



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES
Y REDES

“ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN BRINDADA POR LA
ASISTENCIA DE GPS A DISPOSITIVOS MÓVILES Y GPS PARA
LA GEORREFERENCIACIÓN DE UN SECTOR PERTENECIENTE
A COPROBICH”

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

AUTORES: ABIGAIL SILVANA VALLEJO PLAZA
VÍCTOR GABRIEL VILLAGÓMEZ AGUILAR

DIRECTORA: ING. MAYRA ALEJANDRA PACHECO CUNDURI Msc.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Abigail Silvana Vallejo Plaza & Víctor Gabriel Villagómez Aguilar

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Abigail Silvana Vallejo Plaza y Víctor Gabriel Villagómez Aguilar, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de marzo de 2021.



Abigail Silvana Vallejo Plaza

060436563-5



Víctor Gabriel Villagómez Aguilar

020204206-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES

El Tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo Proyecto Técnico “ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN BRINDADA POR LA ASISTENCIA DE GPS A DISPOSITIVOS MÓVILES Y GPS PARA LA GEORREFERENCIACIÓN DE UN SECTOR PERTENECIENTE A COPROBICH”, de responsabilidad de la señorita ABIGAIL SILVANA VALLEJO PLAZA y señor VÍCTOR GABRIEL VILLAGÓMEZ AGUILAR, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación. El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Franklin Moreno PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	FRANKLIN GEOVANNI MORENO MONTENEGRO <small>Firmado digitalmente por FRANKLIN GEOVANNI MORENO MONTENEGRO DN: cn=FRANKLIN GEOVANNI MORENO MONTENEGRO, o=SECURITY DATA S.A. I S, ou=SERVIDOR DE CERTIFICACION DE SIGNADORA Módulo Sign el motor de este documento. Última: 2021-03-17 12:28:05-05</small>	<u>2021-03-16</u>
Ing. Mayra Pacheco DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 <small>Firmado digitalmente por: MAYRA ALEJANDRA PACHECO CUNDURI</small>	<u>2021-03-16</u>
Ing. Wilson Baldeón MIEMBRO DEL TRIBUNAL	WILSON OSWALDO BALDEON LOPEZ <small>Firmado digitalmente por WILSON OSWALDO BALDEON LOPEZ Fecha: 2021.03.17 11:47:38 -05'00'</small>	<u>2021-03-16</u>

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de Titulación a Dios por acompañarme y guiar mis pasos durante mi carrera universitaria, por ser mi fortaleza y no desampararme. A mis padres Gloria y Bolívar, por darme su amor, sacrificio, ejemplo de superación, enseñarme a no darme por vencida a pesar de las dificultades y por mostrarme que con sacrificio se puede conseguir todo lo que se quiere en la vida. A Gabriel por el apoyo incondicional durante el tiempo que fuimos compañeros en la universidad y durante el desarrollo de la tesis por el compromiso, perseverancia y dedicación puesta al trabajo. A los docentes Mayra Pacheco, Mónica Zabala y Jorge Tuapanta por la orientación brindada para la realización de la tesis y por haber compartido sus conocimientos conmigo.

Abigail

Dedico el presente trabajo primeramente a mi madre Lina Villagómez por estar siempre a mi lado, pendiente de mí ser mi apoyo, alegría y luchar cada día por mi bienestar y felicidad, a mi abuelito quien me ha acompañado toda la vida y mi abuelita quien desde el cielo me sigue acompañando, en general a toda mi familia tíos, tías, primas quienes han sido un apoyo constante, motivo y guía para seguir adelante, quiero también dedicarlo a Abigail quien ha sido un complemento invaluable, me ha dado su confianza y perseverancia para cumplir esta meta juntos.

Víctor

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por ser quien nos ha forjado el camino, ha guiado nuestros pasos, nos ha dado salud y fortaleza para poder culminar esta etapa universitaria.

A nuestros padres por ser quienes que con amor, bondad y sacrificio estuvieron siempre junto a nosotros brindándonos su apoyo incondicional, motivación y confianza.

A nuestra querida ESPOCH por permitirnos ser parte de esa gran familia y poder estudiar una carrera universitaria.

A la Ing. Mayra Pacheco que siendo la directora de nuestro trabajo de titulación ha sido una guía y nos ha impartido sus valiosos conocimientos para el desarrollo de nuestro trabajo de titulación.

A la Ing. Mónica Zabala que ha sido un pilar muy importante para la realización de la tesis quien que con su paciencia, sabiduría, apoyo y enseñanzas ha permitido que este sueño se convierta en realidad.

Abigail

Víctor

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 Sistema Global de Navegación por Satélite. (GNSS).....	5
1.1.1 Constelaciones GNSS.....	6
1.1.1.1 GPS.....	6
1.1.1.2 GLONASS.....	7
1.1.1.3 Galileo.....	8
1.1.1.4 BEIDOU-COMPAS.....	9
1.1.2 Aplicaciones GNSS.....	9
1.2 Sistema Global de Posicionamiento.....	11
1.2.1 Arquitectura de GPS.....	11
1.2.1.1 Segmento Espacial.....	12
1.2.1.2 Segmento de Control.....	12
1.2.1.3 Segmento de Usuario.....	13
1.2.2 Señal GPS.....	13
1.2.3 Servicios GPS.....	13
1.2.3.1 Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS).....	13
1.2.3.2 Servicios de Posicionamiento Preciso (PPS).....	14
1.2.4 Fuentes de error de GPS.....	14
1.2.4.1 Errores en los parámetros orbitales de los satélites.....	14
1.2.4.2 Error en el reloj satelital.....	14
1.2.4.3 Error multipath.....	15
1.2.4.4 Error producido por la ionósfera.....	15
1.2.4.5 Error producido por la tropósfera.....	15
1.3 Redes móviles.....	15
1.3.1 Generaciones de telefonía móvil.....	16

1.3.2	<i>Arquitectura</i>	18
1.3.3	<i>Localización y posicionamiento de dispositivos móviles</i>	19
1.4	Sistemas de información geográfica	20
1.4.1	<i>Georreferenciación</i>	20
1.4.1.1	<i>Aplicaciones</i>	21
1.4.2	<i>Herramientas de software</i>	21
1.4.2.1	<i>ArGis de pago</i>	21
1.4.2.2	<i>QGIS libre</i>	22
1.5	Técnicas de Asistencia a GPS (A-GPS)	22
1.5.1	<i>Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS)</i>	23
1.5.1.1	<i>Tipo Diferencial de Código de Rango GPS</i>	24
1.5.1.2	<i>Diferencial de Fase Portadora GPS</i>	25
1.5.2	<i>Formas de aplicar las Correcciones Diferenciales</i>	25
1.5.2.1	<i>DGPS en tiempo real</i>	25
1.5.2.2	<i>Post Proceso</i>	25
1.5.3	<i>NTRIP (Network Transport RTCM Internet Protocol)</i>	26
1.5.3.1	<i>Componentes del NTRIP</i>	26
1.5.3.2	<i>Comunicación entre el usuario y NTRIP</i>	27
1.5.4	<i>Formato de las Correcciones</i>	29
1.5.5	<i>GPS Asistido en Redes Celulares (A-GPS)</i>	31
1.6	Receptores GPS	33
1.6.1	<i>Colectores de datos GIS</i>	34
1.6.1.1	<i>Receptor GNSS SP60</i>	34
1.6.1.2	<i>Spectra MobileMapper 50</i>	35
1.6.2	<i>Dispositivos Móviles</i>	35
1.6.2.1	<i>Samsung Galaxy A51</i>	36
1.7	Software para el levantamiento de datos GNSS	37
1.7.1	<i>Levantamiento de datos del colector</i>	37
1.7.1.2	<i>MobileMapper Field</i>	38
1.7.1.3	<i>Survey Mobile</i>	38
1.7.2	<i>Levantamiento de datos del dispositivo móvil</i>	39
1.7.2.1	<i>GPSTest</i>	39
1.8	Software para la elaboración de planos del colector y dispositivo móvil	40
1.8.1	<i>ArGis</i>	40
CAPÍTULO II		
2.	MARCO METODOLÓGICO	42

2.1	Hardware y Software	42
2.1.1	<i>Dispositivo receptor GPS</i>	42
2.1.2	<i>Dispositivo receptor GPS + técnica de corrección de errores en tiempo real NTRIP</i>	45
2.1.3	<i>Dispositivo receptor GPS + AGPS por red móvil</i>	49
2.2	Descripción Geográfica	51
2.2.1	<i>Ubicación Geográfica Terreno Polígono Irregular Ricpamba</i>	51
2.2.2	<i>Terreno Polígono Irregular parque La Georgina</i>	52
2.2.3	<i>Terreno Ovalado Ricpamba</i>	53
2.2.4	<i>Terreno Irregular Grande Ricpamba</i>	54
2.2.5	<i>Terreno Circular Ricpamba</i>	55
2.2.6	<i>Terreno Triangular Ricpamba</i>	56
2.2.7	<i>Terreno Cuadrado Chillanes</i>	57
2.2.8	<i>Terreno parque central Penipe</i>	58
2.2.9	<i>Terreno Sector Rural Penipe Bayushig</i>	59
2.2.10	<i>Terreno Sector Rural Colta Columbe 1</i>	60
2.2.11	<i>Terreno Sector Rural Colta Columbe 2</i>	61
2.2.12	<i>Terreno Sector Rural Colta Columbe 3</i>	62
2.2.13	<i>Terreno Sector Rural Colta Columbe 4</i>	63
CAPÍTULO III		
3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
3.1	Análisis de Datos	65
3.1.1	<i>Análisis del Terreno Polígono Irregular Ricpamba</i>	65
3.1.2	<i>Análisis del Terreno Polígono Irregular parque La Georgina</i>	66
3.1.3	<i>Análisis del Terreno Ovalado Ricpamba</i>	68
3.1.4	<i>Análisis del Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba</i>	69
3.1.5	<i>Análisis del Terreno Circular Ricpamba</i>	72
3.1.6	<i>Análisis del Terreno Triangular Ricpamba</i>	73
3.1.7	<i>Análisis del Terreno Cuadrado Chillanes</i>	75
3.1.8	<i>Análisis del Terreno Parque Central Penipe</i>	76
3.1.9	<i>Análisis del Terreno del Terreno Sector Rural Penipe Bayushig</i>	78
3.1.10	<i>Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 1</i>	79
3.1.11	<i>Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 2</i>	80
3.1.12	<i>Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 3</i>	82
3.1.13	<i>Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 4</i>	83
3.2	Análisis Gráfico	85

3.2.1	<i>Análisis del Terreno Polígono Irregular Ricpamba</i>	85
3.2.2	<i>Análisis del Terreno Polígono Irregular parque La Georgina</i>	85
3.2.3	<i>Análisis del Terreno Ovalado Ricpamba</i>	86
3.2.4	<i>Análisis del Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba</i>	87
3.2.5	<i>Análisis del Terreno Circular Ricpamba</i>	88
3.2.6	<i>Análisis del Terreno Triangular Ricpamba</i>	89
3.2.7	<i>Análisis del Terreno Cuadrado Chillanes</i>	90
3.2.8	<i>Análisis del parque central Penipe</i>	91
3.2.9	<i>Análisis del Terreno Sector Rural Penipe Bayushig</i>	92
3.2.10	<i>Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 1</i>	93
3.2.11	<i>Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 2</i>	94
3.2.12	<i>Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 3</i>	94
3.2.13	<i>Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 4</i>	95
3.3	Análisis Estadístico	96
3.3.1	Prueba ANOVA	96
3.3.1.1	<i>Análisis Estadístico del Terreno Polígono Irregular Ricpamba</i>	97
3.3.1.2	<i>Análisis Estadístico del Terreno Polígono Irregular parque La Georgina</i>	99
3.3.1.3	<i>Análisis Estadístico del Terreno Cuadrado Chillanes</i>	102
3.3.2	Prueba Kruskal-Wallis	104
3.3.2.1	<i>Análisis Estadístico del Terreno Ovalado Ricpamba</i>	105
3.3.2.2	<i>Análisis Estadístico del Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba</i>	106
3.3.2.3	<i>Análisis Estadístico del Terreno Circular Ricpamba</i>	106
3.3.2.4	<i>Análisis Estadístico del Terreno Triangular Ricpamba</i>	107
3.3.2.5	<i>Análisis Estadístico del parque central Penipe</i>	108
3.3.2.6	<i>Análisis Estadístico del Terreno Sector Rural Penipe Bayushig</i>	109
3.3.2.7	<i>Análisis Estadístico del Terreno Sector Rural Colta Columbe 1</i>	110
3.3.2.8	<i>Análisis Estadístico del Terreno Sector Rural Colta Columbe 2</i>	111
3.3.2.9	<i>Análisis Estadístico del Terreno Sector Rural Colta Columbe 3</i>	112
3.3.2.10	<i>Análisis Estadístico del Terreno Sector Rural Colta Columbe 4</i>	112
	CONCLUSIONES	114
	RECOMENDACIONES	117
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Tipos de mensajes RTCM 2.1, 2,2 y 2.3.....	30
Tabla 2-1:	Mensajes más utilizados del RTCM 3.	31
Tabla 1-3:	Precisión Horizontal y Vertical en Terreno Polígono Irregular Ricpamba.	65
Tabla 2-3:	Precisión Horizontal y Vertical en Terreno Polígono Irregular La Georgina.	67
Tabla 3-3:	Precisión Horizontal y Vertical en Terreno Ovalado Ricpamba.....	68
Tabla 4-3:	Precisión Horizontal y Vertical en Terreno Irregular Grande Ricpamba.....	70
Tabla 5-3:	Precisión Horizontal y Vertical en Terreno Circular Ricpamba.	72
Tabla 6-3:	Precisión Horizontal y Vertical en Terreno Triangular Ricpamba	74
Tabla 7-3:	Precisión Horizontal y Vertical en Terreno Cuadrado Chillanes.....	75
Tabla 8-3:	Precisión Horizontal y Vertical en el Terreno Parque Central Penipe.....	77
Tabla 9-3:	Precisión Horizontal y Vertical en el Terreno Rural de Bayushig.....	78
Tabla 10-3:	Precisión Horizontal y Vertical en Terreno en el Sector Colta Columbe 1	79
Tabla 11-3:	Precisión Horizontal y Vertical en Terreno en el Sector Colta Columbe 2	81
Tabla 12-3:	Precisión Horizontal y Vertical en Terreno en el Sector Colta Columbe 3	82
Tabla 13-3:	Precisión Horizontal y Vertical en Terreno en el Sector Colta Columbe 4	84
Tabla 14-3:	Prueba de Normalidad en Terreno Polígono Irregular Ricpamba.....	97
Tabla 15-3:	Prueba de Homogeneidad en Terreno Polígono Irregular Ricpamba.....	98
Tabla 16-3:	Prueba Anova en Terreno Polígono Irregular Ricpamba.....	98
Tabla 17-3:	Prueba de comparación múltiple en Terreno Polígono Irregular Ricpamba.	99
Tabla 18-3:	Prueba de Normalidad en Terreno Polígono Irregular parque La Georgina.....	100
Tabla 19-3:	Prueba de Homogeneidad en Terreno Polígono Irregular parque La Georgina... ..	100
Tabla 20-3:	Prueba Anova en Terreno Polígono Irregular parque La Georgina	101
Tabla 21-3:	Prueba de comparación múltiple en Terreno Irregular parque La Georgina.....	101
Tabla 22-3:	Prueba de Normalidad en el Terreno Cuadrado del cantón Chillanes.	102
Tabla 23-3:	Prueba de Homogeneidad en el Terreno Cuadrado del cantón Chillanes	102
Tabla 24-3:	Prueba Anova en el Terreno Cuadrado del cantón Chillanes.....	103
Tabla 25-3:	Prueba de comparación múltiple en el Terreno Cuadrado del cantón Chillanes..	104

Tabla 26-3:	Rangos promedios del Terreno Ovalado Ricpamba.....	105
Tabla 27-3:	Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Ovalado Ricpamba.....	105
Tabla 28-3:	Rangos Promedios del Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba.....	106
Tabla 29-3:	Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba ..	106
Tabla 30-3:	Rangos Promedios del Terreno Circular Ricpamba.....	107
Tabla 31-3:	Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Circular Ricpamba.	107
Tabla 32-3:	Rangos Promedios del Terreno Triangular Ricpamba.	107
Tabla 33-3:	Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Triangular Ricpamba	108
Tabla 34-3:	Rangos Promedios del parque central Penipe	108
Tabla 35-3:	Prueba de Kruskal Wallis en el parque central Penipe.....	109
Tabla 36-3:	Rangos Promedios del Terreno Sector Rural Penipe Bayushig	109
Tabla 37-3:	Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Sector Rural Penipe Bayushig.....	110
Tabla 38-3:	Rangos Promedios del Terreno Rural Colta Columbe 1	110
Tabla 39-3:	Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Sector Rural Colta Columbe 1	111
Tabla 40-3:	Rangos Promedios del Terreno Sector Rural Columbe 2	111
Tabla 41-3:	Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Sector Rural Colta Columbe 2	111
Tabla 42-3:	Rangos Promedios del Terreno Sector Rural Columbe 3	112
Tabla 43-3:	Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Sector Rural Colta Columbe 3	112
Tabla 44-3:	Rangos Promedios del Terreno Sector Rural Columbe 4	113
Tabla 45-3:	Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Columbe 4.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Constelación de GPS	6
Figura 2-1.	Constelación GLONASS	7
Figura 3-1.	Satélites a) GPS y b) GLONASS.....	7
Figura 4-1.	Arquitectura del Servicio COSPAS-SARSAT	8
Figura 5-1.	Tipos de Satélites BEIDOU a) Orbita GEO y IGSO, b) Orbita MEO	9
Figura 6-1.	Aplicativos del GNSS.....	10
Figura 7-1.	Arquitectura de GPS	11
Figura 8-1.	Segmento de Control	12
Figura 9-1.	Tipos de celdas según su extensión.	16
Figura 10-1.	Cuadro de evolución de las redes móviles.....	16
Figura 11-1.	Arquitectura de la red móvil.	19
Figura 12-1.	Georreferenciación del mundo real.....	20
Figura 13-1.	Software ArGIS presentado en diversas plataformas	22
Figura 14-1.	Ejemplo de la pantalla de trabajo QGIS	22
Figura 15-1.	Arquitectura del DGPS	23
Figura 16-1.	Componentes del NTRIP	26
Figura 17-1.	Arquitectura de la REGME.....	28
Figura 18-1.	Distribución de antenas de la REGME (noviembre 2020)	28
Figura 19-1.	Aplicación de correcciones RTCM.....	29
Figura 20-1.	Representación esquemática del Sistema A-GPS.	32
Figura 21-1.	Receptores de GPS para navegación.....	34
Figura 22-1.	Receptor GNSS SP60	35
Figura 23-1.	Spectra MobileMapper 50	35
Figura 24-1.	a) Estudio de ventas realizado Strategy Analytics. b) Samsung Galaxy A51.....	36
Figura 25-1.	Pantalla de inicio de la App Space Trimble.....	37
Figura 26-1.	Interfaz de trabajo App MobileMapper Field.	38
Figura 27-1.	Interfaz de la App Survey Mobile.....	39

Figura 28-1.	Interfaz de la Aplicación GPSTest.....	40
Figura 29-1.	Estructura del paquete de programa ArcGIS	41
Figura 1-2.	Proceso levantamiento modo Estático	42
Figura 2-2.	Inicio de la aplicación de Survey Mobile	43
Figura 3-2.	Vinculación del receptor con el colector	43
Figura 4-2.	Creación de un nuevo trabajo	44
Figura 5-2.	Elección del levantamiento estático.....	44
Figura 6-2.	Inicio de grabación de los puntos.....	45
Figura 7-2.	Proceso levantamiento NTRIP.....	45
Figura 8-2.	Inicio de la aplicación de Survey Mobile	46
Figura 9-2.	Vinculación del receptor con el colector	46
Figura 10-2.	Comprobación del establecimiento de conexión	47
Figura 11-2.	Inicio de la aplicación de MobileMapper Field	47
Figura 12-2.	Nuevo archivo de MobileMapper Field.....	48
Figura 13-2.	Vinculación del receptor con el colector	48
Figura 14-2.	Proceso levantamiento Ntrip.....	49
Figura 15-2.	Inicio de la aplicación de GPSTest	49
Figura 16-2.	Creamos el punto de referencia.....	50
Figura 17-2.	Toma de datos con AGPS	50
Figura 18-2.	Terreno Polígono Irregular	51
Figura 19-2.	Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Polígono Irregular Ricpamba.....	52
Figura 20-2.	Terreno Polígono Irregular	52
Figura 21-2.	Distancia Estación GNSS EERSA al Parque La Georgina.....	53
Figura 22-2.	Terreno Ovalado	53
Figura 23-2.	Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Ovalado Ricpamba.....	54
Figura 24-2.	a) Terreno Irregular Grande. b) Terreno georreferenciado.	54
Figura 25-2.	Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Irregular Grande Ricpamba	55
Figura 26-2.	Terreno Circular.....	55
Figura 27-2.	Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Circular Ricpamba	56
Figura 28-2.	Terreno Triangular.....	56

Figura 29-2.	Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Triangular Ricpamba	57
Figura 30-2.	Terreno Cuadrado en Chillanes	57
Figura 31-2.	Distancia Estación GNSS EERSA a Chillanes.....	58
Figura 32-2.	Terreno parque central Penipe	58
Figura 33-2.	Distancia Estación GNSS EERSA a Parque Central Penipe.	59
Figura 34-2.	Terreno Sector Rural Bayushig.....	59
Figura 35-2.	Distancia Estación GNSS EERSA a Bayushig.....	60
Figura 36-2.	Terreno Sector Colta Columbe 1	60
Figura 37-2.	Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Sector Colta Columbe 1	61
Figura 38-2.	Terreno Sector Colta Columbe 2	61
Figura 39-2.	Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Sector Colta Columbe 2.....	62
Figura 40-2.	Terreno Sector Colta Columbe 3	62
Figura 41-2.	Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Sector Colta Columbe 3.....	63
Figura 42-2.	Terreno Sector Colta Columbe 4	63
Figura 43-2.	Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Sector Colta Columbe 4.....	64
Figura 1-3.	Puntos tomados en el terreno Polígono Irregular.....	85
Figura 2-3.	Puntos tomados en el terreno irregular	86
Figura 3-3.	Puntos tomados en el terreno Ovalado.....	87
Figura 4-3.	Puntos tomados en el terreno Irregular Grande Ricpamba.	88
Figura 5-3.	Puntos tomados en el terreno Circular.....	89
Figura 6-3.	Puntos tomados en el terreno con forma Triangular	90
Figura 7-3.	Puntos tomados en el Terreno Cuadrado Chillanes	91
Figura 8-3.	Puntos tomados en el parque Central del Cantón Penipe.....	92
Figura 9-3.	Puntos tomados en el Sector Rural Bayushig	93
Figura 10-3.	Puntos tomados en el Sector Rural Columbe 1.....	93
Figura 11-3.	Puntos tomados en el Sector Rural Columbe 2.....	94
Figura 12-3.	Puntos tomados en el Sector Rural Columbe 3.....	95
Figura 13-3.	Puntos tomados en el Sector Rural Columbe 4.....	96

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3.	Error Horizontal Terreno Polígono Irregular Ricpamba.	66
Gráfico 2-3.	Error Vertical Terreno Polígono Irregular Ricpamba.	66
Gráfico 3-3.	Error Horizontal Terreno Polígono Irregular parque La Georgina.....	67
Gráfico 4-3.	Error Vertical Terreno Polígono Irregular parque La Georgina.....	67
Gráfico 5-3.	Error Horizontal Terreno Ovalado Ricpamba	69
Gráfico 6-3.	Error Vertical Terreno Ovalado Ricpamba	69
Gráfico 7-3.	Error Horizontal Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba.....	71
Gráfico 8-3.	Error Vertical Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba.....	72
Gráfico 9-3.	Error Horizontal Terreno Circular Ricpamba.....	73
Gráfico 10-3.	Error Vertical Terreno Circular Ricpamba.....	73
Gráfico 11-3.	Error Horizontal Terreno Triangular Ricpamba.....	74
Gráfico 12-3.	Error Vertical Terreno Triangular Ricpamba.	75
Gráfico 13-3.	Error Horizontal Terreno Cuadrado Chillanes.	76
Gráfico 14-3.	Error Vertical Terreno Cuadrado Chillanes.	76
Gráfico 15-3.	Error Horizontal del Terreno del Parque Central de Penipe.....	77
Gráfico 16-3.	Error Vertical del Terreno del Parque Central de Penipe.....	77
Gráfico 17-3.	Error Horizontal del Terreno Rural de Bayushig.	78
Gráfico 18-3.	Error Vertical del Terreno Rural de Bayushig.	79
Gráfico 19-3.	Error Horizontal Terreno en el Sector Colta Columbe 1.....	80
Gráfico 20-3.	Error Vertical Terreno en el Sector Colta Columbe 1.....	80
Gráfico 21-3.	Error Horizontal Terreno en el Sector Colta Columbe 2.....	81
Gráfico 22-3.	Error Vertical Terreno en el Sector Colta Columbe 2.....	82
Gráfico 23-3.	Error Horizontal Terreno en el Sector Colta Columbe 3.....	83
Gráfico 24-3.	Error Vertical Terreno en el Sector Colta Columbe 3.....	83
Gráfico 25-3.	Error Horizontal Terreno en el Sector Colta Columbe 4.....	84
Gráfico 26-3.	Error Vertical Terreno en el Sector Colta Columbe 4.....	84

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Errores tomados en cada terreno.

ANEXO B: Terrenos elegidos para las pruebas de georreferenciación

ANEXO C: Toma de los datos en los terrenos elegidos.

ANEXO D: Equipos utilizados.

ANEXO E: Mapas generados en el software ArcGIS

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue realizar un análisis sobre la precisión brindada por el Servicio de Posicionamiento Global Asistido (AGPS) a dispositivos móviles y Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para la georreferenciación de un sector perteneciente a la Corporación de Productores y Comercializadores Bio Taita Chimborazo (COPROBICH). Para realizar este análisis se tomó datos en diferentes terrenos utilizando tres técnicas de corrección de errores en igualdad de condiciones. Los escenarios tuvieron diversas formas y tamaños ubicados en sectores urbanos y rurales en las ciudades de Riobamba, Penipe, Colta y Chillanes. En estos se definieron puntos en los que se levantó información geográfica, para después tomar mediciones con las técnicas: modo Estático, Red de Transporte de datos en Formato propuesto por la Comisión Radio Técnica para Servicios Marítimos (RTCM) a través del Protocolo de Internet (NTRIP) y AGPS, obteniendo así coordenadas de posicionamiento, errores horizontales y verticales. Posteriormente se desarrolló un análisis de forma comparativa, gráfica y estadística, lo que permitió comprender la precisión alcanzada en las mediciones generadas por cada técnica, y, por consiguiente, determinar cuál presenta mejores condiciones para su utilización en ejercicios de georreferenciación, tanto dentro de la Corporación como fuera de ella. A partir de este análisis se ha llegado a la conclusión que la técnica más óptima fue NTRIP, ya que arrojó mejores resultados reduciendo el error promedio horizontal en un 99,17% y en el error vertical en un 98,85% siendo esta una precisión mayor a las demás; por lo que se recomienda su uso en georreferenciación de parcelas.

Palabras Clave: <TELECOMUNICACIONES>, <GEORREFERENCIACIÓN>, <SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)>, <ASISTENCIA DE GPS (AGPS)>, <PROTOCOLO DE INTERNET NTRIP>, < SISTEMA DE NAVEGACIÓN GLOBAL POR SATÉLITE (GNSS)>, <PRECISIÓN GPS>

SUMMARY

This research work was aimed to perform an analysis on the precision provided by the Assisted Global Positioning Service (AGPS) to mobile devices and Global Positioning System (GPS) for the georeferencing of an area that belongs to Bio Taita Chimborazo Producers and Traders Corporation (COPROBICH). This analysis was carried out by collecting data from different fields using three error correction techniques under similar conditions. The stages had different shapes and sizes located in urban and rural sectors in Riobamba city such as Penipe, Colta, and Chillanes. Points were defined in these areas where geographic information was collected to take measurements by using these techniques: Static mode, Data Transport Network in Format proposed by the Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM) through the Internet Protocol (NTRIP), and AGPS obtaining positioning coordinates, horizontal as well as vertical errors. Subsequently, a comparative, graphical, and statistical analysis was developed, which allowed understanding the precision achieved in the measurements generated by each technique. Subsequently, a comparative, graphical, and statistical analysis was developed, allowing the understanding of the precision achieved in the measurements generated by each technique. Consequently, it determines which technique shows the best conditions for its use in georeferencing exercises both within the Corporation and outside. From this analysis, it has been concluded that the most optimal technique was NTRIP since it delivered better results reducing the average horizontal error by 99.17% and the vertical error by 98.85%. This technical precision is more significant than the others; therefore, its use is recommended in parcel georeferencing.

Keywords: <TELECOMMUNICATIONS>, <GEOREFERENCING>, <GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)>, <ASSISTED GLOBAL POSITIONING SYSTEM (AGPS)>, <NETWORK TRANSPORT RTCM INTERNET PROTOCOL (NTRIP)>, <GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS (GNSS)>, <GPS ACCURACY>.

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

La georreferenciación consiste en realizar un posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas. Esto significa localizar el predio o parcela de interés en un sistema de información geográfica referenciando así cada punto espacial dentro del predio para poder generar mapas muy precisos del mismo. Con esta técnica, se desarrollan mapas topográficos con precisiones que permite a los agricultores entender de manera completa las características de sus terrenos, información invaluable para hacer levantamientos de los linderos de las parcelas, de las vías, sistemas de riego y zonas dentro de los cultivos afectadas por problemas como malezas o enfermedades. (Fratinni, 2019)

España ha elaborado un Sistema de Información Geográfica de parcelas agrícolas (SIGPAC), que permite identificar geográficamente las parcelas declaradas por los agricultores en cualquier régimen de ayudas relacionado con la superficie cultivada. SIGPAC se ha convertido en una herramienta de enorme utilidad en campos diferentes del agrario (geología, infraestructuras, urbanismo), lo que obedece a su concepción y desarrollo, en el que se hace uso continuo y permanente de las tecnologías más avanzadas en información geográfica automatizada. (SIGPAC, 2014)

En República Dominicana el ministro de Agricultura, Osmar Benítez, trabajó con 250 técnicos de forma intensiva en la creación del Registro Único de Productores Agropecuarios (RUPA), georreferenciando las fincas de los agricultores del país. Esto permite avanzar en el levantamiento de las informaciones estadísticas para identificar a todos los productores nacionales, ese personal ha sido dotado de la logística necesaria, incluyendo equipos del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). (El Día, 2019)

La implementación de sistemas de georreferenciación a nivel regional se ha venido desarrollando para proyectos en la agricultura más regularmente en la agricultura de precisión, para estos propósitos se han llevado estudios y proyectos aplicativos como el mencionado en la publicación de la revista de agricultura IDESIA de Chile titulado "Sistema para la generación automática de mapas de rendimiento. Aplicación en la agricultura de precisión", en el que se utiliza sistemas de posicionamiento satelital (GPS) junto a sensores y Sistemas de información geográfica (SIG) para la estimación y evaluación de las siembras y producción de los cultivos. (Lago et al., 2011)

Dentro de la región la implementación de sistemas de georreferenciación se ha llevado implementando desde hace varios años en la agricultura, es el caso de las plantaciones de palma en Colombia donde se utilizó receptores con navegadores GPS para el trazado de los lotes del sembrío y de las líneas de palma, este trazado fue almacenado en una base de datos para ser consultados por posteriormente por el usuario. (Lizarazo & Alfonso, 2011)

En la Pontificia Universidad Católica sede Esmeraldas de desarrolló un “Análisis de Aplicaciones Informáticas de Georreferenciación de Proveedores Agrícolas para la Empresa AGROCACAO” en donde su propósito fue determinar un sistema informático con característica georreferenciar que permita brindar un oportuno seguimiento a los agricultores con sus respectivos cultivos, siendo el Sistema Integral de Monitoreo Agrícola (SIMA) el que más se ajusta a los requerimientos de la empresa, el cual realiza georreferenciación y monitoreo de cultivos y otras funciones logrando así obtener mejores resultados. (Mora, 2017)

En Ecuador en el año 2011 se suscribió un contrato para la implantación en todo el país de un sistema de gestión de catastro y registro de la propiedad rural ejecutado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, MAGAP, a través de la Unidad Ejecutora MAGAP-PRAT, dentro del Programa denominado como SIGTIERRAS, la publicación de la memoria técnica del cantón Riobamba fue publicada en el año 2015, en el cual se evidencio los resultados de las mediciones cartográficas generadas por medio de fotografías aéreas y ortofotografía conjuntamente con levantamiento de barrido predial, estos resultados obtenidos tuvieron la problemática de no presentar puntos exactos en especial en terrenos con irregularidades o de linderos no rectangulares en muchos casos necesitándose levantar un segundo proceso de planimetría por parte de los usuarios. (MAGAP-PRAT SIGTIERRAS, 2015)

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La georreferenciación se puede llevar a cabo por medio de múltiples medios o dispositivos los cuales pueden resultar útiles dependiendo de factores como accesibilidad, funcionamiento, costos y beneficios de cada uno los cuales podrán cumplir con las necesidades y requerimientos presentados, para lo cual se utilizará el que mejor se adapte a las mismas.

En nuestro país la necesidad de mejorar los procesos de producción y de calidad han generado un gran interés en la implementación de sistemas tecnológicos, tal es el caso de la georreferenciación de los terrenos de cultivo, los cuales cada vez más se van acoplando al cumplimiento de normativas medio ambientales, de conciencia agrícola y en la búsqueda de certificaciones para ampliar los mercados de comercio por medio de las exportaciones.

La importancia del proyecto se basa en la recolección de coordenadas geográficas por medio de un teléfono móvil con antena de GPS integrada y red celular además de la recolección de datos con un equipo GPS de precisión como es el Mobilemapper 50, esto con el fin de realizar la comparativa respecto a la precisión y confiabilidad de los datos en cada uno de los dispositivos, realizando mediciones en igualdad de condiciones.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

Para la realización de este proyecto es necesario un teléfono celular de media o alta gama y dispositivo GPS basados en Android. En estos equipos se procederá a instalar una aplicación móvil que permitirá obtener los puntos de georreferenciación de los terrenos utilizados para la producción de quínoa como se muestra en la Figura 1.

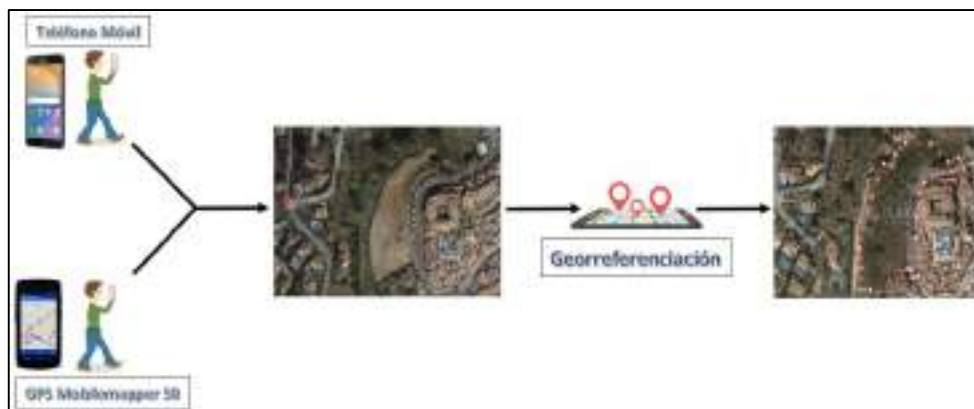


Figura 1. Descripción gráfica del proyecto

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Después de realizar el levantamiento de la información se evaluará la precisión dada por el teléfono celular y la obtenida del dispositivo GPS para conocer cuál de las dos opciones es de mayor utilidad a la hora de realizar ejercicios de georreferenciación.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar la precisión brindada por la asistencia de GPS a dispositivos móviles y GPS para la georreferenciación de un sector perteneciente a COPROBICH.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar acerca de las técnicas de A-GPS por red móvil y DGPS.
- Analizar los escenarios de toma de datos mediante el uso de dos tecnologías.
- Levantar información geográfica utilizando A-GPS por red móvil y DGPS.
- Evaluar la precisión medida en los puntos de observación con las técnicas AGPS.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Sistema Global de Navegación por Satélite. (GNSS)

En inglés es el acrónimo de Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS - Global Navigation Satellite System), siendo capaz de proveer un posicionamiento geoespacial cuya cobertura es global de manera autónoma (D. A. García, 2008).

