



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
GEÓGRAFO Y DEL MEDIO AMBIENTE**

AUTOR: SILVA VILLACRÉS, ÓSCAR FERNANDO

**“IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA NTRIP EN
DISPOSITIVOS MÓVILES NAVEGADORES, MEDIANTE UNA
APLICACIÓN, PARA OBTENER COORDENADAS GPS CON
MEJOR PRECISIÓN Y EN TIEMPO REAL”**

DIRECTOR: ING. LEIVA, CÉSAR

CODIRECTOR: ING., PHD. TIERRA, ALFONSO

SANGOLQUÍ, FEBRERO 2014

CERTIFICACIÓN

Ing. César Leiva

Ing., PhD. Alfonso Tierra

Certifican:

Que el proyecto de grado titulado: “IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA NTRIP EN DISPOSITIVOS MÓVILES NAVEGADORES, MEDIANTE UNA APLICACIÓN, PARA OBTENER COORDENADAS GPS CON MEJOR PRECISIÓN Y EN TIEMPO REAL”, realizado por el Sr. ÓSCAR FERNANDO SILVA VILLVACRÉS, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército, por lo que nos permitimos acreditarlo y autorizar su entrega al Sr. Ing. Francisco León L., en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Geográfica y de Medio Ambiente.

Debido a importancia en la tecnología actual, de incluir métodos y mecanismos para la Corrección de información GPS, en tiempo real, se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de dos documentos empastados y dos discos compactos, los cuales contienen los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf).

Sangolquí, 06 de febrero de 2014

Ing. César Leiva
DIRECTOR

Ing., PhD. Alfonso Tierra
CODIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Oscar Fernando Silva Villacrés

Declaro que:

El proyecto de grado titulado: “IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA NTRIP EN DISPOSITIVOS MÓVILES NAVEGADORES, MEDIANTE UNA APLICACIÓN, PARA OBTENER COORDENADAS GPS CON MEJOR PRECISIÓN Y EN TIEMPO REAL”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme a citas que constan en las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuente este trabajo es de mí autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Proyecto de Grado en mención.

Sangolquí, 06 de febrero del 2014

ÓSCAR FERNANDO SILVA VILLACRÉS

AUTORIZACIÓN

Yo, Óscar Fernando Silva Villacrés

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo de grado titulado: “IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA NTRIP EN DISPOSITIVOS MÓVILES NAVEGADORES, MEDIANTE UNA APLICACIÓN, PARA OBTENER COORDENADAS GPS CON MEJOR PRECISIÓN Y EN TIEMPO REAL”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 06 de febrero del 2014

ÓSCAR FERNANDO SILVA VILLACRÉS

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mis padres, por todo ese esfuerzo que han hecho porque sus hijos, Eve, Mary y Yo, estudiemos constantemente y llegamos a ser unos buenos profesionales y mejor aun, unas excelentes personas.

A mi familia, porque me respaldaron cuando más los necesite y supieron formar en mí valores de amor, responsabilidad, honestidad y trabajo.

ÓSCAR FERNANDO SILVA VILLACRÉS

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Cristóbal y Alicia, que con todo su esfuerzo y dedicación han hecho de mí una persona de bien, con su amor incondicional en los problemas que han transcurrido en toda mi vida y los regalos que la misma me ha dado, han sabido llevarme por el mejor camino el cual me ha permitido llegar y estar en donde estoy, que con su ejemplo y trabajo constante han permitido que hoy pueda culminar un ciclo mas en mi desarrollo personal, gracias a los valores y principios que han sabido inculcarme en mi desarrollo personal y profesional, que por medio de ellos he podido cumplir una de mis metas.

A mis hermanas, Evelyn y Mariel, que son las mujeres de mi vida, por su amor y cariño incondicional, complicidades y enojos, a ellas que me acompañaron en las risas, llantos y deseos que se pudieron cumplir, por darme siempre esas palabras de aliento que me llevaron a terminar mi carrera.

A mis tíos, Javier y Ernesto, que con su respaldo y ayuda, estuvieron siempre a mi lado inculcando en mí el deseo de victoria y las ganas de superación constante.

A mi abuelita, Susi, que con su amistad, su consejo y su ayuda logró inculcar en mí valores de respeto, responsabilidad y amor al trabajo, además de su ayuda incondicional en momentos difíciles en mi vida.

A mis maestros e ingenieros, en especial a mis directores de tesis, César Leiva y Alfonso Tierra, por el apoyo y la ayuda en el transcurso del desarrollo de mi proyecto, aportando consejos y soluciones a los problemas que se presentaron.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1

1.1	INTRODUCCIÓN	2
1.2	ANTECEDENTES	3
1.3	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	8
1.4	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	10
1.5	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	12
1.5.1	Ubicación Geográfica.....	12
1.5.2	Área de influencia.....	13
1.6	OBJETIVO GENERAL	15
1.7	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.8	METAS	15
1.9	METODOLOGÍA	17
1.9.1	Primera Fase.....	17
1.9.2	Segunda Fase.....	19
1.9.3	Tercera Fase	20

CAPÍTULO 2

2.1	GNSS.....	22
2.1.1	Concepto	22
2.1.2	Precisiones.....	23
2.1.3	Aplicaciones.....	23
2.1.4	Sistemas de Posicionamiento por Satélites Actuales	24
	• NAVSTAR – GPS	24
	• GLONASS	26
2.1.5	Sistemas de posicionamiento por Satélites en Proyectos.....	30
	• GALILEO	30
	• BEIDOU	30
2.2	SIRGAS TIEMPO REAL	30
2.3	LA SEÑAL GNSS.....	31
2.3.1	Código C/A.....	33
2.3.2	Modulación	33
2.4	OBSERVABLES GPS CÓDIGO	35
2.4.1	Pseudodistancia Mediante Código.....	35
2.5	MODELO MATEMÁTICO DE PSEUDISTANCIAS CON CÓDIGO.....	36
2.6	MÉTODOS DE OBSERVACIÓN	37
2.6.1	Posicionamiento Absoluto con Código.....	37

2.6.2	Posicionamiento Relativo o Diferencial.....	38
•	Posicionamiento Diferencial por Posición	40
•	Posicionamiento Diferencial por Distancias	41
2.6.3	DGPS	43
•	Post - Procesamiento	43
2.6.4	Formato de transmisión y recepción de datos.....	44
•	RTCM	44
•	NMEA.....	46
2.7	NTRIP.....	47
2.7.1	Concepto	47
2.7.2	Componentes de NTRIP.....	49
•	NTRIP Source	49
•	NTRIP Server	49
•	NTRIP Caster	49
•	NTRIP User/Client.....	50
2.7.3	Desarrollo	50
2.7.4	Antecedentes NTRIP	52
•	América Latina.....	52
•	Ecuador.....	54
2.7.5	Ventajas y desventajas del Uso	54
2.8	DISPOSITIVOS MÓVILES	55
2.8.1	Celular	55
2.8.2	Tablet.....	57
2.8.3	Sistema Operativo	58
•	Windows Mobile	59
•	Android.....	60
•	iOS	62
2.8.4	Google Maps – GPS	63
•	Estructura del GPS en Android	64
2.8.5	Conectividad.....	67
•	Wifi	67
•	Tecnología 3G.....	67
•	Tecnología 4G.....	68
2.9	PRUEBAS ESTADÍSTICAS.....	68
2.9.1	Prueba no Paramétrica Kolmogorov - Smirnov	68
2.9.2	Prueba de Hipótesis (Valor Z).....	69
•	Prueba de Significancia de una y dos colas	69

CAPÍTULO 3

3.1	ESTACIÓN BASE	71
3.1.1	Hardware Empleado.....	71
•	Estación de Referencia Trimble NetR5	71
3.1.2	SOFTWARE EMPLEADO	73
•	GNSS Internet Radio	73

•	Lefebure NTRIPCASTER	74
3.2	ESTACIÓN MÓVIL	75
3.2.1	HARDWARE EMPLEADO	75
•	Dispositivos Móviles	75
•	Samsung Galaxy ACE	75
•	Samsung Galaxy Tab 2 10.1.....	76
•	Tarjeta SIM GSM 3G	77
3.2.2	SOFTWARE EMPLEADO	79
•	Lefebure NTRIPCLIENT.....	79
•	RTCM Decoder.....	79

