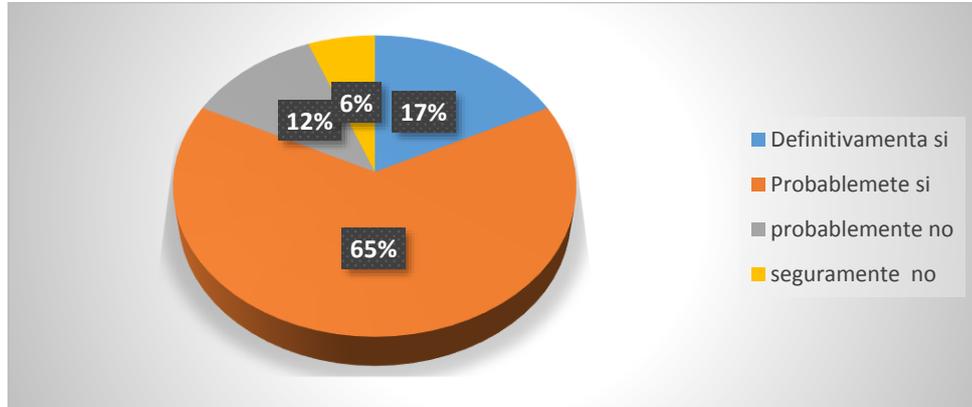
La generación del listado de componentes permite a los usuarios registrar componentes de una estación BTS. Los resultados indican que el 27% es muy necesario y 41% considera necesario, mientras el 14% es indistinto y 18% innecesario.

**Figura 56: Las combinaciones de los colores en las interfaces**



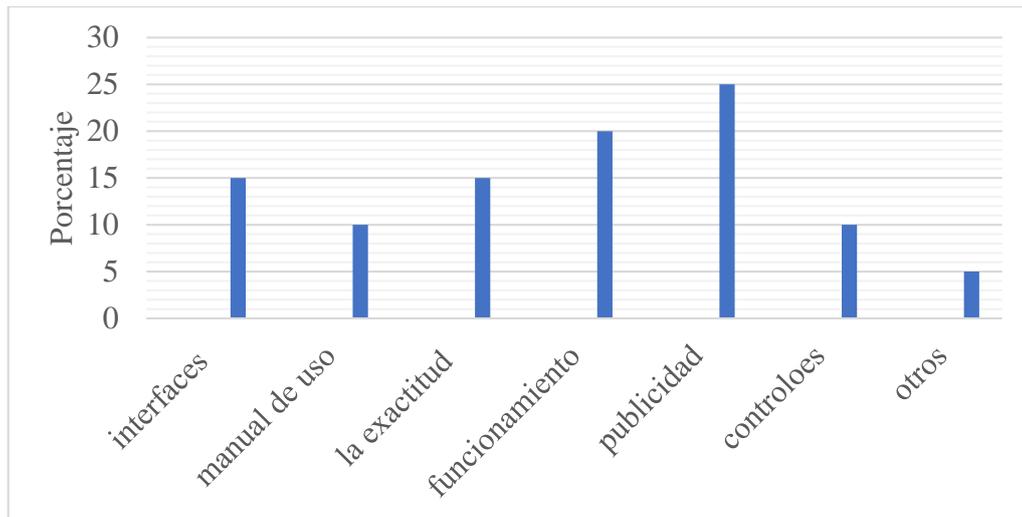
La combinación de los colores utilizados en sistema permite a los usuarios visualizar correctamente las interfaces. Los resultados indican que son muy adecuadas 20% y adecuados 50%, mientras considera que 15% indistinto, 10% inadecuado y 5% muy inadecuado.

**Figura 57: Recomendaría el uso del software**



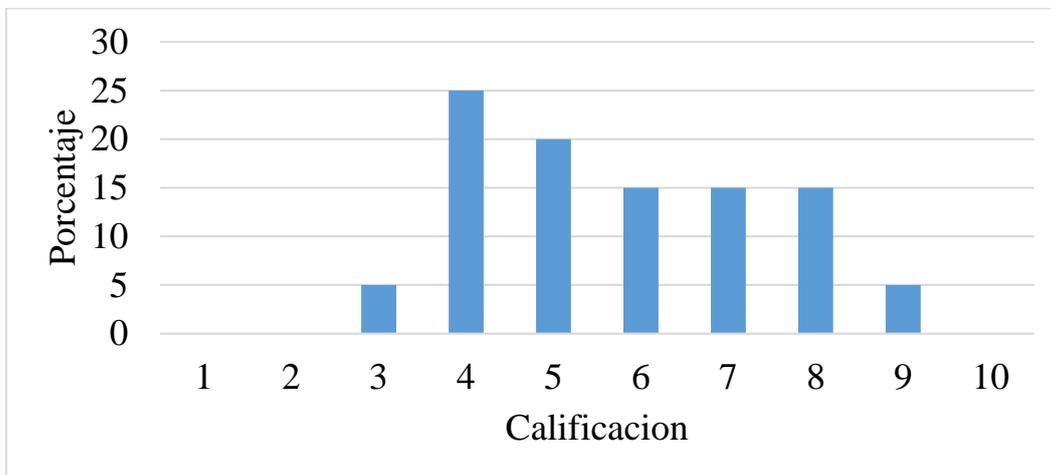
La recomendación de utilizar el sistema a otras personas, permite evaluar la aceptación del sistema, los resultados indican que definitivamente si lo recomendaría 17% y probablemente 65%, mientras 12% no y 6% seguramente no;

**Figura 58: Las mejoras que se esperan para el software**



Las mejoras que se deben realizar en el futuro para el sistema de ubicación BTS indican: mejorar la publicidad 25%, el funcionamiento 20%, interfaces 15% y el 10% el manual de uso y controles.