El desarrollo de los sistemas militares de los Estados Unidos llevo a la creación del Sistema Global de Posicionamiento (GPS) durante los años 70 lo cual a su vez dio origen al GNSS. Posteriormente la antigua Unión Soviética desarrolló su sistema de navegación por satélite llamado Sistema de Navegación Global por Satélite (GLONASS - Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema), en la actualidad ambos sistemas constituyen el GNSS, además de los sistemas creados posterior a estos y que se han incorporado al proyecto como son GALILEO de la Unión Europea y BEIDOU de la República de China. (Manuel, 2012)

El GNSS actualmente puede determinar su posición proporcionando información sobre la posición y tiempo (cuatro dimensiones) de un elemento en cualquier parte del mundo, dando una cobertura durante las 24 horas del día bajo cualquier condición climática. Para lograr una cobertura global se posee constelaciones satelitales de entre 24 y 27 satélites repartidos en diferentes planos orbitales, los mismos que poseen una inclinación entre 55° y 65° , orbitando a una altura entre los 19100 km y 28180 km conocidas como Órbitas Terrestres Medias (MEO - Medium Earth orbit), generando periodos de 12 horas. (Balsa, 2014)

El sistema GNSS transmite señales con las cuales los receptores obtienen dos tipos de medidas, la pseudodistancia que permite a los receptores determinar su posición con precisión en el rango de varios metros, la otra medida es la de fase de la portadora siendo esta transmitida por los satélites y siendo mucho más precisas llegando al orden de los centímetros. (Fernández 2005)

La Agencia de GNSS Europea (European GSA) evalúa el rendimiento de los GNSS respecto a cuatro criterios: a) la precisión, siendo la diferencia que existe entre un receptor medido y su posición real, velocidad o tiempo; b) integridad, como la capacidad del sistema para proveer un nivel de confianza y en casos de anomalías en los datos de posicionamiento una alarma; c) la continuidad, es la habilidad del sistema para funcionar sin interrupciones y d) la disponibilidad,

representando el porcentaje de tiempo en la cual una señal cumple los criterios anteriores de precisión, integridad y continuidad. (EUROPEAN GSA, 2017)

1.1.1 Constelaciones GNSS

En la actualidad existen cuatro constelaciones GNSS las cuales se encuentran constituidas de una red satelital de entre 24 y 32 satélites, dichos satélites se ubican a una altura entre 21000 y 25000 km desde la superficie de la tierra, cada satélite puede emitir varias señales a una frecuencia entre 1000 – 2000 MHz correspondientes a la banda L. Las constelaciones GNSS que actualmente brindan cobertura global son: GPS (USA), GLONASS (Rusia), BeiDou (China) y GALILEO (EU). (Berné et al., 2019)

1.1.1.1 GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS – Global Positioning System) es una constelación de satélites de comunicación utilizado para la navegación, el mismo fue desarrollado en los años 70 como proyecto del Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Inicialmente sus aplicaciones eran netamente para proyectos militares, con el paso del tiempo debido a la importancia de su función y los beneficios que este prestaba fue permitido el uso a personal civil. (Pérez, 2009)

El sistema GPS está compuesto por satélites orbitales como la presentada en la Figura 1-1, los cuales proporcionan señales de navegación de manera continua, precisa y a la vez fiable en cualquier parte y a cualquier usuario alrededor del mundo. Para el correcto funcionamiento de estos es necesario que se realicen mantenimientos los gastos de estos están actualmente dentro del presupuesto militar, sin embargo, la señal es gratuita y disponible para cualquier usuario tanto militar o civil. (Pérez 2015)



Figura 1-1. Constelación de GPS

Fuente: (Vílchez & Seco, 2019)

1.1.1.2 GLONASS

La respuesta de Rusia al GPS fue el Sistema de Navegación Global por Satélite (GLONASS - Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) desarrollado por la desaparecida Unión Soviética en el año 1984 inicialmente con cuatro satélites operativos, posteriormente a mediados de 1990 este número ascendería a 24 para completar la constelación mostrada en la Figura 2-1 la misma que actualmente está operativa. (Bossler 2010)

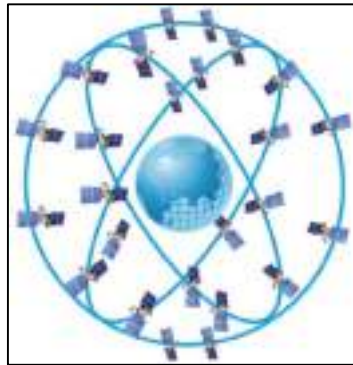


Figura 2-1. Constelación GLONASS

Fuente: (Куприянов, 2017)

El diseño de GLONASS guarda similitud al sistema de GPS, pero desarrollados con tecnología propia, esto es claramente visible al comparar sus satélites como podemos observar en la Figura 3-1, en cuanto a su funcionamiento la diferencia radica en su difusión ya que GLONASS la realiza por cada satélite a una frecuencia propia, pero todo modulado con el mismo Código de Ruido Pseudoaleatorio distinto (PRN) fundamental para que el receptor pueda identificar cada uno de los satélites. Opuestamente al GPS que utiliza un Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) el Sistema GLONASS utiliza el Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA). (Bossler 2010)

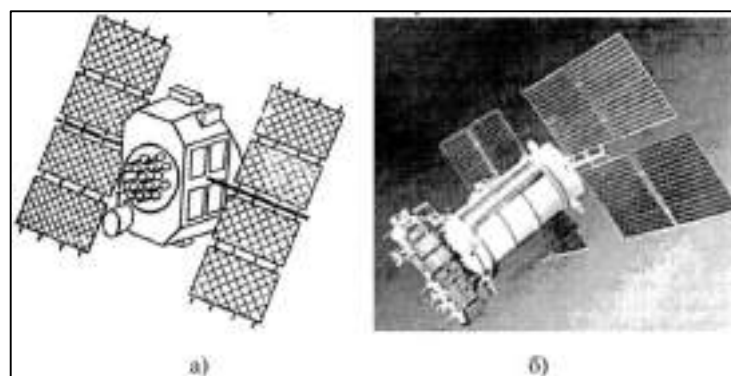


Figura 3-1. Satélites a) GPS y b) GLONASS

Fuente: (Синякин & Кошелев, 2009)

1.1.1.3 Galileo

GALILEO es el sistema de navegación desarrollado por la Unión Europea con el apoyo de la Agencia Espacial Europea, a diferencia del GPS el sistema GALILEO fue creado y administrado para uso principalmente civil y buscando la independencia tecnológica de Europa al tener su propio sistema de GNSS pero manteniendo la compatibilidad con los sistemas Estadunidense y Rusos (GPS y GLONASS respectivamente). Los primeros satélites fueron lanzados en 2005 y 2008, con el objetivo de reservar las frecuencias que habían sido asignadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) además de servir como prueba de la tecnología a ser usada. (ESA, 2011)

En la actualidad la constelación cuenta con un número de 26 satélites en órbita. GALILEO ofrece tres servicios: a) Servicio abierto, presta servicio a un mercado masivo de aplicativos de posicionamiento, navegación y temporización; b) Servicio Público Regulado, principalmente usado para usuarios con autorización del gobierno entre estos servicios de protección civil, su característica más notable es su robustez y el encriptamiento total esto con el fin de tener una continuidad de servicio aun durante emergencias o situaciones de crisis; c) Servicios de Búsqueda y Rescate, los datos proporcionados por el sistema GALILEO ayudan a localizar balizas y rescatar a personas que se encuentren en peligro en cualquier medio ambiente, esto ha contribuido a la organización internacional de localización de balizas de socorro (COSPAS-SARSAT), para cumplir con este cometido se tiene una arquitectura de servicio como la descrita en la Figura 4-1. (European Commission, 2019)



Figura 4-1. Arquitectura del Servicio COSPAS-SARSAT

Fuente: (Vílchez & Seco, 2019)

1.1.1.4 BEIDOU-COMPAS

Debido a la constante evolución de las tecnologías y a la necesidad de tener un sistema propio de GNSS China desarrolló el sistema de navegación BeiDou, el cual es compatible con los demás sistemas de navegación existentes. Su construcción se llevó a cabo a finales del siglo 20, siendo lanzado dos satélites a una órbita geoestacionaria (GEO) a finales del 2000. Brindaba un esquema de posicionamiento activo, además de proporcionar a sus usuarios en China servicios de posicionamiento, temporización, diferencial de área amplia y comunicaciones de mensajes cortos. Posteriormente inicio el proyecto del Beidou – II siendo completado en el 2012 con el lanzamiento de un total de 14 satélites de los cuales 5 fueron en órbita GEO, 5 en órbita satelital geo sincrónica inclinada (IGSO) cuya forma se muestra en la Figura 5-1 a) y 4 satélites en MEO Figura 5-1 b), se añadió además un esquema de posicionamiento pasivo proporcionando todos los servicios a los usuarios de la región de Asia y el Pacífico. (China Satellite Navigation Office, 2016)



Figura 5-1. Tipos de Satélites BEIDOU a) Órbita GEO y IGSO,
b) Órbita MEO

Fuente: (ищ, 2020)

1.1.2 Aplicaciones GNSS

La información obtenida desde las constelaciones GNSS como es la ubicación, fecha y hora, velocidad de desplazamiento y dirección de desplazamiento puede ser utilizada para diferentes tipos de aplicaciones, Joan Olmedillas en su libro *'Introducción A Los Sistemas De Navegación Por Satélite'* ha categorizado los principales sectores donde se lo utiliza y sus aplicaciones.

a) Sector aeronáutico y espacial. Dentro del sector aeronáutico son: el transporte aéreo comercial, el control y guiado en tierra de aeronaves, servicios aéreos de rescate y la aviación deportiva.

b) Sector marítimo. La importancia del comercio mediante el transporte de grandes cargas por grandes extensiones de mar abierto sin puntos de referencia así como la navegación en general hace necesario un sistema de navegación que haga más eficiente y seguros estos viajes para lo cual se utiliza el GNSS en aplicaciones tales como: seguimiento del tráfico y de la navegación

marítima, maniobras en el puerto, seguimiento de flotas de barcos y de contenedores, navegación de precisión en canales y ríos, oceanografía y topografía hidrográfica, aplicaciones pesqueras, búsqueda y rescate en alta mar.

c) **Sector Terrestre.** En la región terrestre es donde se encuentran el mayor número de dispositivos que requieren de un servicio de GNSS por lo cual su aplicabilidad es muy extensa y necesaria citaremos algunas de ellas: Sistemas inteligentes de transporte entre estos sus aplicativos más usados son: sistemas de conducción sin conductor, sistemas de telepeaje sistemas de navegación para vehículos; servicios basados en la localización pueden cubrir cualquier actividad que se relacione con la movilidad de una persona, tanto en uso particular como profesional como: navegación, servicios de seguridad/emergencia/salud, ocio y de ayuda en viaje, trabajo móvil, etc.

d) **Sector científico.** Sistemas como el de Galileo es de suma importancia para el sector científico europeo, los mismo que organizan foros y exposiciones de ideas para el desarrollo de la ‘explotación científica’, de manera general los sistemas de navegación son aplicados en: la captura de datos cartográficos, geodesia y topografía, sincronización de relojes, sismología, estudio de la ionósfera y de la tropósfera.

e) **Sector gubernamental y militar.** Estas fueron el origen y responsables para la creación inicial del GNSS por lo cual sus aplicativos son considerados los primeros campos donde el sistema fue probado, entre estos tenemos: gestión de cuerpos de seguridad, gestión de equipos de trabajo en caso de emergencias, descubrimiento de carreteras cubiertas en completo por la nieve, guiado de misiles y de armamento en general, guiado de vehículos aéreos no tripulados (UAV), gestión de recursos humanos en el campo de batalla. (Olmedillas, 2013).

Algunos de los aplicativos son representados en la Figura 6-1.

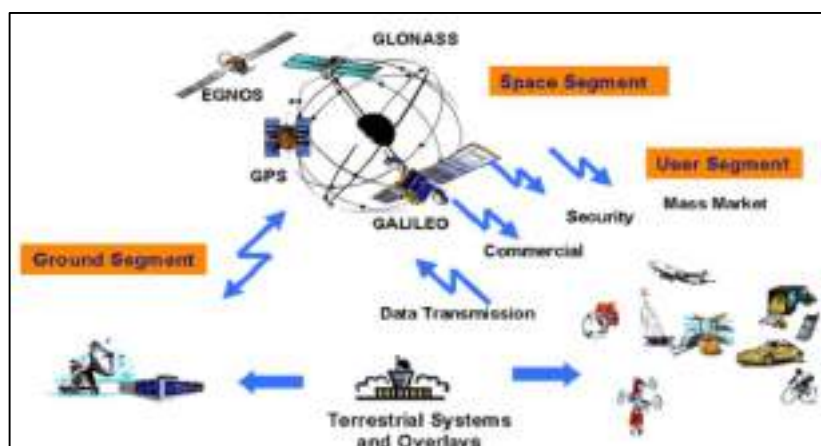


Figura 6-1. Aplicativos del GNSS

Fuente: (Peñafiel & Zayas, 2001)

1.2 Sistema Global de Posicionamiento

El GPS es un sistema de radionavegación con base espacial, que brinda servicios gratuitos de posicionamiento, navegación y cronometría de forma ininterrumpida a usuarios civiles en todo el planeta basta que cuenten con un receptor de GPS para recibir las señales satelitales. (Berné et al., 2019)

Para conocer la posición del equipo receptor, este debe estar ubicado en el exterior para tener mayor precisión, a la par debe rastrear la señal de por lo menos cuatro satélites para que por medio de la técnica de la triangulación determine la altitud, longitud y latitud de cualquier objeto. En lugares donde hay la presencia de obstáculos es complicado obtener estas señales y se producen errores debido a las reflexiones. (Legarretaetxebarria, 2011)

1.2.1 Arquitectura de GPS

El sistema se compone por tres segmentos básicos, el Segmento Espacial y de Control es de responsabilidad militar. El segmento Espacial está formado por una constelación de satélites, cinco estaciones monitoras están en el segmento de control y el segmento de usuario están las antenas y receptores ubicados en tierra como se observa en la Figura 7-1. (Alvarado & Fuentes, 2005)

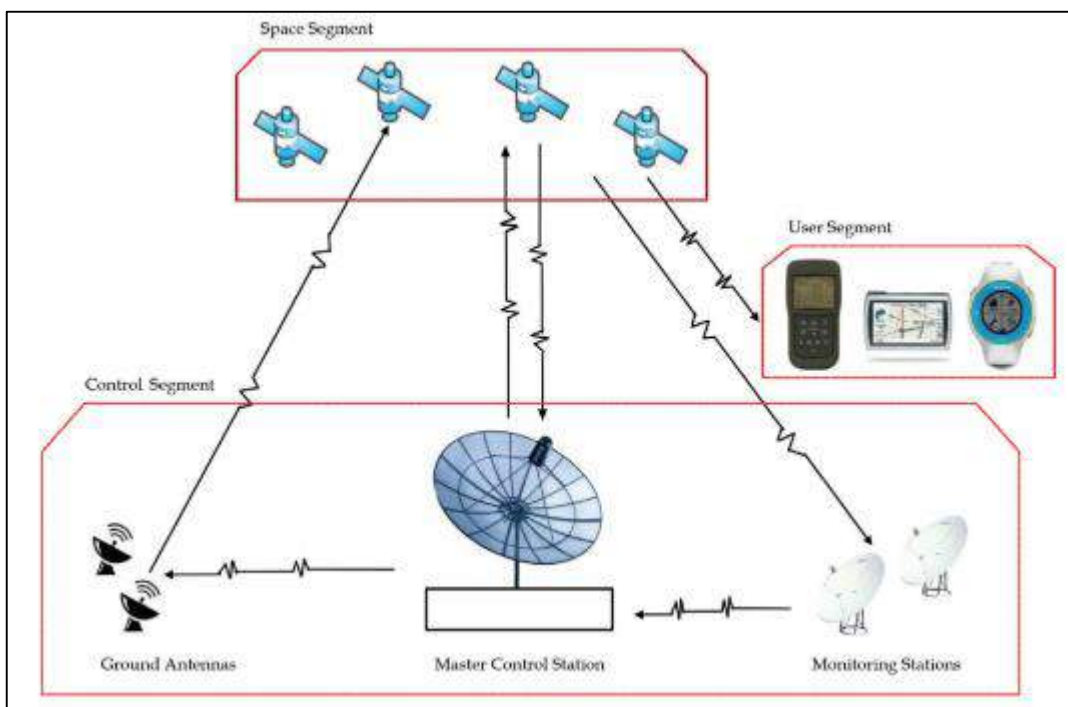


Figura 7-1. Arquitectura de GPS

Fuente: (Rustamov & Hashimov, 2018)

1.2.1.1 Segmento Espacial

Está formado por 31 satélites operacionales que fueron enviados al espacio en diferentes generaciones. Hay 6 planos orbitales y en cada órbita hay por los menos 4 satélites, a una altura de 20.200 Km, con un período de 11 h 56 min, con referencia al ecuador terrestre tiene una inclinación de 55 grados, su vida útil es de 7,5 años. (Chimarro & Pavón, 2017)

1.2.1.2 Segmento de Control

Es el encargado de controlar y monitorear la constelación GPS. Garantiza el envío de mensajes correctos en momentos precisos por parte de los satélites, verifica su funcionamiento y de ser necesario coloca nuevos satélites. Este segmento está formado por el Sistema de Control Maestro, Estaciones de Monitoreo y Antenas de Tierra como se muestra en la Figura 8-1. (Duarte, 2016)

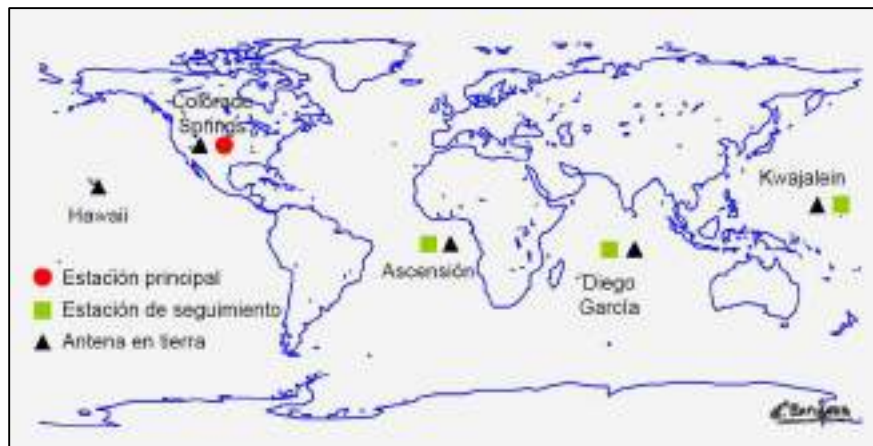


Figura 8-1. Segmento de Control

Fuente: (Paxi, 2014)

- *Sistema de Control Maestro (MSC)*

Sus siglas en inglés corresponden a Master Control Station, ubicada en Colorado Springs, su función es generar y cargar mensajes de navegación, asegurando la salud y precisión de los satélites. Las estaciones de monitoreo envían información de navegación, útil para calcular la posición de los satélites. Si algún satélite presenta un fallo, esta estación cambia su posición para mantener la constelación en estado óptimo. (Henaó, 2014)

- *Estaciones de Monitoreo o de Seguimiento*

Son las encargadas de seguir a los satélites cuando pasan sobre una estación monitorea y reenviar a las estaciones de control maestras la información que obtienen de los satélites. Esta información puede ser atmosférica, medidas de portadoras y de señales de navegación. (S. García, 2017)

- *Antenas de Tierra*

Son un grupo de antenas terrestres, su función es enviar las órbitas y parámetros que las estaciones de seguimiento calculan a cada satélite además de servir como medio de comunicación con estos. Hay 3 estaciones: la Ascensión, Kwajalein y la de Diego García. (Torres, 2016)

1.2.1.3 *Segmento de Usuario*

Está formado por los receptores que están en tierra, mar o aire. Los satélites emiten señales que al ser recibidas por estos equipos les permite conocer su posición o navegar, y poder desarrollar una serie de aplicaciones. (Olmedillas, 2012)

1.2.2 *Señal GPS*

La información es enviada por cada satélite sobre la banda L (1000 – 2000 MHz), inicialmente con las frecuencias portadoras L1 y L2, en la actualidad se añadieron las frecuencias L3, L4 y L5. Estas frecuencias, son múltiplos de la frecuencia base (f_0) usada por el oscilador atómico del satélite: 10,23 MHz. (S. García, 2017)

Los satélites emiten tres señales: Portadora que son ondas electromagnéticas moduladas, utilizadas para transmitir información, Códigos empleados para posicionamiento absoluto y navegación y el mensaje formado por datos como información sobre la sincronización en el tiempo, salud de los satélites, parámetros para calcular las correcciones al reloj, entre otros. (Berné et al., 2014)

1.2.3 *Servicios GPS*

Inicialmente el GPS fue desarrollado como un sistema militar, pero posteriormente los usuarios civiles también pudieron usarlo. Pero para conservar la ventaja militar, el Departamento de Defensa de EE. UU. Ofrece dos servicios de posicionamiento y sincronización GPS: el Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS) y el Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS). (El-Rabbany, 2002)

1.2.3.1 *Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS)*

Este servicio es gratuito, cualquier usuario de GPS lo puede usar a nivel mundial. Inicialmente la precisión que alcanzaba en el plano horizontal era de 100 metros y 156 metros en el vertical, esto

a causa de la Disponibilidad Selectiva (SA) que en la actualidad ya no se usa. La precisión ahora es dada por el número de satélites, por ejemplo, con al menos cuatro satélites es entre 10 y 20 metros. (D. García, 2008)

1.2.3.2 *Servicios de Posicionamiento Preciso (PPS)*

Está reservado para uso militar, la precisión horizontal estimada es de 21 metros y 27 metros la vertical, los usuarios civiles que cuenten con una autorización también lo pueden usar. La señal de este servicio es transmitida en dos diferentes frecuencias L1 y L2, SPS usa solamente la frecuencia L1. (Salazar, 2019)

1.2.4 *Fuentes de error de GPS*

Las medidas GPS pueden variar por errores introducidos desde el satélite cuando la señal se genera y transmite, errores producidos mientras la señal se envía desde los satélites a los receptores y errores introducidos cuando las mediciones son realizadas en el receptor. (Velazquez, 1994)

1.2.4.1 *Errores en los parámetros orbitales de los satélites*

Estos errores se producen debido al campo gravitatorio de la tierra. El uso de efemérides precisas permite corregirlo. Las efemérides precisas se las define como determinaciones orbitales XYZ de alta precisión elaboradas por diversas agencias o instituciones. Estas efemérides ocupan los datos de pseudodistancias y fase que son registrados por estaciones permanentes extendidas por todo el mundo, de diversas instituciones o agencias. Se realiza el cálculo de las coordenadas de los satélites a partir de coordenadas muy precisas en Tierra, es decir, es el procedimiento inverso al GPS. (Paxi, 2014) (Berné et al., 2014)

1.2.4.2 *Error en el reloj satelital*

Se produce porque los relojes necesitan tener una gran precisión y aunque sean pequeños errores, se evidencian en las distancias que se miden entre el satélite y el receptor. Por ejemplo, una diferencia de 10 nanosegundos entre los relojes produce un error de 3 metros en la distancia que se midió. (Torres, 2016)

1.2.4.3 *Error multipath*

El receptor recibe una señal directa y de forma indirecta llegan una contribución de señales que se reflejan en objetos que se encuentran cerca a la antena, estas se suman a la señal directa aumentándola o disminuyéndola. Esto dificulta conocer con certeza el verdadero instante de tiempo que la señal satelital es recibida por el receptor. (Olmedillas, 2012)

1.2.4.4 *Error producido por la ionósfera*

La ionósfera es una capa que se encuentra en la parte superior de la atmósfera cuando la señal satelital pasa a través de esta se produce un error muy significativo debido a que cuando las señales de radiofrecuencia se mueven a través de esta capa se enlentecen en una magnitud que cambia debido a algunos factores como son la hora del día, la actividad solar, entre otros. (Fárez, 2010)

1.2.4.5 *Error producido por la tropósfera*

La tropósfera se encuentra en la parte inferior de la atmósfera debido a sus características cuando las señales la atraviesan sufren desviaciones que producen un retraso. El retraso que pueden sufrir estas ondas podrá ser por condiciones de vapor de agua, temperatura, altitud, etc. (Franco, 2006)

1.3 Redes móviles

Las redes móviles permiten la transmisión de datos por medio de conexiones inalámbricas, dichas conexiones son llevadas a cabo por medio de infraestructuras físicas que generan el componente radioeléctrico para poder ofrecer el servicio. Centrándonos en el estudio de las redes celulares para la telefonía móvil, encontramos que esta se consigue por medio de los recursos de telecomunicaciones radio y tienen un funcionamiento basado en las redes de telefonía fija teniendo dos componentes principales la Estación Base (BS) y los Terminales o Estaciones Móviles (MS). (Becvar, 2013)

Las divisiones del territorio en áreas parciales de cobertura son conocidas como celdas, este es un principio fundamental dentro de las redes de telefonía móvil, el tamaño de estas celdas depende del tipo y el propósito del sistema móvil como podemos observar en la Figura 9-1 y se clasificarían de la siguiente forma:



Figura 9-1. Tipos de celdas según su extensión.

Fuente: (Muñoz, 2017)

- **Picocelda.** Utilizado para áreas residenciales cuyo margen es de pocas decenas de metros.
- **Microceldas.** Para las áreas urbanas con una densidad elevada de población y de usuarios con movimiento lentos (peatones o vehículos en velocidad de tráfico urbano), el tamaño de esta es de pocas centenas de metros.
- **Macrocelas.** Áreas grandes, sectores suburbanos y con menor cantidad de población, se orienta a usuarios en movimiento a altas velocidades como vehículos en carreteras, el rango de este es de pocos kilómetros.
- **Celda satelital.** Esta es la celda más grande y utilizada donde las otras celdas no pueden brindar servicio, su alcance depende tanto de la posición de los satélites como de los parámetros de transmisión y recepción en los dispositivos. (Becvar, 2013)

1.3.1 Generaciones de telefonía móvil

Esta tecnología ha ido evolucionando con el paso del tiempo lo cual ha permitido brindar más servicios y mejorar la capacidad de estos, esta evolución recibe el nombre de generaciones cada una con sus respectivas características como se muestra en la Figura 10-1.

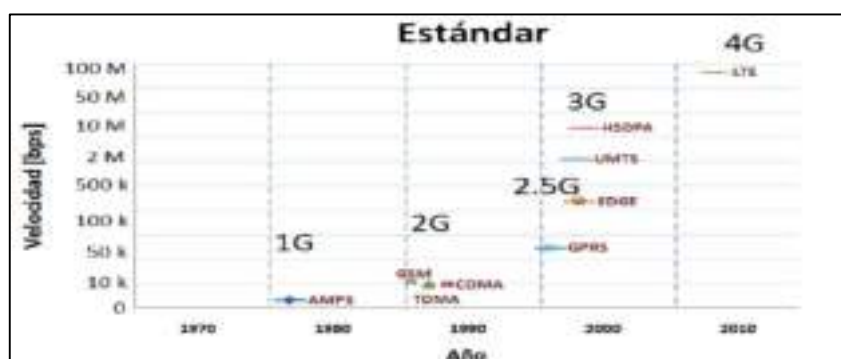


Figura 10-1. Cuadro de evolución de las redes móviles.

Fuente: (Jiménez, 2017)

Primera generación (1G). Apareció por primera vez en 1979, su característica más notoria era ser analógica y capaz de transmitir solo información de voz. Tanto la calidad de enlaces como la velocidad eran muy bajas, además de tener una transferencia entre celdas muy imprecisas, se basaba en Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA) y no tenía seguridad. (Jiménez, 2009).

Segunda Generación (2G). Se estableció en 1990 a diferencia de su antecesor esta era digital. Utiliza protocolos de codificación que son más complejos. Entre tecnologías se destacan el Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM), el Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) y el Sistema Personal de Comunicaciones Digitales (PDC).

Soportaban velocidades de voz más altas, pero aún estaban limitados en la comunicación por datos, se ofrecían servicios como el Servicio de Mensajes Cortos (SMS). En esta generación se presenta el servicio de encriptación (Jiménez, 2009).

Generación 2.5. Durante la evolución de las redes móviles se llegó a presentar una generación intermedia entre la 2G y 3G la cual introdujo el Servicio General de Paquetes Vía Radio (GPRS), diseñada para transmitir paquetes. Se requirió de algunos cambios a nivel de software y del hardware dentro de la red ya existente. Se superpone así una red de transporte IP al sistema de GSM, estas trabajan en paralelo al núcleo de GSM clásico siendo su principal función el conmutar paquetes y hacer conexiones a internet (Huidobro, 2014).

Tercera Generación (3G). Con el avance de nuevas tecnologías y más servicios las redes móviles buscaron la forma de poder prestar un medio de transmisión de mayor velocidad que pueda soportar toda esta carga de datos es así como nace la tercera generación de redes móviles 3G. Con el acceso al internet desde un dispositivo móvil, sin importar el momento o el lugar, desaparecen las barreras que limitan la conectividad y el acceso a la información.

La velocidad tenía objetivos distintos dependiendo del entorno así se podrían encontrar velocidades de 144 Kbps en entornos poco favorables como de 2 Mbps en sitios más estables y con celdas más pequeñas (Figuroa, 2008).

Cuarta generación (4G). Evolución a Largo Plazo (LTE) es el siguiente paso en las generaciones de redes móviles. LTE es definida por el Proyecto Asociación de Tercera Generación (3GPP), donde los principales operadores y fabricantes definen muchos de los estándares, para el mejoramiento de la velocidad y la reducción de los errores de datos se utiliza múltiples antenas y un sistema de Múltiple Entrada Múltiple Salida (MIMO) y Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM), lo cual brinda un medio de modulación multiportadora con gran eficiencia que soporta transmisiones multimedia. (Huidobro, 2014).

Quinta generación (5G). Las telecomunicaciones como las conocemos hasta ahora cambiarán. Para su implementación necesitará de cinco componentes para alcanzar los objetivos planteados. Los componentes son:

- **Nuevas opciones de espectro:** debe ser de gran capacidad para que exista un buen servicio y funcionamiento, con mayor velocidad de conexión, menor latencia y un desempeño eficiente.
- **Múltiples entradas, múltiples salidas (MIMO):** mediante el uso simultáneo de varias antenas se logra que la velocidad de transmisión aumente.
- **Nuevos diseños de radio y marco flexible de la onda:** Por medio de la Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM), se logra una alta velocidad de transmisión de datos de manera inalámbrica.
- **Agregación y conectividad múltiple:** pretende que las tecnologías usadas por diversos operadores sean unidas para intercambiar información entre ellas obteniendo múltiples conexiones, también busca aprovechar el Internet de las Cosas (IoT).
- **Distribución flexible de la arquitectura:** se quiere hacer una virtualización de la Red de Acceso por Radio (RAN), mejorando y fortaleciendo el Single RAN ya que la misma estación base podrá trabajar con diferentes tecnologías y arquitecturas: 2G, 3G 4G, LTE y posteriormente 5G. (Batista & Díaz, 2019)

La telefonía móvil ha tenido que evolucionar, sufrir modificaciones, desarrollar nuevas características y maneras de operar, para poderse adaptar a las necesidades de los usuarios, siendo más eficientes y logrando tener acogida en el mercado. Sin duda las comunicaciones seguirán cambiando, generando a su paso múltiples beneficios tanto comerciales como sociales, ya que con los avances tecnológicos la industria genera nuevos y mejores servicios.

1.3.2 Arquitectura

La arquitectura de cada sistema puede ser propia, pero no cambia mucho unos de otros, lo que varía es el nombre que tiene cada elemento. En la Figura 11-1 se muestra la arquitectura de los sistemas de comunicaciones móviles celular de manera simplificada, donde se muestran cuatro elementos básicos: (Huidobro & Ordóñez, 2014)(Sallent & Pérez, 2015)

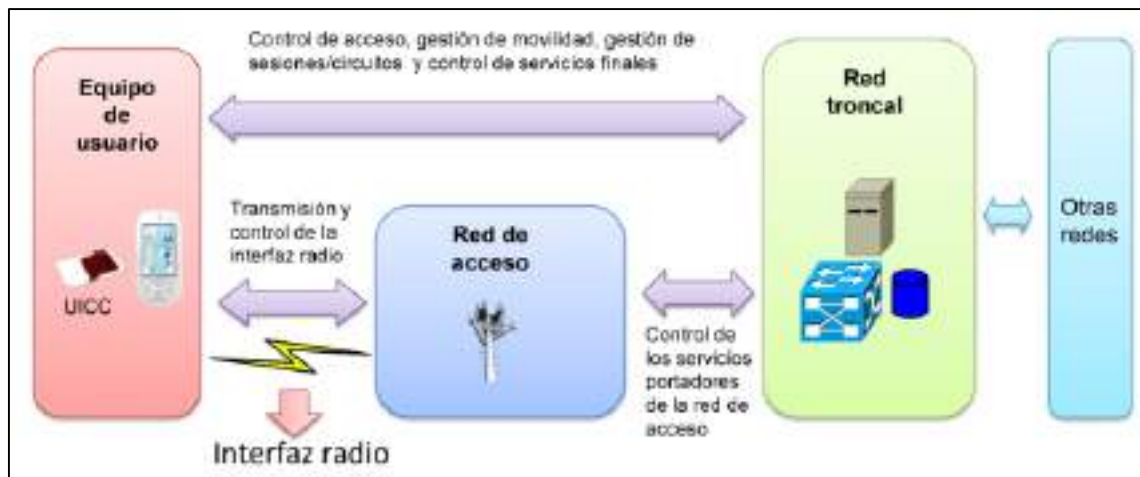


Figura 11-1. Arquitectura de la red móvil.

Fuente: (Sallent & Pérez, 2015)

Equipo de Usuario: Conocido también como móvil, tiene una tarjeta inteligente, denominada Módulo de Identificación de Abonado (Tarjeta SIM), que identifica al usuario y contiene información requerida para poderse conectar a la red y acceder a los servicios que esta ofrece. (Martínez & Tixi, 2013)

Red de Acceso: Es una de las partes que se encarga del mantenimiento de la transmisión radio entre equipos de usuario y los equipos que forman la red troncal brindándoles conectividad a los dos. Esta red está formada por las estaciones base. (González & Fernández, 2014)

Red troncal: tiene algunas funciones como control de acceso a la red celular por ejemplo se encarga de la autenticación de usuarios del sistema, gestiona la movilidad de los usuarios, entre otras. Esta red está formada por equipos que tienen funciones de conmutación de circuitos, encaminamiento de paquetes, bases de datos, etc. (Agusti et al., 2010)

Otras redes: Es el bloque que indica que la red celular se conectará con Redes de Cobertura Amplia (WAN). (Guamán & Peñafiel, 2014)

1.3.3 Localización y posicionamiento de dispositivos móviles

Debido al alto número de dispositivos móviles era imprescindible que la tecnología de posicionamiento se convirtiera en el dispositivo con soporte GNSS de mayor accesibilidad y el más utilizado. La persona o usuario recibe la información de su ubicación luego de que el dispositivo detecte la posición del equipo, lo sitúa en un mapa o en una vista satelital a la vez lo relaciona con lugares de interés próximos. Esta captura de datos a veces necesita de un servidor de internet con lo cual obtiene la longitud y latitud en tiempo real, esto permite tener más

continuidad en los servicios sin importar las condiciones ya que hay lugares sin acceso a los satélites, como interiores de edificios o zonas cubiertas. Por eso actualmente existe más de un método de geolocalización, con deficiencias en la precisión que se ve afectada entre más adversos sean los escenarios. (Fambona, 2013).

1.4 Sistemas de información geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIGs) son herramientas informáticas multipropósito, con la capacidad de gestionar, analizar y modelar la información referenciada geográficamente, con el objetivo de resolver problemas de base territorial o medioambiental. (Santos, 2004)

Resulta atractiva la capacidad de los SIGs que tienen para manipular y representar la información en forma gráfica ya sea con mapas o gráficos, esto da una mejor percepción de la situación y facilita el trabajo, lo que los vuelve muy poderosos es el uso de modernos equipos de cómputo y programas informáticos muy especializados. (Vera, 2003)

1.4.1 Georreferenciación

Es un grupo de actividades u operaciones, con el fin de ubicar puntos, conjuntos de puntos o de manera general información geográfica haciendo referencia a un sistema de referencia determinado como se muestra en la Figura 12-1.(INEGI, 2017)



Figura 12-1. Georreferenciación del mundo real

Fuente:(Briceño, 2016)

La ubicación geográfica y la extensión específica de una capa del mapa permite ubicarlos en la superficie de la Tierra. Localizar de forma precisa las entidades geográficas es necesario tanto en la representación cartográfica como en SIG. Para dar ubicaciones geográficas a los objetos se utiliza un sistema de coordenadas geográficas, de latitud y longitud global, también se usa un sistema de coordenadas cartesianas o planas. Los mapas sirven para representar ubicaciones en la superficie terrestre. (ESRI, 2016)

1.4.1.1 *Aplicaciones*

Actualmente el uso de la georreferenciación se ha expandido de una manera acelerada. Como el caso de las obras viales, en especial las más importantes, donde la posición de cada elemento de la obra está definida por sus coordenadas. En el agro la georreferenciación tiene un papel muy importante, donde estaciones GPS operan permanentemente, con un alcance de cientos de kilómetros, o sistema de enlace satelital para posicionar la maquinaria agrícola. También en el Catastro Territorial Moderno se usa la georreferenciación para poder identificar parcelas de propiedad territorial. (Huerta et al., 2005)

1.4.2 *Herramientas de software*

Las herramientas de software son indispensables para el tratamiento y procesamiento de la información, teniendo a disposición una amplia variedad de herramientas se debe seleccionar la adecuada, que cumpla con los requerimientos y se ajuste a la actividad a desarrollar.

1.4.2.1 *ArGis de pago*

ArGis es un software para el tratamiento de información geográfica que permite la recopilación, organización, administración, análisis y distribución de datos geográficos por personas de todo el mundo, puede ser utilizado por todos los sectores tanto gubernamentales, empresariales, de investigación y educacionales. Además, permite la publicación de la información geográfica para que esta sea accesible a los demás usuarios.

Permite el uso de datos provenientes de diferentes fuentes como base de datos, hojas de cálculo, archivos de extracción, etc. Por ser una herramienta con la cual se puede desarrollar múltiples aplicaciones se opta por tener diferentes paquetes los cuales sirven para enfocarse a las ramas de trabajo que se requiera (ArGIS, 2020).

El software es licenciado por lo cual se requiere de la compra de una licencia las cuales son ofertadas en 3 categorías Basic, Standar y Advanced, cada una puede ser de manera perpetua o con suscripción por plazo de un año como se muestra en la Figura 13-1. (Esri, 2020).



Figura 13-1. Software ArGIS presentado en diversas plataformas

Fuente: (ArGIS, 2020)

1.4.2.2 QGIS libre

QGIS es un software de código abierto gratuito, iniciando como un proyecto en mayo del 2002, actualmente es multiplataforma siendo compatible con Unix, Windows y Mac. El software ha sido desarrollado con las herramientas Qt y C++ (Herramientas de programación), teniendo una interfaz ligera y fluida.

Entre sus funcionalidades podemos encontrar la composición de mapas, exploración de datos espaciales, el análisis de datos y la publicación de datos en internet, sin embargo, todas estas pueden ser ampliadas y adherir más funcionalidades por medio de complementos del núcleo externos de Python como se observa en la Figura 14-1. (QGIS, 2017).