CAPÍTULO 4

4.1	GENERACIÓN DE DATOS GNSS	81
4.1.1	Receptor Base.....	81
•	Protocolo NTRIP	81
•	Protocolo TCP/IP	84
•	Cálculo del Vector Error	84
4.1.2	Receptor Móvil	87
4.1.3	Aplicación del Vector Error en un instante t	90
4.2	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.....	97
4.2.1	Funcionalidades de la aplicación	97
•	Requisitos Funcionales	97
•	Cliente	97
•	Administrador	98
•	Requisitos No Funcionales.....	98
•	Cliente	98
•	Administrador	99
4.2.2	Entorno de Trabajo. Informática	100
•	Requisitos del Sistema.....	100
•	Sistema Operativo.....	100
•	Software de Desarrollo	100
•	Eclipse Juno 4.2.2	100
•	SDK Android Manager	102
•	Código Fuente Base	102
4.2.3	Utilización de las APIs	103
•	API de ubicación	103
•	API de Conexiones Inalámbricas.....	105
•	API de Cálculo.....	106
•	API de Google Maps (Opcional).....	106
4.2.4	Diagramas de Caso de Uso	107
4.2.5	Diagramas de Estado	109
•	Actividad del chip GPS.....	109
•	Conexiones Inalámbricas.....	110
•	Información Codificada	110

•	Generación y Aplicación del Vector	111
•	Diagrama General del Sistema	112
4.2.6	Arquitectura del Sistema	113

CAPÍTULO 5

5.1	METODOLOGÍA	115
5.2	OBSERVACIONES	116
5.2.1	Estación Base.....	116
5.3	PRUEBAS ESTADÍSTICAS.....	120
5.3.1	Test Kolmogorov – Smirnov (TABLET)	120
	Fuente: IBM SPSS Statistics 19	120
	Fuente: IBM SPSS Statistics 19	121
5.3.2	Test Kolmogorov – Smirnov (MMAPPER10).....	121
	Fuente: IBM SPSS Statistics 19	122
	Fuente: IBM SPSS Statistics 19	122
5.4	PUNTOS ANALIZADOS.....	123
5.4.1	CANCHA ESPE (0.28km).....	123
•	Tablet.....	123
•	Prueba Estadística Tablet	126
•	MobileMapper 10.....	127
•	Prueba Estadística MM10	130
5.4.2	CIE04 (0.47km)	131
•	Tablet.....	131
•	Prueba Estadística Tablet	133
•	MobileMapper 10.....	134
•	Prueba Estadística MM10	137
5.4.3	SANTA ROSA (2.40km).....	138
•	Tablet.....	138
•	Prueba Estadística Tablet	141
•	MobileMapper 10.....	142
•	Prueba Estadística MM10	145
5.4.4	MIRAVALLE (8.50km).....	146
•	Tablet.....	146
•	Prueba Estadística Tablet	149
•	MobileMapper 10.....	150
•	Prueba Estadística MM10	153
5.4.5	VICENTINA (11.86km).....	154
•	Tablet.....	154
•	Prueba Estadística Tablet	157
•	MobileMapper 10.....	158
•	Prueba Estadística MM10	161
5.4.6	HOSPITAL DEL SUR (13.10km)	162
•	Tablet.....	162
•	Prueba Estadística Tablet	165

•	MobileMapper 10.....	166
•	Prueba Estadística MM10	169
5.4.7	PIFO PE 18483 – Y (16km)	170
•	Tablet.....	170
•	Prueba Estadística Tablet	173
•	MobileMapper 10.....	174
•	Prueba Estadística MM10	177
5.4.8	LLOA (17.20km)	178
5.4.9	CEMEXPO PE 16943 – Y (31.10km).....	178
•	Tablet.....	178
•	Prueba Estadística Tablet	181
•	MobileMapper 10.....	182
•	Prueba Estadística MM10	185
5.5	RESUMEN DE RESULTADOS.....	186
5.5.1	Variable Distancia en Mediciones TABLET	186
5.5.2	Variable Distancia en Mediciones MM10.....	187
5.5.3	Promedio de Coordenadas Finales.....	188
5.5.4	Distancias con diferentes Métodos de Medición	189
•	Resultados con Navegación, NTRIP, DGPS	189
•	NTRIP vs DGPS	189

CAPÍTULO 6

6.1	CONCLUSIONES	190
6.2	RECOMENDACIONES	196

REFERENCIAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Área de servicios de la Empresa Eléctrica Quito S.A.....	12
Figura 2 Zonas de influencia Primaria – Método NTRIP	14
Figura 3 Descripción de las metodologías de investigación.	17
Figura 4 Configuración NTRIP	18
Figura 5 Proceso de diseño.	19
Figura 6 Características de Programación en Java.....	19
Figura 7 Proceso de diseño Tercera fase	21
Figura 8 Estructura de GNSS	22
Figura 9 Estructura GPS Control.....	26
Figura 10 Dispositivo GPS, Trimble YUMA.....	26
Figura 11 Despliegue de constelaciones GLONASS.....	27
Figura 12 Estructura de la señal GPS	32
Figura 13 Frecuencias usadas por el GPS.....	34
Figura 14 Esquema de señales GPS.....	34
Figura 15 Funcionamiento del Receptor GPS	35
Figura 16 Principio de la técnica de Corrección Diferencial	38
Figura 17 Distancias entre satélites y receptores	39
Figura 18 Corrección Diferencial por Posición	41
Figura 19 Corrección Diferencial por Distancias	42
Figura 20 Proceso NTRIP	48
Figura 21 Arquitectura NTRIP	50
Figura 22 Infraestructura NTRIP.....	51
Figura 23 Distribución de usuarios en un CASTERNTRIP.....	52
Figura 24 Evolución de los dispositivos móviles	56
Figura 25 "Dynabooks", Prototipo de Alan Key.	57
Figura 26 Sistema de capas de Android	61
Figura 27 Estructura del GPS en Android.....	64
Figura 28 Estadístico z, prueba cola izquierda, nivel de significancia de 0.05.....	69
Figura 29 Estadístico z, prueba dos cola, nivel de significancia de 0.05.....	70

Figura 30 Estación de Referencia Trimble NetR9.....	72
Figura 31 Antenas geodésicas de alta precisión	73
Figura 32 Samsung Galaxy Ace, Google Maps	75
Figura 33 Samsung Galaxy Tab 2 con Google Maps.....	77
Figura 34 Chip GSM CNT, Movistar y Claro.....	78
Figura 35 Opciones de Entrada y Salida de Información – NTRIPCASTER	82
Figura 36 Internet en Redes Móviles 3G.....	83
Figura 37 Configuración TCP/IP	84
Figura 38 Representación grafica de la Estación GNSS.....	86
Figura 39 Punto GPS marcado en un instante t en la Estación Base (Dato NMEA)	87
Figura 40 Datos técnicos de Samsung Galaxy Tab 2 (Android 4.0.3).....	88
Figura 41 Dispersión en Horizontal con datos GGA de la Tablet/Móvil.	90
Figura 42 Representación del receptor móvil en un Sistema Astronómico local	91
Figura 43 Corrección aplicada al punto original de la Tablet.....	93
Figura 44 Ubicación de Punto Real con Punto Tablet y Distancia entre ambos.....	94
Figura 45 Posición y distancia corregidas	95
Figura 46 Generación del Vector Corrección	96
Figura 47 Sistemas y subsistemas de Eclipse	101
Figura 48 Aplicación NTRIPCLIENT	103
Figura 49 Diagrama general del uso de NTRIP y Corrección Diferencial en móviles	107
Figura 50 Diagrama de Caso de Uso de la aplicación Android para el Administrador	108
Figura 51 Diagrama de Caso de Uso de la aplicación Android para el Usuario	109
Figura 52 Diagrama de Estado – Sistema GPS en móvil.....	110
Figura 53 Diagrama de Estado – Conexiones.....	110
Figura 54 Diagrama de Estado – Decodificación de Datos	111
Figura 55 Diagrama de Estado – Vector Error y Cierre de Sistema.....	111
Figura 56 Diagrama de Estado Sistema General de la Aplicación.....	112
Figura 57 Arquitectura General de la aplicación.....	113
Figura 58 Ubicación de la Tablet con el Punto de Control (H. Sur).....	115
Figura 59 Dispersión Estación Base – NMEA – Día GPS 190	116
Figura 60 Dispersión Estación Base – NMEA – Día GPS 216	117