**Figura 59: Valoración del software en una escala de 1 a 10 .**

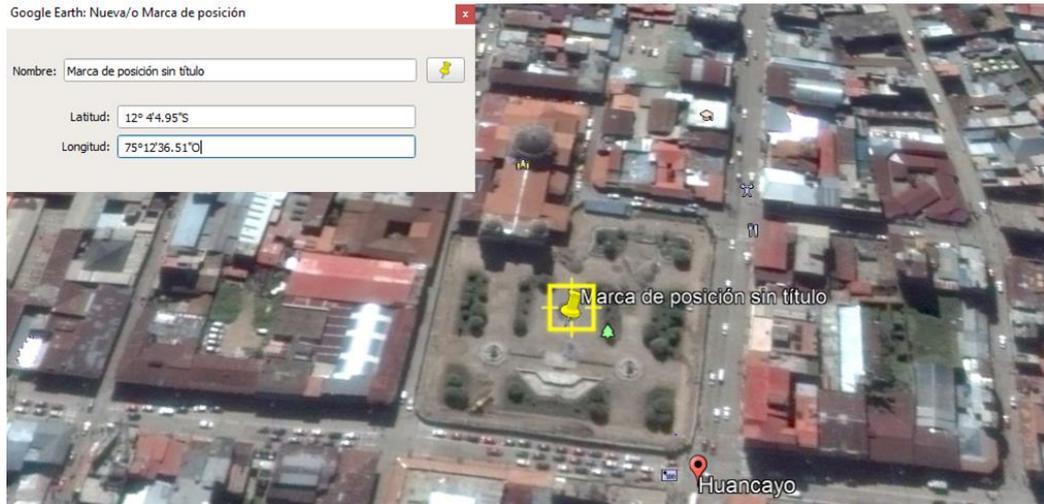


La calificación del sistema de ubicación BTS permite valorar cuanto es la aceptación de usuarios al sistema. En la encuesta se muestra que la calificación dada es el 20% valora con 6 o mayor y el 30% con mayor de 5.

## 8.2 Exactitud

El criterio de exactitud permite verificar los datos obtenidos del software comparado con otro sistema, los cuales deben ser iguales o semejantes comprobando el nivel exactitud en la ubicación de coordenadas y el cálculo de un área geográfica.

**Figura 60: Coordenadas de Google Earth**



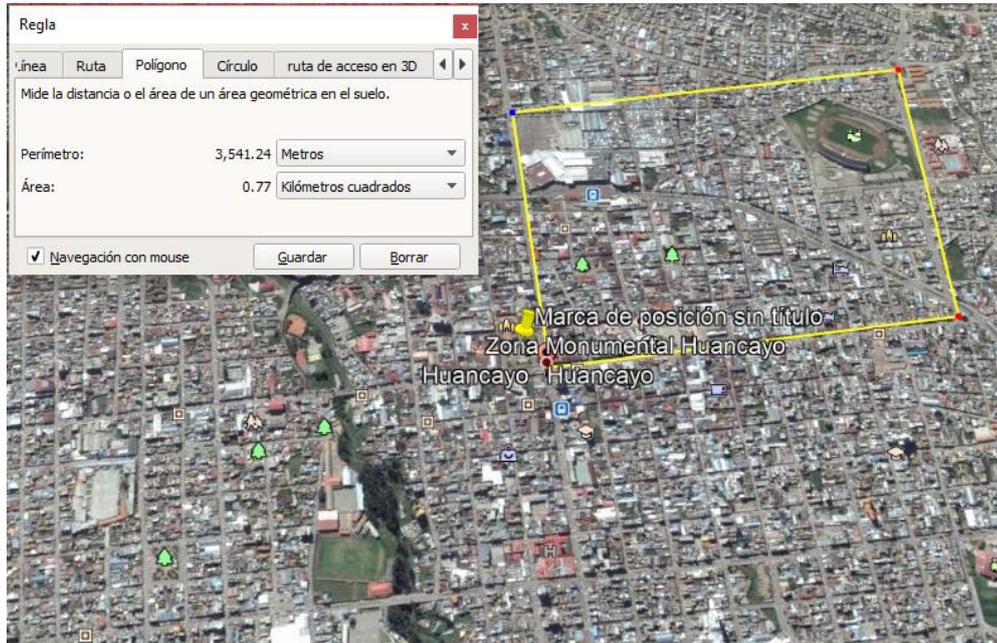
Las coordenadas obtenidas con sistema de Google Earth son latitud -12.067927794 y longitud -75.2100098134