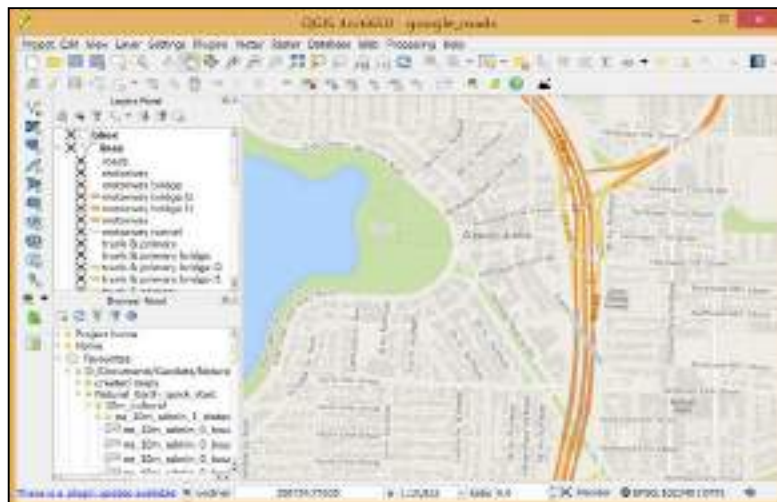


Figura 14-1. Ejemplo de la pantalla de trabajo QGIS

Fuente: (QGIS, 2017)

1.5 Técnicas de Asistencia a GPS (A-GPS)

Existen algunas tecnologías de comunicación que dan a los receptores GPS información adicional para que estos puedan realizar el cálculo de la precisión de mejor manera. Las que más destacan

son el Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (DPGPS) y el GPS Asistido (AGPS). La información proporcionada a los receptores GPS por parte de estos sistemas puede ser datos sobre las fuentes de error en las efemérides, hasta indicar el estado de la señal. (López & Seco, 2014)

1.5.1 Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS)

Es un sistema mediante el cual se pretende mejorar la precisión que se obtiene del sistema GPS. Corrección Diferencial se define como proceso de colocar un receptor en un punto con coordenadas muy bien definidas llamada estación de referencia en tierra, esta recibe señales satelitales GPS. Como esta conoce su posición anticipadamente, realiza el cálculo de su posición actual por medio de los datos recibidos de los satélites, entonces calcula el error entre la posición verdadera y la calculada, teniendo una estimación del error en cada satélite, posteriormente envía las correcciones a los receptores que se encuentren en su zona de influencia. La precisión de la posición del receptor conocido también como rover o estación remota puede ser mejorada aplicando dichas correcciones como se muestra en la Figura 15-1. (Cobano, 2008) (Gete & Roldán, 2008)

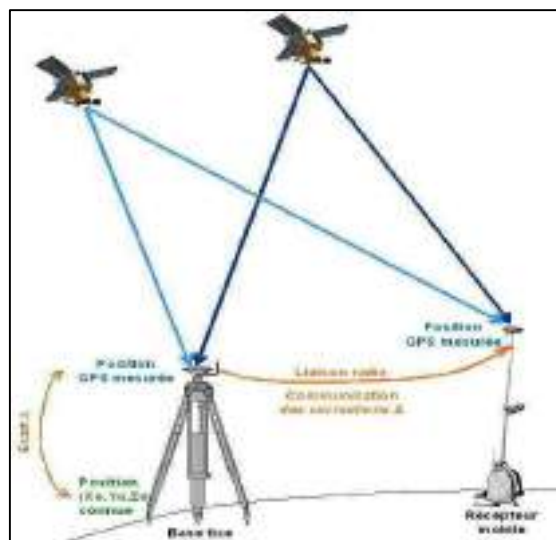


Figura 15-1. Arquitectura del DGPS

Fuente: (Jaud, 2011)

Existen muchas maneras de obtener las correcciones DGPS. Las que más se usan son: Recibir las por radio, por medio de algún canal que sea preparado previamente para este objetivo, como es el caso del sistema de datos de radio (RDS) en una emisora FM. Descargadas de Internet, o mediante una conexión inalámbrica. Proporcionarlas por un sistema satelital que sea creado para tal propósito. (Crovo, 2014)

Realizar pruebas controladas y el uso operacional amplio del DGPS, han permitido demostrar que el sistema pseudo-rango alcanza una precisión de 1 a 10 metros. Esto se logra independiente del tipo de receptor y hasta 500 km de distancia de la estación de referencia. Las correcciones del DGPS son locales, por tal razón sus valores solo se pueden aplicar en áreas que estén cerca a la estación de referencia. La aplicación y la técnica de procesamiento de la señal hechas por el receptor son las que limitan la distancia máxima que alcanzará. (Lopez & Ortega, 2017)

Para las mediciones diferenciales existen dos tipos de implementación principales. La primera se base en mediciones de pseudorango, por medio del Código de Rango (ranging-code), la otra se basa en mediciones de la Fase Portadora (Carrier phase). (Rivera, 2014)

1.5.1.1 Tipo Diferencial de Código de Rango GPS

Esta técnica utiliza mediciones del pseudo rango calculado desde el receptor al satélite y el pseudorango establecido en el receptor base. La diferencia es filtrada y su resultado es la corrección diferencial. En el terminal del usuario se corrige el pseudorango medido para convertirlo en posición y coordenadas las cuales son presentadas al usuario. (Huerta et al., 2005)

Estación Base: Para el cálculo de las coordenadas terrestres internas se utiliza el número recogido de seguimiento (x^i, y^i, z^i) , la distancia verdadera R^i entre cada satélite y la estación base para cada momento, esto se calcula acorde a las coordenadas conocidas de la estación base (x_b, y_b, z_b) , gracias a estos podremos calcular la distancia real mediante la ecuación 1.1:

$$R^i = \sqrt{(x^i - x_b)^2 + (y^i - y_b)^2 + (z^i - z_b)^2} \quad (1.1)$$

La diferencia entre esta distancia y el valor de la medición del pseudo rango ρ^i nos dará la corrección del pseudo rango para esto aplicaremos la ecuación 1.2:

$$\Delta\rho^i = R^i - \rho^i \quad (1.2)$$

Estación de Usuario: Obtendremos el pseudo rango corregido usando el pseudo rango medido del usuario añadiendo la corrección lo cual se muestra en la ecuación 1.3:

$$\rho_{u(corr)}^i = \rho_u^i - \Delta\rho^i \quad (1.3)$$

Finalmente, para obtener la coordenada del usuario usamos el pseudo rango corregido mediante la ecuación 1.4:

$$\rho_{u(corr)}^i = R_u^i - C d\tau \quad (1.4)$$

En la cual C es la velocidad de la luz y $d\tau$ es la diferencia de reloj, el número de satélite de posicionamiento está representado en el exponente i . (Huerta et al., 2005)

1.5.1.2 *Diferencial de Fase Portadora GPS*

Esta técnica está basada en la diferencia existente entre la fase portadora que llega al receptor procedente del satélite y la fase producida por la portadora del oscilador propio del receptor. Se encarga de la eliminación del error de reloj satelital común en las mediciones, repitiendo este proceso para un segundo satélite, sin embargo, esta es una técnica de posicionamiento relativa, ya que el receptor del usuario deberá conocer su ubicación o posición absoluta. (Huerta et al., 2005)

La medición mediante esta técnica se puede realizar con una elevada precisión, en el mejor de los casos llega a los milímetros, pero el número de los ciclos totales que existen entre el satélite y el receptor no es medible. El código pseudoaleatorio usado en los sistemas diferenciales como este tiene una velocidad de bits que es aproximadamente de 1 Mbps, pero la frecuencia de portadora posee una velocidad de ciclo mayor a un GHz, considerando la señal de GPS en 1.57 GHz esta tendría una longitud de onda de veinte centímetros aproximadamente, por lo cual el portador de la señal, puede actuar de manera más precisa como referencia para los códigos pseudoaleatorios. (Huerta et al., 2005)

1.5.2 *Formas de aplicar las Correcciones Diferenciales*

1.5.2.1 *DGPS en tiempo real*

Usa un enlace entre la estación base y el GPS. Se aplica la corrección a los datos que recibe el GPS en tiempo real. Para enviar las correcciones se usan algunos formatos como son: RTCM desarrollado por la Comisión Técnica de Radio para Servicios Marítimos en sus formatos 2.3 ó 3.0, Registro Compacto de Medición (CMR) ó CMR+ de la empresa Trimble, Leica de la empresa con el mismo nombre y el protocolo NTRIP (Red de Transporte de datos en formato RTCM a través Protocolo de Internet), que envía correcciones RTCM vía internet desarrollado por la Agencia Federal de Cartografía y Geodesia (BKG) y la Universidad de Dortmund. Se alcanza una mayor precisión cuando el receptor móvil está más cerca de la estación de referencia ya que las dos medidas se ven afectadas por los mismos errores atmosféricos y tienen en vista los mismos satélites. (Baena, 2007)

1.5.2.2 *Post Proceso*

Durante una comunicación entre una base de referencia y el receptor se suele usar el post procesamiento ya que es considerado como un método más sencillo, esto debido a que el procesamiento de datos en corrección diferencial no suele ocurrir al mismo instante. Se basa en el mantenimiento de los cálculos del receptor GPS como de la base de referencia, con los cuales se hace luego el cálculo del desplazamiento y velocidad para distintas posiciones, usando para

esto los datos obtenidos del Receptor de Referencia como del Receptor Usuario. El receptor GPS y la base de referencia, envían tanto datos de posicionamiento como de corrección diferencial, a un ordenador central, el cual, por medio de un software, realizara los cálculos obteniendo datos más exactos respecto a la posición del receptor GPS. (Huerta et al., 2005)

1.5.3 NTRIP (*Network Transport RTCM Internet Protocol*)

Es una técnica desarrollada en el año 2004 por parte de la Agencia Federal Alemana de Cartografía y Geodesia (BKG - Network Transport RTCM Internet Protocol), la Universidad de Dortmund y la compañía Trimble Terrasat. (Hoyer et al., 2010)

Ayuda en la reducción de costos en las operaciones de trabajo de campo para las áreas de georreferenciación, ya que aumenta la producción, principalmente por no necesitar una ejecución de post – proceso que generalmente ocasiona retrasos en la entrega de resultados. (IGM, 2018)

Su funcionamiento está basado en transmisión de correcciones diferenciales GNSS con un formato HTTP/1.1 mediante el protocolo internet (IP) (Hoyer et al., 2010), esta tecnología envía datos en formato RTCM desde una base de monitoreo continuo conocida como estación base, dependiendo de la estación estas poseen datos de observación tanto de las constelaciones de navegación GPS y GLONASS además de poseer información del tipo de antena, coordenadas de la estación de referencia, las correcciones de código y fase, en la versión 3.0 se transmite además un mensaje de solución de red (Silva, 2014), todo esto permite a los usuarios acceder y mejorar el flujo de datos GNSS de las estaciones de referencia por medio de una técnica confiable y que ayuda en la precisión de datos finales. (Hoyer et al., 2010)

1.5.3.1 Componentes del NTRIP

La arquitectura del sistema NTRIP está compuesta por diferentes componentes como vemos en la Figura 16-1.

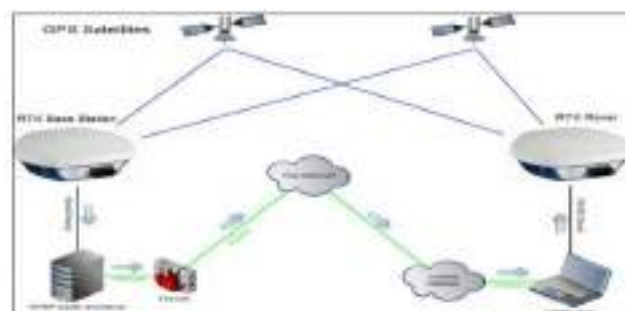


Figura 16-1. Componentes del NTRIP

Fuente: (Cebolla & Santoro, 2019) (Silva, 2014)

- **NTRIP Source.** - Está constituido por un receptor GNSS el cual genera las correcciones diferenciales las mismas que están en un formato RTCM y son enviadas a un servidor.
- **NTRIP Server.** - En este nivel se reciben los datos GNSS obtenidos por el NTRIP Source y puede transferirlas vía HTTP a la siguiente etapa, este servidor puede ser un computador con acceso a internet y con el software adecuado para dicho trabajo.
- **NTRIP Caster.** – Es el encargado de la transmisión de los datos de corrección GNSS hacia la comunidad de usuarios para esta labor el Caster debe tener una conexión constante e ininterrumpida al internet, actualmente este Caster y el Server están compuestos dentro de un mismo hardware facilitando la recepción y envío de los datos.
- **NTRIP User/Client.** – Este es el segmento o etapa final, aquí se recibe la información anteriormente transmitida, el aprovechamiento de la información recibida dependerá del software que tenga el receptor móvil ya que en esta etapa es el usuario el que maneja dicho receptor. (Silva, 2014)

1.5.3.2 *Comunicación entre el usuario y NTRIP*

Para llevar a cabo la transferencia de los datos entre el sistema NTRIP y el usuario es necesaria una red de acceso a internet esta puede ser por wifi o de red móvil esta última siendo la más utilizada en trabajos para zonas abiertas como es el campo y sectores rurales debido a la extensión de los terrenos y la limitación de cobertura wifi en los mismos, pero conlleva un costo adicional por el consumo de datos móviles el mismo que va de acuerdo a la operadora móvil. (Silva, 2014)

1.5.3.3 *NTRIP en Ecuador*

En Ecuador la implementación de la tecnología NTRIP se la lleva a cabo por medio de la Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador (REGME) la cual está compuesta por estaciones permanentes de operación continua capaces de generar información GNSS con una cobertura 24H/7D durante todo el año , estas estaciones se encargan de generar correcciones las cuales tienen el protocolo estándar RTCM, el REGME maneja este protocolo en sus versiones 2.3 y 3.0 (IGM Geo portal, 2018), en el Ecuador estos datos son concentrados en el Servidor Caster principal del Instituto Geográfico Militar (IGM) en la ciudad de Quito, y el Servidor Caster Backup de la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH en la ciudad de Riobamba aumentando de esta manera su operatividad y confianza puesto que en el caso de una caída del Caster principal el Backup servirá de respaldo de funcionamiento. (IGM, 2018)

1.5.3.4 Arquitectura REGME

La red REGME está compuesta como se puede ver en la Figura 17-1 de apartados NTRIP con su arquitectura similar a la ya vista anteriormente. (IGM Geo portal, 2018)



Figura 17-1. Arquitectura de la REGME

Fuente: (Cebolla & Santoro, 2019) (IGM Geo portal, 2018)

Las antenas de recolección de datos se encuentran distribuidas por todo el Ecuador como se ve en la Figura 18-1 esto con la finalidad de garantizar la mayor cobertura posible con un margen de calidad óptimo, actualmente existen 29 estaciones operativas. El radio de acción de la estación GNSS es de aproximadamente 50 Km. (IGM Geo Portal, 2020)



Figura 18-1. Distribución de antenas de la REGME (noviembre 2020)

Fuente: (Cebolla & Santoro, 2019) (IGM Geo portal, 2018)

1.5.4 Formato de las Correcciones

El protocolo RTCM es el estándar para la transmisión de las correcciones diferenciales a través de radio o Internet entre la estación de referencia y los receptores GPS. Este protocolo se encarga de transmitir los datos de las correcciones en binario y permite que cualquier receptor GPS móvil, que tenga instalado el software requerido, reciba, comprenda y aplique las correcciones a sus datos como se muestra en la Figura 19-1. (De la Fuente, 2012)

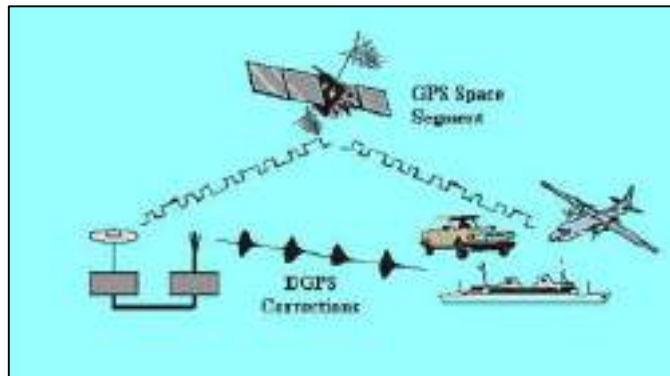


Figura 19-1. Aplicación de correcciones RTCM

Fuente:(De la Fuente, 2012)

Están disponibles 64 tipos de mensajes. Los mensajes tienen un formato que consta de una secuencia de palabras de 30 bits. Los bits de paridad son los 6 últimos bits de cada palabra. Cada mensaje empieza con dos palabras de cabecera. La primera es fija y está formada por un preámbulo, tipo de mensaje y el identificador de la estación de referencia. La segunda tiene la marca de tiempo en forma de cuenta Z, el número de secuencia, la longitud de mensajes y la salud de la estación de referencia. Algunos mensajes tienen una tercera palabra.

Los mensajes 1-17 se encuentran disponibles en la versión 2.0, los mensajes 18-21 tienen cabecera de tres palabras, se los añadió en la versión 2.1, su propósito es realizar el posicionamiento Cinemático en Tiempo Real (RTK) con aplicaciones en receptores que admiten esta técnica. En la versión 2.2. se incluyó mensajes relacionados con GLONASS.

Los mensajes 18 y 19 son necesarios para el posicionamiento relativo, contienen la observación de fase y código en la estación de referencia. Los mensajes 20 y 21 contienen las correcciones a las medidas y sirven para el posicionamiento diferencial (DGPS). (Dalda et al., 2008)

Las versiones más importantes son:

- RTCM 2.0: admite solamente el GPS diferencial. La exactitud que alcanza esta versión es alrededor del metro. No contiene información de las fases de las portadoras por tal razón no son posibles aplicaciones RTK.

- RTCM 2.1: esta versión se liberó en el año 1993 con la aparición de nuevos tipos de mensajes, estos muestran transmisión de datos de las fases de las portadoras, dando la posibilidad de realizar aplicaciones en RTK y precisión centimétrica.
- RTCM 2.2: se publicó en enero de 1998, el soporte para el Sistema de Navegación Satelital Ruso (GLONASS) es incluido en esta versión. Los mensajes del tipo 18 al 20 no son completamente compatibles con la versión anterior.
- RTCM 2.3: su publicación fue en el 2001, incluyendo adicionalmente varios tipos de mensajes para la definición del tipo de antena y la estación de referencia. Se diseñó para que los datos sean enviados vía UHF, estos están dotados de bits especiales extra, para la corrección de los errores en el aire, que significa reponer los bits, que se hubiera perdido durante la transmisión vía UHF. (Hoyer, 2002)

En la Tabla 1-1 se muestra los tipos de mensajes RTCM 2.1, 2.2 y 2.3.

Tabla 1-1: Tipos de mensajes RTCM 2.1, 2.2 y 2.3

Tipo RTCM	Estado	Significado
1	Fijo	Corrección Diferencial de Código de Adquisición Ordinaria (C/A).
2	Fijo	Incremento de corrección diferencial GPS.
3	Fijo	Parámetros de la estación de referencia.
4	Retirado	Datum estación de referencia.
5	Fijo	Salud de la constelación GPS.
7	Fijo	Almanaques transmitidos DGPS.
9	Fijo	Correcciones diferenciales parciales satélite GPS.
10	Reservado	Corrección diferencial código preciso o protegido de la señal GPS (Código P)
11	Reservado	Correcciones delta C/A L1, L2
14	Reservado	Semana de tiempo GPS
15	Reservado	Mensaje Ionósfera (Tropósfera)
16	Fijo	Mensaje especial GPS definido por el usuario
17	Provisional	Almanaque Efemérides
18	Fijo	Medidas de portadora de fase brutas
19	Fijo	Medidas de pseudodistancias brutas
20	Fijo	Correcciones de fase RTK
21	Fijo	Correcciones de pseudodistancia RTK
22	Provisional	Parámetros de la estación de referencia extendidos
23	Provisional	Definición del tipo de antena
24	Provisional	Estación referencia: Punto de Referencia de la Antena (ARP)
27	Provisional	Almanaques transmitidos DGPS extendidos
28-30		Indefinido
31	Provisional	Correcciones Diferenciales GLONASS
32	Provisional	Parámetros estación referencia GLONASS diferencial
33	Provisional	Salud de la constelación GLONASS
34	Provisional	Correcciones diferenciales parciales satélite GLONASS (N>1). Null Frame GLONASS (N≤1)
35	Provisional	Almanaque transmitido GLONASS
36	Provisional	Mensaje especial GLONASS
37	Provisional	Desfase horario sistema GNSS
38-58		Indefinido
59	Fijo	Mensaje propietario
60-63	Reservado	Usos multipropósito

Fuente: (Berné et al., 2019)

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

- RTCM 3.0: Permite una reducción significativa del ancho de banda de los mensajes, es decir, reduce el tamaño de los paquetes de información, esto es muy importante en las redes inalámbricas y móviles, donde el ancho de banda disponible es mucho menor que la red cableada, lo que hace que sea posible el envío y recepción de correcciones diferenciales por medio de internet utilizando los servicios de tecnología celular.
- RTCM 3.1: este estándar fue aprobado en el 2006 por la comisión RTCM. Incorpora correcciones de redes RTK, lo que indica que el receptor móvil obtiene información RTK precisa sobre un área grande. Contiene información RTK GNSS. (Hoyer, 2002)

En la Tabla 2-1 se muestra los mensajes más utilizados del RTCM 3.

Tabla 2-1: Mensajes más utilizados del RTCM 3

1004	Observables RTK de L1 y L2 GPS extendidos para uso de RTK de GPS
1005	Estación de referencia RTK estacionaria ARP
1006	Estación de referencia RTK estacionaria ARP más la altura de la antena
1007	Descripción de antena (msg 1008 (X) también se usa comúnmente)
1012	L1 y L2 GLONASS RTK observables extendidos, el otro mensaje principal
1013	Parámetros del sistema, compensaciones de tiempo, lista de mensajes enviados
1017	Diferencias GPS combinadas de corrección geométrica e ionosférica
1019	Efemérides de transmisión de GPS (órbitas)
1020	Efemérides de transmisión de GLONASS (órbitas)
1029	Cadena de texto Unicoide (utilizada para texto legible por humanos)
1033	Descripción de receptor y antena
1045	GALILEO Broadcast Ephemeris

Fuente: (Berné et al., 2019)

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

1.5.5 GPS Asistido en Redes Celulares (A-GPS)

Se desarrolló por solicitud del servicio de emergencias E911 estadounidense, con el objetivo de conocer la posición de un teléfono móvil en caso de realizarse una llamada de emergencia. GNSS Asistido (A-GPS y A-GALILEO) permite que la precisión y rapidez del teléfono móvil sea mejorada. La posición es determinada por medio de un receptor GNSS que está situado en la estación base del sistema de telefonía móvil, y posteriormente se envía al dispositivo móvil mediante un canal asistido. (Berné et al., 2019)

EL AGPS es una tecnología introducida para mejorar el funcionamiento del sistema GPS cuando está instalado en teléfonos móviles. Permite recibir de mejor manera las señales de baja potencia, aumentando la cobertura del sistema GPS en entornos restringidos, aumentando la sensibilidad de 25 dB respecto al sistema GPS. Mejorando la precisión del sistema GPS, obteniendo valores del orden de 1 a 10 metros en entornos outdoor con multipath. Para su funcionamiento necesita una conexión a una red celular como GSM. (Gete & Roldán, 2008)

Integrar un receptor GPS a un teléfono móvil ayuda a cumplir con los requerimientos del E911 que es brindar la ubicación rápidamente, ya que en estos escenarios cada segundo cuenta y puede

ser la diferencia entre la vida y la muerte. El GPS presenta dos limitaciones principales. El problema en la recepción es uno de ellos. El receptor debe tener una visión directa a los satélites para poder recibir las señales satelitales. En el interior de edificios, centros comerciales, estacionamientos o entornos con sombra de Radio Frecuencia (RF), el receptor GPS no funciona de forma correcta. Debido a que no hay los datos necesarios no se puede procesar el cálculo de la ubicación. Otro problema es el Tiempo hasta la Primera Corrección (TTFF), al acabar de encenderse un receptor GPS (“arranque en frío”), se demora de 30 segundos a varios minutos en conseguir la primera corrección de ubicación. (Lissai, 2006)

Las señales de cuatro o más satélites son requeridas por la unidad GPS. La señal incluye la posición satelital y la hora en la que esta salió del satélite. Con esta información el móvil está en la capacidad de calcular su posición mediante la medición del Tiempo de Llegada (TOA) de las señales. Pero presenta la desventaja de que las señales satelitales no pueden dar una buena cobertura para todos los lugares donde se encuentren los receptores. Las redes GSM proporcionan la solución por medio de receptores GPS colocados en las Radiobases. Estos receptores reciben el nombre de Unidades de Medición de Localización (LMU), deben ser instalados cada 300 km en la Red de un Operador de Telefonía (PLMN) para dar corrección a este problema. (Fernández & Hernández, 2005)

Como se muestra en la Figura 20-1. El sistema A-GPS está formado por: un teléfono móvil con un receptor GPS reducido, un servidor A-GPS que tiene un receptor GPS de referencia que le permite “ver” los mismos satélites que el teléfono y una infraestructura de red inalámbrica compuesta de Estaciones Base y un centro de conmutación móvil.

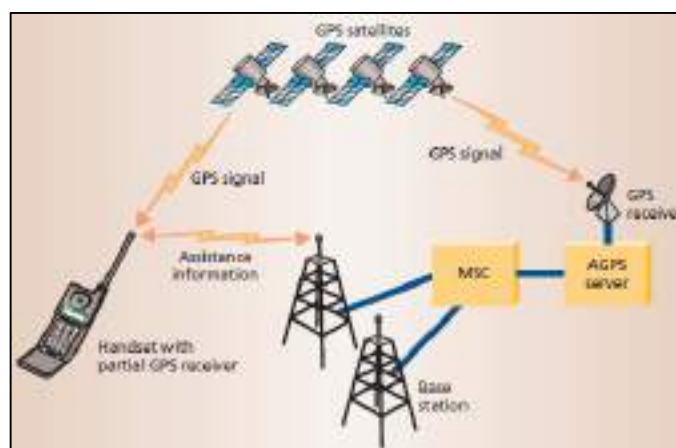


Figura 20-1. Representación esquemática del Sistema A-GPS.

Fuente: (Djuknic & Richton, 2001)

La señal GPS que será recibida por el teléfono la puede predecir la red y transmitirle esa información, de esta forma se reduce el tamaño de espacio de búsqueda y acortar el TTFF de

minutos a segundos o menos. Adicionalmente, el receptor A-GPS en el teléfono detecta y demodula señales más débiles que las requeridas por los receptores GPS convencionales. La red es la encargada de hacer los cálculos de la ubicación, el teléfono solo necesita un receptor GPS reducido.

El A-GPS es preciso dentro de los 50 metros cuando el usuario se encuentra ubicado dentro de alguna construcción y de 15 metros cuando se encuentra al aire libre. Además, como los usuarios están compartiendo datos con el operador de red, el A-GPS permite retener datos por motivos de privacidad, mientras que el operador puede restringir la asistencia a los suscriptores del servicio. (Djuknic & Richton, 2001)

1.6 Receptores GPS

Es el elemento que permite determinar la posición dentro de un plano de medición en el caso de GPS el área terrestre, dependiendo de la aplicación pueden estar en lugares ocultos o visibles, ser grandes o pequeños y tener diferente grado de recepción. (Romo & Muñoz, 1996)

La mayoría de receptores construidos en día de hoy son para la navegación por GNSS, normalmente la navegación y generación de coordenadas de la ubicación se la obtiene solamente usando un receptor, pero al utilizar dos receptores observando simultáneamente el valor de respuesta es mucho más preciso esto gracias a que disponen de un reloj el cual sincroniza las señales recibidas, además utilizando métodos como el diferencial se pueden anular hasta cierto grado los errores como la imprecisión de la orbital satelital. (Peñafiel & Zayas, 2001)

Se puede definir dos tipos de receptores: los expeditos, son pequeños y ligeros; los topográficos, estos exigen un estacionamiento más preciso. Mientras que por su función podemos clasificarlos en: a) Secuenciales o monocanal, dotados de un solo canal radio por tanto solo podrán engancharse a un satélite a la vez; b) Continuos o multicanal, equipado con al menos 4 canales, utilizados para la sincronización con las emisiones de otros satélites de forma simultánea; c) Multiplexados, a diferencia de los demás este implementa varios canales lógicos por software sobre un único canal físico útil para sincronizar datos de todos los satélites visibles dentro de un lapso de tiempo no mayor a unos pocos milisegundos. (Pérez D, 2015)

Los estados en que puede estar un receptor de GPS es el estado perdido el cual contiene datos memorizados muy antiguos, el receptor busca un satélite que le ofrezca una relación señal a ruido mejorada para obtener un mensaje demodulado de navegación y la referencia temporal, sin embargo, este proceso puede tomar varios minutos; el otro estado es el memorizado en el cual el

receptor comprueba la validez de los datos almacenados y utiliza los mismos satélites anteriormente empleados. (Pérez D, 2015)

Debido a las necesidades existe un amplio mercado de receptores GPS de los cuales podemos mencionar: navegadores de distinto uso como podemos apreciar en la Figura 21-1, GPS submétricos, GPS monofrecuencia de código y fase, entre muchos más.



Figura 21-1. Receptores de GPS para navegación.

Fuente: (Venturini, 2018)

1.6.1 *Colectores de datos GIS*

Los colectores de datos GIS en la actualidad suelen ser más pequeños y con sistemas operativos simples como Android y Windows. Hay una gran variedad en el mercado, entre los más populares tenemos: Spectra, Trimble, Leica. Los usuarios deben escoger el que mejor se adapte a sus necesidades. (LOGIS CENTER, 2020)

1.6.1.1 *Receptor GNSS SP60*

Como se puede observar en la Figura 22-1 el Receptor GNSS SP60 es un GNSS de precisión capaz de cubrir cualquier necesidad topográfica con varias funciones que van desde capturar datos SIG hasta soluciones móviles RTK. Tiene un algoritmo de centro de GNSS mejorado: seguimiento y procesamiento óptimo de señales, cuenta con soluciones solo GPS, GLONNAS o BeiDou. Proporciona medidas fiables y precisas sin importar ni la condición ni lugar del mundo. (Instrumental & Óptica, 2019)(Spectra Precision, 2016).



Figura 22-1. Receptor GNSS SP60

Fuente:(Instrumental & Óptica, 2019)

1.6.1.2 *Spectra MobileMapper 50*

Como se muestra en la Figura 23-1 el Spectra MobileMapper 50 es un colector de datos GIS para Android en forma de smartphone que combina la calidad profesional robusta y un mejor rendimiento de GNSS. Es un equipo muy compacto y ligero, con un diseño fino, robusto y potente. Ofrece una precisa localización GNSS (GPS + GLO o GPS + Beidou) y post procesamiento, además brinda una conectividad total, una precisión superior y una gran memoria. (Spectra Geospatial, 2020)



Figura 23-1. Spectra MobileMapper 50

Fuente:(Instrumental & Óptica, 2019)

1.6.2 *Dispositivos Móviles*

Se define como dispositivos móviles a los microrordenadores lo suficientemente ligeros para ser transportados por una persona, con una autonomía propia tanto de procesamiento como de energía. Los dispositivos móviles varían en precio y características siendo estos clasificados en gamas baja, media y alta. Sus principales funcionalidades son la toma de fotografía, lectura y edición de documentos, navegación por internet, localización entre muchas otras. (Tardáguila, 2006)

Para que un equipo pueda ser considerado dentro de una gama se deben cumplir algunos parámetros, en el caso de la gama baja sus equipos tienen baja resolución en su pantalla como en la de su cámara, una mínima capacidad de almacenamiento y poca memoria RAM lo cual reduce las herramientas o aplicaciones a ser funcionales. Para los llamados gama media sus pantallas son de mejor calidad, pero de menor resolución, muchas veces con una versión de sistema anterior a la actual, procesadores con menor potencia y una limitación respecto a la calidad de sus cámaras, sin embargo, en esta categoría también se encuentran modelos que en su momento fueron considerados gama alta pero debido al paso del tiempo han sido relegados. Por último, la gama alta son los teléfonos que cuentan con todos los elementos actuales y mejoras que la tecnología en el momento de su lanzamiento puede ofrecer, así como versiones actualizadas de su sistema operativo, siendo de esta manera lo más potente y funcional tecnológicamente. (Conde, 2019)

1.6.2.1 Samsung Galaxy A51

El Samsung A51 es un teléfono de gama media de la compañía Samsung Electronics lanzado al mercado en enero del 2020, como se puede ver en la Figura 24-1 a) se convirtió en el celular de gama media más popular entre los usuarios durante el primer trimestre del 2020 debido a que mantenía un equilibrio entre su diseño, el precio de venta y sus características. (Martinelli, 2020)

La referencia de este equipo se ve en la Figura 24-1 b), que está dotado de un procesador Exynos 9610, una memoria RAM de 4 GB y un almacenamiento interno de 128 GB, tiene unas dimensiones de 158,5 x 73,6 x 7,9 mm, peso de 172 g. Los sensores con los que cuenta son: acelerómetro, sensor de proximidad, de luz ambiente, brújula digital y un giroscopio, mientras que entre sus antenas tiene capacidad móvil desde 2G hasta 4G, Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac y un sistema de navegación satelital GPS con soporte A-GPS, GLONASS, GALILEO y BDS. Además de un sistema operativo Android 10 Samsung One UI 2.0, lo cual permite y facilita tomar datos GNSS. (Samsung, 2020)



Figura 24-1. a) Estudio de ventas realizado Strategy Analytics. b) Samsung Galaxy A51.

Fuente: (Samsung, 2020), (Strategy Analytics, 2020)

1.7 Software para el levantamiento de datos GNSS

1.7.1 Levantamiento de datos del colector

Con el avance tecnológico han surgido nuevos métodos de medición y se ha mejorado el posicionamiento satelital, por lo que se ha creado varios softwares que ayudan a realizar el procesamiento de las mediciones realizadas, hay softwares libres y de pago. Estos son de mucha utilidad para las personas que trabajan con instrumental GNSS en diferentes áreas, que necesitan manejar datos y resultados provenientes del procesamiento. (Corzo & Fernández, 2018)

1.7.1.1 *Space Trimble*

Es un software de control para la configuración de receptores GNSS desde una Tablet o un teléfono Smartphone, de igual manera permite la gestión de la conexión entre receptor GNSS y el servicio de corrección. Su nombre comercial es *SPace* como se puede observar en la Figura 25-1 la misma que se puede identificar dentro de la tienda de aplicaciones móviles Google Play para su descarga gratuita. (Google Play, 2020)



Figura 25-1. Pantalla de inicio de la App Space Trimble.

Fuente: (Google Play, 2020)

Esta aplicación permite combinar las aplicaciones de terceros ejecutables en el Smartphone o Tablet para beneficiarlas de la posición disponible desde el receptor GNSS, obteniendo una precisión mucho mayor a la obtenida por el GPS incorporado de fábrica en el dispositivo. (Google Play, 2020)

1.7.1.2 *MobileMapper Field*

Es un software de campo que recopila datos SIG tiene funciones simples y muy utilizadas, permite medir áreas y crear mapas. Presenta una interfaz muy intuitiva por lo que la formación para hacer uso de este software es mínima. Mediante la conexión a internet, encuentra y descarga información de los datos que se recogen, calculando la corrección en las posiciones de forma automática. En la Figura 26-1 se muestra la interfaz de trabajo de la aplicación. (Estilografos y Restiradores S.A, 2015.)



Figura 26-1. Interfaz de trabajo App MobileMapper Field.

Fuente: (Spectra Geospatial, 2020)

1.7.1.3 *Survey Mobile*

Es una aplicación gratuita y de uso simple debido a su interfaz sencilla y amigable como podemos ver en la Figura 27-1, es utilizada principalmente para topografía, permite compartir datos entre equipos que tengan la capacidad de exportación e importación, la aplicación esta optimizada para dispositivos con sistema Android v4.3, sin embargo, en su última ficha técnica se recomienda utilizarlo desde la versión de Android 5 en adelante. (Spectra, 2020)

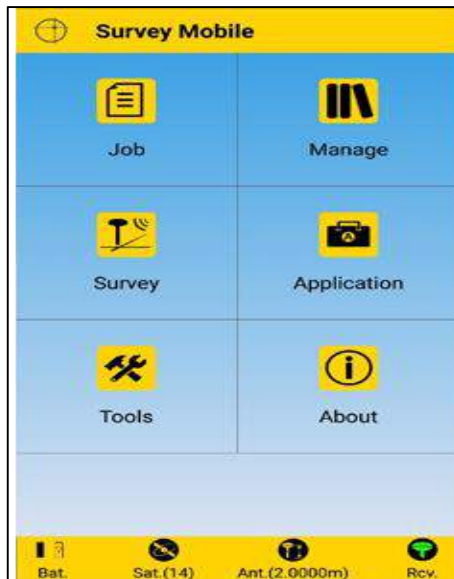


Figura 27-1. Interfaz de la App Survey Mobile.

Fuente: (Spectra, 2020)

Debido a su estructura lo hace completamente compatible con los equipos de medición y receptores GNSS más utilizados en la actualidad.

1.7.2 Levantamiento de datos del dispositivo móvil

Gracias a los avances tecnológicos cada día tenemos nuevos y mejores dispositivos móviles, los mismos que se han convertido en una herramienta accesible y de fácil manejo para los usuarios quienes le dan un sin número de usos con las herramientas correctas, es en base a eso que se necesita conocer las características de las aplicaciones útiles para poder desarrollar la toma y análisis de datos.