Figura 61 Curva de Distribución Normal Distancia Pto. Real – Medición (BASE)	118
Figura 62 Dispersión horizontal Base – Instante t1 CANCHA ESPE.....	123
Figura 63 Dispersión horizontal Móvil – Instante t1 CANCHA ESPE	123
Figura 64 Corrección en horizontal – Instante t1 CANCHA ESPE	124
Figura 65 Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CANCHA TAB).....	126
Figura 66 Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CANCHA TAB CORREC.).....	126
Figura 67 Dispersión horizontal Base – Instante t2 CANCHA ESPE.....	127
Figura 68 Dispersión horizontal Móvil – Instante t2 CANCHA ESPE	127
Figura 69 Corrección en horizontal – Instante t2 CANCHA ESPE	128
Figura 70 Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CANCHA MM10)	130
Figura 71 Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CANCHA MM10 CORREC.)	130
Figura 72 Dispersión horizontal Base – Instante t1 CIE04	131
Figura 73 Dispersión horizontal Móvil – Instante t1 CIE04.....	131
Figura 74 Corrección en horizontal – Instante t1 CIE04	132
Figura 75 Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CIE04 TAB)	133
Figura 76 Z e intervalo de confianza al 95% (CIE04 TAB CORREC.).....	133
Figura 77 Dispersión horizontal Base – Instante t2 CIE04	134
Figura 78 Dispersión horizontal Móvil – Instante t2 CIE04.....	135
Figura 79 Corrección en horizontal – Instante t2 CIE04	135
Figura 80 Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CIE04 MM10).....	137
Figura 81 Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CIE04 MM10 CORREC.).....	137
Figura 82 Dispersión horizontal Base – Instante t1 SANTA ROSA.....	138
Figura 83 Dispersión horizontal Móvil – Instante t1 SANTA ROSA	138
Figura 84 Corrección en horizontal – Instante t1 SANTA ROSA.....	139
Figura 85 Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (SANTA ROSA TAB).....	141
Figura 86 Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (SANTA ROSA TAB CORREC.).....	141
Figura 87 Dispersión horizontal Base – Instante t2 SANTA ROSA.....	142
Figura 88 Dispersión horizontal Móvil – Instante t2 SANTA ROSA	142
Figura 89 Corrección en horizontal – Instante t2 SANTA ROSA.....	143
Figura 90 Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (SANTA ROSA MM10)	145
Figura 91 Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (SANTA ROSA MM10 CORREC.)	145

Figura 92	Dispersión horizontal Base – Instante t1 MIRAVALLE.....	146
Figura 93	Dispersión horizontal Móvil – Instante t1 MIRAVALLE	146
Figura 94	Corrección en horizontal – Instante t1 MIRAVALLE.....	147
Figura 95	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (MIRAVALLE TAB).....	149
Figura 96	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (MIRAVALLE TAB CORREC.).....	149
Figura 97	Dispersión horizontal Base – Instante t2 MIRAVALLE.....	150
Figura 98	Dispersión horizontal Móvil – Instante t2 MIRAVALLE	150
Figura 99	Corrección en horizontal – Instante t2 MIRAVALLE.....	151
Figura 100	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (MIRAVALLE MM10)	153
Figura 101	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (MIRAVALLE MM10 CORREC.)	153
Figura 102	Dispersión horizontal Base – Instante t1 VICENTINA.....	154
Figura 103	Dispersión horizontal Móvil – Instante t1 VICENTINA	154
Figura 104	Corrección en horizontal – Instante t1 VICENTINA.....	155
Figura 105	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (VICENTINA TAB).....	157
Figura 106	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (VICENTINA TAB CORREC.).....	157
Figura 107	Dispersión horizontal Base – Instante t2 VICENTINA.....	158
Figura 108	Dispersión horizontal Móvil – Instante t2 VICENTINA	158
Figura 109	Corrección en horizontal – Instante t2 VICENTINA.....	159
Figura 110	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (VICENTINA MM10)	161
Figura 111	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (VICENTINA MM10 CORREC.)	161
Figura 112	Dispersión horizontal Base – Instante t1 H. DEL SUR	162
Figura 113	Dispersión horizontal Móvil – Instante t1 H. DEL SUR.....	162
Figura 114	Corrección en horizontal – Instante t1 H. DEL SUR.....	163
Figura 115	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (HSUR TAB)	165
Figura 116	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (HSUR TAB CORREC.)	165
Figura 117	Dispersión horizontal Base – Instante t2 H. DEL SUR	166
Figura 118	Dispersión horizontal Móvil – Instante t2 H. DEL SUR.....	166
Figura 119	Corrección en horizontal – Instante t2 H.DEL SUR.....	167
Figura 120	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (HSUR MM10).....	169
Figura 121	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (HSUR MM10 CORREC.).....	169
Figura 122	Dispersión horizontal Base – Instante t1 PE 18483 – Y.....	170

Figura 123	Dispersión horizontal Móvil – Instante t1 PE 18483 – Y	170
Figura 124	Corrección en horizontal – Instante t1 PE 18483 – Y	171
Figura 125	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 18483-Y TAB)	173
Figura 126	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 18483-Y TAB CORREC.)	173
Figura 127	Dispersión horizontal Base – Instante t2 PE 18483 – Y	174
Figura 128	Dispersión horizontal Móvil – Instante t2 PE 18483 – Y	174
Figura 129	Corrección en horizontal – Instante t2 PE 18483 – Y	175
Figura 130	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 18483-Y MM10)	177
Figura 131	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 18483-Y MM10 CORREC.)	177
Figura 132	Dispersión horizontal Base – Instante t1 PE 16943 – Y	178
Figura 133	Dispersión horizontal Móvil – Instante t1 PE 16943 – Y	179
Figura 134	Corrección en horizontal – Instante t1 PE 16943 – Y	179
Figura 135	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 16943-Y TAB)	181
Figura 136	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 16943-Y TAB CORREC.)	181
Figura 137	Dispersión horizontal Base – Instante t2 PE 16943 – Y	182
Figura 138	Dispersión horizontal Móvil – Instante t2 PE 16943 – Y	182
Figura 139	Corrección en horizontal – Instante t2 PE 16943 – Y	183
Figura 140	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 16943-Y MM10)	185
Figura 141	Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 16943-Y MM10 CORREC.)	185

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Áreas de Concesión de las distribuidoras de la EEQ.	13
Tabla 2 Precisiones en equipos y métodos de rastreo	23
Tabla 3 Comparación entre las características de GPS y GLONASS	28
Tabla 4 Estructura RTCM 2.3.....	45
Tabla 5 Estructura RTCM 3.0.....	45
Tabla 6 Transferencia de datos.....	46
Tabla 7 Exactitud NTRIP para el Ecuador a diferentes tiempos y distancias en horizontal... 54	54
Tabla 8 Requisitos para descargar datos de una Estación GNSS	82
Tabla 9 Coordenadas Base en Mensajes RTCM	83
Tabla 10 Datos brutos obtenidos de la Estación GNSS.....	85
Tabla 11 Datos brutos obtenidos en el Receptor Móvil	89
Tabla 12 Puntos de Control Horizontal determinados para el análisis de NTRIP	114
Tabla 13 Variable Distancia Comprendida entre Pto Real y Mediciones.....	117
Tabla 14 Prueba de Kolmogorov-Smirnov una muestra (TAB DATOS BRUTOS).....	121
Tabla 15 Prueba de Kolmogorov-Smirnov una muestra (TAB DATOS CORREGIDOS).....	121
Tabla 16 Prueba de Kolmogorov-Smirnov una muestra (MM10 DATOS BRUTOS)	122
Tabla 17 Prueba de Kolmogorov-Smirnov una muestra (MM10 DATOS CORRECCIÓN)	122
Tabla 18 Variable Distancia Punto - Medición (CANCHA ESPE) SamsungGalaxyTab2.....	125
Tabla 19 Variable Distancia Punto - Medición (CANCHA ESPE) MobileMapper 10.....	129
Tabla 20 Variable Distancia Punto - Medición (CIE04) SamsungGalaxyTab2	132
Tabla 21 Variable Distancia Punto - Medición (CIE04) MobileMapper 10	136
Tabla 22 Variable Distancia Punto - Medición (SANTA ROSA) SamsungGalaxyTab2.....	140
Tabla 23 Variable Distancia Punto - Medición (SANTA ROSA) MobileMapper 10.....	144
Tabla 24 Variable Distancia Punto - Medición (MIRAVALLE) SamsungGalaxyTab2.....	148
Tabla 25 Variable Distancia Punto - Medición (MIRAVALLE) MobileMapper 10.....	152
Tabla 26 Variable Distancia Punto - Medición (VICENTINA) SamsungGalaxyTab2.....	156
Tabla 27 Variable Distancia Punto - Medición (VICENTINA) MobileMapper 10.....	160
Tabla 28 Variable Distancia Punto - Medición (H. DEL SUR) SamsungGalaxyTab2.....	164
Tabla 29 Variable Distancia Punto - Medición (H. DEL SUR) MobileMapper 10.....	168