**Figura 61: Coordenadas del sistema de Ubicación BTS**



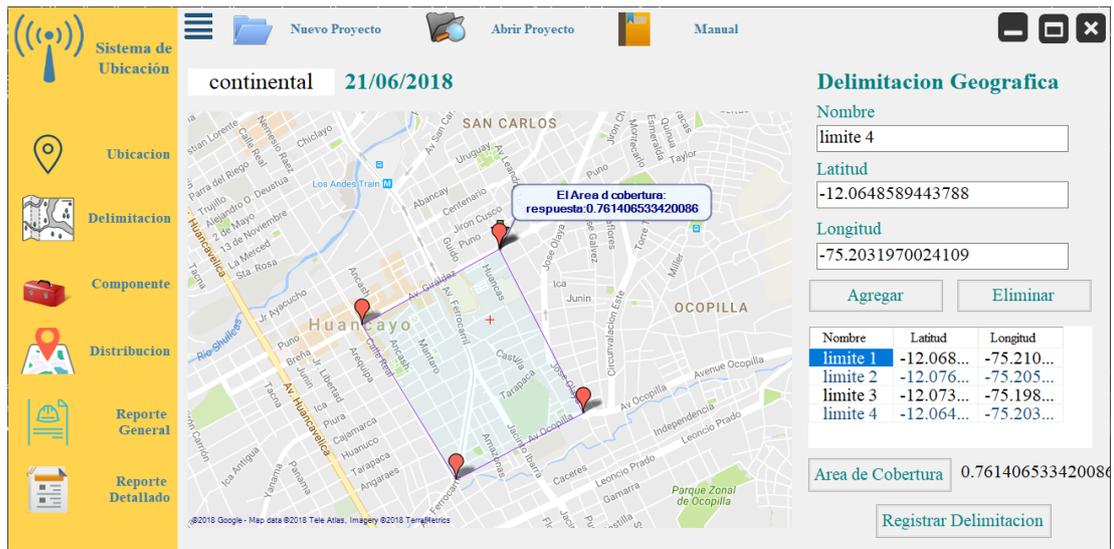
Las coordenadas obtenidas con sistema de ubicación BTS son latitud -12.0679277939378y longitud -75.2100098133087

**Figura 62: Calcular área de Google Earth**



Las áreas obtenidas con las siguientes coordenadas son: primero -12.06865696841, -75.2101814746857, segundo -12.0763787518282, -75.2054071426392, tercero -12.0730634481712, -75.1989805698395 y cuarto -12.0648589443788, -75.2031970024109 en el sistema de Google Earth es de 0.765 kilómetros cuadrados

**Figura 63: calcular área con el sistema de Ubicación BTS**



Las áreas obtenidas con las siguientes coordenadas son: primero -12.06865696841,

-75.2101814746857, segundo -12.0763787518282, -75.2054071426392, tercero -12.0730634481712, -75.1989805698395 y cuarto -12.0648589443788, -75.2031970024109 en el sistema de ubicación BTS es de 0.7655 kilómetros cuadrados. En las Figura 60 y Figura 61 se muestra que las coordenadas proporcionadas por el sistema ubicación BTS son iguales al del Google Earth y en las Figura 63 y Figura 62 se muestra el cálculo del área con el sistema de ubicación BTS, el cual tiene una variación de 0.001 al del Google Earth, esta comparación permite identificar que el sistema de ubicación BTS tiene una exactitud de 100% en los puntos geográfico y 99% en el cálculo de un área geográfica.

### 8.3 Eficacia

Para comprobar el criterio de eficacia del software se realizará un cuadro comparativo que se muestra en la Tabla 3, para cada requerimiento y la interface realizada. En la cual las interfaces deben cumplir con todos los requerimientos.

Requerimiento: El sistema empezara con la portada de inicio que tiene logo de inicio y la versión del sistema Ubicación BTS.	
Especificación	La portada necesita información general del sistema, versión del sistema actual, tendrá un cuadro de información con el logo de sistema.
	

Resultado	La portada de inicio establece la presentacion del software,informacion general del sistema el nombre del proyecto ,logo y la version actual del sistema
-----------	--

Requerimiento: El sistema debe permitir crear, guardar y eliminar un proyecto de Ubicación BTS.

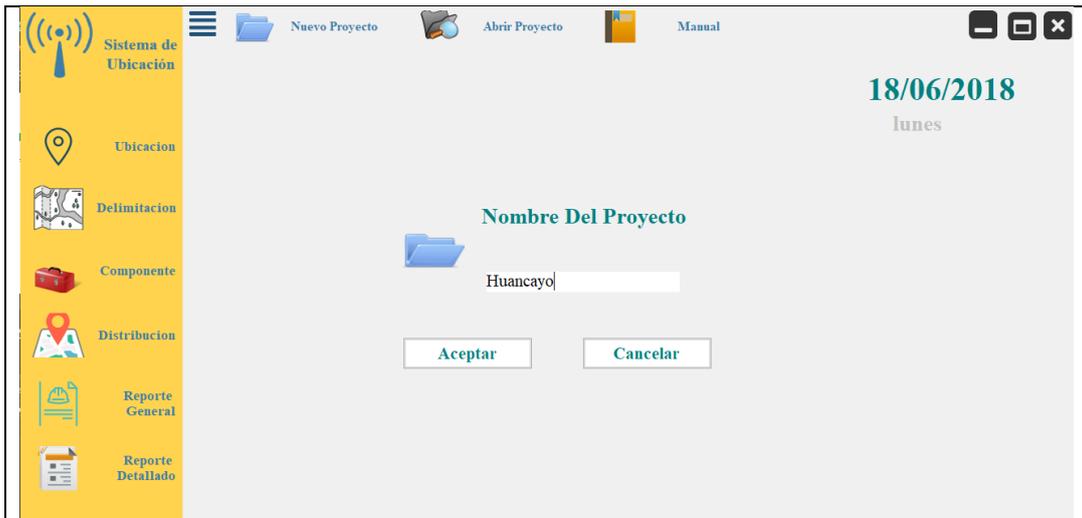
Especificación	El menú principal tiene la una barra principal para crear y abrir proyecto y secundaria para ubicación, delimitación, componente distribución, reporte general y detallado.
----------------	---



Resultado	En el menú principal muestra las opciones que nos permite realizar el sistema como crear nuevo proyecto, abrir proyecto existente, ver manual de funcionamiento y cerrar el sistema.
-----------	--

Requerimiento: El sistema debe permitir crear, guardar y eliminar un proyecto de Ubicación BTS.