1.7.2.1 GPSTest

Es una aplicación que brinda múltiple información de la conexión GPS, entre la información que brinda está la intensidad de la señal para cada satélite, la precisión y el estado de la red, la posición del satélite en el cielo, su ubicación actual entre otra información más, la Figura 28-1 nos muestra su interfaz y ejemplos de la información que brinda, la aplicación se puede descargar directamente de la tienda Google Play de forma gratuita la cual tiene todas las características antes mencionadas y provee de múltiples herramientas más. (Google Play, 2020)

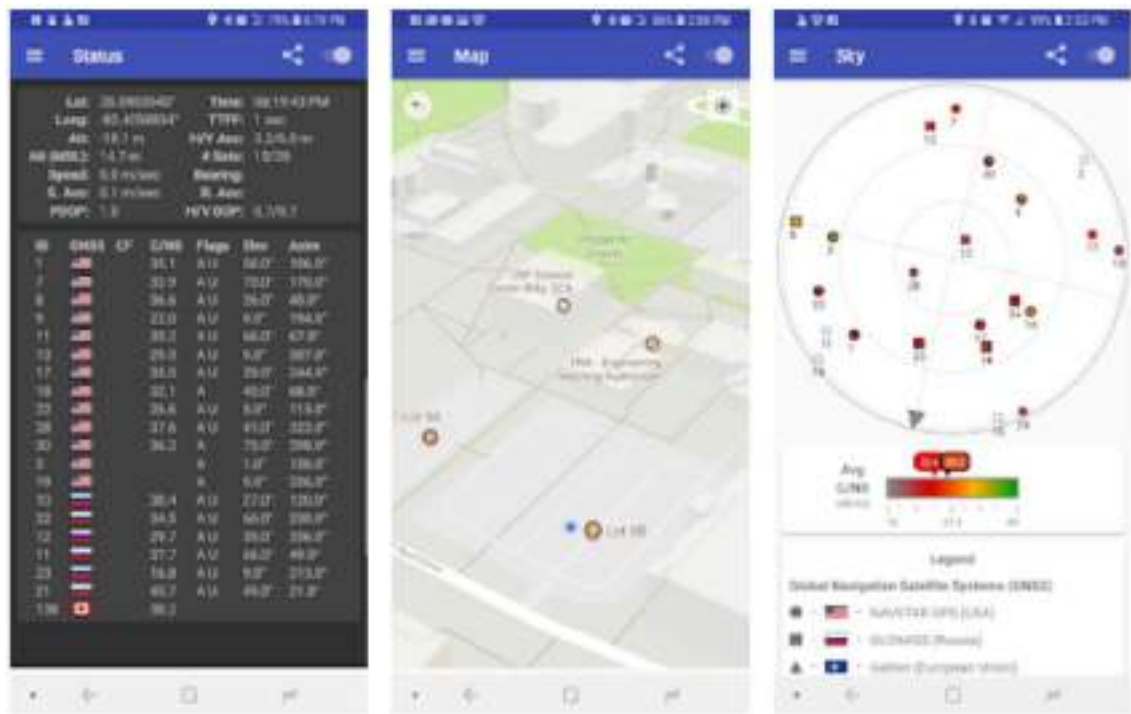


Figura 28-1. Interfaz de la Aplicación GPSTest

Fuente: (Google Play, 2020)

1.8 Software para la elaboración de planos del colector y dispositivo móvil

Después de realizar el levantamiento de datos en el campo capturando la información necesaria de las coordenadas de los puntos del terreno, se obtendrá la representación gráfica del terreno, así como el área. (Pachas, 2009)

1.8.1 *ArGis*

Es un conjunto de programas de SIG del Instituto de Investigaciones sobre Sistemas Ambientales (ESRI). Tiene tres productos escalables que requieren licencia: ArcView, ArcEditor y ArcInfo. ArcInfo tiene más utilidades que ArcEditor y este más que ArcView como se muestra en la Figura 29-1.

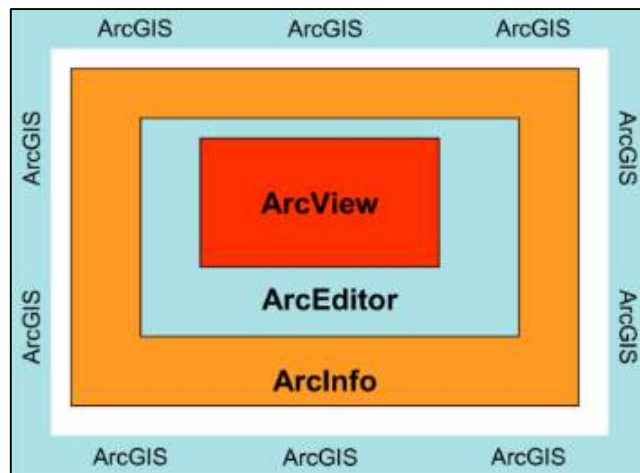


Figura 29-1. Estructura del paquete de programa ArcGIS

Fuente: (Collado & Navarro, 2013)

Cada producto tiene dos aplicaciones: ArcMap es una aplicación para crear mapas, visualizar y analizar datos mientras que ArcCatalog gestiona los datos. ArcToolBox es una herramienta integrada a las aplicaciones anteriores que permite la conversión, manipulación y análisis de datos. (Collado & Navarro, 2013)

Las características más importantes de ArcGIS son:

- Crear, compartir y utilizar mapas inteligentes para mostrar, integrar y sintetizar completas capas de información geográfica y descriptiva de varias fuentes.
- Compilar información geográfica sintetizando datos provenientes de diversas fuentes en una misma vista geográfica unificada.
- Crear y administrar bases de datos geográficas que son el lugar de almacenamiento y administración de capas básicas de datos usados en SIG: capas como parcelas, demarcaciones administrativas, redes de servicios, entre otras.
- Resolver problemas con análisis espacial que permite aplicar operaciones geográficas, estadísticas y matemáticas a los datos que son representados en los mapas.
- Crear aplicaciones basadas en mapas que pueden ser implementadas en la web, en equipos de escritorio, smartphones y otros dispositivos móviles y pueden ser utilizadas por todo tipo de usuarios.
- Dar a conocer y compartir información mediante la geografía y la visualización obteniendo vistas panorámicas o ampliación de mapas, así como tener la posibilidad de hacer clic en las entidades que contiene para tener más información sobre estas. (ESRI, 2020)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Hardware y Software

Debido a la necesidad de tener terrenos con una identificación y posicionamiento geográfico muchas veces se opta por hacerlo mediante equipos GPS, como una solución económica se realiza el mismo trabajo con equipos celulares que son dispositivos más accesibles que dan prestaciones similares a los equipos profesionales.

Se realizó georreferenciación de diferentes superficies con dos dispositivos: un equipo GPS de precisión llamado Mobilemapper 50 y un teléfono móvil con antena de GPS integrada y red celular aplicando tres técnicas de corrección de errores: modo Estático, NTRIP y AGPS para evaluar la precisión en las mediciones de cada una de ellas y así obtener un criterio técnico para su uso en sectores con terrenos tanto regulares como irregulares.

2.1.1 Dispositivo receptor GPS

Realizamos la georreferenciación con un Receptor GNSS SP60, un colector de datos GIS Spectra MobileMapper 50 con la aplicación Survey Mobile aplicando el modo Estático para obtener coordenadas, error horizontal y vertical de cada punto. Estos equipos permanecen en un sitio determinado un lapso de tiempo que depende de la distancia de la configuración geométrica de los satélites y las condiciones de obstrucción que se presentan en la zona, para el proceso de grabación de datos en campo transmitidos desde los satélites, este proceso se repite para cada punto al que se desea obtener su posición. En la Figura 1-2 se puede observar el proceso para realizar el levantamiento de los puntos.

Procedimiento:

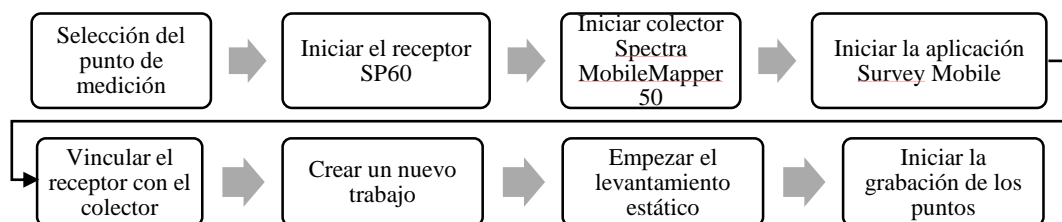


Figura 1-2. Proceso levantamiento modo Estático

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Iniciamos la aplicación de Survey Mobile la cual nos mostrara una imagen de inicio como la observada en la Figura 2-2.

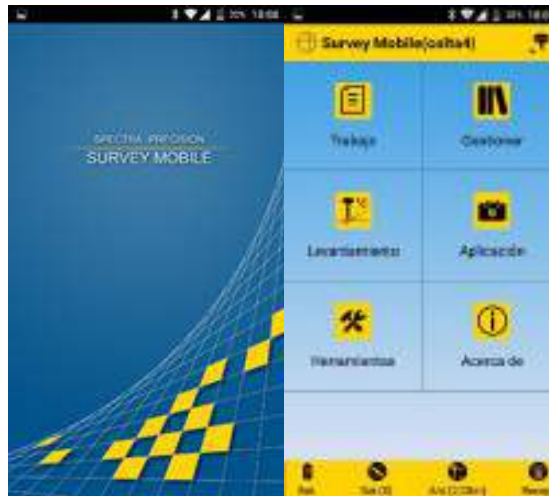


Figura 2-2. Inicio de la aplicación de Survey Mobile

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En la esquina superior derecha escogemos la opción para escoger y vincular el receptor con nuestro colector tal como se muestra en la Figura 3-2.



Figura 3-2. Vinculación del receptor con el colector

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Procedemos a crear un nuevo trabajo de forma que sea más fácil identificar los datos tomados para cada uno de los demás proyectos a trabajar tal como vemos en la Figura 4-2 cada trabajo se identificara con el nombre que le dimos y se ordenara por la fecha en la que fue creado.

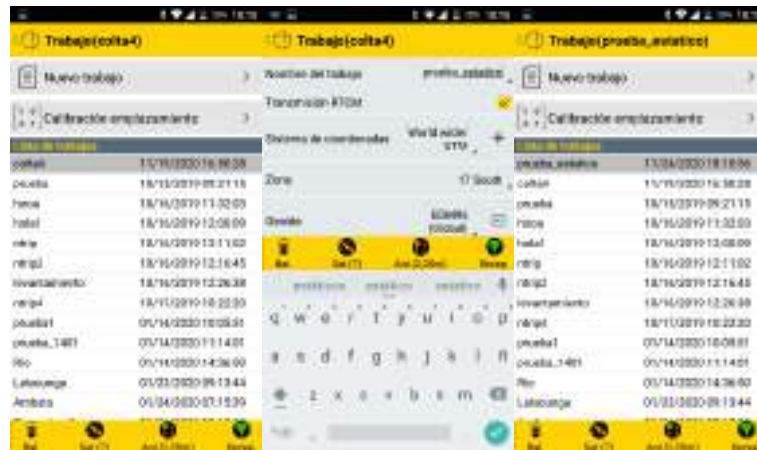


Figura 4-2. Creación de un nuevo trabajo

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Empezamos con el levantamiento de puntos, como vemos en la Figura 5-2 tenemos varias opciones de las cuales escogemos el levantamiento estático que será el modo a utilizar para las pruebas.



Figura 5-2. Elección del levantamiento estático

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Una vez vinculado el receptor y establecido el modo de operación estático procedemos a realizar la captura de los datos mediante la grabación de los puntos designados para cada uno de los terrenos los datos obtenidos se verán como en la Figura 6-2.



Figura 6-2. Inicio de grabación de los puntos

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.1.2 Dispositivo receptor GPS + técnica de corrección de errores en tiempo real NTRIP

Realizamos la georreferenciación usando el Receptor GNSS SP60 y el colector de datos GIS Spectra MobileMapper 50 con la aplicación Space Trimble que permite la gestión de la conexión entre receptor GNSS y la técnica de corrección de errores de posicionamiento en tiempo real NTRIP que se hace en estaciones pertenecientes al REGME mediante el protocolo estándar RTCM, en nuestro caso usaremos la Estación GNSS de la EERSA ubicada en la terraza del edificio de la misma institución ubicado en las calles 10 de Agosto y García Moreno. Además de la aplicación MobileMapper Field que permite recopilar información en cada punto de las coordenadas, error horizontal y error vertical. En la Figura 7-2 se puede observar el proceso para realizar el levantamiento de los puntos.

Procedimiento:

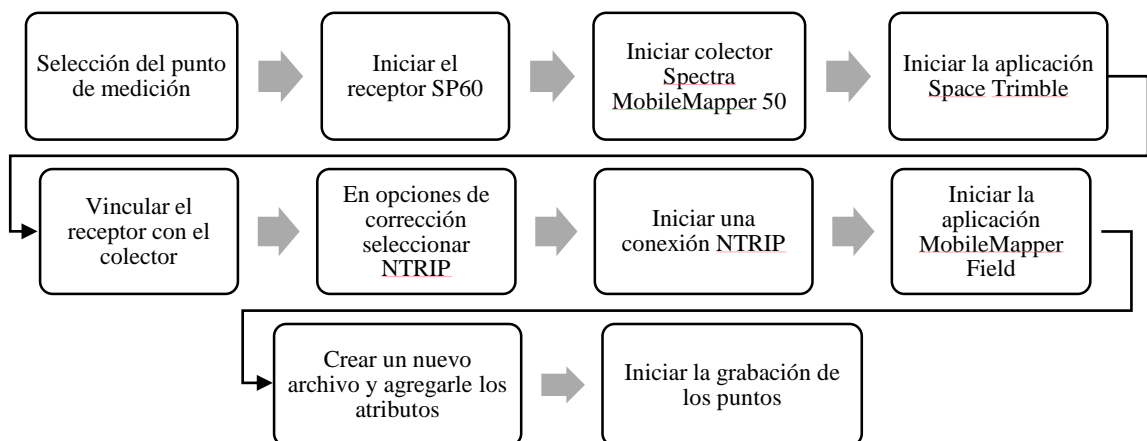


Figura 7-2. Proceso levantamiento NTRIP.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Iniciamos la aplicación de Space Trimble la cual nos mostrara una imagen de inicio como la observada en la Figura 8-2.



Figura 8-2. Inicio de la aplicación de Survey Mobile

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Escogemos la opción para buscar y vincular el receptor con nuestro colector y este mismo a la base de referencia del sistema REGME para la ayuda de corrección por NTRIP tal como se muestra en la Figura 9-2.



Figura 9-2. Vinculación del receptor con el colector

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Comprobamos que se haya establecido la conexión mediante la visualización de los datos de coordenadas y error en la pestaña de información de posición como se muestra en la Figura 10-2.



Figura 10-2. Comprobación del establecimiento de conexión

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Iniciamos la aplicación de MobileMapper Field la cual nos mostrara una imagen de inicio como la observada en la Figura 11-2.



Figura 11-2. Inicio de la aplicación MobileMapper Field

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Creamos un nuevo archivo en el cual agregamos los atributos tal como nos muestra la Figura 12-2.



Figura 12-2. Nuevo archivo de MobileMapper Field

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Una vez vinculado el receptor y establecido la conexión con el NTRIP el modo de operación estático procedemos a realizar la captura de los datos mediante la grabación de los puntos designados para cada uno de los terrenos los datos obtenidos se verán como en la Figura 13-2.



Figura 13-2. Vinculación del receptor con el colector

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.1.3 Dispositivo receptor GPS + AGPS por red móvil

Realizamos la georreferenciación usando el dispositivo móvil Samsung Galaxy A51, la aplicación GPSTest y la técnica de GPS Asistido que utiliza la red de telefonía móvil para precisar la ubicación del receptor y, en función de esta información, encontrar los satélites GPS más próximos. En cada punto medido se obtiene las coordenadas, error horizontal y error vertical. En la Figura 14-2 se puede observar el proceso para realizar el levantamiento de los puntos.

Procedimiento:

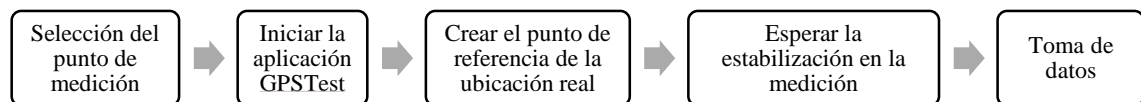


Figura 14-2. Proceso levantamiento Ntrip.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Iniciamos la aplicación de GPSTest la cual nos mostrara una imagen de inicio como la observada en la Figura 15-2.

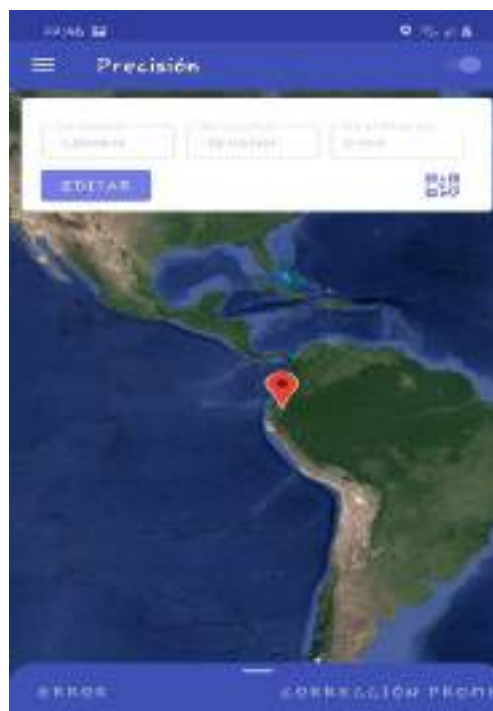


Figura 15-2. Inicio de la aplicación de GPSTest

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Creamos el punto de referencia en relación a la ubicación real a la cual nos encontramos como nos muestra la Figura 16-2.

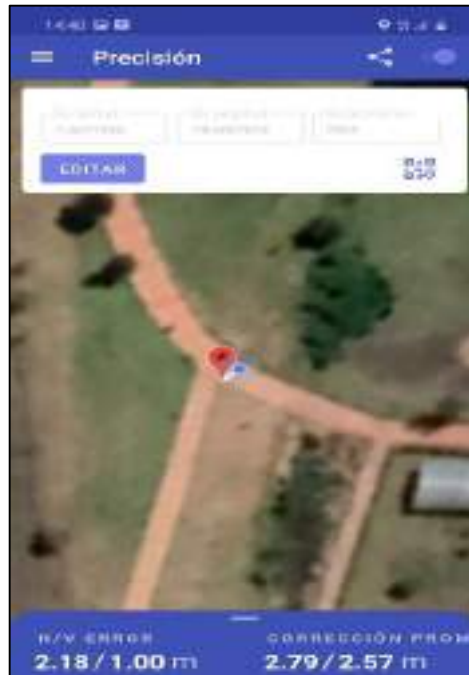


Figura 16-2. Creamos el punto de referencia

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Esperamos la estabilización en la medición tomada durante un tiempo en el cual se vea que los datos son concordantes o repetitivos siendo este el valor a considerar como el valido en la medición esto lo podemos ver en la figura 17-2-



Figura 17-2. Toma de datos con AGPS

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.2 Descripción Geográfica

Se realizó la georreferenciación de 13 terrenos localizados en lugares tanto urbanos y rurales con formas regulares e irregulares con tamaños diferentes. 5 superficies se encuentran ubicadas en la provincia de Chimborazo en Riobamba en el Parque Ricpamba al Suroccidente de la ciudad en el Barrio El Batán – Las Manolas, otro se encuentra en el parque La Georgina localizado en las calles Argentinos y Avda. La Prensa, otro situado en el cantón Chillanes provincia de Bolívar, 2 situados en el Cantón Penipe de los cuales uno está en el centro del cantón y otro en una parroquia rural llamada Bayushig y por último cuatro terrenos ubicados en la parroquia rural Columbe del cantón Colta. En cada terreno se definió puntos de medición situados en cada esquina o según la variación del terreno de tal manera que al unirlos se obtenga un polígono según la forma del terreno.

2.2.1 Ubicación Geográfica Terreno Polígono Irregular Ricpamba

Este terreno está ubicado en el parque Ricpamba. En la Figura 18-2 su puede observar que tiene una forma de polígono irregular de 5 lados. Para su georreferenciación se necesitó levantar información en 7 puntos.



Figura 18-2. Terreno Polígono Irregular

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Distancia de la Estación GNSS EERSA al Terreno Polígono Irregular Ricpamba

Este terreno está localizado a una distancia de 3,29 km de la Estación GNSS EERSA como se muestra en la Figura 19-2.

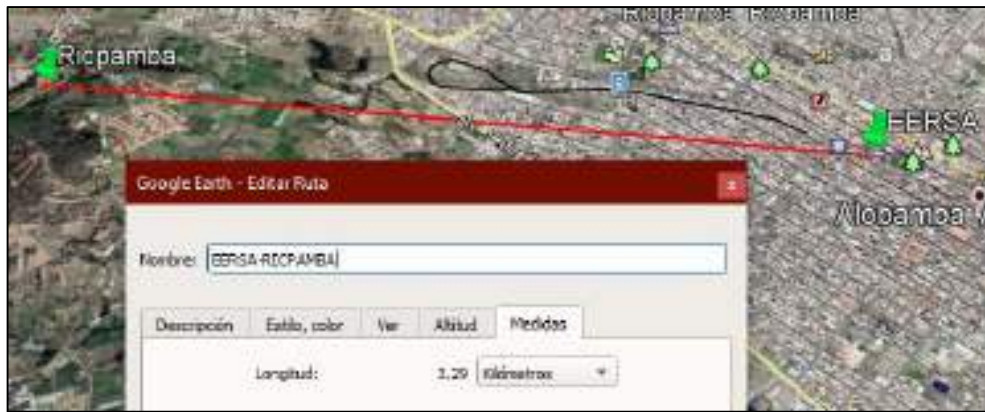


Figura 19-2. Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Polígono Irregular Ricpamba

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.2.2 Terreno Polígono Irregular parque La Georgina

Este terreno está ubicado en el parque La Georgina. En la Figura 20-2 se puede observar que tiene una forma de polígono irregular de 5 lados. Para su georreferenciación se necesitó levantar información en 6 puntos.

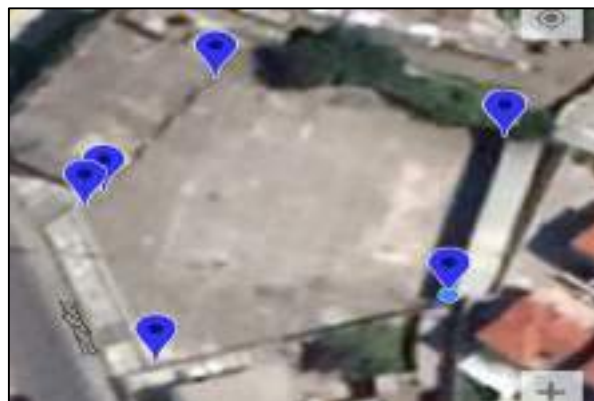


Figura 20-2. Terreno Polígono Irregular

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Distancia de la Estación GNSS EERSA al Terreno Polígono Irregular parque La Georgina

Este terreno está localizado a una distancia de 1,77 km de la Estación GNSS EERSA como se muestra en la Figura 21-2.



Figura 21-2. Distancia Estación GNSS EERSA al Parque La Georgina.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.2.3 Terreno Ovalado Ricpamba

Este terreno está ubicado en el parque Ricpamba. En la Figura 22-2 se puede observar que tiene una forma de óvalo. Para su georreferenciación se necesitó levantar información en 20 puntos.



Figura 22-2. Terreno Ovalado

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Distancia de la Estación GNSS EERSA al Terreno Ovalado Ricpamba

Este terreno está localizado a una distancia de 3,29 km de la Estación GNSS EERSA como se muestra en la Figura 23-2.



Figura 23-2. Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Ovalado Ricpamba

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.2.4 Terreno Irregular Grande Ricpamba

Este terreno está ubicado en el parque Ricpamba. En la Figura 24-2 su puede observar que tiene una forma irregular que comprenden curvas y líneas rectas. Para su georreferenciación se necesitó levantar información en 49 puntos.



Figura 24-2. a) Terreno Irregular Grande. b) Terreno georreferenciado.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Distancia de la Estación GNSS EERSA al Terreno Irregular Grande Ricpamba

Este terreno está localizado a una distancia de 3,29 km de la Estación GNSS EERSA como se muestra en la Figura 25-2.

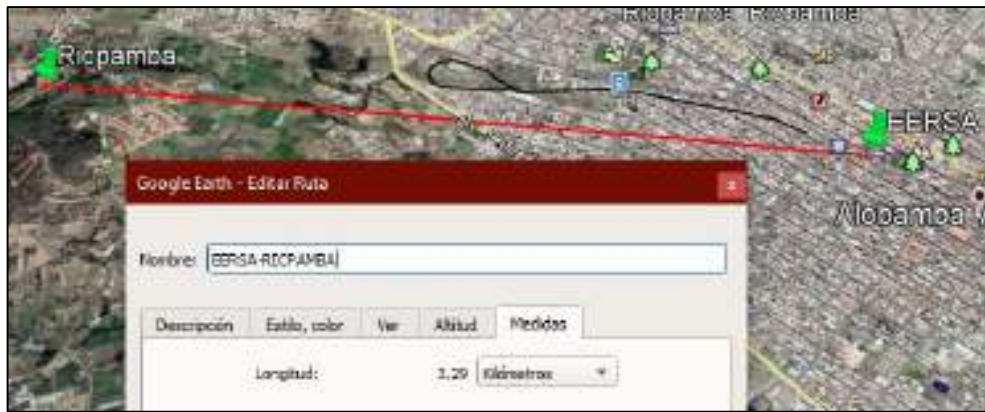


Figura 25-2. Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Irregular Grande Ricpamba

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.2.5 Terreno Circular Ricpamba

Este terreno está ubicado en el parque Ricpamba. En la Figura 26-2 se puede observar que tiene una forma circular. Para su georreferenciación se necesitó levantar información en 18 puntos.



Figura 26-2. Terreno Circular

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Distancia de la Estación GNSS EERSA al Terreno Circular Ricpamba

Este terreno está localizado a una distancia de 3,29 km de la Estación GNSS EERSA como se muestra en la Figura 27-2.



Figura 27-2. Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Circular Ricpamba

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.2.6 Terreno Triangular Ricpamba

Este terreno está ubicado en el parque Ricpamba. En la Figura 28-2 se puede observar que tiene una forma triangular. Para su georreferenciación se necesitó levantar información en 9 puntos.

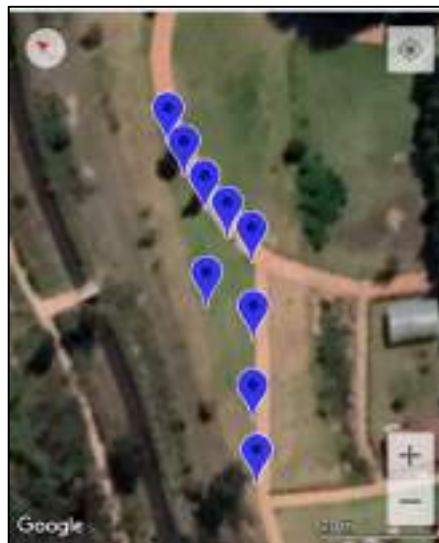


Figura 28-2. Terreno Triangular

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Distancia de la Estación GNSS EERSA al Terreno Triangular Ricpamba

Este terreno está localizado a una distancia de 3,29 km de la Estación GNSS EERSA como se muestra en la Figura 29-2.



Figura 29-2. Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Triangular Ricpamba

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.2.7 Terreno Cuadrado Chillanes

Este terreno está ubicado en el cantón Chillanes. En la Figura 30-2 se puede observar que tiene una forma de cuadrado. Para su georreferenciación se necesitó levantar información en 4 puntos.



Figura 30-2. Terreno Cuadrado en Chillanes

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Distancia de la Estación GNSS EERSA al Terreno Cuadrado Chillanes

Este terreno está localizado a una distancia de 55,5 km de la Estación GNSS EERSA como se muestra en la Figura 31-2.



Figura 31-2. Distancia Estación GNSS EERSA a Chillanes.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.2.8 Terreno parque central Penipe

Este terreno está ubicado en el parque central del cantón Penipe. En la Figura 32-2 observamos que tiene una forma cuadrada. Para su georreferenciación se necesitó levantar información en 4 puntos.



Figura 32-2. Terreno parque central Penipe

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Distancia de la Estación GNSS EERSA al Terreno parque Central Penipe

Este terreno está localizado a una distancia de 17 km de la Estación GNSS EERSA como se muestra en la Figura 33-2.



Figura 33-2. Distancia Estación GNSS EERSA a Parque Central Penipe.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.2.9 Terreno Sector Rural Penipe Bayushig

Este terreno está ubicado en la parroquia rural de Bayushig perteneciente al cantón Penipe. En la figura 34-2 se puede observar que tiene una forma irregular de 6 lados. Para su georreferenciación se necesitó levantar información en 6 puntos.

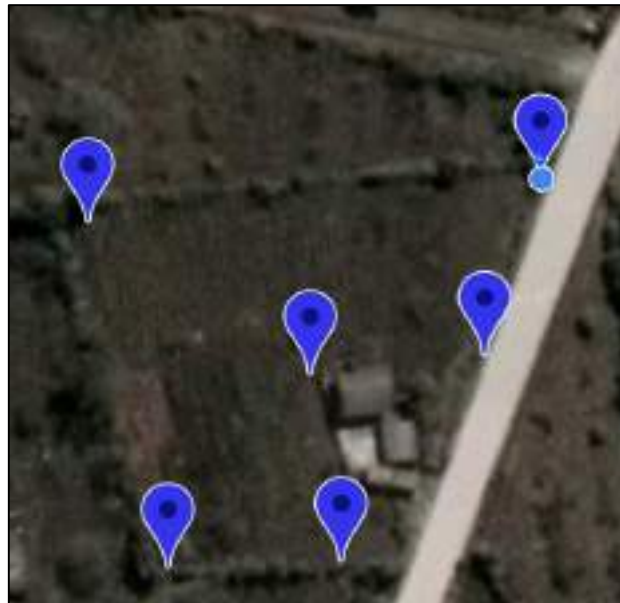


Figura 34-2. Terreno Sector Rural Bayushig

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Distancia de la Estación GNSS EERSA al Terreno Sector Rural Bayushig

Este terreno está localizado a una distancia de 20,1 km de la Estación GNSS EERSA como se muestra en la Figura 35-2.

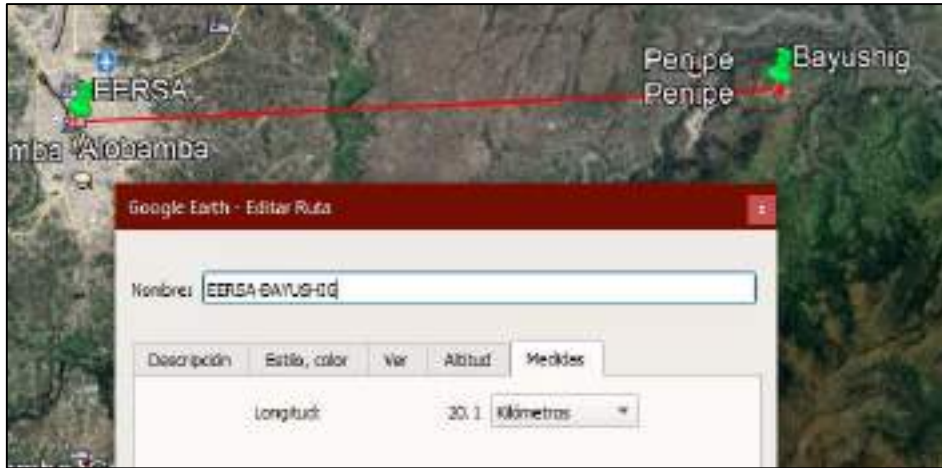


Figura 35-2. Distancia Estación GNSS EERSA a Bayushig.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.2.10 Terreno Sector Rural Colta Columbe 1

Este terreno está ubicado en la parroquia rural de Columbe perteneciente al cantón Colta. En la Figura 36-2 se puede observar que tiene una forma irregular de 4 lados. Para su georreferenciación se necesitó levantar información en 4 puntos.

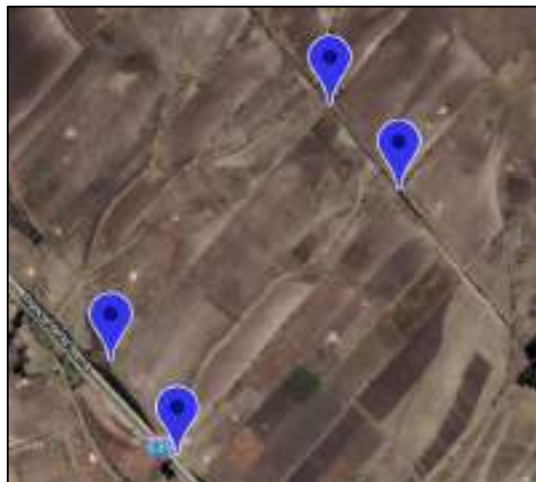


Figura 36-2. Terreno Sector Colta Columbe 1

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Distancia de la Estación GNSS EERSA al Terreno Sector Rural Colta Columbe 1

Este terreno está localizado a una distancia de 25,3 km de la Estación GNSS EERSA pertenece al Sr. Ricardo Cunduri socio de la Corporación de Productores y Comercializadores Bio Taita Chimborazo (COPROBICH) como se muestra en la Figura 37-2.



Figura 37-2. Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Sector Colta Columbe 1

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.2.11 Terreno Sector Rural Colta Columbe 2

Este terreno está ubicado en la parroquia rural de Columbe perteneciente al cantón Colta. En la Figura 38-2 se puede observar que tiene una forma de irregular de 4 lados con una leve curvatura en uno de los mismos. Para su georreferenciación se necesitó levantar información en 8 puntos.

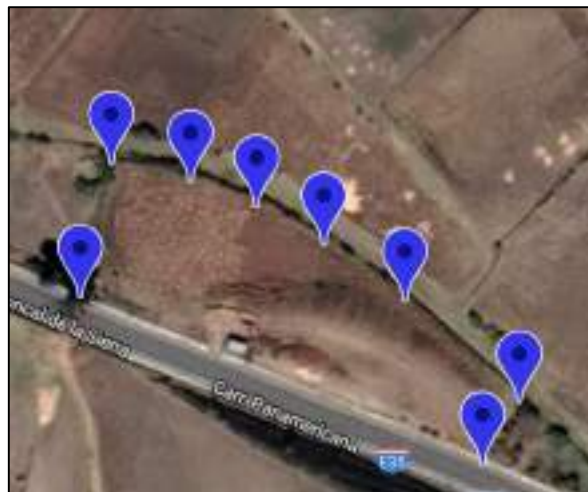


Figura 38-2. Terreno Sector Colta Columbe 2

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Distancia de la Estación GNSS EERSA al Terreno Sector Rural Colta Columbe 2

Este terreno está localizado a una distancia de 25,3 km de la Estación GNSS EERSA pertenece al Sr. Ricardo Cunduri socio de la Corporación de Productores y Comercializadores Bio Taita Chimborazo (COPROBICH) como se muestra en la Figura 39-2.

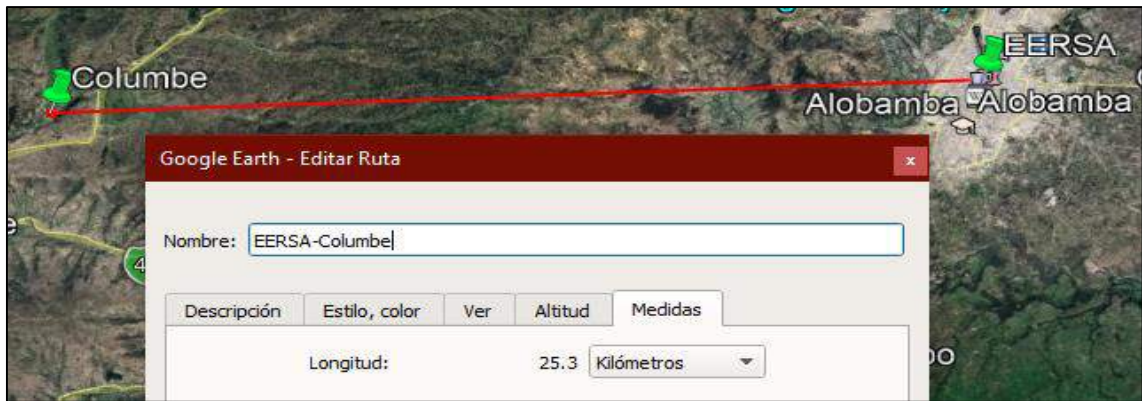


Figura 39-2. Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Sector Colta Columbe 2

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.2.12 Terreno Sector Rural Colta Columbe 3

Este terreno está ubicado en la parroquia rural de Columbe perteneciente al cantón Colta. En la Figura 40-2 se puede observar que tiene una forma irregular de 4 lados. Para su georreferenciación se necesitó levantar información en 9 puntos.



Figura 40-2. Terreno Sector Colta Columbe 3

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Distancia de la Estación GNSS EERSA al Terreno Sector Rural Colta Columbe 3

Este terreno está localizado a una distancia de 25,3 km de la Estación GNSS EERSA pertenece al Sr. Ricardo Cundurí socio de la Corporación de Productores y Comercializadores Bio Taita Chimborazo (COPROBICH) como se muestra en la Figura 41-2.

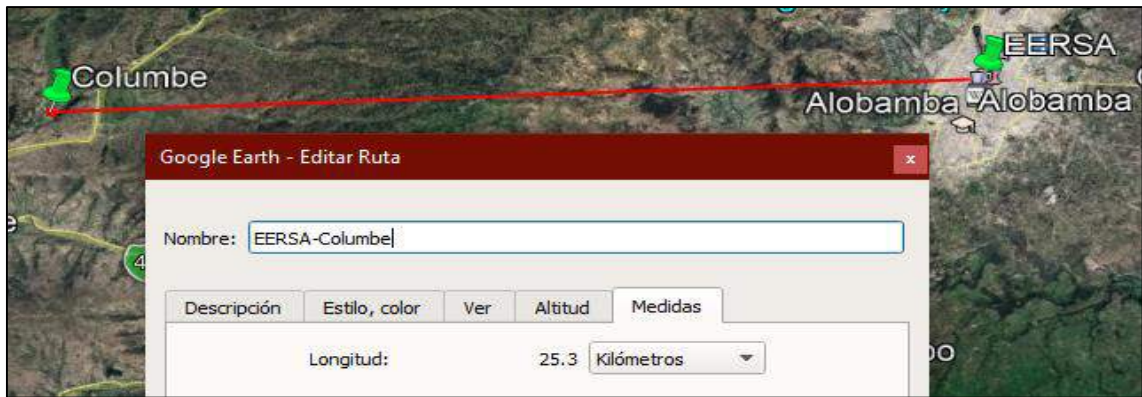


Figura 41-2. Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Sector Colta Columbe 3

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

2.2.13 Terreno Sector Rural Colta Columbe 4

Este terreno está ubicado en la parroquia rural de Columbe perteneciente al cantón Colta. En la Figura 42-2 se puede observar que tiene una forma irregular de 4 lados. Para su georreferenciación se necesitó levantar información en 4 puntos.