Tabla 30 Variable Distancia Punto - Medición (PE 18483 – Y) SamsungGalaxyTab2.....	172
Tabla 31 Variable Distancia Punto - Medición (PE 18483 – Y) MobileMapper 10.....	176
Tabla 32 Variable Distancia Punto - Medición (PE 16943 – Y) SamsungGalaxyTab2.....	180
Tabla 33 Variable Distancia Punto - Medición (PE 16943 – Y) MobileMapper 10.....	184
Tabla 34 Análisis de Variable Distancia obtenidas en Mediciones TABLET	186
Tabla 35 Análisis de Variable Distancia obtenidas en Mediciones MM10	187
Tabla 36 Promedio de solución de coordenadas Finales TABLET	188
Tabla 37 Promedio de solución de coordenadas Finales MM10	188
Tabla 38 Distancias Navegación, NTRIP y DGPS	189
Tabla 39 NTRIP vs DGPS	189

GLOSARIO

Bluetooth SPP. Es un puerto de serie basado en la especificación 07.10 de ETSI por medio del protocolo RFCOMM, emula una línea serie y provee una interfaz de reemplazo de comunicaciones basadas en RS-232, con señales de control típicas; servidor del Caster que por internet gestiona los flujos de datos, verifica los mensajes recibidos por los clientes NTRIP.

Codificador. Dispositivo para la conversión de datos o señales empleando un determinado código

Código Fuente. Pertenece a un programa informático, el cual es un conjunto de líneas de texto que son las instrucciones que debe seguir la computadora o el móvil para ejecutar un programa.

Conectividad inalámbrica. Los extremos de una comunicación entre emisor y receptor no se encuentran unidos por un medio de propagación físico, sino que usan la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio. Cortafuegos. Es una parte de un sistema o una red que está diseñada para bloquear el acceso no autorizado, permitiendo al mismo tiempo comunicaciones autorizadas.

Dalvik. Es el nombre de la maquina virtual que utiliza Android (dalvikVM), la cual está basada en registro, se puede encontrar una gran diferencia con respecto a la maquina virtual de Java (JVM).

Darwin BSD. Sistema Unix, agradable y amigable interfaz de Mac OS, tecnología de Código Abierto.

Decodificador. Realiza una operación inversa a la del codificador, es un circuito combinatorial, convierte un código binario de entrada de N bits de entrada y M líneas de salida, tales que cada línea de salida será activada para una sola de las combinaciones de entrada.

Efemérides. Tabla de valores que da las posiciones de los objetos astronómicos en el cielo en un momento o momentos dados.

Exactitud. Que tan cerca del valor real se encuentra el valor medido.

Formatos binarios. Cada número binario contiene una cantidad infinita de dígitos, también llamados bits, que es una abreviatura de binary digits,

Frecuencia. Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

Geolocalización. Permite localizar un teléfono móvil o un ordenador en un lugar preciso.

Geoportal. Es un portal web que permite acceder y encontrar información geográfica de determinada área, y servicios geográficos asociados.

Interfaz. En un término que procede del vocablo inglés *interface* (superficie de contacto). En informática, esta noción se utiliza para nombrar la conexión física y funcional entre dos sistemas o dispositivos de cualquier tipo dando una comunicación entre distintos niveles.

Java. Lenguaje de programación de bajo nivel, diseñado para tener pocas dependencias de implementación como fuera posible; permite que los desarrolladores escriban el programa una vez y sea ejecutado en cualquier dispositivo.

Middleware. Es un software que asiste a una aplicación para interactuar o comunicarse con otras aplicaciones, software, redes, hardware y/o sistemas operativos

Módem. Dispositivo que convierte las señales digitales en analógicas (modulación) y viceversa (demodulación) permitiendo la comunicación entre computadores por medio de una línea telefónica o del cable módem.

Multipath. Causada por la reflexión de las señales del satélite (ondas de radio) en los objetos

Ordenador. Es una maquina programable, responde a un sistema específico de instrucciones de una manera bien definida, puede ejecutar una lista de instrucciones pregrabadas (un programa).

Osciladores. Sistema que es capaz de crea perturbaciones o cambios periódicos o cuasi periódicos en un medio, ya sea uno material (sonido) o un campo electromagnético (ondas de radio, microondas, infrarrojo, luz visible, rayos gamma, rayos cósmicos).

Path. Es la forma de referenciar un archivo informático o directorio en un sistema de archivos de un sistema operativo determinado.

Plataforma. Es un sistema que sirve como base para hacer funcionar determinados módulos de hardware o software con los que es compatible, definido por un estándar, alrededor del cual se determina una arquitectura de hardware y una plataforma de software.

Precisión. Dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud.

Proxy. Es una red informática, es un programa o dispositivo que realiza una acción en representación de otro; es un equipo intermediario situado entre el sistema del usuario e Internet.

Radiodifusión. Producción y difusión de señales radioeléctricas de audio y/o video a través de ondas o cables destinadas al público general o bien al sector mismo.

Rastreo. Localización instantánea en tiempo real, puede realizarse con equipos sofisticados de navegación o simples como navegadores.

RINEX. Se trata de un formato de ficheros de texto orientado a almacenar, de manera estandarizada, medidas proporcionadas por receptores de sistemas de navegación por satélite, como GPS, GLONASS, EGNOS, WAAS o Galileo.

Receptor. En teoría de comunicación, es el agente (equipo) que recibe el mensaje, señal, código (comunicación o información), emitido por un emisor, transmisor o enunciante.

Refracción. Es el cambio de dirección que experimenta una honda al pasar de un medio material a otro, solo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si tienen índices de refracción distintos.

Ruido Pseudo – aleatorio. Es un código digital (o secuencia de impulsos de activación/desactivación) que es tan complicado que su señal podría confundirse con un ruido electro aleatorio.

Root. Es el nombre convencional de la cuenta de usuario que posee todos los derechos en todos los modos (mono o multiusuario).

Sentencias. Son las unidades ejecutables más pequeñas de un programa, es una línea de código; especifica y controlan el flujo y orden del archivo de ejecución, constando palabras clave o reservadas, expresiones, declaraciones o llamadas a funciones; en otros casos describen las características o la ejecución del equipo que emite la información.

Sidéreo. Es el tiempo medido por el movimiento diurno aparente del equinoccio vernal, tiempo que tarda la Tierra en completar una rotación sobre su eje, teniendo en cuenta las estrellas, dura 23h 56min 4,09seg; de forma más precisa se define como el ángulo horario del equinoccio vernal.

Sistema Híbrido. Denota a los sistemas software que emplean, en paralelo, una combinación de modelos físicos y sistemas de información.

Socket. Es un método para la comunicación entre un programa del cliente y un programa del servidor en una red, se define como el punto final en una conexión. Los sockets se crean y se utilizan con un sistema de peticiones o de llamadas de función a veces llamados interfaz de programación de aplicación de sockets (API, application programming interface).