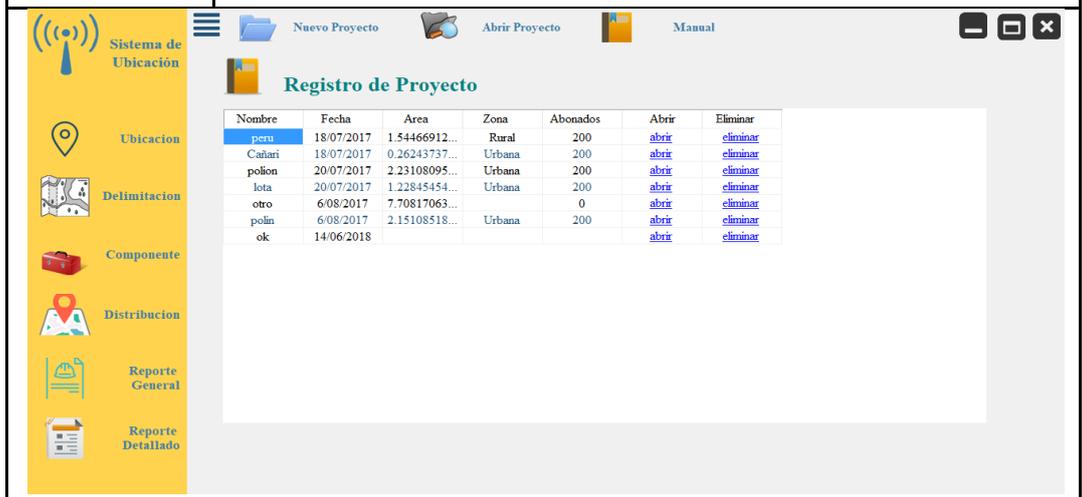
Especificación	El formulario de crear nuevo proyecto permitirá ingresar un nombre y la fecha de creación, verificar si existe o no
----------------	---



Resultado	En el menú principal muestra las opciones que nos permite realizar el sistema como crear nuevo proyecto, abrir proyecto existente, ver manual de funcionamiento y cerrar el sistema.
-----------	--

Requerimiento: El sistema debe permitir crear, guardar y eliminar un proyecto de Ubicación BTS.

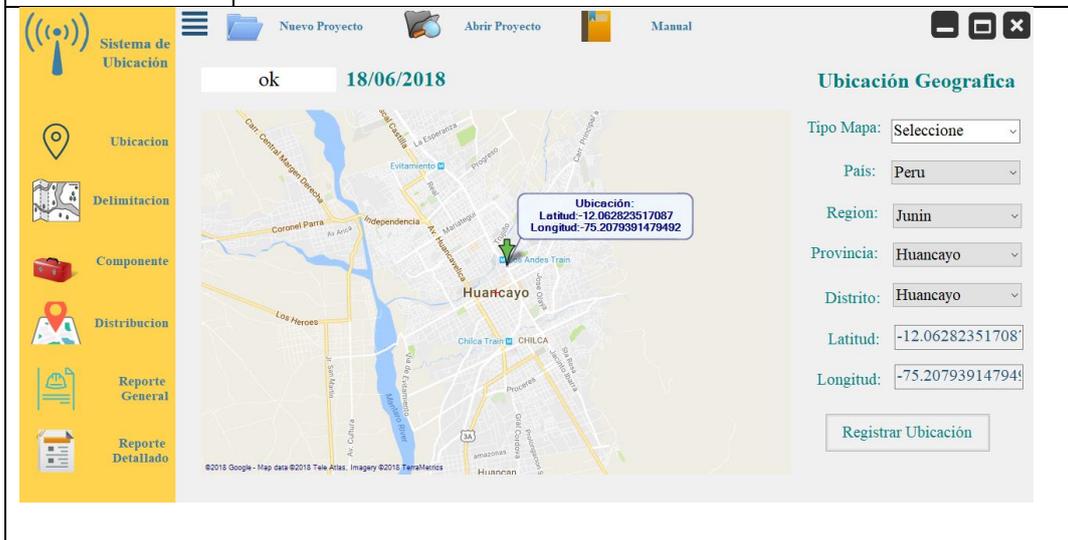
Especificación	El formulario de abrir proyecto permite verificar le listado de proyectos existentes los cuales se puede abrir y eliminar
----------------	---



Resultado	La opción de abrir proyecto muestra la lista de proyectos existentes en el sistema y sus características como nombre, fecha, el área, la zona y el número de abonados. Teniendo como opciones abrir o eliminar proyectos existentes.
-----------	--

Requerimiento: El sistema debe permitir crear, guardar y eliminar un proyecto de Ubicación BTS.