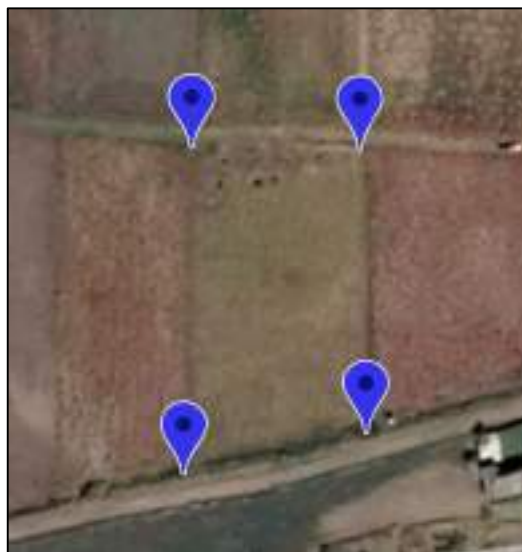


Figura 42-2. Terreno Sector Colta Columbe 4

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Distancia de la Estación GNSS EERSA al Terreno Sector Rural Colta Columbe 4

Este terreno está localizado a una distancia de 25,3 km de la Estación GNSS EERSA pertenece al Sr. Ricardo Cunduri socio de la Corporación de Productores y Comercializadores Bio Taita Chimborazo (COPROBICH) como se muestra en la Figura 43-2.

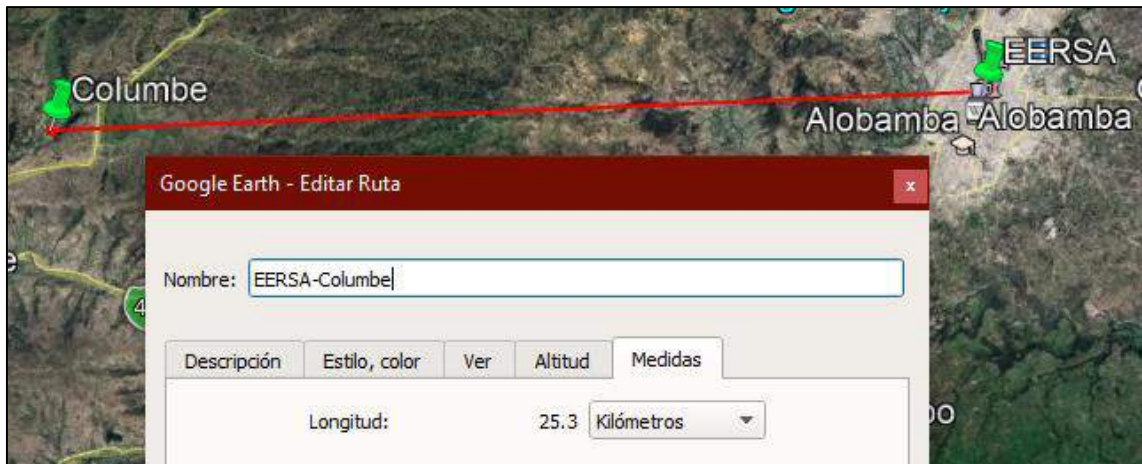


Figura 43-2. Distancia Estación GNSS EERSA al Terreno Sector Colta Columbe 4

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se muestran los resultados que se obtuvieron al georreferenciar los terrenos con las tres técnicas de corrección de errores: modo Estático, NTRIP con el protocolo RTCM 3.0 y AGPS. El levantamiento de información se hizo en los terrenos de la ciudad de Riobamba, Penipe y Colta. Se realiza un análisis numérico en base a los errores que se presentaron en cada punto con cada técnica, un análisis gráfico al comparar los mapas obtenidos con la ortofoto del terreno medido y un análisis estadístico con las pruebas ANOVA y Kruskal-Wallis.

3.1 Análisis de Datos

3.1.1 Análisis del Terreno Polígono Irregular Ricpamba

Este terreno se georreferenció levantando información en 7 puntos alcanzando una Precisión Horizontal con la Técnica 1 que oscila entre 0,52 m y 0,61 m, con la Técnica 2 entre 0,009 m y 0,013 m y con la Técnica 3 entre 2,86 m y 4,57 m. También se alcanzó una Precisión Vertical con la Técnica 1 que oscila entre 0,86 m y 0,90 m, con la Técnica 2 entre 0,016 m y 0,024 m, con la Técnica 3 entre 2 m y 9 m como se muestra en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Precisión Horizontal y Vertical en Terreno Polígono Irregular Ricpamba

	T1		T2		T3	
	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS
P1	0,5516	0,9040	0,011	0,019	2,96	3,00
P2	0,5700	0,9090	0,013	0,021	3,66	5,00
P3	0,5894	0,8970	0,013	0,024	3,46	2,00
P4	0,5382	0,8650	0,012	0,019	3,77	4,00
P5	0,6145	0,9660	0,012	0,019	2,86	8,00
P6	0,5439	0,8820	0,009	0,018	4,28	9,00
P7	0,5241	0,8550	0,011	0,016	4,57	5,00

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 1-3 se puede observar que el Error Horizontal más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 84,66% y con la Técnica 2 un 99,7% en el error.

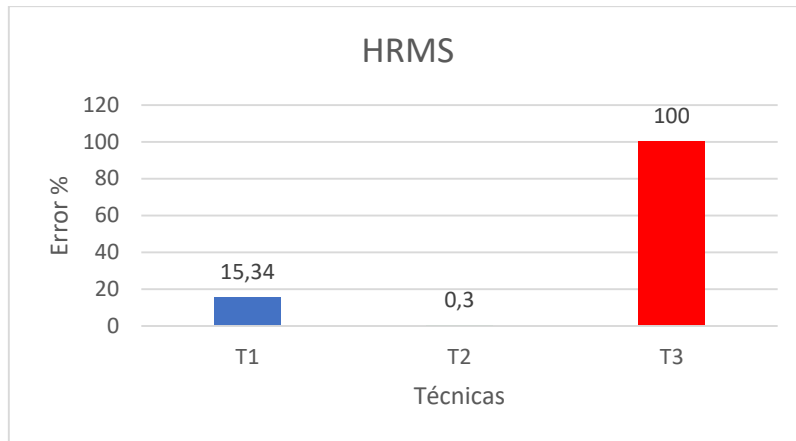


Gráfico 1-3. Error Horizontal Terreno Polígono Irregular Ricpamba.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 2-3 se puede observar que el Error Vertical más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 82% y con la Técnica 2 un 99,6% en el error.

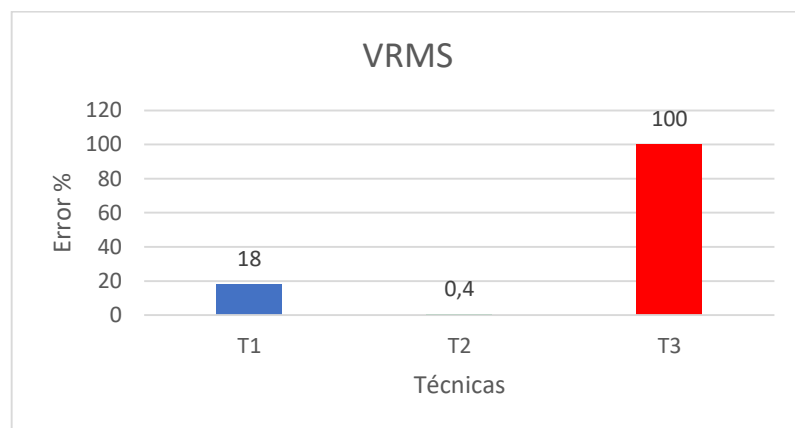


Gráfico 2-3. Error Vertical Terreno Polígono Irregular Ricpamba.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.1.2 *Análisis del Terreno Polígono Irregular parque La Georgina*

Este terreno se georreferenció levantando información en 6 puntos alcanzando una Precisión Horizontal con la Técnica 1 que oscila entre 0,48 m y 0,83 m, con la Técnica 2 entre 0,009 m y 0,022 m y con la Técnica 3 entre 1,59 m y 6,38 m. También se alcanzó una Precisión Vertical con la Técnica 1 que oscila entre 0,70 m y 1,14 m, con la Técnica 2 entre 0,015 m y 0,024 m, con la Técnica 3 entre 2 m y 8 m como se muestra en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3: Precisión Horizontal y Vertical en Terreno Polígono Irregular La Georgina

	T1		T2		T3	
	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS
P1	0,4814	0,6970	0,009	0,015	1,59	2,00
P2	0,6616	0,9120	0,015	0,020	6,38	4,00
P3	0,7859	1,1050	0,016	0,018	5,21	2,00
P4	0,8288	1,1440	0,016	0,018	3,33	3,00
P5	0,6462	0,9610	0,022	0,024	3,16	4,00
P6	0,7883	1,0720	0,016	0,021	2,99	8,00

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 3-3 se puede observar que el Error Horizontal más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 81,5% y con la Técnica 2 un 99,5% en el error.

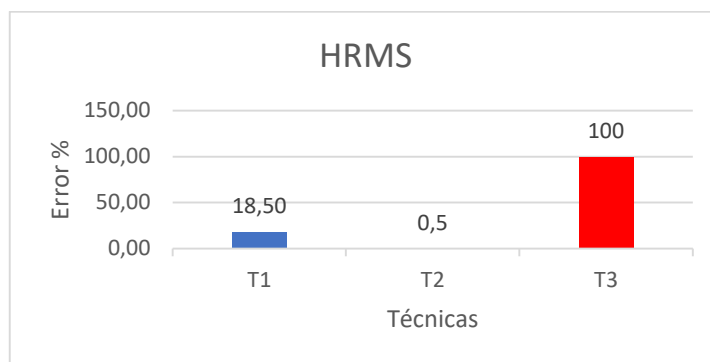


Gráfico 3-3. Error Horizontal Terreno Polígono Irregular parque La Georgina

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 4-3 se puede observar que el Error Vertical más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 74,41% y con la Técnica 2 un 99,48% en el error.

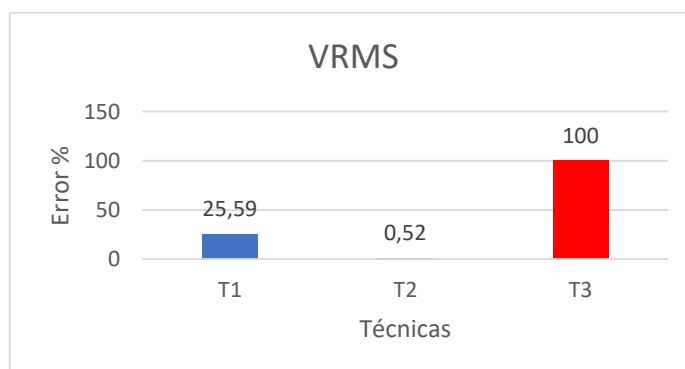


Gráfico 4-3. Error Vertical Terreno Polígono Irregular parque La Georgina

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.1.3 Análisis del Terreno Ovalado Ricpamba

Este terreno se georreferenció levantando información en 20 puntos alcanzando una Precisión Horizontal con la Técnica 1 que oscila entre 0,57 m y 0,77 m, con la Técnica 2 entre 0,007 m y 0,025 m y con la Técnica 3 entre 1,4 m y 6,68 m. También se alcanzó una Precisión Vertical con la Técnica 1 que oscila entre 0,93 m y 1,37 m, con la Técnica 2 entre 0,011 m y 0,033 m, con la Técnica 3 entre 1 m y 9 m como se muestra en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Precisión Horizontal y Vertical en Terreno Ovalado Ricpamba

	T1		T2		T3	
	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS
P1	0,768	1,35	0,016	0,028	5,40	2,00
P2	0,6733	1,005	0,011	0,017	6,68	4,00
P3	0,6368	0,961	0,016	0,026	3,59	9,00
P4	0,6703	1,052	0,012	0,019	4,04	9,00
P5	0,6286	0,981	0,011	0,016	2,81	9,00
P6	0,5972	0,932	0,012	0,019	4,45	5,00
P7	0,634	1,005	0,011	0,017	5,45	3,00
P8	0,7445	1,181	0,009	0,013	2,00	3,00
P9	0,606	0,991	0,011	0,017	5,98	5,00
P10	0,6892	1,157	0,011	0,017	3,36	2,00
P11	0,6933	1,265	0,011	0,018	4,82	5,00
P12	0,6368	1,193	0,007	0,011	3,44	3,00
P13	0,6053	1,159	0,013	0,019	3,17	5,00
P14	0,5919	1,133	0,017	0,024	2,86	3,00
P15	0,5736	1,09	0,014	0,021	2,06	4,00
P16	0,604	1,174	0,015	0,021	1,4	2,00
P17	0,6455	1,246	0,015	0,022	2,93	2,00
P18	0,6511	1,277	0,012	0,017	3,49	2,00
P19	0,6117	1,205	0,014	0,019	3,68	4,00
P20	0,6887	1,372	0,025	0,033	3,39	1,00

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 5-3 se puede observar que el Error Horizontal más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 82,67% y con la Técnica 2 un 99,2% en el error.

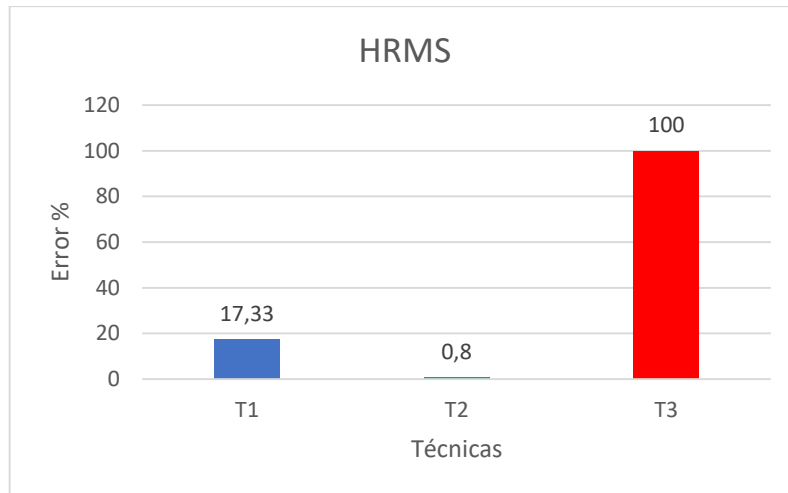


Gráfico 5-3. Error Horizontal Terreno Ovalado Ricpamba

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 6-3 se puede observar que el Error Vertical más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 72,4% y con la Técnica 2 un 99,5% en el error.

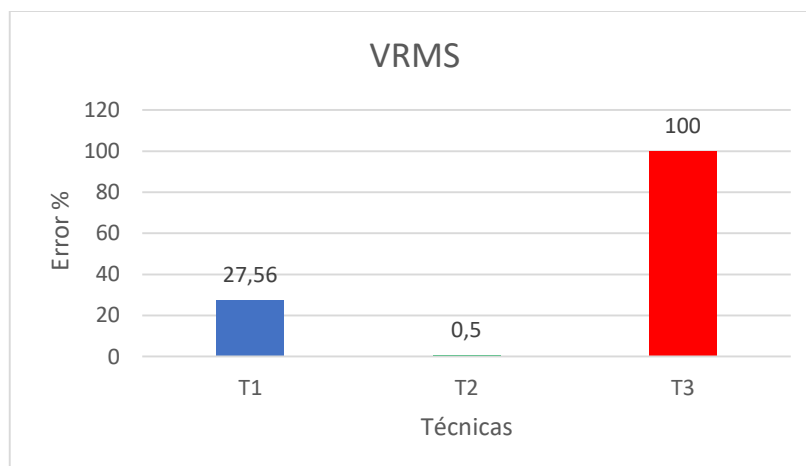


Gráfico 6-3. Error Vertical Terreno Ovalado Ricpamba

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.1.4 Análisis del Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba

Este terreno se georreferenció levantando información en 49 puntos alcanzando una Precisión Horizontal con la Técnica 1 que oscila entre 0,53 m y 0,78 m, con la Técnica 2 entre 0,008 m y 0,046 m y con la Técnica 3 entre 0,7 m y 6,58 m. También se alcanzó una Precisión Vertical con la Técnica 1 que oscila entre 0,86 m y 1,24 m, con la Técnica 2 entre 0,012 m y 0,076 m, con la Técnica 3 entre 2 m y 8 m como se muestra en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Precisión Horizontal y Vertical en Terreno Irregular Grande Ricpamba

	T1		T2		T3	
	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS
P1	0,6903	1,2390	0,027	0,044	2,11	3,00
P2	0,6132	1,0910	0,010	0,016	5,21	8,00
P3	0,5798	1,0540	0,010	0,018	2,48	5,00
P4	0,5685	1,0280	0,021	0,033	3,84	2,00
P5	0,5673	1,0070	0,018	0,028	6,17	2,00
P6	0,5438	0,9950	0,016	0,026	5,45	3,00
P7	0,5361	0,9590	0,014	0,020	6,58	2,00
P8	0,5554	0,9850	0,009	0,016	3,31	8,00
P9	0,5394	0,9320	0,018	0,028	5,92	3,00
P10	0,5279	0,9080	0,012	0,021	1,87	4,00
P11	0,5507	0,9570	0,046	0,076	5,45	4,00
P12	0,5320	0,9200	0,018	0,030	4,79	4,00
P13	0,5271	0,8760	0,011	0,018	3,37	3,00
P14	0,5585	0,9390	0,013	0,023	1,60	5,00
P15	0,5727	0,9740	0,008	0,015	0,70	4,00
P16	0,6143	1,0570	0,013	0,022	5,51	3,00
P17	0,5554	0,8930	0,008	0,012	3,70	4,00
P18	0,5935	0,9480	0,021	0,033	2,89	5,00
P19	0,6966	1,1070	0,020	0,031	2,06	3,00
P20	0,7790	1,1990	0,019	0,034	2,00	3,00
P21	0,6151	0,9460	0,015	0,023	4,66	6,00
P22	0,7350	1,1330	0,010	0,017	2,58	3,00
P23	0,6413	0,9900	0,016	0,028	4,50	5,00
P24	0,6198	0,9240	0,024	0,038	4,90	4,00
P25	0,5972	0,9010	0,021	0,036	3,86	3,00
P26	0,6709	0,9810	0,016	0,030	3,60	5,00
P27	0,7432	1,1640	0,019	0,036	4,54	5,00
P28	0,6844	1,0700	0,021	0,033	3,88	3,00
P29	0,6002	0,9290	0,046	0,075	4,87	4,00
P30	0,6626	1,0460	0,021	0,031	2,40	2,00
P31	0,6470	1,0080	0,024	0,037	3,30	8,00
P32	0,6696	1,0600	0,018	0,025	2,49	2,00
P33	0,7122	1,1180	0,013	0,018	3,62	3,00
P34	0,6961	1,1700	0,015	0,022	4,00	3,00
P35	0,6157	1,0220	0,035	0,049	2,48	5,00
P36	0,7070	1,2060	0,022	0,030	5,28	2,00
P37	0,6185	1,0370	0,013	0,018	3,87	3,00
P38	0,6744	1,1140	0,018	0,026	2,91	2,00

Continúa

Continúa

P39	0,6517	1,0860	0,018	0,025	4,01	3,00
P40	0,5969	0,9890	0,016	0,024	0,90	7,00
P41	0,6231	1,0220	0,016	0,024	3,75	2,00
P42	0,6727	1,1250	0,012	0,018	4,49	5,00
P43	0,6608	1,0960	0,018	0,028	3,68	3,00
P44	0,6294	1,0050	0,023	0,030	3,11	4,00
P45	0,6598	1,0390	0,013	0,020	2,76	3,00
P46	0,6323	0,9680	0,015	0,024	4,88	5,00
P47	0,5947	0,9200	0,011	0,016	4,37	3,00
P48	0,5545	0,8560	0,013	0,020	3,91	7,00
P49	0,5538	0,8740	0,015	0,023	4,84	3,00

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 7-3 se puede observar que el Error Horizontal más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 83,42% y con la Técnica 2 un 99,47% en el error.

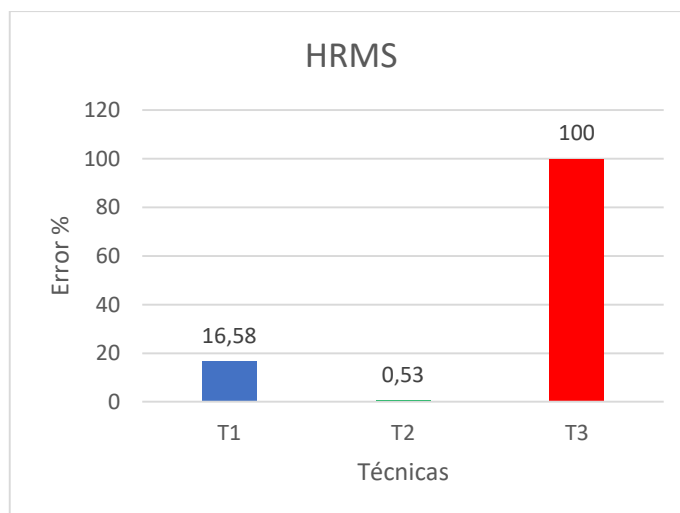


Gráfico 7-3. Error Horizontal Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 8-3 se puede observar que el Error Vertical más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 73.85% y con la Técnica 2 un 99,4% en el error.

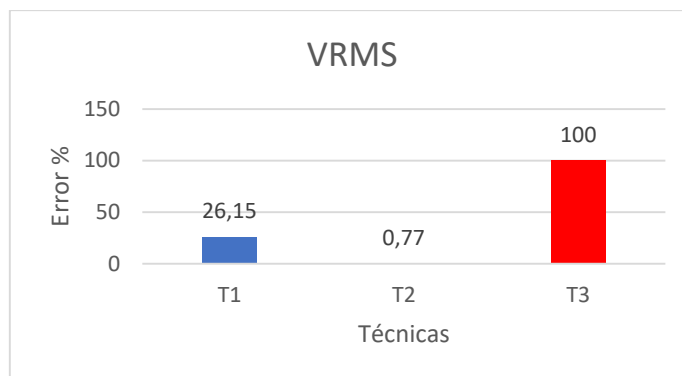


Gráfico 8-3. Error Vertical Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.1.5 Análisis del Terreno Circular Ricpamba

Este terreno se georreferenció levantando información en 18 puntos alcanzando una Precisión Horizontal con la Técnica 1 que oscila entre 0,55 m y 0,74 m, con la Técnica 2 entre 0,007 m y 0,018 m y con la Técnica 3 entre 2,61 m y 6,01 m. También se alcanzó una Precisión Vertical con la Técnica 1 que oscila entre 0,96 m y 1,17 m, con la Técnica 2 entre 0,012 m y 0,027 m, con la Técnica 3 entre 2 m y 6 m como se muestra en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3: Precisión Horizontal y Vertical en Terreno Circular Ricpamba

	T1		T2		T3	
	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS
P1	0,5909	1,057	0,013	0,020	5,46	2,00
P2	0,6619	0,994	0,013	0,022	3,04	4,00
P3	0,7069	1,06	0,013	0,02	5,1	4,00
P4	0,6836	1,024	0,011	0,018	3,46	3,00
P5	0,7216	1,114	0,016	0,025	3,92	2,00
P6	0,6919	1,072	0,011	0,017	3,37	5,00
P7	0,7355	1,154	0,012	0,019	3,66	3,00
P8	0,7119	1,12	0,012	0,019	3,27	4,00
P9	0,6987	1,083	0,01	0,017	3,29	3,00
P10	0,7132	1,169	0,016	0,024	6,01	6,00
P11	0,6256	1,023	0,011	0,018	3,73	3,00
P12	0,5848	1,032	0,007	0,012	2,91	2,00
P13	0,5752	1,024	0,016	0,024	5,59	2,00
P14	0,6028	1,085	0,013	0,021	3,51	2,00
P15	0,5503	0,963	0,016	0,025	4,39	4,00
P16	0,5646	1,000	0,018	0,027	2,61	2,00
P17	0,5998	1,074	0,013	0,02	4,37	5,00
P18	0,5703	1,019	0,014	0,019	4,74	4,00

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 9-3 se puede observar que el Error Horizontal más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 84,08% y con la Técnica 2 un 99,75% en el error.

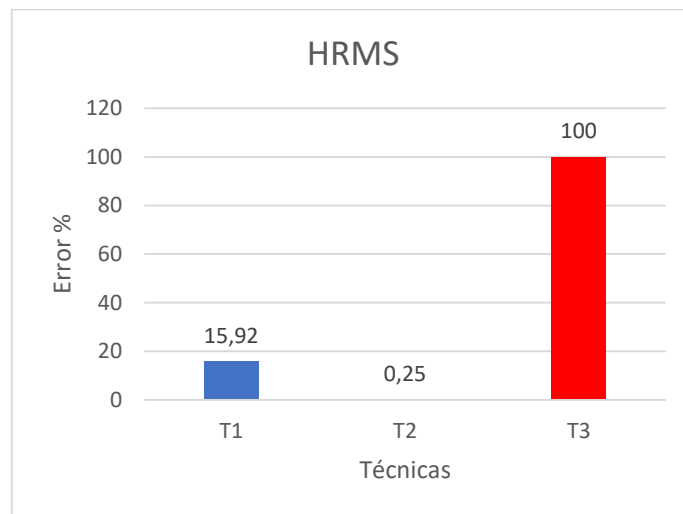


Gráfico 9-3. Error Horizontal Terreno Circular Ricpamba

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 10-3 se puede observar que el Error Vertical más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 68,17% y con la Técnica 2 un 99,4% en el error.

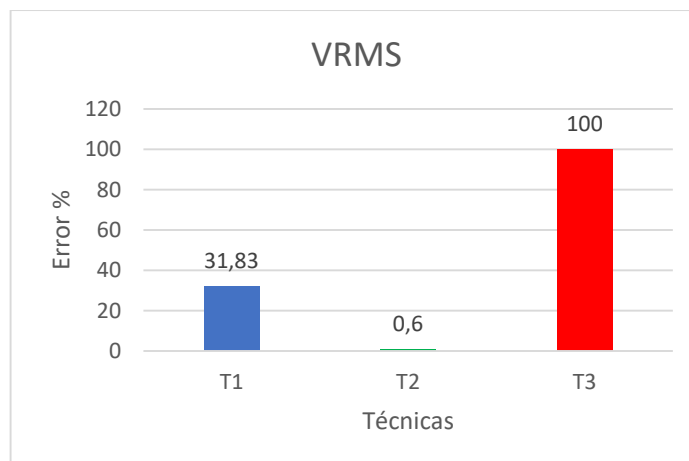


Gráfico 10-3. Error Vertical Terreno Circular Ricpamba

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.1.6 Análisis del Terreno Triangular Ricpamba

Este terreno se georreferenció levantando información en 9 puntos alcanzando una Precisión Horizontal con la Técnica 1 que oscila entre 0,60 m y 0,70 m, con la Técnica 2 entre 0,009 m y

0,022 m y con la Técnica 3 entre 1,77 m y 5,71 m. También se alcanzó una Precisión Vertical con la Técnica 1 que oscila entre 1,01 m y 1,128 m, con la Técnica 2 entre 0,016 m y 0,033 m, con la Técnica 3 entre 2 m y 5 m como se muestra en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3: Precisión Horizontal y Vertical en Terreno Triangular Ricpamba

	T1		T2		T3	
	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS
P1	0,6964	1,034	0,02	0,031	4,58	3,00
P2	0,6302	1,01	0,022	0,033	2,89	5,00
P3	0,6453	1,036	0,011	0,018	1,77	3,00
P4	0,6777	1,128	0,01	0,017	5,32	2,00
P5	0,6133	1,037	0,009	0,016	3,33	3,00
P6	0,5999	1,016	0,011	0,019	3,16	4,00
P7	0,6322	1,105	0,017	0,028	5,71	2,00
P8	0,6106	1,036	0,011	0,018	3,28	4,00
P9	0,6231	1,054	0,013	0,022	3,75	3,00

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 11-3 se puede observar que el Error Horizontal más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 82,93% y con la Técnica 2 un 99,73% en el error.

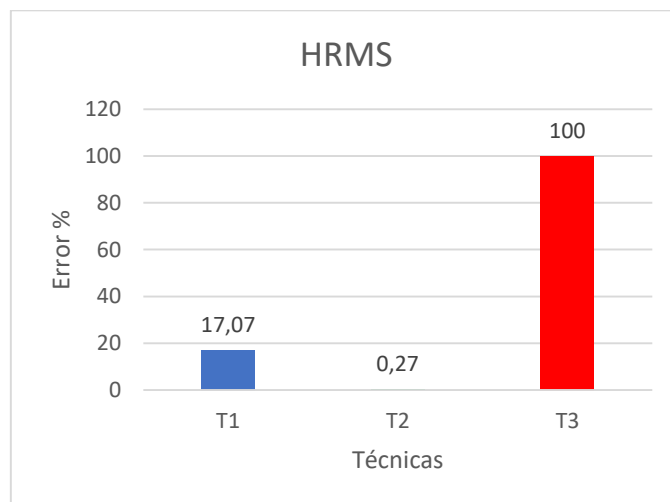


Gráfico 11-3. Error Horizontal Terreno Triangular Ricpamba

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 12-3 se puede observar que el Error Vertical más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 67,39% y con la Técnica 2 un 99,38% en el error.

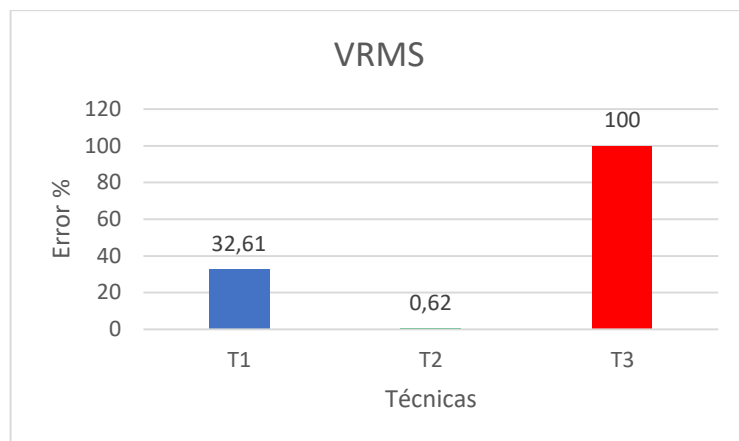


Gráfico 12-3. Error Vertical Terreno Triangular Ricpamba.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020

3.1.7 Análisis del Terreno Cuadrado Chillanes

Este terreno se georreferenció levantando información en 18 puntos alcanzando una Precisión Horizontal con la Técnica 1 que oscila entre 0,73 m y 0,78 m, con la Técnica 2 entre 0,14 m y 0,26 m y con la Técnica 3 entre 2,48 m y 5,67 m. También se alcanzó una Precisión Vertical con la Técnica 1 que oscila entre 1,13 m y 1,28 m, con la Técnica 2 entre 0,20 m y 0,40 m, con la Técnica 3 entre 3 m y 6 m como se muestra en la Tabla 7-3.

Tabla 7-3: Precisión Horizontal y Vertical en Terreno Cuadrado Chillanes

	T1		T2		T3	
	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS
P1	0,7583	1,202	0,136	0,200	2,48	6,00
P2	0,7328	1,133	0,245	0,404	4,18	4,00
P3	0,7725	1,191	0,225	0,272	5,67	3,00
P4	0,7820	1,276	0,258	0,348	3,18	5,00

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 13-3 se puede observar que el Error Horizontal más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 80,41% y con la Técnica 2 un 94,33% en el error.

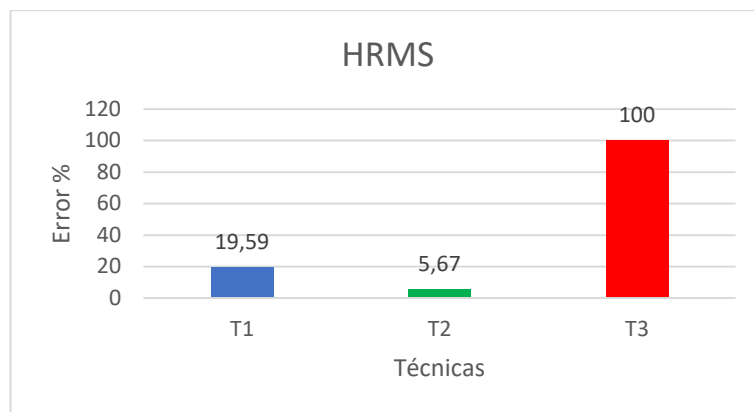


Gráfico 13-3. Error Horizontal Terreno Cuadrado Chillanes.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020

En el Gráfico 14-3 se puede observar que el Error Vertical más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 73,33% y con la Técnica 2 un 93,12% en el error.

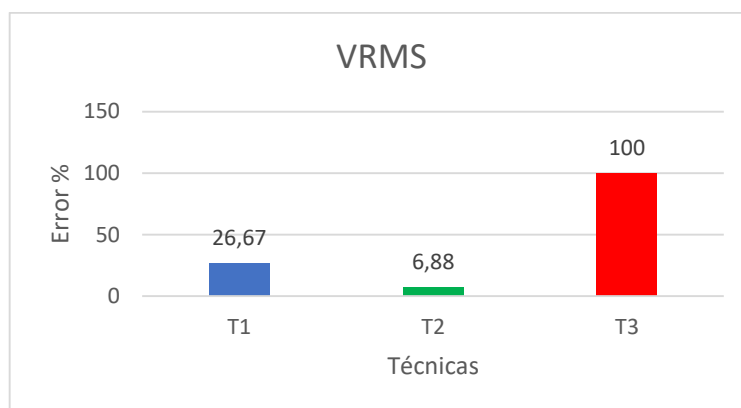


Gráfico 14-3. Error Vertical Terreno Cuadrado Chillanes.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.1.8 Análisis del Terreno Parque Central Penipe

Este terreno se georreferenció levantando información en 4 puntos alcanzando una Precisión Horizontal con la Técnica 1 que oscila entre 0,44 m y 0,51 m, con la Técnica 2 entre 0,009 m y 0,015 m y con la Técnica 3 entre 1,39 m y 3,71 m. También se alcanzó una Precisión Vertical con la Técnica 1 que oscila entre 0,65 m y 0,77 m, con la Técnica 2 entre 0,016 m y 0,024 m, con la Técnica 3 entre 2 m y 4 m como se muestra en la Tabla 8-3.

Tabla 8-3: Precisión Horizontal y Vertical en el Terreno Parque Central Penipe

	T1		T2		T3	
	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS
P1	0,5164	0,7670	0,015	0,024	2,27	2
P2	0,4823	0,7040	0,009	0,016	3,60	2
P3	0,4762	0,6970	0,009	0,016	1,39	4
P4	0,4422	0,6510	0,011	0,019	3,71	2

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 15-3 se puede observar que el Error Horizontal más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 82,5% y con la Técnica 2 un 99,64% en el error.

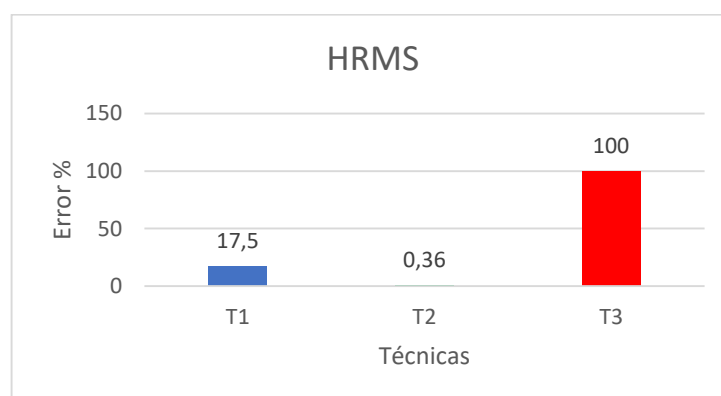


Gráfico 15-3. Error Horizontal del Terreno del Parque Central de Penipe

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 16-3 se puede observar que el Error Vertical más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 72% y con la Técnica 2 un 99,20% en el error.

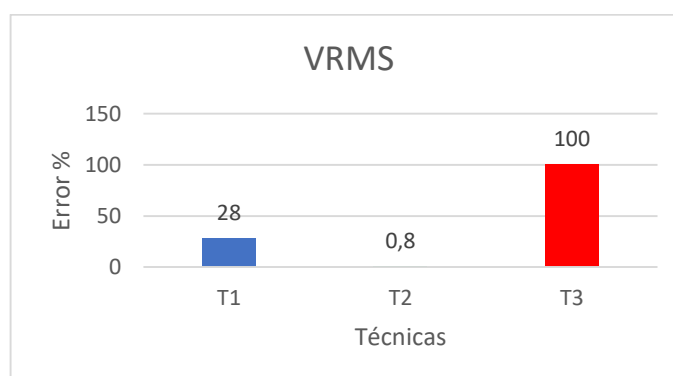


Gráfico 16-3. Error Vertical del Terreno del Parque Central de Penipe

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.1.9 Análisis del Terreno del Terreno Sector Rural Penipe Bayushig

Este terreno se georreferenció levantando información en 6 puntos alcanzando una Precisión Horizontal con la Técnica 1 que oscila entre 0,43 m y 0,57 m, con la Técnica 2 entre 0,008 m y 0,012 m y con la Técnica 3 entre 1,19 m y 3,48 m. También se alcanzó una Precisión Vertical con la Técnica 1 que oscila entre 0,66 m y 1,07 m, con la Técnica 2 entre 0,015 m y 0,019 m, con la Técnica 3 entre 1 m y 4 m como se muestra en la Tabla 9-3.

Tabla 9-3: Precisión Horizontal y Vertical en el Terreno Rural de Bayushig

	T1		T2		T3	
	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS
P1	0,5742	1,0690	0,012	0,019	3,22	3,00
P2	0,4363	0,7020	0,008	0,015	1,54	4,00
P3	0,4434	0,7190	0,008	0,015	1,19	4,00
P4	0,4279	0,6650	0,008	0,016	1,24	3 ,00
P5	0,4350	0,6800	0,008	0,015	3,48	1,00
P6	0,4308	0,6570	0,008	0,016	2,23	3,00

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 17-3 se puede observar que el Error Horizontal más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 78,6% y con la Técnica 2 un 99,53% en el error.