Streams. Es la distribución de multimedia a través de una red de computadoras de manera que el usuario consume el producto al mismo tiempo que se descarga, un flujo continuo de datos.

Teléfono inteligente. Conocido como smartphone, es un dispositivo electrónico que funciona como un teléfono móvil con características similares a las de un ordenador personal.

Tiempo UTC. Es el tiempo de la zona horaria de referencia respecto a la cual se calculan todas las otras zonas del mundo, se obtiene a partir del Tiempo Atómico internacional, un estándar de tiempo calculado a partir de una media ponderada de las señales de los relojes atómicos.

TouchWiz. Interfaz táctil desarrollada por Samsung, no es un sistema operativo.

Unix. Es un sistema operativo portable, multitarea y multiusuario.

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

AGPS	Assisted GPS.
AIS	Sistema de Identificación Automática.
API	Application Programming Interface.
BINEX	Binary Exchange.
BKG	The Federal Agency for Cartography and Geodesy.
BTS	Servicio de Tráfico de Busques.
CMR	Trimble Compact Measure Record.
DGPS	Differential Global Positioning System.
EEQ	Empresa Eléctrica Quito.
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read – Only Memory.
ESA	Agencia Europea Espacial.
GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System.
GNSS	Sistema Global de Navegación por Satélite.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global.
GSM	Global System for Mobile Communication.
HSDPA	High – Speed Downlink Packet Access.
HSPA	High-Speed Packet Access
HTTP	Hypertext Transfer Protocol.
IGM	Instituto Geográfico Militar.
ION	Instituto de Navegación de Estados Unidos.

IP	Internet Protocol.
I+D+i	Investigación Desarrollo e Innovación.
LVA	Localización Automática de Vehículo.
LTE	Long Term Evolution
NAVSTAR	Navigation System Time and Ranging.
NMEA	National Marine Electronics Association.
NTRIP	Networked Transportation of RTCM via Internet Protocol.
NVRAM	Non – Volatile Random – Access Memory.
OSGi	Open Services Gateway Initiative
PRN	Pseudo Random Noise.
RINEX	Receiver INdependent Exchange
RTK	Real Time Kinematic.
RTCM	The Radio Technical Commission for Maritime Services.
SDK	Software Development Kit.
SGL	Motor Grafico 2D.
SIG	Sistemas de Información Geográfica.
SIRGAS	Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas.
SIRGAS – TR	Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas Tiempo Real.
SRAM	Static Random – Access Memory.
TCP	Transmission Control Protocol.

UTC	Universal Time Coordinated.
WLAN	Wireless Local Area Network.
3G	Tercera Generación.
4G	Cuarta Generación.

RESUMEN

En la actualidad los dispositivos móviles inteligentes, especialmente Android por facilidad de manejo y de creación de aplicaciones, se ha convertido en la herramienta indispensable para cualquier tipo de usuario con acceso a internet, así mismo la navegación por medio del GPS ha permitido que los desarrolladores de aplicaciones provean al consumidor de un sin número de alternativas, pero que tan preciso es este posicionamiento si solo usa código C/A; para este caso la precisión que alcanza cualquier tipo de celular que cuente con GPS, es de 2 a 10 metros, dependiendo de la ubicación en la que se encuentre, la topografía del lugar en el que este, el tipo de receptor GPS y si tiene acceso a redes móviles como el internet por wi-fi o 3G. Por otro lado están los equipos GNSS, que tienen la capacidad de proporcionar correcciones para código C/A, de libre acceso, permitiendo así que los usuarios puedan estar al alcance de estos datos, siempre y cuando el dispositivo cuente con un software que pueda recibir esta información y a la vez procesarla. Este proyecto se basa en el uso de código C/A de los navegadores y tabletas en un sistema operativo Android y Windows Mobile, con los datos de una estación de monitoreo continuo, para desarrollar una aplicación que ejecute una corrección diferencial en tiempo real y obtener mejoría en los datos de posicionamiento y una mayor precisión.

Palabras Clave: GNSS, Android, Código C/A, NTRIP, Corrección Diferencial.

SUMMARY

Nowadays mobile phone, especially Android for ease to use and creating free applications, it has become an essential tool for any user with internet access, through the GPS navigation, it has allowed developers of applications provide many alternatives to consumer but the problem of this method is the accuracy in positioning because it only use C/A code, in this case the precision that have any mobile phone with GPS is between 2 and 10 meters, depending on the location where you are, the time in which you find and if you have internet access wi-fi or 3G. On the other side there are the GNSS equipments which have the ability to provide corrections for the C / A code, freely available, allowing users to have available these data, as long as, the device have a software that can receive and process this information.

Key Words: GNSS, Android, C/A Code, NTRIP, Differential Correction

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA NTRIP EN DISPOSITIVOS MÓVILES NAVEGADORES, MEDIANTE UNA APLICACIÓN, PARA OBTENER COORDENADAS GPS CON MEJOR PRECISIÓN Y EN TIEMPO REAL

La disponibilidad de teléfonos inteligentes con la capacidad de recibir señales GPS y poder navegar en cualquier parte del mundo, es inmensa, los usuarios están al alcance de comprar equipos móviles a bajos costos y que permitan utilizar este servicio, pero las limitantes de usar estas señales se dan por la precisión que pueden alcanzar, pues trabaja solo con código C/A.

Los dispositivos móviles inteligentes llegan a tener errores en metros, que unido con un sistema cartográfico e imágenes satelitales que presenta Google Maps, causa problemas de posicionamiento, por ejemplo, la ubicación en la que se encuentra el usuario se sitúa sobre los predios o manzanas, a metros de la posición real, provocando errores en la visualización y que el usuario no sepa en cuales de los dos calles que rodean a la manzana, se encuentra.

Por otro lado, la cobertura y disponibilidad de equipos GNSS(Global Navigation Satellite System) o estaciones de monitoreo continuo, se ha convertido en la herramienta indispensable para empresas que necesitan en algún momento de precisión en trabajos con GPS, es así que este tipo de hardware y software ya tiene la capacidad de corregir diferencias de fase y de posición en tiempo real, almacenarlas en un servidor y posteriormente enviarlas, ya sea por señales de radio o por internet, a esta ultima técnica de envío de datos se la conoce como NTRIP.

Si se combina la posibilidad de tener correcciones diferenciales de código, con celulares que posean GPS e internet 3G o redes móviles, se tendrá una fuente de datos en tiempo real, con mejores precisiones y con resultados confiables que pueden ser utilizados para trabajos que necesiten de mayor precisión.

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

Los métodos y procedimientos para el cálculo de posiciones en todo el planeta, a lo largo de la historia, han ido evolucionando con la finalidad de encontrar mejores precisiones, disminuir los errores y mejorar la confiabilidad de los datos obtenidos en un procesamiento de datos.

Actualmente existe un sin número de equipos que pueden trabajar en cualquier tipo de ambiente y condiciones, hardware y software que trabajan en forma simultánea, arrojando datos de alta precisión, en la mayoría de los casos son trabajados en post - proceso para obtener un mejor resultado.

La necesidad de tener equipos de posicionamiento que respondan con datos y sus respectivas derivaciones en tiempo real, han llevado a los investigadores a desarrollar mecanismos y técnicas, que unidos con la tecnología actual de redes de información inmediata, han podido formar un conjunto de métodos que se han ido desarrollando progresivamente con la finalidad de tener información en tiempo real y con una alta confiabilidad en el posicionamiento.

Del mismo modo, el acceso a información GPS se ha desarrollado en un ámbito mundial, es decir, las personas en general pueden utilizar los servicios de posicionamiento en cualquier lugar y a cualquier hora, convirtiéndose en una herramienta indispensable para la ubicación, geolocalización y el transporte.

1.2 ANTECEDENTES

Los Sistemas Globales de Navegación por Satélites (su acrónimo en inglés, GNSS), como herramienta de posicionamiento a nivel global ha sido un paso muy importante para el perfeccionamiento de distintos métodos de observación e incluso a dado paso a la creación de nuevas técnicas y equipos.

Para mejorar la precisión y exactitud en el posicionamiento geodésico, existen diferentes técnicas como las telecomunicaciones y el internet, estas han ayudado a la obtención de coordenadas tridimensionales referidas a un marco de referencia global con una alta confiabilidad.