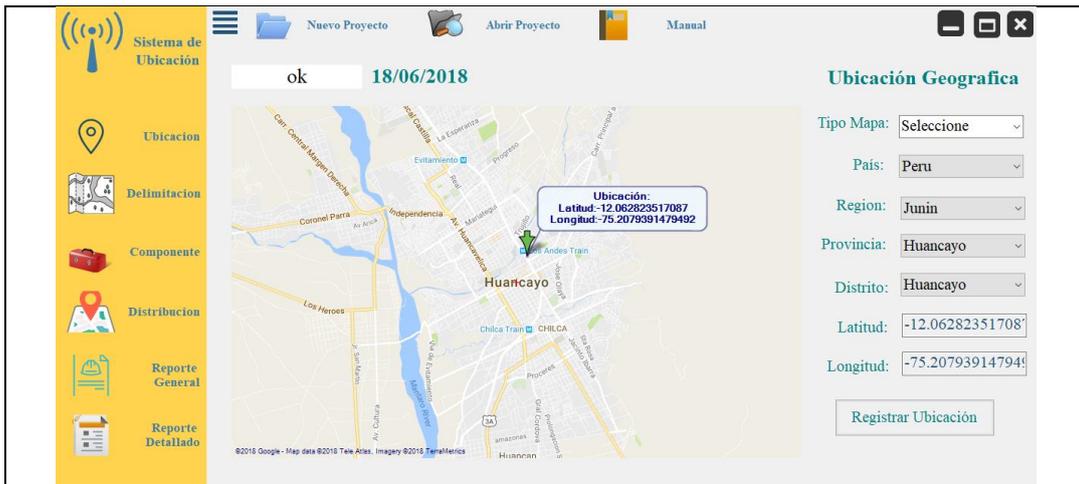
Especificación	El formulario de ubicación permite ingresar el país, región, provincia y distrito, con la latitud y longitud de la ubicación y serán visualizados en un plano.
----------------	--



Resultado	Después de registrar nombre del proyecto se continúa la ubicación el área geográfica, seleccionando el país, región, provincia, distrito, indicando la latitud, longitud y el tipo de mapa a utilizar, los cuales son validados para ser registros con el botón registrar Delimitación.
-----------	---

Requerimiento: El sistema debe permitir seleccionar un área geográfica donde se instalara las BTS.

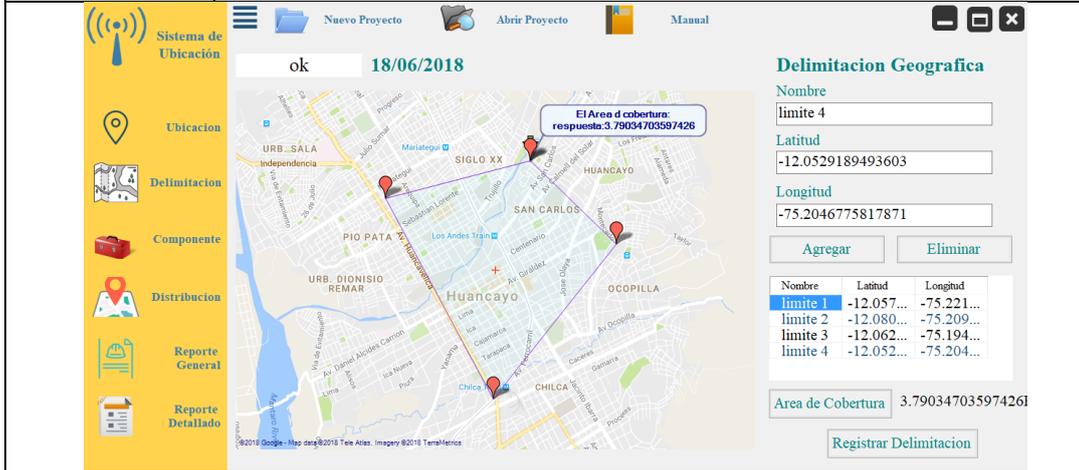
Especificación	Se debe visualizar el plano geográfico que es interactivo con el usuario y puede variar según el tipo de plano
----------------	--



**Resultado** Después de registrar nombre del proyecto se continúa la ubicación el área geográfica, seleccionando el país, región, provincia, distrito, indicando la latitud, longitud y el tipo de mapa a utilizar, los cuales son validados para ser registros con el botón registrar Delimitación.

**Requerimiento:** El sistema debe permitir ingresar los puntos que delimitan el área de instalación

**Especificación** El sistema permitirá ingresar 4 puntos geográficos para limitar el área de cobertura



**Resultado** Después de ubicar el proyecto se continúa delimitando el área de cobertura con puntos de delimitación, los cuales se puede ser agregar y eliminar. También se calcula el área de delimitada que es verificada antes de registrar con el botón de registrar delimitación.

Requerimiento: El sistema debe permitir ingresar los componentes de necesarios de instalación BTS

Especificación El formulario permite ingresar el tipo de zona, el número de abonados y el listado de los componentes.

Sistema de Ubicación  
 Ubicación  
 Delimitación  
 Componente  
 Distribución  
 Reporte General  
 Reporte Detallado

Huancayo 18/06/2018  
 Detalle Geograficos  
 N° Abonados: 500 Tipo De Zona: Urbada