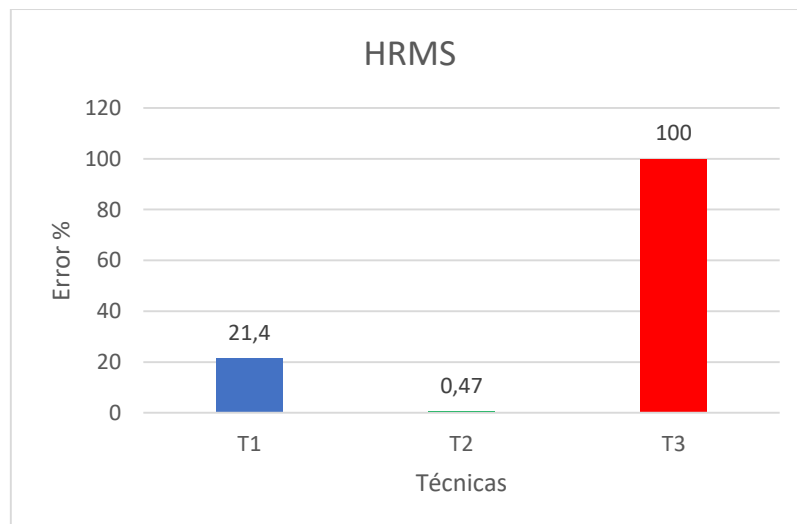


Gráfico 17-3. Error Horizontal del Terreno Rural de Bayushig.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 18-3 se puede observar que el Error Vertical más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 75% y con la Técnica 2 un 99,33% en el error.

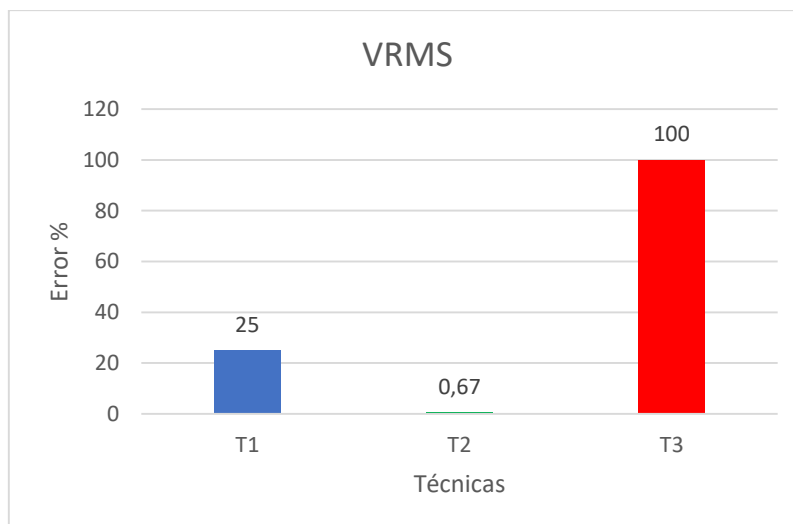


Gráfico 18-3. Error Vertical del Terreno Rural de Bayushig.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.1.10 Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 1

Este terreno se georreferenció levantando información en 4 puntos alcanzando una Precisión Horizontal con la Técnica 1 que oscila entre 0,47 m y 0,56 m, con la Técnica 2 entre 0,009 m y 0,011 m y con la Técnica 3 entre 2,90 m y 4,75 m. También se alcanzó una Precisión Vertical con la Técnica 1 que oscila entre 0,67 m y 0,82 m, con la Técnica 2 entre 0,016 m y 0,020 m, con la Técnica 3 entre 2 m y 4 m como se muestra en la Tabla 10-3.

Tabla 10-3: Precisión Horizontal y Vertical en Terreno en el Sector Colta Columbe 1

	T1		T2		T3	
	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS
P1	0,4711	0,6710	0,011	0,020	3,15	4
P2	0,4753	0,6850	0,011	0,019	4,75	3
P3	0,5588	0,8180	0,009	0,016	4,21	2
P4	0,5274	0,7850	0,010	0,017	2,90	2

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 19-3 se puede observar que el Error Horizontal más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 86,4% y con la Técnica 2 un 99,73% en el error.

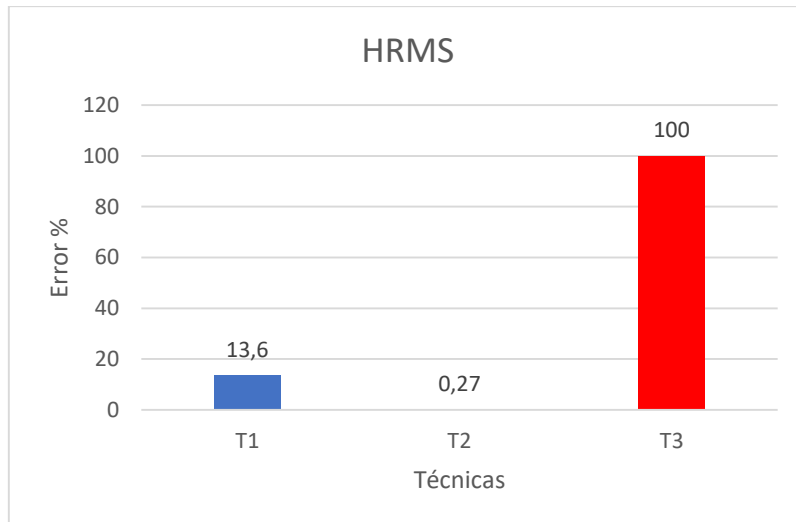


Gráfico 19-3. Error Horizontal Terreno en el Sector Colta Columbe 1

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 20-3 se puede observar que el Error Vertical más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 73,09% y con la Técnica 2 un 99,27% en el error.

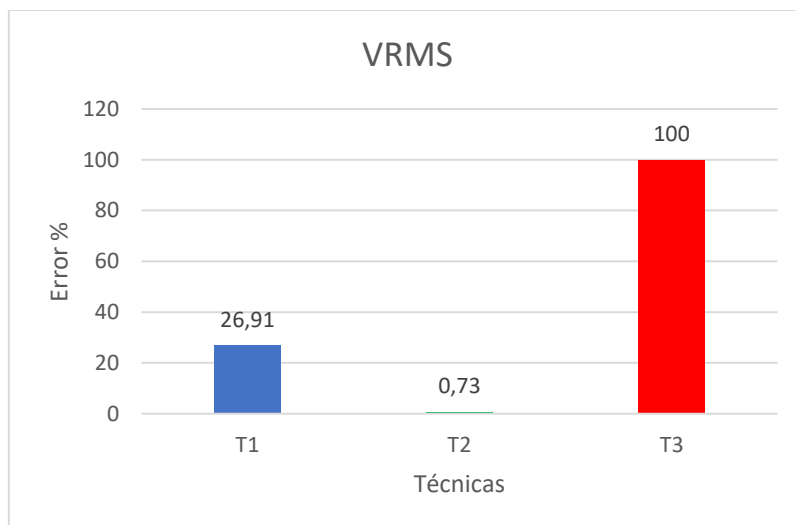


Gráfico 20-3. Error Vertical Terreno en el Sector Colta Columbe 1.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.1.11 Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 2

Este terreno se georreferenció levantando información en 8 puntos alcanzando una Precisión Horizontal con la Técnica 1 que oscila entre 0,56 m y 0,60 m, con la Técnica 2 entre 0,006 m y 0,020 m y con la Técnica 3 entre 2,20 m y 4,72 m. También se alcanzó una Precisión Vertical con

la Técnica 1 que oscila entre 0,67 m y 0,95 m, con la Técnica 2 entre 0,012 m y 0,034 m, con la Técnica 3 entre 2 m y 4 m como se muestra en la Tabla 11-3.

Tabla 11-3: Precisión Horizontal y Vertical en Terreno en el Sector Colta Columbe 2

	T1		T2		T3	
	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS
P1	0,5894	0,6710	0,020	0,034	2,20	3
P2	0,5594	0,8740	0,010	0,016	3,15	3
P3	0,5630	0,8810	0,006	0,012	4,11	4
P4	0,5687	0,8920	0,009	0,016	2,50	3
P5	0,5730	0,9000	0,009	0,016	3,47	2
P6	0,5931	0,9460	0,009	0,015	4,72	3
P7	0,6044	0,9510	0,010	0,016	2,80	2
P8	0,6044	0,9510	0,011	0,019	2,91	2

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 21-1 se puede observar que el Error Horizontal más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 79,86% y con la Técnica 2 un 99,65% en el error.

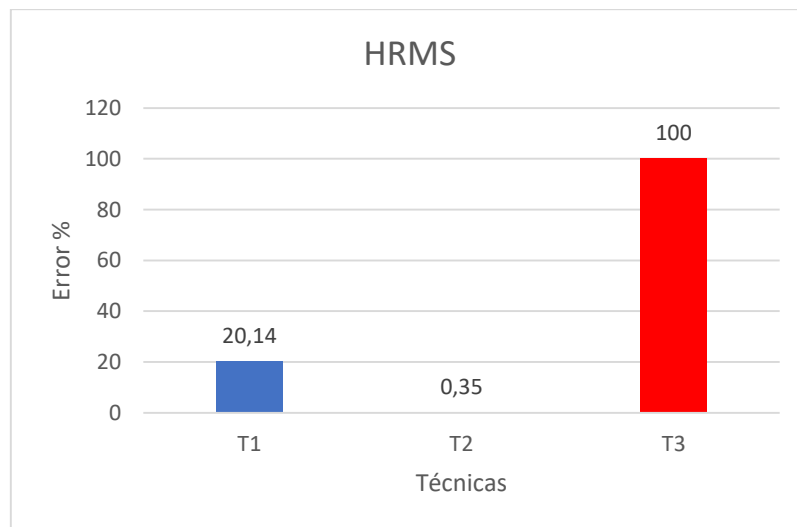


Gráfico 21-3. Error Horizontal Terreno en el Sector Colta Columbe 2.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 22-3 se puede observar que el Error Vertical más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 68% y con la Técnica 2 un 99,27% en el error.

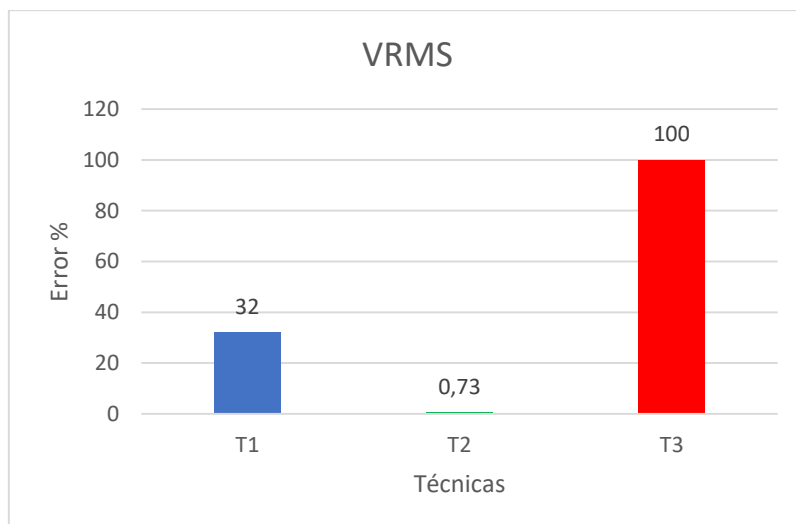


Gráfico 22-3. Error Vertical Terreno en el Sector Colta Columbe 2.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.1.12 Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 3

Este terreno se georreferenció levantando información en 9 puntos alcanzando una Precisión Horizontal con la Técnica 1 que oscila entre 0,53 m y 0,62 m, con la Técnica 2 entre 0,009 m y 0,020 m y con la Técnica 3 entre 1,13 m y 3,40 m. También se alcanzó una Precisión Vertical con la Técnica 1 que oscila entre 0,82 m y 0,89 m, con la Técnica 2 entre 0,017 m y 0,033 m, con la Técnica 3 entre 1 m y 2 m como se muestra en la Tabla 12-3.

Tabla 12-3: Precisión Horizontal y Vertical en Terreno en el Sector Colta Columbe 3

	T1		T2		T3	
	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS
P1	0,5333	0,8230	0,011	0,017	2,45	2,00
P2	0,5304	0,8230	0,009	0,017	3,28	2,00
P3	0,5289	0,8320	0,018	0,028	3,00	2,00
P4	0,5275	0,8250	0,011	0,019	1,13	2,00
P5	0,5354	0,8150	0,011	0,019	1,74	2,00
P6	0,5503	0,8250	0,012	0,021	3,40	2,00
P7	0,6010	0,8670	0,020	0,033	3,00	2,00
P8	0,6219	0,8850	0,012	0,021	1,81	1,00
P9	0,5500	0,8320	0,013	0,022	2,38	2,00

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 23-3 se puede observar que el Error Horizontal más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 77,73% y con la Técnica 2 un 99,6% en el error.

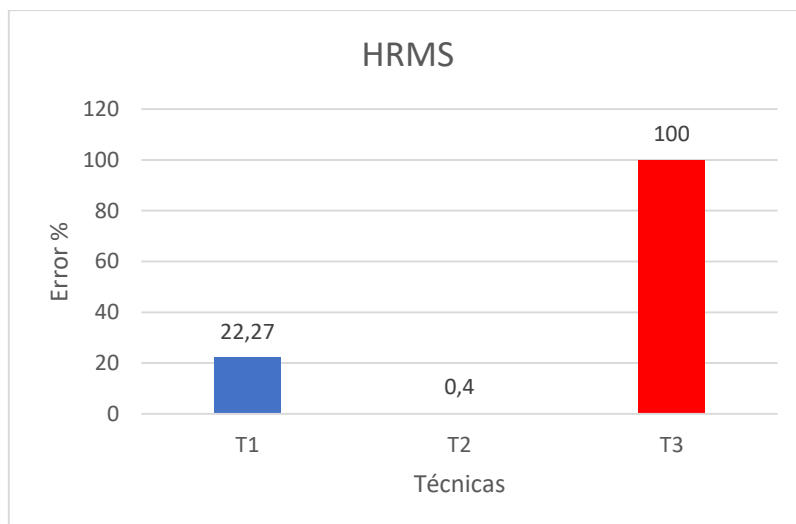


Gráfico 23-3. Error Horizontal Terreno en el Sector Colta Columbe 3.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 24-3 se puede observar que el Error Vertical más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 55,56% y con la Técnica 2 un 98,94% en el error.

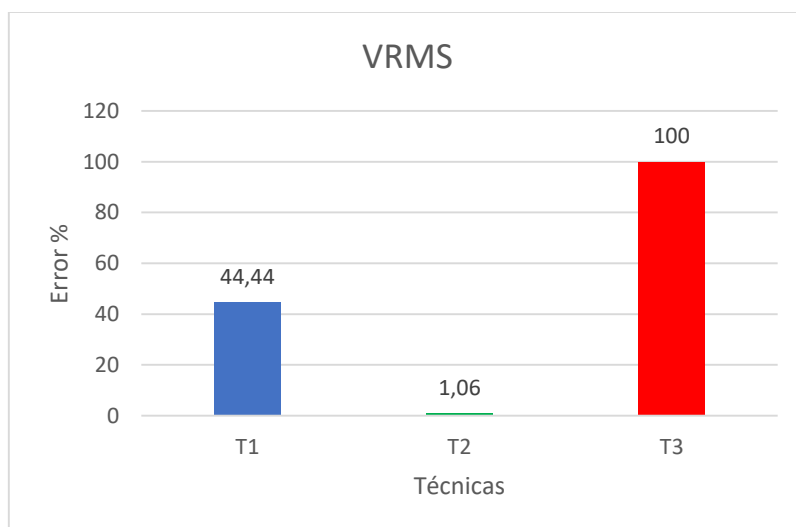


Gráfico 24-3. Error Vertical Terreno en el Sector Colta Columbe 3.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.1.13 Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 4

Este terreno se georreferenció levantando información en 4 puntos alcanzando una Precisión Horizontal con la Técnica 1 que oscila entre 0,49 m y 0,55 m, con la Técnica 2 entre 0,008 m y 0,009 m y con la Técnica 3 entre 1,89 m y 3,64 m. También se alcanzó una Precisión Vertical con la Técnica 1 que oscila entre 0,72 m y 0,81 m, con la Técnica 2 entre 0,015 m y 0,017 m, con la Técnica 3 entre 1 m y 5 m como se muestra en la Tabla 13-3.

Tabla 13-3: Precisión Horizontal y Vertical en Terreno en el Sector Colta Columbe 4

	T1		T2		T3	
	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS	HRMS	VRMS
P1	0,5276	0,7720	0,009	0,017	2,67	4
P2	0,5496	0,8130	0,008	0,015	1,89	1
P3	0,5454	0,8130	0,008	0,015	2,32	2
P4	0,4930	0,7240	0,008	0,015	3,64	5

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 25-3 se puede observar que el Error Horizontal más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 79.85% y con la Técnica 2 un 99,62% en el error.

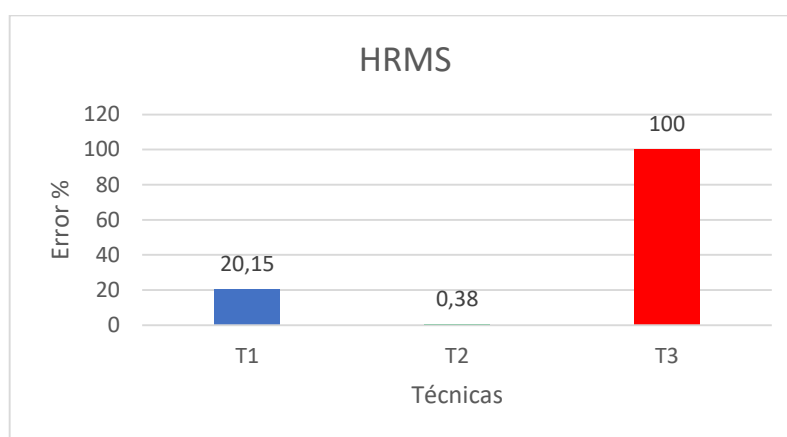


Gráfico 25-3. Error Horizontal Terreno en el Sector Colta Columbe 4

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En el Gráfico 26-3 se puede observar que el Error Vertical más alto se evidencia cuando usamos la Técnica 3, con la Técnica 1 hay una reducción del 74% y con la Técnica 2 un 99,33% en el error.

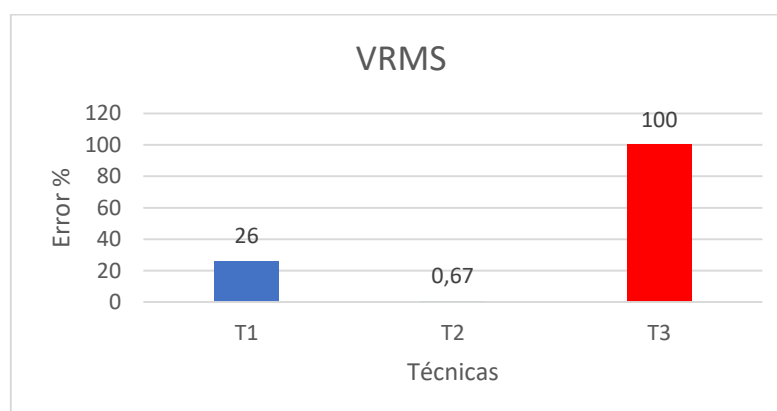


Gráfico 26-3. Error Vertical Terreno en el Sector Colta Columbe 4.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.2 Análisis Gráfico

3.2.1 Análisis del Terreno Polígono Irregular Ricpamba

Se tomaron datos con tres Técnicas los mismos que se representados gráficamente en la Figura 1-3 mediante el uso del software ArcGIS. Con esta comparativa podemos ver gráficamente la diferencia entre las formas generadas con las tres Técnicas, siendo la Técnica NTRIP la más precisa respecto al mapa base mientras que las Técnicas Estática y AGPS tienen un margen de error más notorio. En este caso el NTRIP es más exacto en todos los puntos tomados mientras que el Estático en varias de los puntos tienen una desviación de la posición real pero aún mantiene la forma general, en el caso de la Técnica AGPS las desviaciones de sus puntos hacen que la forma final sea totalmente distinta al terreno real.

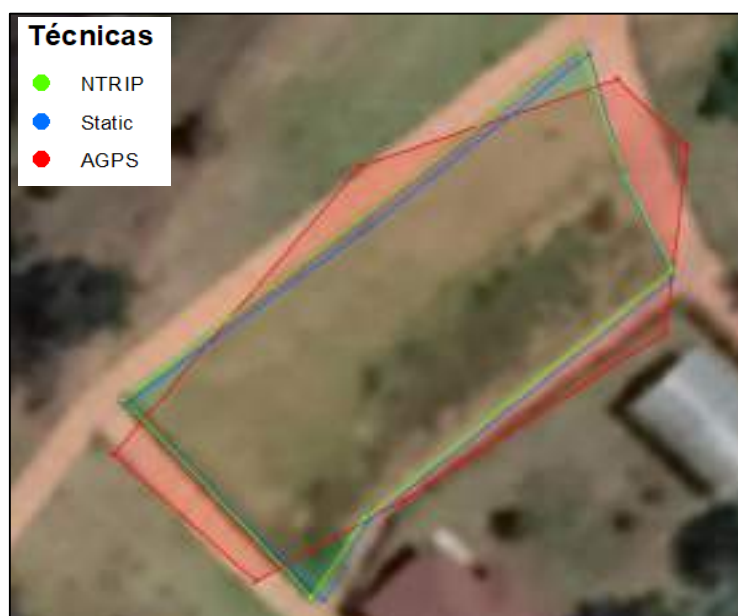


Figura 1-3. Puntos tomados en el terreno Polígono Irregular

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.2.2 Análisis del Terreno Polígono Irregular parque La Georgina

Se tomaron datos con tres Técnicas los mismos que se representados gráficamente en la Figura 2-3 mediante el uso del software ArcGIS. En esta prueba la Técnica NTRIP sigue siendo la más precisa respecto al mapa base mientras que las Técnicas Estática y AGPS tienen un margen de error más notorio. En este caso el NTRIP es más exacto en todos los puntos tomados mientras que el Estático en varias de los puntos especialmente en los que tienen una obstrucción cercana tienen una desviación de la posición real, en el caso de la Técnica AGPS se puede apreciar un

caso similar ya que su punto más despejado es el que mantiene mayor precisión, pero las desviaciones de sus demás puntos hacen que la forma final sea totalmente distinta al terreno real.



Figura 2-3. Puntos tomados en el terreno irregular

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.2.3 Análisis del Terreno Ovalado Ricpamba

Se tomaron datos con tres Técnicas los mismos que se representados gráficamente en la Figura 3-3 mediante el uso del software ArcGIS. Observando los polígonos generados la Técnica NTRIP sigue siendo la más precisa respecto al mapa base las Técnicas Estática y AGPS aún mantienen tienen un margen de error notorio. A pesar de ser un terreno con una forma peculiar la Técnica NTRIP en todos los puntos tomados mantiene una exactitud que permite generar una forma muy semejante a la real, por otro lado, la Técnica Estática visualmente presenta una forma general buena pero alejada de la forma real, en la Técnica AGPS la forma final da un polígono con errores tanto en tamaño como en forma.



Figura 3-3. Puntos tomados en el terreno Ovalado

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.2.4 Análisis del Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba

Se tomaron datos con tres Técnicas los mismos que se representados gráficamente en la Figura 4-3 mediante el uso del software ArcGIS. Este terreno es uno de los más complejos debido a la variedad de formas que posee teniendo curvaturas leves y pronunciadas, así como líneas rectas. A pesar de estas dificultades la Técnica NTRIP genero un polígono preciso y acorde con el terreno real analizado, la Técnica Estática generó un polígono similar en forma, pero con una desviación notoria en la ubicación general, por último, la Técnica AGPS, aunque tiene un margen de error notorio mantiene un trazado paralelo a la representación del terreno, pero con múltiples desviaciones en sus puntos lo cual en conjunto crea demasiados errores en la forma final.



Figura 4-3. Puntos tomados en el terreno Irregular Grande Ricpamba.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.2.5 Análisis del Terreno Circular Ricpamba

Se tomaron datos con tres Técnicas los mismos que se representados gráficamente en la Figura 5-3 mediante el uso del software ArcGIS. En esta prueba se tomó un terreno con una forma circular pero ideal para la visualización gráfica de las formas generadas por las Técnicas teniendo un tamaño pequeño y una forma circular se debía tomar una cantidad de puntos suficientes para que se creara la forma más acercada al modelo real, pero optimizando recursos y tiempo, de esta forma y en igualdad de condiciones el resultado final se inclinó por la Técnica NTRIP ya que fue la más precisa respecto al mapa real base mientras que la Técnica Estática varió las posiciones de sus puntos reales alejándose de la forma deseada a pesar de esto los resultados de la Técnica AGPS tienen un margen de error más grande siendo un polígono totalmente diferente a la forma real y de un tamaño del doble del terreno real.



Figura 5-3. Puntos tomados en el terreno Circular

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.2.6 Análisis del Terreno Triangular Ricpamba

Se tomaron datos con tres Técnicas los mismos que se representados gráficamente en la Figura 6-3 mediante el uso del software ArcGIS. El terreno escogido tiene una forma triangular además de una área circundante despejada y muchas líneas rectas, en la visualización de las gráficas obtenidas por cada Técnica podemos ver una cierta similitud entre las Técnicas NTRIP y Estática, sin embargo NTRIP sigue siendo más precisa y confiable, por otro lado la Técnica AGPS sigue mostrando una desviación en la posición de sus puntos con la diferencia que en esta ocasión muestra una constante ya que todos están desviados al lado derecho de la posición real.

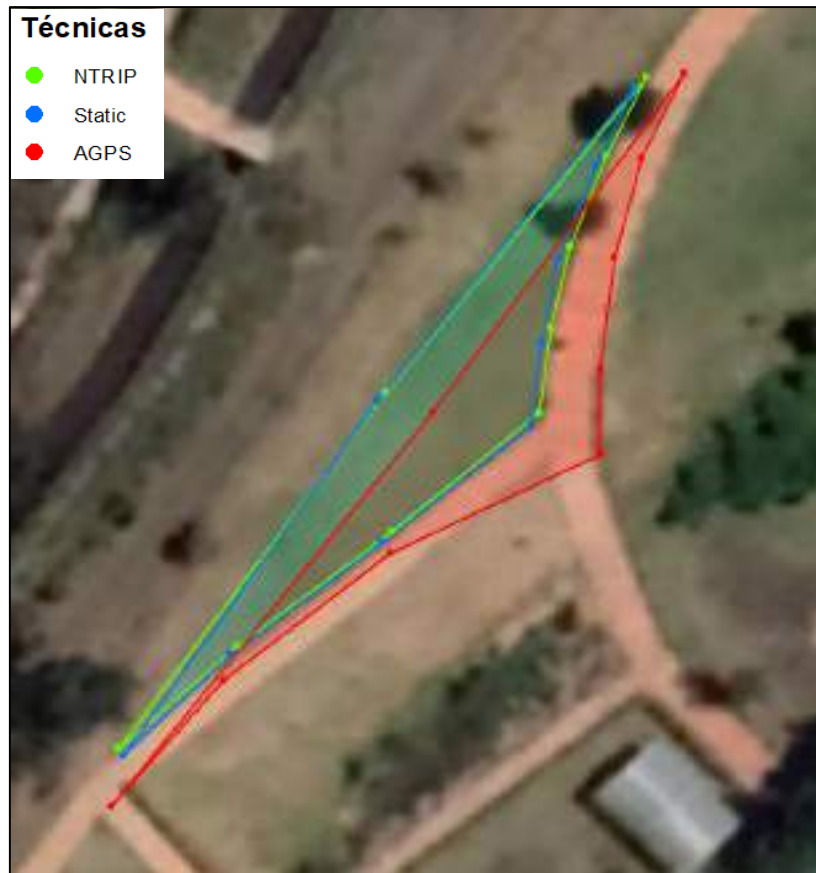


Figura 6-3. Puntos tomados en el terreno con forma Triangular

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.2.7 Análisis del Terreno Cuadrado Chillanes

Se tomaron datos con tres Técnicas los mismos que se representados gráficamente en la Figura 7-3 mediante el uso del software ArcGIS. El terreno presentado tiene la particularidad el tener una forma común siendo un rectángulo y solo necesitar de cuatro puntos para dar su forma, pero con un par de obstrucciones por construcción a su alrededor y ubicado a una distancia considerable del sistema de asistencia para NTRIP. A pesar de esto NTRIP muestra una mejor forma resultante que la Estática y mucho mejor que la AGPS las cuales variaron considerablemente tanto en ubicación como en tamaño considerando las facilidades de este terreno.



Figura 7-3. Puntos tomados en el Terreno Cuadrado Chillanes

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.2.8 Análisis del parque central Penipe

Se tomaron datos con tres Técnicas los mismos que se representados gráficamente en la Figura 8-3 mediante el uso del software ArcGIS. Se procedió a tomar como terreno de prueba el parque central del cantón Penipe, mismo que tenía una forma cuadrada y lados rectos, los polígonos resultantes mostraron una similitud en forma entre NTRIP y Estática, pero con mejor precisión en la ubicación dada por NTRIP, la Técnica AGPS sigue mostrando problemas en la ubicación de sus puntos por lo cual también la forma del polígono generado se ve afectada.



Figura 8-3. Puntos tomados en el parque Central del Cantón Penipe.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.2.9 Análisis del Terreno Sector Rural Penipe Bayushig

Se tomaron datos con tres Técnicas los mismos que se representados gráficamente en la Figura 9-3 mediante el uso del software ArcGIS. Cerca del cantón Penipe está la parroquia de Bayushig en la misma se procedió a tomar el terreno antes mostrado, los datos obtenidos en el mismo por las Técnicas utilizadas mostraron buenos resultados sin embargo las Técnicas NTRIP y Estáticas dan mayor confiabilidad al momento de ver los polígonos resultantes ya que AGPS sigue mostrando problemas considerables a nivel de la variación en sus puntos con respecto a la ubicación real.



Figura 9-3. Puntos tomados en el Sector Rural Bayushig

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.2.10 *Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 1*

Se tomaron datos con tres Técnicas los mismos que se representados gráficamente en la Figura 10-3 mediante el uso del software ArcGIS. Al poner a prueba las Técnicas de georreferenciación en un terreno rectangular de grandes dimensiones se puede observar que los polígonos obtenidos son muy similares a la forma real del terreno esto sin embargo se debe a la forma misma del terreno y su extensión ya que a un plano más alejado las diferencias entre el polígono obtenido y el real son menos perceptibles pero sin embargo tienen una gran diferencia entre los datos mostrados y los reales la Técnica AGPS sigue teniendo falencias en la colocación de sus puntos logrando errores grandes aún más en largas extensiones.

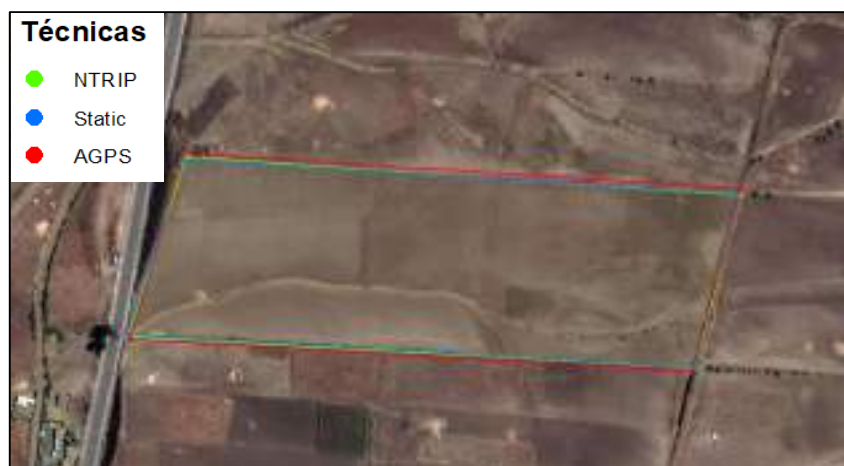


Figura 10-3. Puntos tomados en el Sector Rural Columbe 1

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.2.11 Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 2

Se tomaron datos con tres Técnicas los mismos que se representados gráficamente en la Figura 11-3 mediante el uso del software ArcGIS. Se analizó este terreno que se encuentra junto al anterior y gráficamente podemos apreciar las diferencias en los puntos obtenidos por cada Técnica se ve la forma mejor definida del NTRIP, así como la forma definida pero fuera de la ubicación de la Técnica Estática y la Técnica AGPS que mantiene los grandes errores que llevan a tener un polígono muy irregular teniendo rectas fuera de lugar y picos de terreno donde no existen en la forma real.



Figura 11-3. Puntos tomados en el Sector Rural Columbe 2

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.2.12 Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 3

Se tomaron datos con tres Técnicas los mismos que se representados gráficamente en la Figura 12-3 mediante el uso del software ArcGIS. Observando la imagen obtenida nos damos cuenta que la comparación entre las Técnicas arroja claramente la falta de precisión en la Técnica AGPS la misma que presenta discrepancias en la forma de sus lados ocasionado por la ubicación incorrecta

de sus puntos, la Técnica Estática presenta una mejor forma final pero aún mantiene un margen de error en la distancia con respecto a la forma real lo que se puede traducir en parte de terreno fuera de lugar, finalmente la Técnica NTRIP mantiene una mejor relación entre el polígono generado y la forma real del terreno siendo esto lo más recomendable.

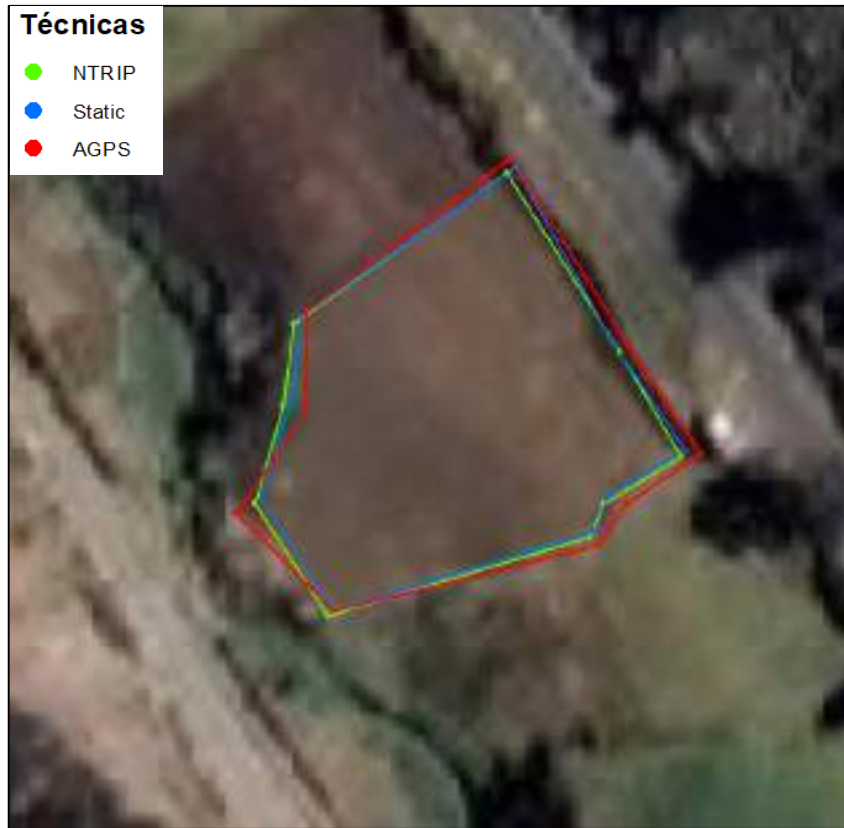


Figura 12-3. Puntos tomados en el Sector Rural Columbe 3

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.2.13 Análisis del Terreno Sector Rural Colta Columbe 4

Se tomaron datos con tres Técnicas los mismos que se representados gráficamente en la Figura 13-3 mediante el uso del software ArcGIS. Este terreno tiene lados rectos por lo cual se puede obtener su forma con pocos puntos aun así la importancia de la calidad y confiabilidad de los datos en estos puntos definen el resultado final, como podemos observar los puntos obtenidos con las Técnicas NTRIP y Estática son diferentes a la de AGPS siendo los de esta ultima los más alejados a la forma real del terreno sobre todo en cuanto al tamaño respecta situaciones nada favorables para un proceso de georreferenciación, por otro lado las dos Técnicas restantes tienen mejor relación grafica respecto a su versión original pudiendo ser más útiles para este trabajo en este escenario en particular.



Figura 13-3. Puntos tomados en el Sector Rural Columbe 4

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.3 Análisis Estadístico

Con los resultados obtenidos se realiza un análisis estadístico haciendo uso del software SPSS 21 para comprobar la similitud o diferencia de los resultados que se obtuvieron con las tres técnicas y para verificar que los datos estadísticamente sean confiables. Para el análisis en todos los terrenos se usarán los valores del error horizontal (HRMS) y vertical (VRMS), con las Técnicas Estática, NTRIP y AGPS.

3.3.1 Prueba ANOVA

Para la comparación estadística de los datos procederemos a realizar la prueba ANOVA de un factor, esta la realizaremos en tres terrenos ya que estos muestran una distribución normal el cual es un requisito que se debe cumplir para la prueba ANOVA.

Definimos la Hipótesis Nula (H_0) que plantea que las medias de las mediciones de errores en las tres Técnicas son iguales y una Hipótesis Alternativa (H_1) que expone que al menos una pareja de medias serán diferentes.

H_0 : Las medias de las mediciones de errores con las tres técnicas son iguales.

H_1 : Existe al menos una pareja de medias en las mediciones de errores que van a ser diferentes.

$$H_0: \bar{X}_1 = \bar{X}_2 = \bar{X}_3$$

$$H_1: \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2 \neq \bar{X}_3$$

\bar{X}_1 : Media de los valores de error en modo Estático.

\bar{X}_2 : Media de los valores de error con la técnica NTRIP.

\bar{X}_3 : Media de los valores de error con la técnica AGPS.