En la actualidad, los sistemas de mediciones y monitoreo en tiempo real están a la vanguardia, siendo éstas las principales alternativas para obtener coordenadas de calidad de pronta respuesta, demostrando que las precisiones alcanzadas con este tipo de posicionamiento y metodología llegan a satisfacer las necesidades de los usuarios, en los diferentes campos

de aplicación, proporcionando datos con errores de centímetros, dependiendo del tipo de GPS que se utiliza.

En el año 2002, el BKG¹ conjuntamente con la Universidad de Dortmund en Alemania, inician investigaciones acerca de la transmisión de correcciones diferenciales a través del protocolo de internet (TCP/ IP) originalmente en formato estándar RTCM (The Radio Technical Commission for Maritime Services), por medio del protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), dichas correcciones son calculadas desde la estación de referencia y ofrecidas a los usuarios vía internet. (Hoyer, y otros, 2010). En el año 2002, Europa adoptó una resolución para proporcionar datos en tiempo real para posicionamiento y navegación DGPS². En el 2003, se contó con un número de estaciones significativas emitiendo correcciones DGPS, en formato estándar RTCM, mediante NTRIP³ en las principales ciudades europeas.

Para el año 2005, Brasil dio el primer paso en América realizando pruebas con NTRIP y desde el año 2006, este país opera su propio caster en la universidad de Sao Paulo. En América del Sur son pocos los países que han aplicado la técnica de posicionamiento en tiempo real por medio de

¹ Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. Centro Moderno de Geodesia, Cartografía y Geoinformación.

² DGPS (GPS DIFERENCIAL) método para mejorar la exactitud de su receptor mediante la adición de una estación de referencia local para aumentar la información disponible de los satélites.

³ Protocolo basado en el Protocolo de Transferencia de Hipertexto HTTP, desarrollado para distribuir flujos de datos GNSS a receptores móviles o estáticos a través de Internet.

una corrección diferencial, entre ellos Argentina, Chile, Uruguay y Venezuela, todos con estación base⁴, a través de la BKG. (Márquez, 2007)

En el año 2008, SIRGAS inició el proyecto piloto “SIRGAS – TR⁵”, con el objetivo de investigar los fundamentos y aplicaciones asociadas con la distribución del continente, en cuanto a observaciones y correcciones a las mediciones GNSS en tiempo real, mediante NTRIP o cualquier otro medio de largo alcance. (Hoyer, 2009)

En el Ecuador, se han realizado ensayos con la tecnología NTRIP, en los cuales se han obtenido buenos resultados de precisión en tiempo real, comparándolas con otros métodos, en donde la pérdida de la cobertura telefónica es el problema más importante para utilizar este método.

Así mismo los sistemas de posicionamiento global han sido difundidos prácticamente a todo nivel, e incorporados en teléfonos móviles, smartphone y tablet, vinculando la tecnología GPS con sistemas operativos como Windows Mobile, Linux, iOS, Solaris, Mac y Android, este último ampliamente difundido hacia cualquier tipo de usuario por medio de la telefonía celular, siendo así posible que la mayoría de estos equipos cuenten

⁴ Una instalación fija de radio para la comunicación bidireccional. Se usa para comunicar con una o más radios móviles o portátiles. Las estaciones base normalmente se usan para conectar radios bidireccionales de baja potencia.

⁵ Sistemas de referencia Geocéntrico para las Américas en tiempo real.

con un sistema de navegación propio e independiente, que aunque siga teniendo deficiencias en precisión, es el principal camino hacia obtener resultados confiables en tiempo real.

Android es un sistema operativo móvil desarrollado por Google y la Open Handset Alliance⁶, y ha visto un número de actualizaciones a su sistema operativo base desde su lanzamiento original. Estas actualizaciones corrigen fallas en el sistema o en las aplicaciones predeterminadas además de agregar funciones nuevas a los teléfonos.

Las diferentes versiones de Android han sido desarrolladas con un nombre clave y lanzamiento en orden alfabético: Cupcake, Donut, Éclair, Froyo, Gingerbread, Honeycomb, Ice Cream Sandwich, y Jelly Bean. En octubre del 2012 le lanzó la última de todas estas versiones, Jelly Bean v4.2, lanzado en el proyecto *Android Open Source*⁷ un mes después.

Combinando los sistemas GNSS con aplicaciones visuales de información geográfica por medio del internet como el Google Maps o el Google Earth, se busca aprovechar de la mejor forma las capacidades que tienen en la actualidad los celulares y tablet con diferentes sistemas

⁶ La Open Handset Alliance (OHA) es una alianza comercial de 84 compañías que se dedica a desarrollar estándares abiertos para dispositivos móviles.

⁷ El proyecto Android Open Source (AOSP), liderado por Google, tiene la tarea de mantenimiento y el desarrollo de Android

operativos, para que los usuarios estén al alcance de esta información de posicionamiento global, sin la necesidad de adquirir equipos sofisticados.

Android, desde sus orígenes, ha sido un sistema libre en su interior y en su entorno, abarcando campos más allá de la telefonía, pero sobre todo otros espacios que aún le faltaba por explotar y precisamente era el que más necesitaba y el que seguramente llevaba esperando Google, ya que se vincula directamente con uno de sus servicios estrella, dentro del desarrollo de la empresa, así llegaría Google Maps, el cual trata del primer GPS navegador con Android como Sistema operativo, el cual lo controla. (Hdez & Martínez, 2011)

Así mismo, las aplicaciones para Android han sido desarrolladas en diferentes tipos de plataformas, unas más accesibles que otras, las cuales buscan llegar al usuario con el mayor número de alternativas para mejorar el rendimiento, visualización y aplicabilidad de los sistemas operativos, anteriormente ya mencionados.

La programación en software libre, especialmente para Android, como solución empresarial y corporativa ha sido uno de los pilares del desarrollo tecnológico, los bajos costos y la accesibilidad, permiten al usuario la capacidad de generar una infinidad de aplicaciones que llegan a la mano de clientes de forma fácil, autónoma y sin costo.

Es así que las aplicaciones forman parte activa de equipos como Ipad, Iphone, tablet y celulares, conjuntamente plataformas de programación como ECLIPSE, el cual es un entorno de desarrollo integrado (por su acrónimo en inglés, IDE) de código abierto, en donde se encuentran herramientas y funcionalidades necesarias para el desarrollo de aplicaciones, una interfaz accesible que lo hace fácil y agradable de usar.

El lenguaje de programación del programa es Java⁸ y el enfoque del software está dirigido hacia usuarios finales de información geográfica, tanto profesionales como personal de administraciones públicas en alcaldías, diputaciones, consejerías o ministerios. Otro ámbito de trabajo donde la aplicación de este software resulta de especial interés es en la universidad, debido a su componente I+D+i⁹.

1.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El Departamento de Sistemas de Información Geográfica de la Empresa Eléctrica Quito cuenta con un geoportal, sistema de visor WEB, en donde la ubicación de clientes, transformadores, postes y demás información catastral de redes eléctricas es plasmada de manera sencilla y fácil para aquella persona o institución que quiera acceder a este tipo de información, este medio facilita la ubicación mediante el ingreso de un suministro o

⁸ Java, lenguaje de programación de propósito general.

⁹ Investigación, desarrollo e innovación

nombre de la persona dueña del servicio; es así que la actualización de información del portal debe hacerse frecuentemente y si es posible de forma directa, en tiempo real, cosa que no se da porque los equipos disponibles actualmente no tiene activo el servicio y otros ni siquiera cuentan con la capacidad de hardware y software necesario para soportar la información.

Los GPS de precisión, pese a que pueden obtener errores de centímetros, requieren de un Post – Proceso, el cual lleva tiempo de espera para el rastreo de un solo punto GPS y falta de disponibilidad de equipos que tengan esta capacidad, si se habla de tiempo real la opción disponible es RTK (Real Time Kinematic), con la cual se obtiene coordenadas en tiempo real con precisión centimétrica (1 ó 2 cm.), con la limitante de los radio módems UHF pues existen problemas con la radio comunicación del sistema RTK, mientras que el resto solo permiten llegar a errores de metros, situación que da problemas dependiendo de la precisión a la que se quiere llegar, pues al plasmarlos en un GIS, las coordenadas son únicamente para referencia, pues no existe confiabilidad de cuanto es el error.