Componentes BTS

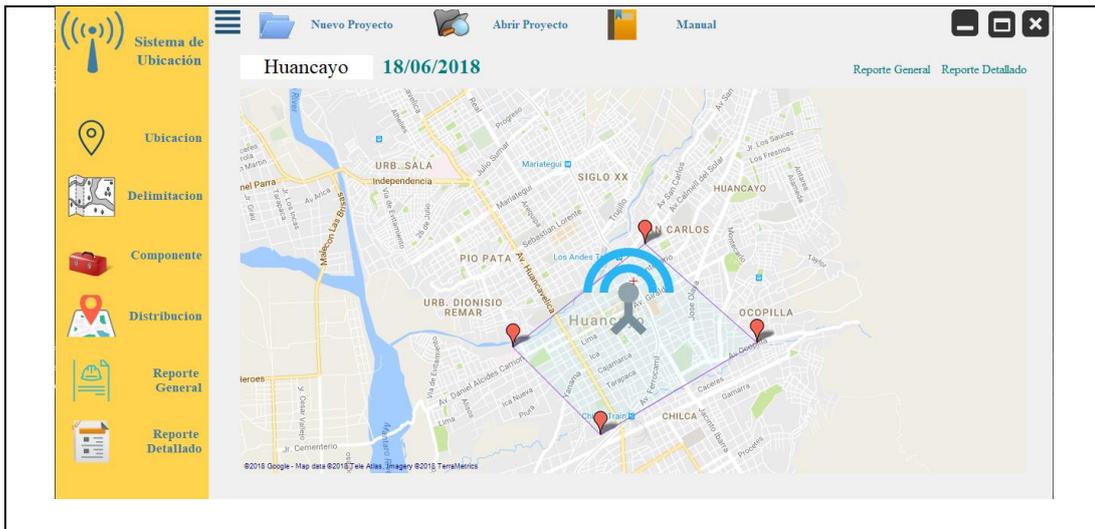
Nombre	Cantidad	Descripcion	Editar	Eliminar
RRU	3	sistema de control de la radio frecuencia	editar	eliminar
sectorial	3	emisor y receptor de telefonía	editar	eliminar
gabinete	1	armario de acero que protege a los equi...	editar	eliminar
antena	1	estructura de acero que pueden medir de ...	editar	eliminar

Distribuir Puntos

Resultado Después de registrar la delimitación del área de cobertura, registramos la lista de componentes que componen las estaciones BTS como equipos y estructuras, los cuales pueden ser editados y eliminados. También permite ingresar del número de clientes y el tipo de zona donde se localiza rural o urbana.

Requerimiento: El sistema debe mostrar el radio de cobertura de cada BTS que haya determinado.

Especificación El formulario muestra el área de cobertura con los punto de instalaciones de las estacione BTS



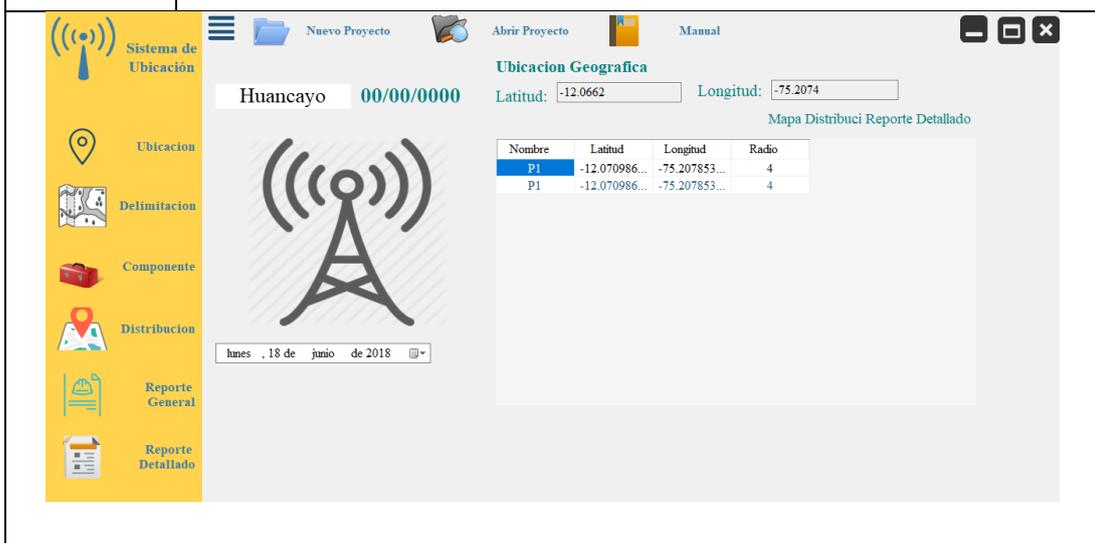
Resultado

Despues de ingresar la lista de componentes, podemos distribuir los puntos de instalacion BTS dentro del area delimitada ,teniendo como restricciones el numero de estaciones, la distacia entre las mismas y el numero de clientes que deben atender, mejorando la cobertura dentro del area .Teniendo como opciones un reporte general y detallado del proyecto.

Requerimiento: El sistema debe generar el reportar de ingeniería de detalle por cada BTS.