Para la prueba de ANOVA el conjunto de los datos ingresados debe cumplir con algunos requisitos los cuales son:

- **Distribución Normal de los datos:** Con esto comprobamos que los datos sigan una distribución normal mediante la prueba estadística de Shapiro-Wilk, definiendo un nivel de significancia al 5% (0,05), los datos resultantes deberán ser mayores a este valor para que se pueda considerar que están normalizados.
- **Homogeneidad de Varianzas:** Para realizar la prueba de ANOVA los datos deben ser homogéneos sin embargo en el caso de no cumplir esta condición se asume que no tiene varianzas iguales y en la comparación múltiple Post Hoc se puede usar el método Games-Howell.
- **Independencia de los datos:** Esto se considera cumplido ya que la toma de datos se realizó de forma independiente y en ningún caso se dependió de alguna otra medida.

La prueba ANOVA compara cada media de los datos con las demás obteniendo como resultado los valores de probabilidad, cuyos valores son comparados con el nivel de significancia a trabajar (0,05) y esto ayudara en la elección de aceptar la Hipótesis nula o Alternativa.

3.3.1.1 Análisis Estadístico del Terreno Polígono Irregular Ricpamba

- *Prueba de Normalidad*

Una vez realizada la prueba de normalidad misma que podemos ver en la Tabla 14-3 podemos verificar que los datos tomados con las tres técnicas superan el nivel de significancia del 5% (0,05), considerando de esta forma que los datos tienden a seguir una distribución normal.

Tabla 14-3: Prueba de Normalidad en Terreno Polígono Irregular Ricpamba

PRUEBAS DE NORMALIDAD				
TRES TÉCNICAS		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno1	T1	,949	7	,723
	T2	,896	7	,307
	T3	,951	7	,743
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno1	T1	,920	7	,468
	T2	,921	7	,478
	T3	,932	7	,568

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

- *Prueba de Homogeneidad de Varianzas*

Realizando la prueba de homogeneidad de los datos podemos ver en la Tabla 15-3 que el valor resultante de probabilidad no supera la significancia por lo cual no posee homogeneidad.

Tabla 15-3: Prueba de Homogeneidad en Terreno Polígono Irregular Ricpamba

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno1	Se basa en la media	11,472	2	18	,001
	Se basa en la mediana	11,305	2	18	,001
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	11,305	2	6,041	,009
	Se basa en la media recortada	11,618	2	18	,001
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno1	Se basa en la media	11,635	2	18	,001
	Se basa en la mediana	9,608	2	18	,001
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	9,608	2	6,003	,013
	Se basa en la media recortada	11,034	2	18	,001

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

- *Prueba de ANOVA*

Como nos muestra la Tabla 16-3 al realizar la comparación de las medias las probabilidades son menores al nivel de significancia del 5% (0,05), esto ocurre para los casos de errores horizontales y verticales por lo cual debemos rechazar la Hipótesis nula y aceptar la Hipótesis alternativa.

Tabla 16-3: Prueba Anova en Terreno Polígono Irregular Ricpamba

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno1	Entre grupos	53,895	2	26,947	202,097	,000
	Dentro de grupos	2,400	18	,133		
	Total	56,295	20			
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno1	Entre grupos	105,112	2	52,556	24,341	,000
	Dentro de grupos	38,865	18	2,159		
	Total	143,977	20			

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Una vez aceptada la Hipótesis alternativa veremos cuál de los conjuntos de datos son iguales o distintos, para esto ya que comprobamos que los mismos no cumplen una homogeneidad se realizará la prueba de comparación múltiple por Games-Howell con lo cual obtenemos la Tabla 17-3 y podemos llegar a la conclusión que las tres técnicas son estadísticamente distintas eso debido a que entre los valores de comparación en pares ninguno de sus porcentajes supera al nivel de significancia del 5%.

Tabla 17-3: Prueba de comparación múltiple en Terreno Polígono Irregular Ricpamba

COMPARACIONES MÚLTIPLES					
Games-Howell					
Variable dependiente	(I) Técnicas	(J) Técnicas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno1	T1	T2	,5501000*	,0119728	,000
		T3	-3,0897571*	,2390504	,000
	T2	T1	-,5501000*	,0119728	,000
		T3	-3,6398571*	,2387516	,000
	T3	T1	3,0897571*	,2390504	,000
		T2	3,6398571*	,2387516	,000
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno1	T1	T2	,8774286*	,0138053	,000
		T3	-4,2460000*	,9619562	,011
	T2	T1	-,8774286*	,0138053	,000
		T3	-5,1234286*	,9618581	,004
	T3	T1	4,2460000*	,9619562	,011
		T2	5,1234286*	,9618581	,004

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Analizando los resultados obtenidos podemos decir que se aceptó la Hipótesis alternativa y estadísticamente se comprobó que los datos obtenidos en este terreno con las tres técnicas tienen una gran diferencia por lo cual son distintos.

3.3.1.2 Análisis Estadístico del Terreno Polígono Irregular parque La Georgina

- *Prueba de Normalidad*

Una vez realizada la prueba de normalidad misma que podemos ver en la Tabla 18-3 podemos verificar que los datos tomados con las tres técnicas superan el nivel de significancia del 5% (0,05), considerando de esta forma que los datos tienden a seguir una distribución normal.

Tabla 18-3: Prueba de Normalidad en Terreno Polígono Irregular parque La Georgina

PRUEBAS DE NORMALIDAD				
TRES TÉCNICAS		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno2	T1	,896	6	,352
	T2	,875	6	,245
	T3	,933	6	,606
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno2	T1	,908	6	,421
	T2	,978	6	,944
	T3	,818	6	,085

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

- *Prueba de Homogeneidad de Varianzas*

Realizando la prueba de homogeneidad de los datos podemos ver en la Tabla 19-3 que el valor resultante de probabilidad no supera la significancia por lo cual no posee homogeneidad.

Tabla 19-3: Prueba de Homogeneidad en Terreno Polígono Irregular parque La Georgina

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno2	Se basa en la media	12,694	2	15	,001
	Se basa en la mediana	4,976	2	15	,022
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	4,976	2	5,032	,064
	Se basa en la media recortada	12,153	2	15	,001
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno2	Se basa en la media	5,470	2	15	,016
	Se basa en la mediana	5,164	2	15	,020
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	5,164	2	5,041	,060
	Se basa en la media recortada	5,422	2	15	,017

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

- *Prueba de ANOVA*

Al realizar la comparación de las medias como nos muestra la Tabla 20-3 las probabilidades son menores al nivel de significancia del 5%, esto ocurre para los casos de errores horizontales y verticales por lo cual debemos rechazar la Hipótesis nula y aceptar la Hipótesis alternativa.

Tabla 20-3: Prueba Anova en Terreno Polígono Irregular parque La Georgina

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno2	Entre grupos	48,171	2	24,086	24,254	,000
	Dentro de grupos	14,896	15	,993		
	Total	63,067	17			
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno2	Entre grupos	47,208	2	23,604	14,180	,000
	Dentro de grupos	24,969	15	1,665		
	Total	72,178	17			

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Una vez aceptada la Hipótesis alternativa veremos cuál de los conjuntos de datos son iguales o si a su vez estos son distintos, ya que comprobamos que los mismos no cumplen una homogeneidad se realizará la prueba de comparación múltiple por Games-Howell con lo cual obtenemos la Tabla 21-3, entre los valores de comparación en pares solo uno de estos supera el porcentaje de significancia del 5%, esto en la comparación de los datos del error vertical entre la Técnica T1 – T3 lo cual nos arroja un valor de 0,057 el mismo que a pesar de estar en el valor de significancia del 5% no da un rango de seguridad por lo cual no se considera factible asegurar que son iguales, por lo cual podemos llegar a la conclusión que las tres técnicas son estadísticamente distintas.

Tabla 21-3: Prueba de comparación múltiple en Terreno Irregular parque La Georgina

COMPARACIONES MÚLTIPLES					
Games-Howell					
Variable dependiente	(I) Técnicas	(J) Técnicas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno2	T1	T2	,6830333*	,0529135	,000
		T3	-3,0779667*	,7046475	,016
	T2	T1	-,6830333*	,0529135	,000
		T3	-3,7610000*	,7026620	,007
	T3	T1	3,0779667*	,7046475	,016
		T2	3,7610000*	,7026620	,007
Error Vertical de mediciones de errores con	T1	T2	,9625000*	,0673514	,000
		T3	-2,8515000	,9123116	,057
	T2	T1	-,9625000*	,0673514	,000
		T3	-3,8140000*	,9098238	,019

las técnicas en el Terreno2	T3	T1	2,8515000	,9123116	,057
		T2	3,8140000*	,9098238	,019

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En base a los resultados obtenidos podemos aceptar la Hipótesis alternativa con lo cual estadísticamente se comprobó que los datos obtenidos en este terreno por las tres Técnicas tienen una gran diferencia siendo estos distintos entre sí.

3.3.1.3 Análisis Estadístico del Terreno Cuadrado Chillanes

- *Prueba de Normalidad*

En la Tabla 22-3 podemos ver la prueba de normalidad realizada, misma que nos ayuda a verificar que los datos tomados con las tres Técnicas superan el nivel de significancia del 5% (0,05), considerando de esta forma que los datos tienden a seguir una distribución normal.

Tabla 22-3: Prueba de Normalidad en el Terreno Cuadrado del cantón Chillanes

PRUEBAS DE NORMALIDAD				
TRES TÉCNICAS		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno7	T1	,952	4	,726
	T2	,836	4	,185
	T3	,969	4	,833
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno7	T1	,968	4	,831
	T2	,983	4	,921
	T3	,993	4	,972

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

- *Prueba de Homogeneidad de Varianzas*

Realizando la prueba de homogeneidad de los datos podemos ver en la Tabla 23-3 que el valor resultante de probabilidad no supera la significancia por lo cual no posee una homogeneidad.

Tabla 23-3: Prueba de Homogeneidad en el Terreno Cuadrado del cantón Chillanes

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno7	Se basa en la media	9,189	2	9	,007
	Se basa en la mediana	8,262	2	9	,009
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	8,262	2	3,024	,060
	Se basa en la media recortada	9,183	2	9	,007

Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno7	Se basa en la media	10,651	2	9	,004
	Se basa en la mediana	10,650	2	9	,004
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	10,650	2	3,052	,042
	Se basa en la media recortada	10,651	2	9	,004

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

- *Prueba de ANOVA*

Al realizar la comparación como nos muestra la Tabla 24-3 las medias arrojan probabilidades que son menores al nivel de significancia del 5%, esto ocurre tanto para los casos de errores horizontales y verticales lo cual nos ayuda a rechazar la Hipótesis nula y aceptar la Hipótesis alternativa.

Tabla 24-3: Prueba Anova en el Terreno Cuadrado del cantón Chillanes

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno7	Entre grupos	31,219	2	15,609	24,4 13	,000
	Dentro de grupos	5,755	9	,639		
	Total	36,973	11			
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno7	Entre grupos	39,035	2	19,518	34,8 94	,000
	Dentro de grupos	5,034	9	,559		
	Total	44,069	11			

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Una vez aceptada la Hipótesis alternativa veremos cuál de los conjuntos de datos son iguales o si a su vez estos son distintos, ya que comprobamos que los mismos no cumplen una homogeneidad se realizará la prueba de comparación múltiple por Games-Howell con lo cual obtenemos la Tabla 25-3 y podemos llegar a la conclusión que las tres Técnicas son estadísticamente distintas esto ya que entre los valores de comparación en pares ninguno de sus porcentajes supera al nivel de significancia del 5%.

Tabla 25-3: Prueba de comparación múltiple en el Terreno Cuadrado del cantón Chillanes

COMPARACIONES MÚLTIPLES					
Games-Howell					
Variable dependiente	(I) Técnicas	(J) Técnicas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno7	T1	T2	,5454000*	,0295256	,000
		T3	-3,1161000*	,6919447	,041
	T2	T1	-,5454000*	,0295256	,000
		T3	-3,6615000*	,6924089	,027
	T3	T1	3,1161000*	,6919447	,041
		T2	3,6615000*	,6924089	,027
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno7	T1	T2	,8945000*	,0533143	,000
		T3	-3,2995000*	,6461649	,029
	T2	T1	-,8945000*	,0533143	,000
		T3	-4,1940000*	,6470291	,015
	T3	T1	3,2995000*	,6461649	,029
		T2	4,1940000*	,6470291	,015

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En base a los resultados obtenidos en el análisis podemos concluir que se aceptó la Hipótesis alternativa y estadísticamente se comprobó que los datos obtenidos en este terreno por las tres Técnicas utilizadas tienen una gran diferencia por lo cual son distintos.

3.3.2 Prueba Kruskal-Wallis

Debido a que los datos de las mediciones de los errores en 10 terrenos con las tres Técnicas no cumplen con la condición de distribución normal para realizar una prueba ANOVA se aplica la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis que es equivalente a la ANOVA. Se define una Hipótesis Nula (H0) y una Hipótesis Alternativa (H1).

H0: La mediana de las mediciones de errores en las tres técnicas son iguales.

H1: Existe al menos una pareja de medianas en las mediciones de errores que van a ser diferentes.

$$\mathbf{H0: Med1 = Med2 = Med3}$$

$$\mathbf{H1: Med1 = Med2 \wedge Med1 = Med3 \wedge Med2 = Med3}$$

Med1: mediana de los valores de error usando en modo Estático.

Med2: mediana de los valores de error usando la Técnica NTRIP.

Med3: mediana de los valores de error usando la Técnica AGPS.

Con esta prueba se realiza la comparación entre medianas dando como resultado un valor de probabilidad, que indica que, si estos valores son mayores o menores al nivel de significancia que en este caso se trabaja con 0,05 entre las Técnicas analizadas, permitirá aceptar la Hipótesis nula o alternativa.

3.3.2.1 Análisis Estadístico del Terreno Ovalado Ricpamba

En la Tabla 26-3 se analizaron 20 datos por cada Técnica, lo que indica que los rangos promedios son diferentes, por lo tanto, las mediciones de errores en cada Técnica son distintas entre sí.

Tabla 26-3: Rangos promedios del Terreno Ovalado Ricpamba

Rangos			
	TRES TÉCNICAS	N	Rango promedio
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno3	T1	20	30,50
	T2	20	10,50
	T3	20	50,50
	Total	60	
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno3	T1	20	31,25
	T2	20	10,50
	T3	20	49,75
	Total	60	

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En la Tabla 27-3 se muestran los resultados que se obtuvieron al realizar la prueba Kruskal Wallis y se evidencia que:

Al comparar la mediana de los errores en las tres Técnicas, se observa que las probabilidades son menores al nivel de significancia por lo tanto se rechaza la Hipótesis Nula y se concluye que con una probabilidad menor al nivel de significancia 5%, los valores de mediciones de los errores difieren en las tres Técnicas utilizadas.

Tabla 27-3: Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Ovalado Ricpamba

Estadísticos de prueba^{a,b}		
	Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno3	Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno3
H de Kruskal-Wallis	52,522	50,678
gl	2	2
Sig. asintótica	,000	,000
a. Prueba de Kruskal Wallis		
b. Variable de agrupación: TRES TÉCNICAS		

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.3.2.2 Análisis Estadístico del Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba

En la Tabla 28-3 se analizaron 49 datos por cada Técnica, lo que indica que los rangos promedios son diferentes, por lo tanto, las mediciones de errores en cada Técnica son distintas entre sí.

Tabla 28-3: Rangos Promedios del Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba

Rangos			
	TRES TÉCNICAS	N	Rango promedio
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno4	T1	49	74,10
	T2	49	25,00
	T3	49	122,90
	Total	147	
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno4	T1	49	74,00
	T2	49	25,00
	T3	49	123,00
	Total	147	

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En la Tabla 29-3 se muestran los resultados que se obtuvieron al realizar la prueba Kruskal Wallis y se evidencia que:

Al comparar la mediana de los errores en las tres Técnicas, se observa que las probabilidades son menores al nivel de significancia por lo tanto se rechaza la Hipótesis Nula y se concluye que con un valor menor al nivel de significancia de 5%, los valores de mediciones de los errores difieren en las tres Técnicas utilizadas.

Tabla 29-3: Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba

Estadísticos de prueba^{a,b}		
	Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno4	Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno4
Chi-cuadrado	129,552	130,110
gl	2	2
Sig. asintótica	,000	,000

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: TRES TÉCNICAS

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.3.2.3 Análisis Estadístico del Terreno Circular Ricpamba

En la Tabla 30-3 se analizaron 18 datos por cada Técnica, lo que indica que los rangos promedios son diferentes, por lo tanto, las mediciones de errores en cada Técnica son distintas entre sí.

Tabla 30-3: Rangos Promedios del Terreno Circular Ricpamba

Rangos			
	TRES TÉCNICAS	N	Rango promedio
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno5	T1	18	27,50
	T2	18	9,50
	T3	18	45,50
	Total	54	
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno5	T1	18	27,50
	T2	18	9,50
	T3	18	45,50
	Total	54	

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En la Tabla 31-3 se muestran los resultados que se obtuvieron al realizar la prueba Kruskal Wallis y se evidencia que:

Al comparar la mediana de los errores en las tres Técnicas, se observa que las probabilidades son menores al nivel de significancia por lo tanto se rechaza la Hipótesis Nula y se concluye que con un valor menor al nivel de significancia de 5%, los valores de mediciones de los errores difieren en las tres Técnicas utilizadas.

Tabla 31-3: Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Circular Ricpamba

Estadísticos de prueba^{a,b}		
	Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno5	Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno5
Chi-cuadrado	47,190	47,270
gl	2	2
Sig. asintótica	,000	,000
a. Prueba de Kruskal Wallis		
b. Variable de agrupación: TRES TÉCNICAS		

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.3.2.4 *Análisis Estadístico del Terreno Triangular Ricpamba*

En la Tabla 32-3 se analizaron 9 datos por cada Técnica, lo que indica que los rangos promedios son diferentes, por lo tanto, las mediciones de errores en cada Técnica son distintas entre sí.

Tabla 32-3: Rangos Promedios del Terreno Triangular Ricpamba

Rangos			
	TRES TÉCNICAS	N	Rango promedio
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno6	T1	9	14,00
	T2	9	5,00
	T3	9	23,00

	Total	27	
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno6	T1	9	14,00
	T2	9	5,00
	T3	9	23,00
	Total	27	

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En la Tabla 33-3 se muestran los resultados que se obtuvieron al realizar la prueba Kruskal Wallis y se evidencia que:

Al comparar la mediana de los errores en las tres Técnicas, se observa que las probabilidades son menores al nivel de significancia por lo tanto se rechaza la Hipótesis Nula y se concluye que con un valor menor al nivel de significancia de 5%, los valores de mediciones de los errores difieren en las tres Técnicas utilizadas.

Tabla 33-3: Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Triangular Ricpamba

Estadísticos de prueba ^{a,b}		
	Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno6	Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno6
Chi-cuadrado	23,171	23,242
gl	2	2
Sig. asintótica	,000	,000
a. Prueba de Kruskal Wallis		
b. Variable de agrupación: TRES TÉCNICAS		

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.3.2.5 Análisis Estadístico del parque central Penipe

En la Tabla 34-3 se analizaron 4 datos por cada Técnica, lo que indica que los rangos promedios son diferentes, por lo tanto, las mediciones de errores en cada Técnica son distintas entre sí.

Tabla 34-3: Rangos Promedios del parque central Penipe

Rangos			
	TRES TÉCNICAS	N	Rango promedio
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno8	T1	4	6,50
	T2	4	2,50
	T3	4	10,50
	Total	12	
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno8	T1	4	6,50
	T2	4	2,50
	T3	4	10,50
	Total	12	

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En la Tabla 35-3 se muestran los resultados que se obtuvieron al realizar la prueba Kruskal Wallis y se evidencia que:

Al comparar la mediana de los errores en las tres Técnicas, se observa que las probabilidades son menores al nivel de significancia por lo tanto se rechaza la Hipótesis Nula y se concluye que con un valor menor al nivel de significancia de 5%, los valores de mediciones de los errores difieren en las tres Técnicas utilizadas.

Tabla 35-3: Prueba de Kruskal Wallis en el parque central Penipe

Estadísticos de prueba^{a,b}		
	Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno8	Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno8
Chi-cuadrado	9,881	10,021
gl	2	2
Sig. asintótica	,007	,007
a. Prueba de Kruskal Wallis		
b. Variable de agrupación: TRES TÉCNICAS		

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.3.2.6 Análisis Estadístico del Terreno Sector Rural Penipe Bayushig

En la Tabla 36-3 se analizaron 6 datos por cada Técnica, lo que indica que los rangos promedios son diferentes, por lo tanto, las mediciones de errores en cada Técnica son distintas entre sí.

Tabla 36-3: Rangos Promedios del Terreno Sector Rural Penipe Bayushig

Rangos			
	TRES TÉCNICAS	N	Rango promedio
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno9	T1	6	9,50
	T2	6	3,50
	T3	6	15,50
	Total	18	
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno9	T1	6	9,67
	T2	6	3,50
	T3	6	15,33
	Total	18	

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En la Tabla 37-3 se muestran los resultados que se obtuvieron al realizar la prueba Kruskal Wallis y se evidencia que:

Al comparar la mediana de los errores en las tres Técnicas, se observa que las probabilidades son menores al nivel de significancia por lo tanto se rechaza la Hipótesis Nula y se concluye que con

un valor menor al nivel de significancia de 5%, los valores de mediciones de los errores difieren en las tres Técnicas utilizadas.

Tabla 37-3: Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Sector Rural Penipe Bayushig

Estadísticos de prueba^{a,b}		
	Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno9	Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno9
Chi-cuadrado	15,477	14,902
gl	2	2
Sig. asintótica	,000	,001
a. Prueba de Kruskal Wallis		
b. Variable de agrupación: TRES TÉCNICAS		

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.3.2.7 Análisis Estadístico del Terreno Sector Rural Colta Columbe 1

En la Tabla 38-3 se analizaron 4 datos por cada Técnica, lo que indica que los rangos promedios son diferentes, por lo tanto, las mediciones de errores en cada Técnica son distintas entre sí.

Tabla 38-3: Rangos Promedios del Terreno Rural Colta Columbe 1

	Rangos		
	TRES TÉCNICAS	N	Rango promedio
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno10	T1	4	6,50
	T2	4	2,50
	T3	4	10,50
	Total	12	
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno10	T1	4	6,50
	T2	4	2,50
	T3	4	10,50
	Total	12	

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En la Tabla 39-3 se muestran los resultados que se obtuvieron al realizar la prueba Kruskal Wallis y se evidencia que:

Al comparar la mediana de los errores en las tres Técnicas, se observa que las probabilidades son menores al nivel de significancia por lo tanto se rechaza la Hipótesis Nula y se concluye que con un valor menor al nivel de significancia de 5%, los valores de mediciones de los errores difieren en las tres Técnicas utilizadas.

Tabla 39-3: Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Sector Rural Colta Columbe 1

Estadísticos de prueba^{a,b}		
	Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno10	Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno10
Chi-cuadrado	9,881	9,881
gl	2	2
Sig. asintótica	,007	,007
a. Prueba de Kruskal Wallis		
b. Variable de agrupación: TRES TÉCNICAS		

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.3.2.8 Análisis Estadístico del Terreno Sector Rural Colta Columbe 2

En la Tabla 40-3 se analizaron 8 datos por cada Técnica, lo que indica que los rangos promedios son diferentes, por lo tanto, las mediciones de errores en cada Técnica son distintas entre sí.

Tabla 40-3: Rangos Promedios del Terreno Sector Rural Columbe 2

Rangos			
	TRES TÉCNICAS	N	Rango promedio
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno11	T1	8	12,50
	T2	8	4,50
	T3	8	20,50
	Total	24	
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno11	T1	8	12,50
	T2	8	4,50
	T3	8	20,50
	Total	24	

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En la Tabla 41-3 se muestran los resultados que se obtuvieron al realizar la prueba Kruskal Wallis y se evidencia que:

Al comparar la mediana de los errores en las tres Técnicas, se observa que las probabilidades son menores al nivel de significancia por lo tanto se rechaza la Hipótesis Nula y se concluye que con un valor menor al nivel de significancia de 5%, los valores de mediciones de los errores difieren en las tres Técnicas utilizadas.

Tabla 41-3: Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Sector Rural Colta Columbe 2

Estadísticos de prueba^{a,b}		
	Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno11	Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno11
Chi-cuadrado	20,534	20,705
gl	2	2
Sig. asintótica	,000	,000
a. Prueba de Kruskal Wallis		
b. Variable de agrupación: TRES TÉCNICAS		

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.3.2.9 Análisis Estadístico del Terreno Sector Rural Colta Columbe 3

En la Tabla 42-3 se analizaron 9 datos por cada Técnica, lo que indica que los rangos promedios son diferentes, por lo tanto, las mediciones de errores en cada Técnica son distintas entre sí.

Tabla 42-3: Rangos Promedios del Terreno Sector Rural Columbe 3

Rangos			
	TRES TÉCNICAS	N	Rango promedio
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno12	T1	9	14,00
	T2	9	5,00
	T3	9	23,00
	Total	27	
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno12	T1	9	14,00
	T2	9	5,00
	T3	9	23,00
	Total	27	

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En la Tabla 43-3 se muestran los resultados que se obtuvieron al realizar la prueba Kruskal Wallis y se evidencia que:

Al comparar la mediana de los errores en las tres Técnicas, se observa que las probabilidades son menores al nivel de significancia por lo tanto se rechaza la Hipótesis Nula y se concluye que con un valor menor al nivel de significancia de 5%, los valores de mediciones de los errores difieren en las tres Técnicas utilizadas.

Tabla 43-3: Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Sector Rural Colta Columbe 3

Estadísticos de prueba^{a,b}		
	Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno12	Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno12
Chi-cuadrado	23,185	23,797
gl	2	2
Sig. asintótica	,000	,000
a. Prueba de Kruskal Wallis		
b. Variable de agrupación: TRES TÉCNICAS		

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

3.3.2.10 Análisis Estadístico del Terreno Sector Rural Colta Columbe 4

En la Tabla 44-3 se analizaron 4 datos por cada Técnica, lo que indica que los rangos promedios son diferentes, por lo tanto, las mediciones de errores en cada Técnica son distintas entre sí.

Tabla 44-3: Rangos Promedios del Terreno Sector Rural Columbe 4

Rangos			
	TRES TÉCNICAS	N	Rango promedio
Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno13	T1	4	6,50
	T2	4	2,50
	T3	4	10,50
	Total	12	
Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno13	T1	4	6,50
	T2	4	2,50
	T3	4	10,50
	Total	12	

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

En la Tabla 45-3 se muestran los resultados que se obtuvieron al realizar la prueba Kruskal Wallis y se evidencia que:

Al comparar la mediana de los errores en las tres Técnicas, se observa que las probabilidades son menores al nivel de significancia por lo tanto se rechaza la Hipótesis Nula y se concluye que con un valor menor al nivel de significancia de 5%, los valores de mediciones de los errores difieren en las tres Técnicas utilizadas.

Tabla 45-3: Prueba de Kruskal Wallis en el Terreno Columbe 4

Estadísticos de prueba^{a,b}		
	Error Horizontal de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno13	Error Vertical de mediciones de errores con las técnicas en el Terreno13
H de Kruskal-Wallis	9,986	10,021
gl	2	2
Sig. asintótica	,007	,007
a. Prueba de Kruskal Wallis		
b. Variable de agrupación: TRES TÉCNICAS		

Realizado por: Vallejo Abigail, Villagómez Víctor, 2020.

Discusión de resultados

Al analizar los resultados obtenidos con la prueba paramétrica ANOVA y la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis se acepta la Hipótesis Alternativa y estadísticamente se comprueba que los datos de las mediciones de error obtenidos en los terrenos con las tres técnicas tienen una gran diferencia por lo que son distintos y para elegir la técnica y dispositivo más preciso es necesario el uso de pruebas gráficas y de comparación de datos, resultando mejor la técnica de corrección de errores en tiempo real NTRIP.

CONCLUSIONES

- Después de investigar sobre las técnicas A-GPS por red móvil y DGPS se puede concluir que ha existido una evolución en las técnicas que permite obtener precisiones centimétricas en menor tiempo en las posiciones de los receptores, lo cual facilita el trabajo al utilizar estas técnicas en diversas áreas, permitiendo ahorrar recursos humanos y tecnológicos.
- Se recolectó información geográfica en 13 terrenos con diversas formas y en distintos lugares tanto urbanos como rurales con tres técnicas de manera que se obtuvo un error horizontal y vertical en cada punto con cada una de ellas, así como sus coordenadas para posteriormente realizar una representación gráfica del terreno. Se procesó los datos en el software ARCGIS y se realizó una comparación que permitió observar gráficamente las diferencias en las formas generadas, siendo la técnica NTRIP la más precisa respecto al mapa base, mientras que con el modo de posicionamiento Estático se obtuvo un desfase debido a las condiciones presentadas en el terreno al momento de realizar la medición como es la presencia de obstrucciones, pese a esto aún se conservaba la forma original y la técnica AGPS tuvo un margen de error más notorio que hace que en algunos terrenos la forma final sea totalmente distinta a la real.
- Al levantar información geográfica se obtuvieron valores de errores tanto horizontal como vertical en las mediciones realizadas en cada punto mediante el modo de posicionamiento Estático, la técnica de corrección en tiempo real NTRIP y la técnica AGPS por red móvil en los diferentes terrenos. Se pudo evidenciar que el error horizontal y vertical más alto se produjo cuando se utilizó la técnica AGPS, mientras que con el modo estático se redujo el error horizontal promedio en 82,33% y el error vertical promedio en un 71,48% y al usar la técnica NTRIP se observó una reducción del error horizontal promedio en un 99,17% y en el error vertical promedio en un 98,85%. Con los datos obtenidos se concluye que la técnica NTRIP presentó una alta eficiencia, siendo el acceso a internet un requerimiento básico no fue un problema ni en los sectores rurales debido a que actualmente este servicio está disponible en gran parte del país, los datos se tomaron con gran exactitud, en un tiempo corto, por lo que esta técnica es muy útil para labores de topografía y geodesia. El modo estático redujo también el error en gran medida, pero para ejercicios de georreferenciación los errores deben ser pequeños.
- La precisión promedio en los puntos medidos con la técnica estática mostró que el error horizontal más bajo se presentó en el terreno ubicado en el sector rural llamado Bayushig con 0,46 m y el más alto fue en el terreno ubicado en el cantón Chillanes con 0,76 m, el error

vertical más bajo fue de 0,70 m en el parque central del cantón Penipe y el más alto fue en un terreno triangular de Ricpamba de 1,20 m, por lo que se puede concluir que esta técnica es muy sensible a obstrucciones, ya que los errores más altos no se presentaron en los lugares con formas más irregulares sino más bien en terrenos que tenían edificaciones o árboles cercanos. Con la técnica NTRIP el error horizontal más bajo fue en de 0,008 m en un terreno de Columbe y el más alto fue de 0,22 en el cantón Chillanes, el error vertical más bajo fue de 0,016 m en Bayushig y el más alto fue en Chillanes con un valor de 0,306 m, concluyendo que esta técnica da una precisión centimétrica, pero se puede ver un incremento en los errores pasando a ser decimétricos al usar la técnica NTRIP debido a que el radio de acción de la estación GNSS es de aproximadamente 50 Km y en Chillanes se excedía esa distancia. Con la técnica AGPS el error horizontal más bajo fue de 2,15 m ubicado en la parroquia Bayushig y al más alto fue de 4,02 m en el terreno circular del parque Ricpamba, el error vertical más bajo fue en el parque del cantón Penipe con 2,5 m y el más alto fue de 5 m se presentó en un terreno con forma de polígono irregular ubicado en el parque Ricpamba, lo que evidenció que cuando las mediciones se realizan en lugares despejados y con cobertura celular el valor del error es menor.

- Las técnicas utilizadas son diferentes entre sí, lo cual se evidenció en los resultados de medición de errores y se comprobó mediante un análisis estadístico aplicando a todos los terrenos de manera independiente la prueba que era mejor según el caso, concluyendo como idea general que estadísticamente estas técnicas tienen diferencias en sus resultados de medición de error, por lo que para elegir la técnica y dispositivo más preciso fue necesario el uso de pruebas gráficas y de comparación de datos, resultando mejor la técnica de corrección de errores en tiempo real NTRIP.
- La técnica de corrección de errores en tiempo real NTRIP es la mejor para ejercicios de georreferenciación ya que al realizar una representación gráfica de los datos obtenidos se puede observar que esta técnica genera una forma más precisa respecto al mapa base, reduce la medición de error promedio en un 99,01% en comparación con las otras técnicas, obteniendo valores promedio de 0,012 m. Además, reduce costos operacionales en trabajo de campo ya que no es necesario ejecutar un postproceso y las mediciones se obtienen en corto tiempo ya que las correcciones diferenciales GNSS son enviadas desde una base de monitoreo continuo en el mismo instante de observación en tiempo real para lo cual se debe tener una conexión constante e ininterrumpida al internet.
- El GPS del celular es básico y opera a una sola frecuencia por lo que es más impreciso y a pesar de que la red móvil brinda soporte no es suficiente para alcanzar buena precisión como

se muestra en las pruebas el error horizontal más pequeño es de 0.7 metros y el mayor 6.68 metros mientras que para el error vertical se obtuvieron valores entre 1 y 9 metros por lo tanto AGPS para procesos de georreferenciación preciso no es recomendable debido al error que tiene por la calidad del receptor GPS.

- Las pruebas finales se realizaron en los terrenos de COPROBICH, debido a la Emergencia Sanitaria por el COVID-19 el acceso y la movilización a las comunidades se vio restringido sin embargo gracias a la colaboración obtenida se pudo hacer las pruebas en un sector perteneciente a la corporación el cual se componía de algunos de estos terrenos, las pruebas arrojaron resultados concordantes a los ya obtenidos.

RECOMENDACIONES

- Dado que la precisión del GPS disminuye en cielos nublados por efectos de refracción ionosférica y troposférica, se recomienda realizar el levantamiento de información cuando el cielo se encuentre libre de nubosidades y en lugares libres de obstrucciones ya que los errores más altos se presentaron en terrenos con edificaciones o árboles cercanos.
- Realizar la socialización sobre las técnicas A-GPS y DGPS puesto que estas aún son desconocidas por gran parte de usuarios, haciendo uso de estas de manera incorrecta lo cual ocasiona mayor margen de errores y por consiguiente mayor trabajo y costos.
- Escoger bien la cantidad y la ubicación de los puntos a ser tomados puesto que esto se verá reflejado en el resultado final, ya que estos definen la forma del terreno y en sectores con más irregularidad es necesario el trazado correcto de cada uno de los lados que componen su perímetro.
- Evaluar las condiciones del terreno en que se pretende trabajar ya que según la técnica a utilizar se deben cumplir con los requerimientos básicos como en el caso de NTRIP y AGPS que necesitan una conexión a internet, esto con la finalidad que el trabajo sea más eficiente y no encontrarse con inconvenientes en el momento de realizar las mediciones.
- Aumentar la cantidad de estudios y proyectos con la técnica NTRIP para aprovechar las ventajas de esta, proyectando una mejora a las capacidades de trabajo con mejores resultados ahorrando recursos operacionales y tecnológicos.
- Realizar un nuevo estudio en el cual se pueda analizar las causas de interferencias provocadas por algunos objetos y su impacto según el tipo en el resultado final de las mediciones en proyectos de georreferenciación.
- Optar por el uso de equipos como el Mobilemapper 50 (Spectra) para el levantamiento topográfico en los sectores que componen COPROBICH ya que dichos equipos soportan doble frecuencia y el uso de técnicas como la NTRIP a diferencia de los equipos celulares los cuales no han sido eficaces para la georreferenciación.
- Tomar como base y referencia los resultados obtenidos en este trabajo para evaluar la toma de datos y el uso del celular propuesto inicialmente para la georreferenciación de los terrenos de COPROBICH debido a que por el gran número de socios y la baja precisión de este dispositivo se requerirá de mayor trabajo y tiempo para cumplir el objetivo.

- Realizar un nuevo levantamiento topográfico basado en la metodología de este trabajo de titulación, pero en diferentes horas del día y con diferentes condiciones ambientales para evaluar el grado de afectación en las mediciones de error tanto horizontal y vertical causado por obstrucciones materiales y ambientales

GLOSARIO

3GPP	3rd Generation Partnership Project
AGPS	Assisted Global Positioning System
ANOVA	Analysis Of Variance
BS	Base Station
CDMA	Code Division Multiple Access
CMR	Compact Measurement Record
COPROBICH	Corporación de Productores y Comercializadores Bio Taita Chimborazo
DPGPS	Differential Global Positioning System
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GEO	Geosynchronous Equatorial Orbit
GLONASS	Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile
HRMS	Horizontal Root Mean Square
IGM	Instituto Geográfico Militar
IGSO	Inclined Geosynchronous Orbit
IoT	Internet of things
IP	Internet Protocol
LMU	Location Measurement Units
LTE	Long Term Evolution
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
MEO	Medium Earth orbit

MIMO	Multiple Input Multiple Output
MS	Mobile Station
NTRIP	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PDC	Personal Digital Cellular
PLMN	Public Land Mobile Network
PPS	Precise Positioning Service
PRN	Pseudo Random Noise
RAN	Radio Access Network
RDS	Radio Data System
REGME	Red GNSS De Monitoreo Continuo Del Ecuador
RF	Radio frequency
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services
RTK	Real Time Kinematic
RUPA	Registro Único de Productores Agropecuarios
SIG	Sistemas De Información Geográfica
SIGPAC	Sistema De Información Geográfica De Parcelas Agrícolas
SIM	Subscriber Identity Module
SIMA	Sistema Integral de Monitoreo Agrícola
SMS	Short Message Service
SPS	Standard Positioning Service
TTF	Time To First Fix
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
VRMS	Vertical Root Mean Square
WAN	Wide Area Network

BIBLIOGRAFÍA

AGUSTI, Ramón; et al. *LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles* [en línea]. España: Fundación Vodafone España, 2010. [Consulta: 03 junio 2020]. Disponible en: <https://proyectolte.files.wordpress.com/2012/09/lte-nuevas-tendencias.pdf>

ALVARADO MENDOZA, Patricia Marcela; & FUENTES DÍAZ, Marco Antonio. Funcionamiento y aplicaciones de tecnologías GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y el Proyecto Galileo [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena de Indias – Colombia. 2005. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0058154.pdf>

ArcGIS RESOURCES. *¿Qué es ArcGIS?: Introducción a ArcGIS* [en línea]. 2020. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

BAENA CAPILLA, Manuel. Desarrollo de un software para la gestión de correcciones RTCM de la Red Andaluza de Posicionamiento para navegadores de código (Georap) [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. Sevilla, España. 2007. pp. 22. [Consulta: 23 junio 2020]. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11417/direccion/Capítulos+%252F>

BALSA, José. Aplicación de Sistemas GNSS y SIG a Infraestructuras de Transporte. Estudio sobre Conducción Naturalista. [en línea] (Tesis). Universidad De Coruña Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos Departamento de Métodos Matemáticos y de Representación, España. 2014. [Consulta: 24 junio 2020]. Disponible en: <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/13964>

BATISTA FUENTES, Moisés; & DÍAZ IBÁÑEZ, Eliana. *Tecnología móvil 5G. Mare Ingenii. Ingenierías 1(1)* [En línea] . Bogotá, Colombia: Editorial Universitaria San Mateo, 2019. [Consulta: 01 junio 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esepoch/127848?page=5>

BECVAR, Zdenek; et al. *Redes móviles* [en línea]. 1ra. ed. República Checa: České vysoké učení technické v Praze, 2013. [Consulta: 21 junio 2020]. Disponible en: <http://techpedia.fel.cvut.cz/download/?fileId=199&objectId=48>

BERNÉ, José; et al. *GNSS. GPS: fundamentos y aplicaciones en Geomática* [en línea]. Valencia-España: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2014. 9788490482612, pp. 144.