Los sistemas y aplicaciones GPS de dispositivos móviles navegadores como GOOGLE MAPS¹⁰, no cuentan con un sistema de corrección de errores y menos aun en tiempo real, ni tampoco existe confiabilidad del porcentaje de error que está dando, solo se sabe que existe error porque

¹⁰Servidor de aplicaciones de mapas en la Web

recibe señales C/A, de código abierto; por este motivo se necesita implementar un mecanismo que permita mejorar la precisión, todo esto en tiempo real y con acceso libre a cualquier tipo de usuario.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En el Ecuador la aplicación de métodos y tecnologías utilizadas en tiempo real, no han sido explotadas en su totalidad, pese a que varias empresas y entidades públicas cuentan con estaciones de monitoreo continuo capaces de transmitir datos de correcciones diferenciales y dispositivos GPS que pueden utilizar la información para mejorar las precisiones, no se maneja este tipo de tecnología que ha de decir de otros países, se ha vuelto casi indispensable en mediciones cartográficas geodésicas.

Es por eso que la Empresa Eléctrica Quito, ha visto la necesidad de implementar métodos y técnicas que permitan mejorar la precisión de puntos GPS y además adoptar nuevas tecnologías que permitan corregir datos de coordenadas en tiempo real, potencializando la estación de monitoreo continuo y los equipos capaces de soportar la tecnología NTRIP, ya que actualmente existen problemas de ubicación de puntos en campo.

Además, en la Empresa Eléctrica se busca adquirir una cantidad de equipos GPS adecuada para disminuir el tiempo de la actualización de datos

existentes en el sistema y de otros que deben ser ingresados, por ello la aplicación que reúna la información GNSS, correcciones diferenciales, con los datos del GPS y que de esta manera realiza una corrección en tiempo real, beneficiará enormemente el carácter económico de la empresa pues el costo de dispositivos móviles es menor que aquellos equipos profesionales.

Una vez que se instale la tecnología en los equipos, la disminución del tiempo de espera para posicionar un poste, un transformador o cualquier componente que se encuentre en campo, mejorará pues en poco tiempo de rastreo se podría obtener datos con una alta confiabilidad e igualmente el trabajo de post - proceso de escritorio se volcará a otras áreas, de igual manera los puntos observados en medio de manzanas o predios, datos erróneos para la persona que observa en un GIS, serán corregidos y la precisión aumentará con una confiabilidad alta para los objetivos de la empresa.

La importancia del proyecto de tesis a desarrollarse se envuelve en el sentido de satisfacer las necesidades de un usuario que puede acceder a aplicaciones libres en equipos de bajo costo como smartphone o celulares y con la confianza de que la información obtenida tiene un alto grado de confiabilidad.

Tabla 1. Áreas de Concesión de las distribuidoras de la EEQ.

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A.		
PROVINCIAS	CANTONES	ZONAS URBANAS Y RURALES
PICHINCHA	Quito	Quito, Alangasí, Amaguaña, Atahualpa, Calacalí, Calderón, Conocoto, Cumbaya, Chavezpamba, Checa, El Quinche, Guala, Guangopolo, Guayllabamba, La Merced, LLano Chico, Lloa, Nanegal, Nanegalito, Nayón, Nono, Pacto, Perucho, Pifo, Pintag, Pomasqui, Puellaro, Puembo, San Antonio, San José de Minas, Tababela, Tumbaco, Yaruquí, Zambiza
	Mejía	Machachi, Aloag, Aloasí, Cutuglagua, Chaupi, Cornejo, Astorga, Tambillo, Uyumbicho.
	Rumiñahui	Sangolquí, Cotogchoa, Rumipamba
	Cayambe:	Ascázubi, Otón, Santa Rosa de Cusubamba.
	San Miguel de Los Bancos	San Miguel de los Bancos, Mindo.
	Puerto Quito	Puerto Quito
	Pedro Vicente Maldonado	Pedro Vicente Maldonado
NAPO	Quijos	Baeza, Cuyuga, Cosanga, Papallacta
	Chaco	El Chaco, Bombón, Linares
IMBABURA		García Moreno
COTOPAXI		Clirsen

Fuente: Sistema de Distribución (EEQ, 2010)

1.5.2 Área de influencia

Para el análisis de pruebas con el método NTRIP, en dispositivos móviles, se determinaron áreas de influencia primaria (Ver Figura 2), en donde se pueden situar puntos de Control Horizontal, determinados por el Instituto Geográfico Militar, ubicados en el Distrito Metropolitano de Quito.

1.6 OBJETIVO GENERAL

Incorporar la tecnología NTRIP en dispositivos móviles navegadores, mediante una aplicación, para obtener coordenadas GPS con mejor precisión y en tiempo real.

1.7 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mejorar la precisión en la toma de información en dispositivos móviles mediante NTRIP, con la finalidad de obtener resultados confiables en tiempo real.
- Generar una aplicación a través de software libre, que permita visualizar en tiempo real datos GPS con correcciones diferenciales, en equipos móviles navegadores.
- Realizar pruebas de programación en los equipos móviles con el software libre a utilizar.
- Determinar la precisión entre los dispositivos móviles a utilizarse.
- Determinar la capacidad de transmisión de datos de internet necesaria para el mejor funcionamiento de la tecnología NTRIP mediante la comparación de distintos formatos de datos RTCM y el ancho de banda.

1.8 METAS

- Manual de conexión y obtención de coordenadas GPS en tiempo real.

- Manual de programación y funcionamiento de la aplicación en Eclipse.
- Tabla de precisiones de cada equipo móvil navegador, que incluye la comparación estadística con otros sistemas de posicionamiento.
- Gráfica y tabla estadística que incluya la capacidad y velocidad de transmisión de datos de internet para los diferentes dispositivos móviles navegadores.
- Tablas de mediciones de distancias adecuadas para trabajar con la tecnología NTRIP, de acuerdo a escalas catastrales.
- Taller y exposición para transmitir los conocimientos en la ESPE y la Empresa Eléctrica Quito.
- Publicar el estudio en una revista indexada con reconocimiento nacional o internacional.

1.9 METODOLOGÍA

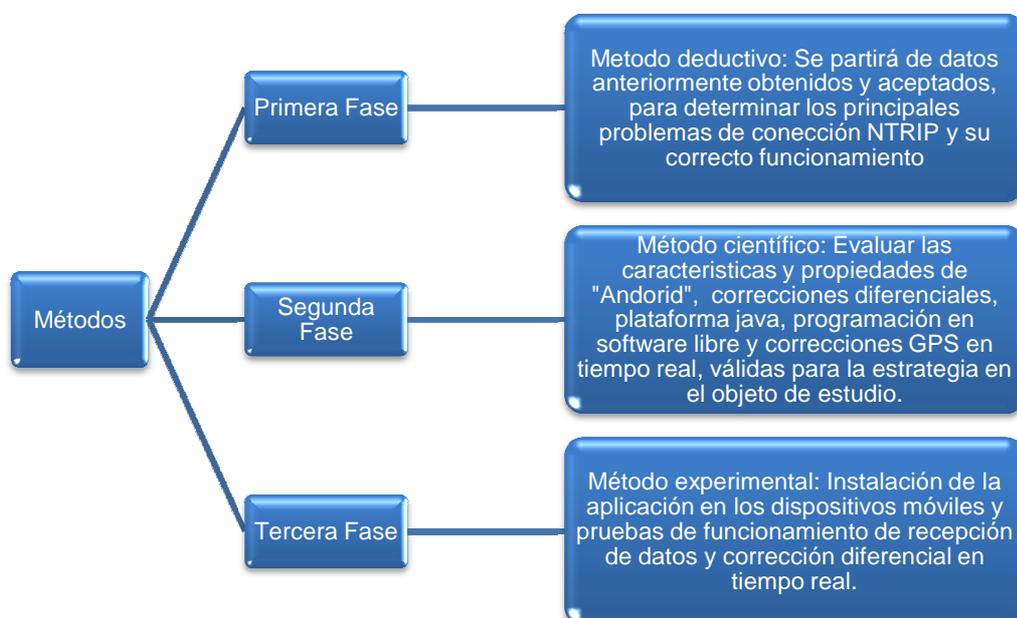


Figura 3. Descripción de las metodologías de investigación.
Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

1.9.1 Primera Fase

Recopilar la información de los trabajos más destacados realizados en el Ecuador y experiencias obtenidas en otros países, con la finalidad de realizar un análisis de los factores y problemas principales que toma la instalación y el funcionamiento de la tecnología; además, de obtener información y software necesario para programación de aplicaciones, como Android SDK Manager¹¹ y Eclipse¹².