Especificación

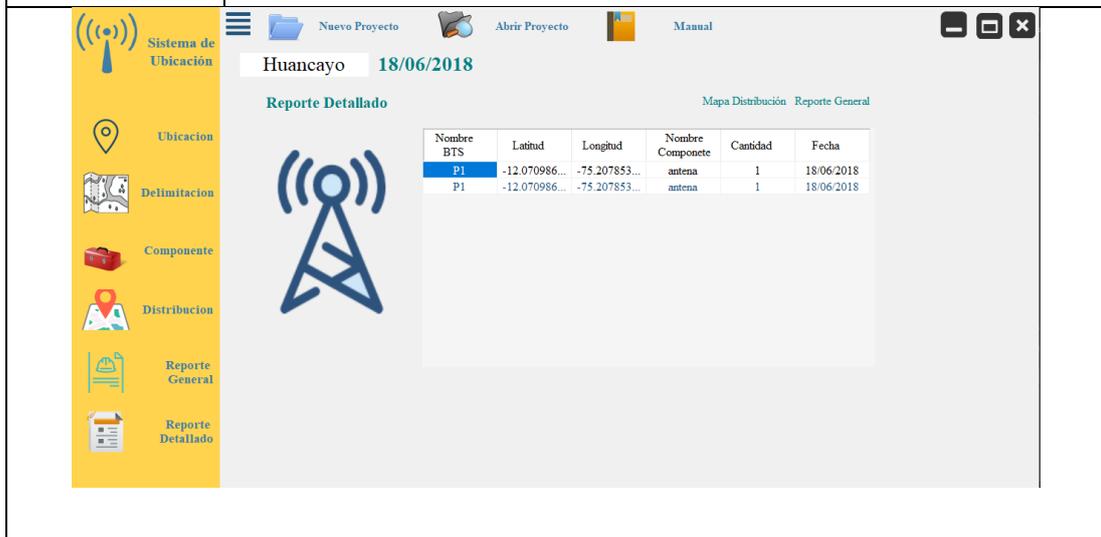
El formulario de reporte general muestra el listado de las estaciones BTS con sus coordenadas y los detalles del proyecto.



Resultado	El reporte general del proyecto nos muestra el nombre del proyecto, la fecha actual, la ubicación del proyecto latitud y longitud, la lista de los componentes de las BTS. Teniendo como opciones volver al mapa de distribución y mostrar reporte detallado.
-----------	---

Requerimiento: El sistema debe generar el reportar de ingeniería resumido del proyecto.

Especificación	El formulario de reporte detallada se muestra los componentes y de cada estaciones, con la fecha de creación
----------------	--



Resultado	El reporte detallado del proyecto nos muestra el nombre del proyecto, la lista de BTS necesarios ubicación (latitud y longitud) y lista de componentes. Teniendo como opciones volver al mapa de distribución y mostrar reporte general.
-----------	--

## 8.4 Eficiencia

La eficiencia es la capacidad de utilización el menor número de recursos y tiempo, para medir los costos se desarrollan dos tablas.

**Tabla 12: Comparación de Costos de Desarrollo de Software**

<b>Comparación de Costos de Desarrollo de Software</b>				
<b>Sistema de ubicación BTS</b>			<b>LARI Contratista</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Costo</b>	<b>Días</b>	<b>Costo</b>	<b>Días</b>
<b>Requerimiento</b>	S/100.00	10	S/800.00	20
<b>Diseño</b>	S/200.00	10	S/900.00	20
<b>Programación</b>	S/300.00	20	S/1,000.00	30
<b>Personal</b>	S/1,000.00	30	S/1,200.00	30
<b>Materiales</b>	S/50.00	30	S/300.00	30
<b>Licencias</b>	S/100.00	30	S/2,000.00	30

En la Tabla 12 se muestra que los costes de desarrollo de un software son menores en el sistema de ubicación BTS a comparación del propuesto por LARI Contratista.

**Tabla 13: Comparación entre los costos proceso de ubicación**

<b>Comparación entre los costos del proceso de ubicación</b>				
<b>Sistema de ubicación BTS</b>			<b>LARI Contratista</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Costo</b>	<b>Días</b>	<b>costo</b>	<b>Días</b>
<b>Personal</b>	S/1.400,00	5	S/2.400,00	20
<b>Materiales</b>	S/1900,00	5	S/3.000,00	20
<b>Materiales Digitales</b>	S/200,00	5	S/720,00	20
<b>Licencias y Tramites</b>	S/200,00	5	S/3.700,00	20
<b>Viáticos</b>	S/400,00	5	S/1.200,00	20

En la Tabla 13 se muestra que los costos del proceso de ubicación son menores en el sistema de ubicación BTS a comparación del propuesto por LARI Contratista.

En la comparación de las Tabla 12 y Tabla 13 se demuestra que los costos y tiempos para el desarrollo de software y proceso de ubicación son menores en el sistema es ubicación BTS y mayores en la otro propuesta.

## CONCLUSIONES

Como resultado se logró el diseño de un prototipo funcional que cumple con los requerimientos y restricciones para las ubicaciones de estaciones base de transmisión móvil de tecnología 4G, establecidas por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Se diseñó un algoritmo que se muestra en la Figura 22, permitiendo determinar las coordenadas geográficas de las estaciones base de transmisión móvil de tecnología 4G dentro de un área geográfica con exactitud del 99% y 98%.

Durante el desarrollo del prototipo del sistema de ubicación BTS, comprende que la instalación de las antenas de telefonía en nuestro país es deficiente, por motivos diversos sociales, legales, económicos, geográficos y poblacionales. Siendo la social la más frecuente por mitos creados por la emisión de radiofrecuencia de las antenas que afectan la salud de las personas.

Durante el análisis de los requerimientos se encontró que la potencia de cobertura de una estación es grande hasta 100 kilómetro, pero la recepción de un teléfono móvil solo es de 5 kilómetros, la cual limita el área de cobertura. Las pruebas realizadas al sistema BTS permitieron conocer que tiene un fácil funcionamiento para el usuario y cumple con los requerimientos establecidos.

Al final se realizó comparaciones con otro sistema permitiendo verificar que el costo y tiempo en la ubicación de las BTS son menores, la exactitud de las coordenadas geográficas y los cálculos del área son exactos. Finalmente, el trabajo realizado permitirá a posterior mejorar el sistema con nuevas versiones requeridas por los usuarios.