[Consulta: 18 junio 2020]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/70627>

BERNÉ, José; et al. *GNSS: GPS, GALILEO, GLONASS, BEIDOU. Fundamentos y métodos de posicionamiento* [en línea]. Valencia – España: Editorial Universitat Politècnica de València, 2019. ISBN: 978-84-9040-777-8, pp. 112. [Consulta: 11 junio 2020]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/118522>

BOSSLER, John; et al. *Manual of Geospatial Science and Technology* [en línea]. 2a. ed. 2010. [Consulta: 22 junio 2020]. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/9780429144486>

BRICEÑO CASTILLO, Patricio Eduardo. *Georreferenciación de las calles y señalética de la ciudad de Loja (Trabajo de titulación)*. [En línea]. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador. 2016. pp. 10. [Consulta: 5 junio 2020]. Disponible en: <https://docplayer.es/86523954-Universidad-tecnica-particular-de-loja-area-tecnica.html>

CEBOLLA, C. & SANTORO, J. *AutoCAD 2019: curso práctico* [en línea]. Bogotá-Colombia: Ediciones de la U, 2019. [Consulta: 16 junio 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esepoch/127085?page=23>

CHIMARRO ALVEAR, Jorge Oswaldo; & PAVÓN MENA, Edgar Alexander. *Integración de un Sistema de Control para el Seguimiento de Rutas de Vuelo Mediante GPS en un Hexacóptero de Monitoreo* [En línea] (Trabajo de Titulación). Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador. 2017. [Consulta: 02 junio 2020]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18992>

CHINA SATELLITE NAVIGATION OFFICE. *China's BeiDou Navigation Satellite System* [en línea]. 2016. [Consulta: 21 junio 2020]. Disponible en: <http://en.beidou.gov.cn/SYSTEMS/WhitePaper/201806/P020180608507822432019.pdf>

COBANO SUÁREZ, José Antonio. *Localización y Seguimiento de trayectorias con robots caminantes en entornos naturales*. [En línea] (Trabajo de titulación), (Maestría). Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Físicas, Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática. Madrid, España. 2008. pp. 220. [Consulta: 18 julio 2020]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/7967/>

COLLADO, J.; & NAVARRO, J. *ArcGIS 10: prácticas paso a paso* [en línea]. Valencia-España: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2013. [Consulta: 16 junio 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esepoch/57369?page=13>

CORZO, Dario Víctor; & FERNÁNDEZ, Sergio Daniel. *Uso y Aplicaciones del Software*

RTKLIB [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ingeniería, Ingeniería en Agrimensura. San Juan. 2018. pp. 4. [Consulta: 8 junio 2020]. Disponible en: <ftp://ftp.unsj.edu.ar/agrimensura/Trabajo%20Final/Trabajo%20Final%20Corzo-Fernandez.pdf>

CROVO CASSINELLI, Francesco Giuseppe. Análisis de trayectoria guiada por GPS utilizando métodos de estimación [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica. Concepción. 2014. pp. 18. [Consulta: 4 junio 2020]. Disponible en: http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/1977/3/Tesis_Analisis_de_Trayectoria_guiada_por_GPS.pdf

DALDA, A., et al. *Curso Avanzado de Posicionamiento por Satélite* [en línea]. Madrid, España. 2008. [Consulta: 25 junio 2020]. Disponible en: <http://files.especializacion-tig.webnode.com/200000061-42e0043dac/TEMA10-Métodos.pdf>

DE LA FUENTE, Iñigo. Estudio de la mejora de la precisión en los receptores GNSS [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad del País Vasco. Vizcaya, España. 2012. pp. 2,3. [Consulta: 24 junio 2020]. Disponible en: <http://addi.ehu.es/handle/10810/9017>

DUARTE, C. “Estructura de las Señales del GPS.82”. *Hacia el espacio* [en línea], 2016. [Consulta: 21 abril 2020]. Disponible en: <http://haciaelespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=350>

EL DÍA. *Agricultura anuncia georreferenciación.* [en línea]. 2019. [Consulta: 13 de abril 2020]. Disponible en: <https://eldia.com.do/agricultura-anuncia-georreferenciacion/>

EL-RABBANY, AHMED. *Introduction to GPS: The Global Positioning System.* Boston, [en línea]. Estados Unidos. Londres, Inglaterra. Artech House, 2002. ISBN 1580531830, 9781580531832, pp. 9. [Consulta: 21 julio 2020]. Disponible en: <https://book.lat/book/847853/cb9d94?regionChanged=&redirect=174073119>

ESA. EUROPEAN SPACE AGENCY. *¿Que es GALILEO?* [en línea]. 2011. [Consulta: 22 junio 2020]. Disponible en: https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/Que_es_Galileo

ESRI ECUADOR. *Tienda virtual de las licencias de Argis version escritorio* [en línea]. Ecuador, 2020. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <https://www.esri.com/es-ec/store/arcgis-desktop>

ESRI. *¿Qué es ArcGIS?* [en línea]. 2020. [Consulta: 16 junio 2020]. Disponible en:

https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm#ESRI_SECTION2_65676BD719A146D2822ECB0AFFBE8982

ESRI. *Georreferenciación y sistemas de coordenadas* [en línea]. 2016. [Consulta: 6 junio 2020]. Disponible en: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm>

ESTILOGRAFOS Y RESTIRADORES S.A. *Mobile Mapper 20 Field Y Office Sin Software de Po.* [en línea]. Los mejores en equipos topográficos: 19 junio, 2017. [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <http://topografiaguadalajara.com.mx/Catlogo/97/MOBILE-MAPPER-20-FIELD-Y-OFFICE-SIN-SOFTWARE-DE-PO>

EUROPEAN COMMISSION. *GALILEO. Galileo services and applications* [en línea]. 2019. [Consulta: 21 junio 2020]. Disponible en: <https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/>

EUROPEAN GSA GNSS. *What is GNSS?* [en línea]. [Consulta: 20 agosto 2009]. Disponible en: <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss>

FAMBONA Javier. “La interactividad de los dispositivos móviles geolocalizados, una nueva relación entre personas y cosas”. *Revistas Científicas Complutenses* [en línea], 2013, (España) 18, pp. 777-788. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <https://revistas.ucm.es/index.php/HICS/article/view/44007>

FÁREZ BUENAÑO, Carlos Antonio. *Implantación de una estación permanente GNSS en el campus de la Universidad Técnica Particular de Loja* [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ingeniería Civil. Loja, Ecuador. 2010. pp. 23. [Consulta: 2 junio 2020]. Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2467/1/Tesis.pdf>

FERNÁNDEZ, Unai. *Técnicas de resolución de la ambigüedad de las medidas de fase en sistemas de navegación por satélite* [en línea] (Tesis). (Doctoral) Universidad de Málaga. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, España. 2005, [Consulta: 24 junio 2020]. Disponible en: <https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/4632/UFP.pdf?sequence=1>

FIGUEROA, Mario. *Introducción a los sistemas de telefonía celular* [En línea]. Buenos Aires-Argentina: Editorial Hispano Americana HASA, pp. 19-20. [Consulta: 20 mayo 2020]. Disponible en: <http://www.bibvirtual.ucb.edu.bo:8000/opac/Record/305130/Details>

FRANCO SÁNCHEZ, Sara Ivonne. *Redes GPS en México y su aplicación en la Sismotectónica*

[En línea]. (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Autónoma de México, Instituto de Geofísica. México, México. 2006. [Consulta: 02 junio 2020]. Disponible en: http://usuarios.geofisica.unam.mx/vladimir/students/Tesis_SI_Franco_2006_impresa.pdf

FRATINNI MESA, Simón. *Georreferenciación en el campo* [en línea]. 2019. [Consulta: 7 de abril 2020]. Disponible en: <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2019/09/16/georreferenciacion-en-el-campo/>

GARCÍA ÁLVAREZ, David Abelardo. Sistema GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM) [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Autónoma de Madrid, Escuela Politécnica Superior, Madrid - España. 2008. pp. 25. [Consulta: 14 junio 2020]. Disponible en: <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20080125DavidGarcia.pdf>

GARCÍA BAHÓN, Susana Alicia. Ciencia, Tecnología, y sociedad: entorno global en el desarrollo del GPS [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid – España. 2017. [Consulta: 11 julio 2020]. Disponible en: http://oa.upm.es/49357/1/PFC_SUSANA_ALICIA_GARCIA_BAHON.pdf

GARCIA, David. Sistema GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM). [en línea] (Tesis). Universidad Autónoma de Madrid, España. 2008. [Consulta: 24 junio 2020]. Disponible en: <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20080125DavidGarcia.pdf>

GEO PORTAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. *Implementación del Servidor Caster del IGM, para la distribución del Stream de Correcciones Diferenciales GNSS en Tiempo Real, a través del Protocolo NTRIP.* [en línea]. Ecuador. 2018. [Consulta: 10 noviembre 2020]. Disponible en: <http://www.geoportaligm.gob.ec/geodesia/index.php/servicio-ntrip/>

GEO PORTAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. *Visor geográfico de las estaciones actualmente activas de NTRIP en el Ecuador.* [en línea]. Ecuador. 2020. [Consulta: 10 noviembre 2020]. Disponible en: <http://www.geoportaligm.gob.ec/ntrip/public/visor>

GETE, Oscar & ROLDÁN, Alonso. Estudio de la Disponibilidad de Señales de Localización GPS/GSM. [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones de Barcelona. Barcelona, España. 2008. pp. 68. [Consulta: 20 mayo 2020]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6671/pfc_OscarGete.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GONZÁLEZ, Santiago, & FERNÁNDEZ, Auriolos. Análisis de Sistema MIMO para comunicaciones inalámbricas de 4 Generación. (Trabajo de Titulación) (Doctoral) [En línea].

Universidad de Extremadura. Departamento de Ingeniería de Sistemas Informáticos y Telemáticos. Badajoz, España. 2014. [Consulta: 2020-06-03]. Disponible en: http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/2861/TDUEX_2015_Gonzalez-Auriol_Fernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GOOGLE PLAY. *Topografía APP* [en línea]. 2020. [Consulta: 18 junio 2020]. Disponible en: https://play.google.com/store/apps/details?id=aguiar.com.br.point_gps&hl=es_EC

GUAMÁN, Paúl, & PEÑAFIEL, Adrian. Análisis de la implementación de femtoceldas para mejorar la capacidad de un operador móvil [en línea], (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Carrera de Ingeniería Electrónica. Cuenca, Ecuador. 2014. pp. 10. [Consulta: 2020-06-03]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8430/1/UPS-CT004938.pdf>

HENAO, Luis. Diseño de un equipo de rastreo satelital de elementos usando tecnologías GPS y GSM [en línea]. (Tesis). (Maestría) Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira. 2014. [Consulta: 02 junio 2020]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4895/629437H493.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HOYER, M., et al. *Avances en la Materialización del Marco de Referencia SIRGAS en Tiempo Real mediante NTRIP.* [en línea]. 2020. [Consulta: 08 junio 2020]. Disponible en: http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol15/18_Hoyer_et_al_Reporte_SIRGAS_RT.pdf

HOYER, Melvin. *Conceptos Básicos del posicionamiento GNSS en tiempo real. NTRIP y Tópicos relacionados con el tema* [en línea]. 2002. [Consulta: 24 junio 2020]. Disponible en: http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:zodD4YBD54YJ:scholar.google.com/+CONCEPTOS+BÁSICOS+DEL+POSICIONAMIENTO+GNSS+EN+TIEMPO+REAL.+NTRIP+Y+TÓPICOS+RELACIONADOS+CON+EL+TEMA&hl=es&as_sdt=0,5

HUERTA, Eduardo; et al. *GPS Posicionamiento Satelital* [En línea]. Rosario, Argentina: UNR EDITORA, 2005. ISBN 950-673-488-7. pp. 112. [Consulta: 2 junio 2020]. Disponible en: https://www.fceia.unr.edu.ar/gps/GGSR/libro_gps.pdf

HUIDOBRO, José, & ORDÓÑEZ, Javier. *Comunicaciones por radio. Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El espectro Electromagnético* [En línea]. RA-MA Editorial, 2014. [Consulta: 2 junio 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/106431?page=335>

HUIDOBRO, José. *Comunicaciones móviles: sistemas GSM, UMTS y LTE* [en línea]. Madrid-España: RA-MA Editorial, 2014. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books/about/Comunicaciones_Móviles_Sistemas_GSM_UMT.htm?id=go2fDwAAQBAJ&redir_esc=y

INEGI. *Red Geodésica Nacional Activa. RGNA. Instructivo de operación de las estaciones* [En línea]. Ciudad de México, México. 2017. [Consulta: 18 junio 2020]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/temas/geodesia_activa/

INFORMATION AND ANALYSIS CENTER FOR POSITIONING, NAVIGATION AND TIMING, Korolyov, Russia. 2020. *BEIDOU GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM.* [Consulta: 11 junio 2020]. Disponible en: <https://www.glonass-iac.ru/en/guide/beidou.php>

INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. Noticias: *A finales 2020, servicio de correcciones diferenciales en tiempo real, protocolo NTRIP.* [en línea]. 2020. [Consulta: 08 junio 2020]. Disponible en: <http://www.geograficomilitar.gob.ec/a-finales-2020-servicio-de-correcciones-diferenciales-en-tiempo-real-protocolo-ntrip/>

INSTRUMENTAL & ÓPTICA. *Spectra MobileMapper 50.* [en línea]. 2020. [Consulta: 09 junio 2020]. Disponible en: <https://instrumentalyoptica.com.ec/product/spectra-mobilemapper-50/>

INSTRUMENTAL & ÓPTICA. *Spectra Precision SP60 GNSS de precisión.* [en línea]. 2019. [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <https://instrumentalyoptica.com.ec/product/spectra-precision-sp60/>

JAUD, Marion. Techniques d'observation et de mesure haute résolution des transferts sédimentaires dans la frange littorale [En línea] (Trabajo de titulación)(doctoral). Université de Bretagne Occidentale. Francia. 2011. pp. 56. [Consulta: 18 julio 2020]. Disponible en: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00650953>

JIMÉNEZ, Jesus, & OCHOVON, Jaime. Evaluación comparativa de redes móviles [en línea]. (Tesis). Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación, España. 2017. [Consulta: 15 junio 2020]. Disponible en: http://oa.upm.es/49728/1/PFC_JESUS_JIMENEZ_MOTILLA_JAIME_OCHOVO_PAVON.pdf

JIMÉNEZ, José. *Evolución e historia de la telefonía celular* [en línea]. Cordoba-Argentina: El Cid Editor, 2009. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <http://buscoinfojcu.uca.edu.ni/Record/EBC3181196>

LAGO, Carlos; et al. “Sistema para la generación automática de mapas de rendimiento. Aplicación en la agricultura de precisión”, *Revista de Agricultura En Zonas Áridas* [en línea], 2011, (Chile) 29(1), pp. 59-69. [Consulta: 13 junio 2020]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v29n1/art09.pdf>

LEGARRETAETXEARRIA, Aritz. Sistema de localización y seguimiento de personas en interiores mediante cámara PTZ basado en las tecnologías Kinect y Ubisense [en línea]. (Tesis). (Maestría). Universidad del País Vasco España. 2011. [Consulta: 04 junio 2020]. Disponible en: <https://silo.tips/download/tesis-de-master-sistema-de-localizacion-y-seguimiento-de-personas-en-interiores>

LIZARAZO SALCEDO, Iván; & ALFONSO CARVAJAL, Oscar. “Aplicaciones de la agricultura de precisión en palma de aceite “*Elaeis Guineensis*” e híbrido O x G”. *Revista de Ingeniería* [en línea], 2011, (Colombia) 33, pp. 124-130. [Consulta: 17 abril 2020]. ISSN 0121-4993. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n33/n33a13.pdf>

LOGIS CENTER. *Recolecto de datos* [en línea]. 2020. [Consulta: 09 junio 2020]. Disponible en: <https://www.logiscenter.com/terminales-pdas/recolector-de-datos-off-line>

LOPEZ TADAY, Franklin Benito; & ORTEGA ZHUILEMA, Angel Gustavo. Análisis e Implementación del Diferencial de GPS con Configuración Simple y Doble, para mejorar la Precisión de un Receptor GPS en la ciudad de Riobamba [en línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes. Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 33. [Consulta: 4 junio 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7518/1/98T00159.pdf>

LÓPEZ, J. & SECO, G. *Evolución de la navegación por satélite: Galileo y sistemas híbridos* [en línea]. España: Universitat Oberta de Catalunya, 2014. [Consulta: 4 junio 2020]. Disponible en: http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/77345/4/Sistemas%20de%20navegación_Módulo%205_Evolución%20de%20la%20navegación%20por%20satélite%20y%20sistemas%20híbridos.pdf

MAGAP-PRAT SIGTIERRAS. *Cantón Riobamba/Bloque 2.2, Levantamiento de cartografía temática escala 1:25.000, lote 2.* [en línea]. 2015. [Consulta: 28 junio 2020]. Disponible en: http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Coberturas_RIOBAMBA_20150319.pdf

MANUEL, Ariel. GNSS: Descripción, Análisis y Comparación con los Sistemas de Navegación

por Satélites. [en línea] (Tesis). Universidad Nacional de Cordoba, Argentina. 2012. [Consulta: 24 junio 2020]. Disponible en: <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/facagr/index/assoc/HASHa9b0.dir/doc.pdf>

MARTÍNEZ, Libia, & TIXI, Miriam. Estudio Técnico de la Tecnología LTE y las Condiciones Técnico-Regulatorias para la Implementación de la Cuarta Generación de SMA en el Ecuador [En línea], (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes. Riobamba, Ecuador. 2013. pp. 48. [Consulta: 2020-06-03]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3157/1/98T00046.pdf>

MORA, Aldo. Análisis de Aplicaciones Informáticas de Georeferenciación de Proveedores Agrícolas para la Empresa Agrocacao [en línea] (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica sede Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador. 2017. [Consulta: 28 junio 2020]. Disponible en: <https://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/1237>

OLMEDILLAS, Joan. *Introducción a los sistemas de navegación por satélite* [en línea]. 1ª.ed. Barcelona-España: Editorial UOC, 2013. [Consulta: 21 junio 2020]. Disponible en: http://www.nosolosig.com/libros_geo/771-introduccion-a-los-sistemas-de-navegacion-por-satelite

PACHAS, Raquel. “El levantamiento topográfico: Uso del GPS y estación total”. *Academia* [en línea], 2009, (Venezuela) 8(16), pp. 29-45. [Consulta: 15 junio 2020]. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/30397/articulo3.pdf;jsessionid=902C2FDCE8A40E0A7EC253DAFA56DCE1?sequence=1>

PAXI, Fernando. Diseño, Observación, Procesamiento de Líneas Base y Ajuste de una Red GPS Clase “C I” [en línea]. (Tesis). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 2014. [Consulta: 02 junio 2020]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/11241/EG-1446-Paxi%20Condori%2C%20Fernando%20Cesar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PEÑAFIEL, Javier; & ZAYAS, Jorge. Fundamentos del Sistema GPS y Aplicaciones en la Topografía [en línea]. Colegio Oficial De Ingenieros Técnicos En Topografía Delegación Territorial De Madrid-Castilla-La Mancha, España. 2001. [Consulta: 11 junio 2020]. Disponible en: <http://www.rutasnavarra.com/GPS/Teoria/GPSavanzado.pdf>

PEREZ, César. Implementación de los algoritmos de seguimiento de la señal GPS sobre dispositivos lógicos programables (FPGA) [en línea] (Tesis). (Maestría) Instituto Politécnico

Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México. 2009. [Consulta: 22 junio 2020]. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/6809>

PÉREZ, María. Arcview 3.2 y GPS [en línea]. 2a. ed. España: Editorial ICB, 2015. [Consulta: 22 junio 2020]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books/about/Arcview_3_2_y_GPS_2a_ed.html?id=TIssyQEACAAJ&redir_esc=y

QGIS. *Guía de usuario de QGIS* [en línea]. 2017. [Consulta: 15 junio 2020]. Disponible en: https://docs.qgis.org/3.10/es/docs/user_manual/index.html

RIVERA MEDINA, José María. Implementación del Differential Global Positioning System con correcciones simples y dobles en pseudodistancias (Trabajo de titulación). [en línea]. Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Electrónica. Sevilla, España. 2014. pp.17. [Consulta: 4 junio 2020]. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/60237/fichero/Proyecto+fin+de+carrera++José+María+Rivera+Medina+%2817-09-14%29.pdf>

ROMO, María, & MUÑOZ, Fernando. Factibilidad para Instalar una Red de Localización Automática de Vehículos en el Distrito Metropolitano de Quito utilizando el Sistema Global de Posicionamiento GPS [en línea] (Tesis). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Ecuador, 1996. [Consulta: 08 junio 2020]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11048/1/T213.pdf>

RUSTAM RUSTAMOV, Arif Hashimov. *Multifunctional Operation and Application of GPS* [en línea]. London, Intechopen Limited, 2018. [Consulta: 04 junio 2020]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books/about/Multifunctional_Operation_and_Application.html?id=knqQDwAAQBAJ&redir_esc=y

RUSTAMOV, Rustam; & HASHIMOV, Arif. *Multifunctional Operation and Application of GPS* [En línea]. Londres – Reino Unido. (2018). ISBN: 978-1-78923-215-8. [Consulta: 1 junio 2020]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=knqQDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=Multifunctional+Operation+and+Application+of+GPS.+rustamov&ots=N5lJqvF3y&sig=eoYidhsG_wR-4r_ApINiuH25rfA#v=onepage&q=Multifunctional%20Operation%20and%20Application%20of%20GPS.%20rustamov&f=false

SALAZAR ASQUI, Mayra Alexandra. Evaluación de un Dispositivo Android utilizado como

Estación GNSS Para Ejercicios de corrección por postproceso [En línea] (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes. Riobamba - Ecuador. 2019. pp.16. [Consulta: 18 agosto 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13491>

SALLEN, Oriol, & PÉREZ, Jordi. *Fundamentos de diseño y gestión de sistemas de comunicaciones móviles celulares* [en línea]. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Catalunya, 2015. [Consulta: 02 junio 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/espoch/61472?page=164>

SANTOS PRECIADO, José Miguel. *Sistemas de Información Geográfica* [en línea]. Madrid-España: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2004. [Consulta: 28 mayo 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/espoch/129192?page=5>

SIGPAG. *Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC)* [en línea]. 2014. [Consulta: 9 de abril 2020]. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sistema-de-informacion-geografica-de-parcelas-agricolas-sigpac-/>

SILVA, Oscar. Implementación de la tecnología NTRIP en dispositivos móviles navegadores, mediante una aplicación, para obtener coordenadas GPS con mejor precisión y en tiempo real. [en línea] (Tesis). Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador, 2014 [Consulta: 28 julio 2020]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8479>

SPECTRA GEOSPATIAL. *MobileMapper 50.* [en línea]. 2020. [Consulta: 09 junio 2020]. Disponible en: <https://spectrageospatial.com/mobilemapper-50/?lang=es>

SPECTRA GEOSPATIAL. *Software para GIS MobileMapper Field.* [en línea]. Geometior: 19 octubre, 2020. [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.geometior.com/producto/software-para-gis-mobilemapper-field/>

SPECTRA PRECISION. *Receptor GNSS SP60.* [en línea]. 2016. [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: https://spectrageospatial.com/wp-content/uploads/SP60_UG_es_C.pdf

TARDÁGUILA, César. *Dispositivos Móviles y Multimedia.* [en línea]. 1a Edición. [Consulta: 04 junio 2020]. Disponible en: http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/9164/1/dispositivos_moviles_y_multimedia.pdf

TORRES, Felipe. *Generalidades del Sistema de Posicionamiento Global (GPS)* [en línea]. 2016.

[Consulta: 23 abril 2020]. Disponible en: <https://docplayer.es/7333528-Generalidades-del-sistema-de-posicionamiento-global-gps.html>

VELAZQUEZ FERNANDEZ, Guillermo. Navstar. Tiempo y distancia de navegación por satélite [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Autónoma de San Luis Potosi. Facultad de Ingeniería. San Luis Potosi, México. 1994. pp. 97 [Consulta: 8 junio 2020]. Disponible en: <https://nive.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/2412/Navstar%20Tiempo%20y%20Distancia%20de%20Navegacion%20por%20Satelite.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

VENTURINI, Guillermo. *Qué es el GPS. Cómo funciona el GPS. Aplicaciones del GPS* [en línea]. Argentina. 2020. [Consulta: 08 junio 2020]. Disponible en: <https://www.tecnologia-informatica.com/que-es-gps-como-funciona-aplicaciones/>

VERA SAN MARTÍN, Teresa. Manejo ambiental integrado de la agricultura del camarón en el golfo de Guayaquil apoyado en Sistemas de Información Geográfica [En línea] (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador. 2003. pp. 47 [Consulta: 7 abril 2020]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Manejo-ambiental-integrado-de-la-acuicultura-del-en-Martín-Barros/e203ffa663671e26a91859f1349d3cff97b0da8c>

VÍLCHEZ, Sonia; & SECO, Gonzalo. Descripción y representación de las señales GNSS [en línea]. (Tesis). (Maestría) Universitat Oberta de Catalunya, España. 2019. [Consulta: 15 junio 2020]. Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/97367/8/svilchez10TFM0619presentación.pdf>





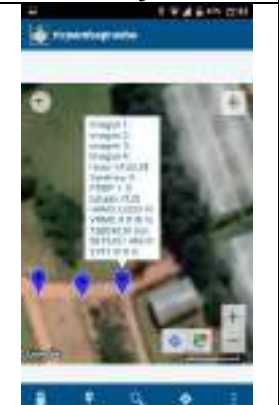




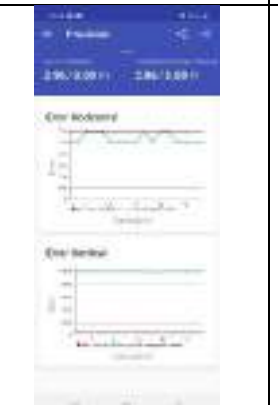

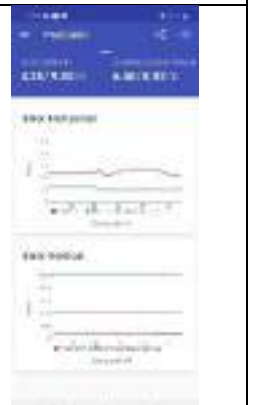
КУПРИЯНОВ, А. ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ [en línea]. (Tesis). Московский государственный университет геодезии и картографии, Rusia. 2017. [Consulta: 15 junio 2020]. Disponible en: <http://www.miigaik.ru/upload/iblock/38c/38c545964b4b1365e6a80c46b3a00f57.pdf>

СИНЯКИН А., & КОШЕЛЕВ А. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ GPS/ГЛОНАСС [en línea]. (Tesis). ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ ГОУ ВПО «СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ», Rusia. 2009. [Consulta: 11 junio 2020]. Disponible en: <http://lib.ssga.ru/fulltext/2009/Синякин%20А.К.,%20Кошелев%20А.В.%20Физические%20принципы%20работы%20GPS-ГЛОНАСС.%202009.pdf>













ANEXOS

ANEXO A: Errores tomados en cada terreno

1. Mejor y peor valor de medición de error con cada técnica en el terreno Polígono Irregular Ricpamba.

Estático (T1)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
NTRIP (T2)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
AGPS (3)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			





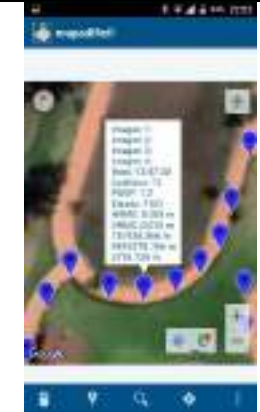





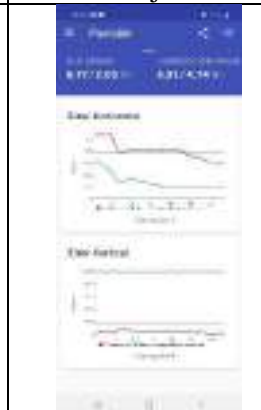

2. Mejor y peor valor de error con cada técnica en el Terreno Polígono Irregular parque La Georgina.

Estático (T1)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
NTRIP (T2)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
AGPS (3)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			




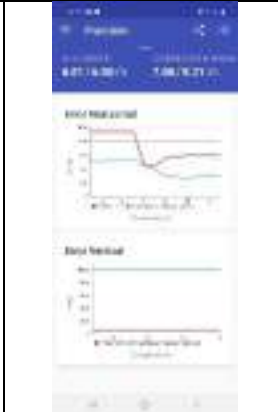
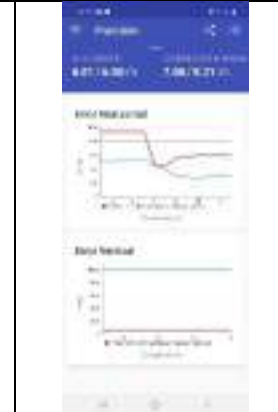
3. Mejor y peor valor de error con cada técnica en el Terreno Ovalado Ricpamba

Estático (T1)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
NTRIP (T2)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
AGPS (3)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor









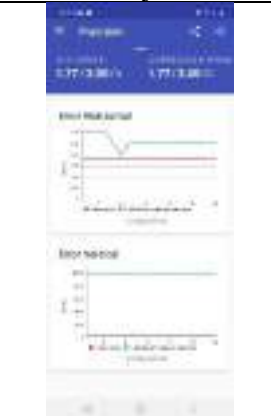

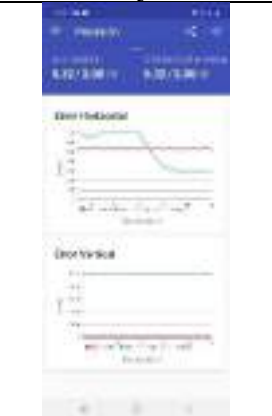

4. Mejor y peor valor de error con cada técnica en el Terreno Polígono Irregular Grande Ricpamba

Estático (T1)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
NTRIP (T2)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
AGPS (3)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			









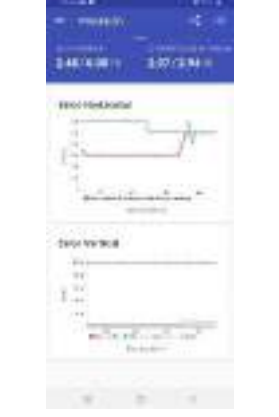


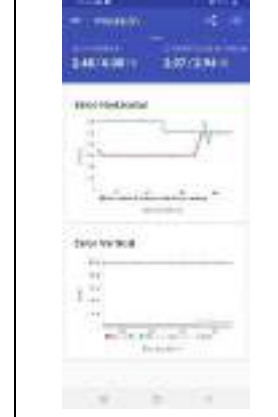
5. Mejor y peor valor de error con cada técnica en el Terreno Circular Ricpamba

Estático (T1)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
NTRIP (T2)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
AGPS (3)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			













6. Mejor y peor valor de error con cada técnica en el Terreno Triangular Ricpamba

Estático (T1)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
NTRIP (T2)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
AGPS (3)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			

7. Mejor y peor valor de error con cada técnica en el Terreno Cuadrado Chillanes

Estático (T1)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
NTRIP (T2)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
AGPS (3)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			













8. Mejor y peor valor de error con cada técnica en el Terreno Parque Central Penipe

Estático (T1)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
NTRIP (T2)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
AGPS (3)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			

9. Mejor y peor valor de error con cada técnica en el Terreno Sector Rural Penipe Bayushig

Estático (T1)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
NTRIP (T2)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
AGPS (3)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor










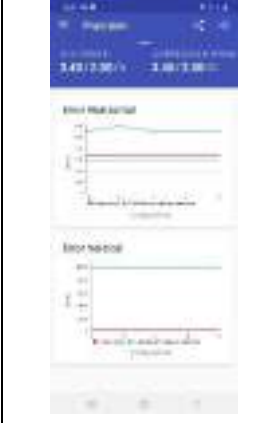


10. Mejor y peor valor de error con cada técnica en el Terreno Sector Rural Colta Columbel

Estático (T1)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
NTRIP (T2)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
AGPS (3)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			









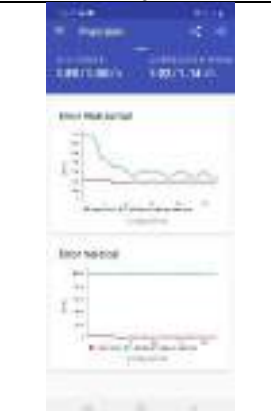
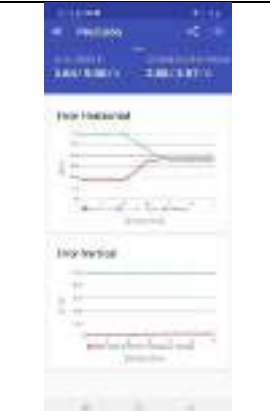
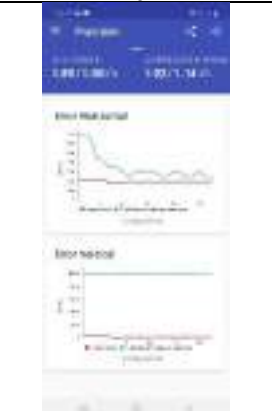

11. Mejor y peor valor de error con cada técnica en el Terreno Sector Rural Colta Columbe2

Estático (T1)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
NTRIP (T2)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
AGPS (3)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor

12. Mejor y peor valor de error con cada técnica en el Terreno Sector Rural Colta Columbe3

Estático (T1)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
NTRIP (T2)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
AGPS (3)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			

13. Mejor y peor valor de error con cada técnica en el Terreno Sector Rural Colta Columbe4

Estático (T1)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
NTRIP (T2)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			
AGPS (3)			
Horizontal		Vertical	
Mejor	Peor	Mejor	Peor
			

ANEXO B: Terrenos elegidos para las pruebas de georreferenciación









ANEXO C: Toma de los datos en los terrenos elegidos













ANEXO D: Equipos utilizados.

Antena Spectra Precision SP60





Acoples para la antena y barra de medición



Pinza de soporte entre Mobilemapper y barra de medición

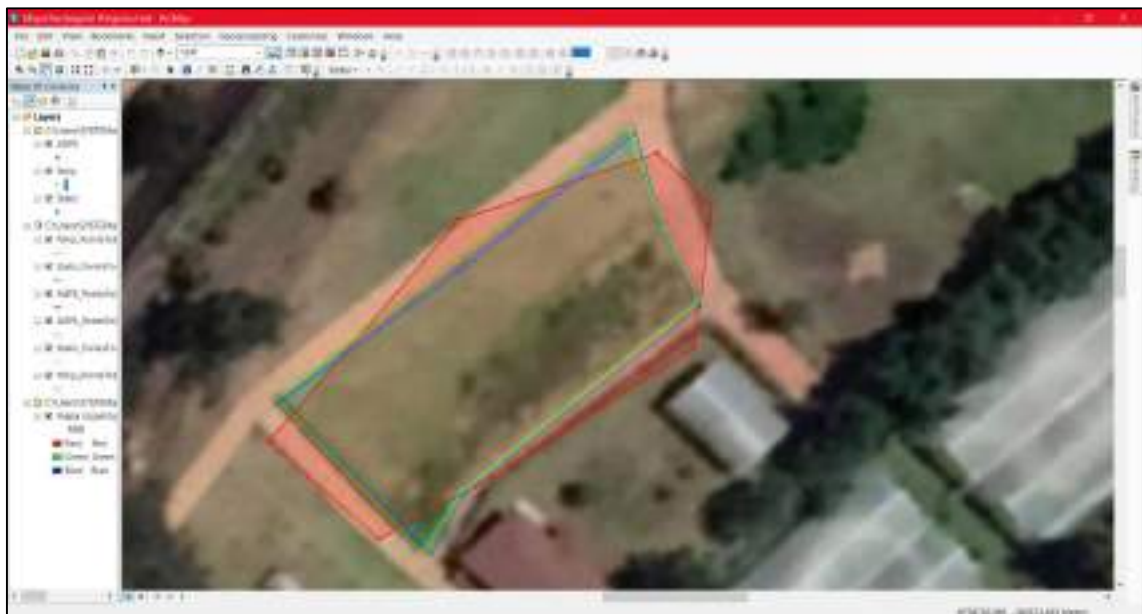


Mobilemapper 50





ANEXO E: Mapas generados en el software ArcGIS







ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO




DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 10 / 03 / 2021

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES	
Nombres – Apellidos: ABIGAIL SILVANA VALLEJO PLAZA VÍCTOR GABRIEL VILLAGÓMEZ AGUILAR	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	
Carrera: INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES	
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES	
f. Analista de Biblioteca responsable:	 ELIZABETH FERNANDA AREVALO MEDINA