## **TRABAJOS FUTUROS**

Durante el desarrollo de la tesis, se determinó que la instalación de las antenas de telefonía es un proceso complejo, principalmente, por motivos sociales y legales. En tanto la enseñanza de la población y autoridad municipales del uso que tiene las antenas es necesaria y puede ser realizada con herramienta de apoyo el sistema de ubicación BTS.

El proceso de ubicación de estaciones no identifica la factibilidad de los puntos de instalación como son la altura, calles, casas, ríos, cerros y áreas protegidos por ley. Por tanto, opción para mover los puntos de instalación y restricciones plano geográfico. Al tener la ubicación de las estaciones BTS nos permitirá desarrollar diferentes tipos de redes de comunicación entre los diferentes puntos instalación de acuerdo a la necesidad del usuario.

Al final lo más importante es el área de cobertura de las estaciones BTS, que pueden variar por motivos técnicos, climáticos, físicos y poblacionales a lo largo de los días, y tienen que ser considerados en próximas versiones del sistema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Carrier, Asociados. 2015.** *LTE El Camino Por Delante.* 2015.
- Ceballos, Javier. 2013.** *Enciclopedia de Microsoft Visual C#.* España : 4ta Edicion, 2013.
- Dennis, Alan, Haley Wixon, Barbara y M. Roth, Roverta .** *Analisis y Diseño de Sistemas.*
- Huidobro, José Manuel. 2013.** *Antenas de telecomunicaciones.* s.l. : ACTA, 2013. pág. 18.
- IDeAL. 2011.** *La Infraestructura en el Desarrollo Integral de América Latina.* Bogota : CAF, 2011.
- Katz, Raúl. 2015.** *El ecosistema y la economía digital en América Latina.* Madrid : Primera , 2015.
- Montenegro, Olmedo Xavier Narváez. 2016.** *Diseño y Construcción De Un Prototipo Que Permita La Geolocalización De Puntos Mediante La Utilización De Redes GPS a Través De Conexiones Móviles De Datos 3G 4G GPRS.* Quito : s.n., 2016.
- Moya, Silvia Leon. 2015.** *Infraestructura para una BTS de teléfono móvil urbano.* Sevilla : Universidad Sevilla, 2015. 79.
- MTC. 2015.** *Ley N°29022 - Ley para el Fortalecimiento de la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones.* Lima : 18 de Abril, 2015.
- OSIPTEL. 2015.** *Evolución del Mercado de Telecomunicaciones Móviles en el Perú.* Lima : s.n., 2015.
- . **2016.** *Reporte Estadístico.* Lima : s.n., 2016. 3.
- OSITEL. 2018.** *Reporte Estadístico.* Lima : 1, 2018. 3.

**Osoy, Jorge. 2005.** *Seminario: Antenas , infra estructura necesaria para las telecomunicaciones.* Buenos Aires : s.n., 2005.

**Pressman, Roseg s. 2012.** *Ingenieria Del Software.* Mexico : sexta Edición, 2012.

**Svennerberg, Gabriel. 2010.** *Beginning Google Maps API 3.* New York : Apress, 2010.

**The Mobile World Congress. 2017.** *La evolución del 4G LTE en Sudamérica.* Madrid : s.n., 2017.

**Vodafone, Fundacion. 2010.** *LTE: Nuevas Tenencias en Comunicaciones Movil.* Madrid : s.n., 2010.

**ZTE Technologies. 2015.** *Application 4G Networks . china : 17, 2015. 40.*

## ANEXO

### **Anexo 1: Encuesta de evaluación del sistema de ubicación de estaciones base de transmisión móvil**

Buenos días, agradeciendo que dedique unos minutos de su tiempo para rellenar el siguiente cuestionario, que permitirá evaluar un prototipo de sistema de ubicación de estaciones. Antes de comenzar primero se mostrará el funcionamiento del sistema, segundo se entregará un manual de funcionamiento y tercero se permitirá su uso libre.

Terminado los tres pasos podrá rellenar.

**1. La explicación previa del funcionamiento del software adecuada :**

- Muy adecuada
- Adecuada
- Poco adecuada
- Inadecuada
- Muy inadecuada

**2. La documentación que acompaña a nuestro software es:**

- Muy necesario
- Necesario
- Indistinto
- Irrelevante
- Muy irrelevante

**3. ¿Es la interfaz del software fácil de usar?**

- Muy sencilla
- Sencillo
- Regular

Complicado

Muy complicada

**4. El procesos de cálculo utilizados son los adecuados**

Muy preciso

Preciso

Impreciso

**5. El proceso de ubicación de la estación BTS en el plano fue correctos:**

Muy exacto

Exacto

inexacto

**6. Considerando datos para una área de 20 km<sup>2</sup> el tiempo que toma usando el sistema fue:**

20 min - 30min

30min - 1h

1h - 3h

3h - 12h

Mas de 12h

**7. El listado generado de los componentes del proyecto son precisos**

Muy necesario

Necesario

Indistinto

Inecesario

**8. El diseño de las interfaces y combinaciones colores son adecuados**

Muy adecuado

Adecuados

Indistinto

Inadecuados

Muy inadecuados

**9. ¿Recomendaría nuestro software a los demás?**

Definitivamente sí

Probablemente sí

Probablemente no

Seguramente no

**10. ¿Cómo podemos mejorar nuestro software?**

-----

**11. En una escala de 1 a 10 de valor tiene el software**

-----