¹¹ Es un kit de desarrollo de software de Android, hace posible desarrollar aplicaciones con lenguaje de programación Java.

¹² Programa que crea aplicaciones para el Sistema Operativo Android.

Configuración de la o las Estaciones de Monitoreo Continuo de donde las correcciones diferenciales van a ser descargadas, determinando un usuario, contraseña y un punto de anclaje. (Ver Figura 4)



Figura 4. Configuración NTRIP

Fuente: "Envío de Correcciones diferenciales de las Mediciones GNSS en tiempo real." (Romero, Tierra, Pilapanta, Viteri, & Leiva, 2012)

Verificar las conexiones a las diferentes estaciones con las que se va a trabajar, problemas con las comunicaciones y el funcionamiento del código de programación fuente, base para la interoperabilidad entre el internet y los dispositivos móviles, además de la adaptación del programa de descarga de correcciones de la estación de referencia. (Ver Figura 5.)

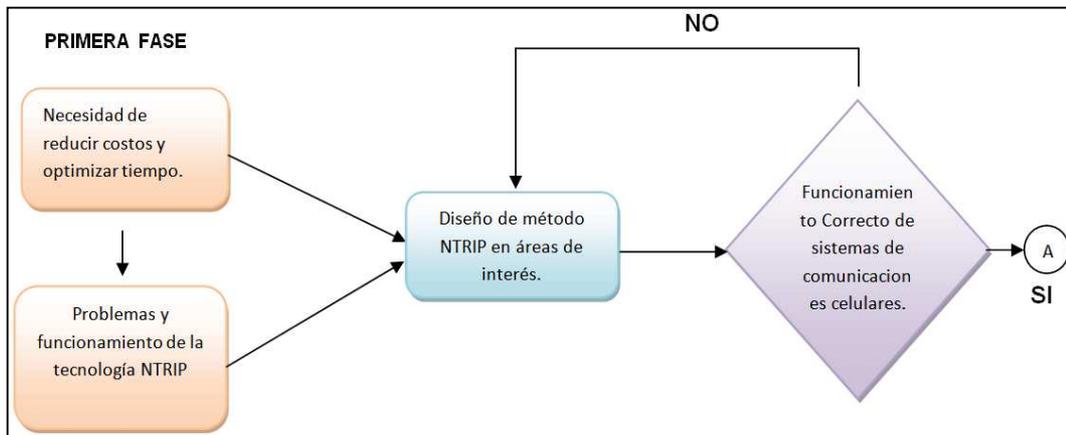


Figura 5. Proceso de diseño.
Fuente: (Ramos & Victoria, 2009)

1.9.2 Segunda Fase

Configuración del GPS de los dispositivos móviles, mediante programación inicial, para recibir información de posicionamiento y analizar los datos obtenidos para determinar la técnica de corrección diferencial a desarrollarse. (Ver Figura 6)

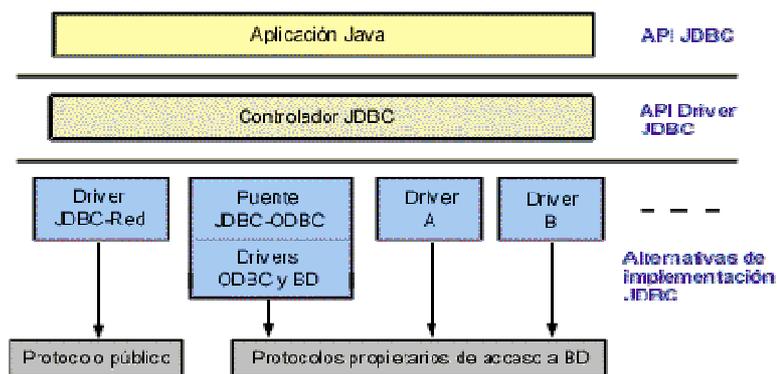


Figura 6. Características de Programación en Java.
Fuente: (Fernández A. , 2008)

Programación en Eclipse mediante la plataforma Java, para desarrollar una aplicación adaptable al sistema operativo en el que se desee trabajar, junto con el método de corrección diferencial y la recepción de mensajes RTCM, desde la estación Base. (Ver Figura 6.)

1.9.3 Tercera Fase

Instalación de una aplicación desarrollada con la plataforma Eclipse en los distintos dispositivos móviles disponibles.

Comparación de resultados entre los equipos móviles utilizados, Tablet Android y Mobile Mapper 10, con un análisis de soporte del producto y falencias en la ejecución; además, determinar la capacidad de datos de internet que necesitan los dispositivos para tener un mejor funcionamiento.

Posteriormente se tomarán puntos de referencia y puntos de control horizontal, establecidos por el IGM, los mismos que están instaurados físicamente mediante hitos y placas permanentes y en los cuales se han realizado observaciones directas y continuas, con el propósito de obtener parámetros físicos, que permitan la interconexión y determinación de la posición horizontal, de acuerdo al sistema de referencia escogido, además, se posicionará durante 5 minutos en los puntos de control en Las Zonas de Influencia Primaria, se realizarán pruebas de conexión de datos por medio

de internet y la operatividad de las estación base GNSS ESPE como medio de descarga de datos.

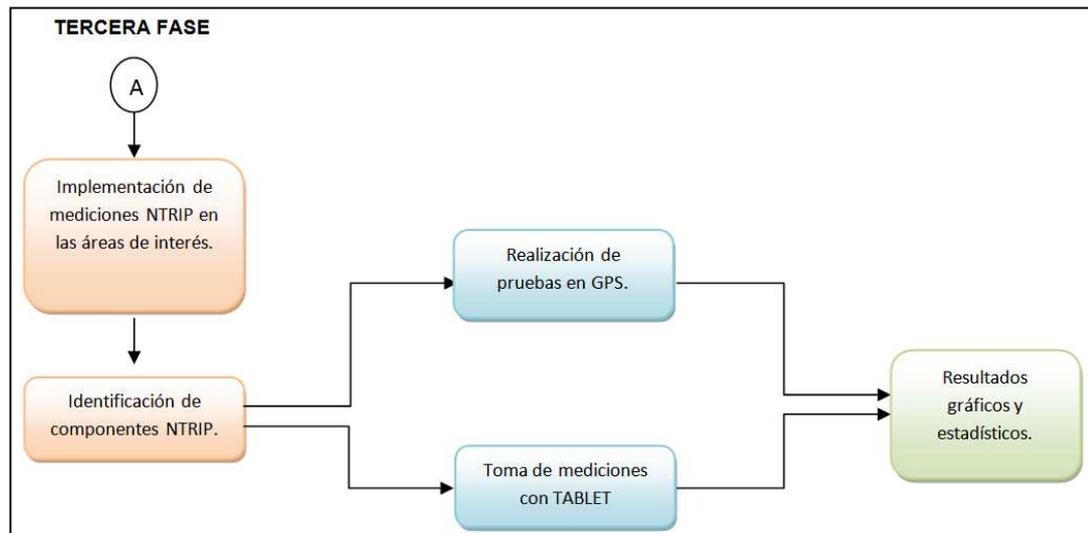


Figura 7. Proceso de diseño Tercera fase
Fuente: (Ramos & Victoria, 2009)

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 GNSS

2.1.1 Concepto

Los GNSS son un conjunto de sistemas de navegación por satélite, como GPS, GLONASS y el más reciente GALILEO, es decir, son capaces de proporcionar en cualquier instante un punto de posicionamiento espacial y temporal en todo el mundo, tienen una estructura definida (Figura 8), que se divide en tres segmentos: espacial, de control y segmento de usuarios. (García, 2008)

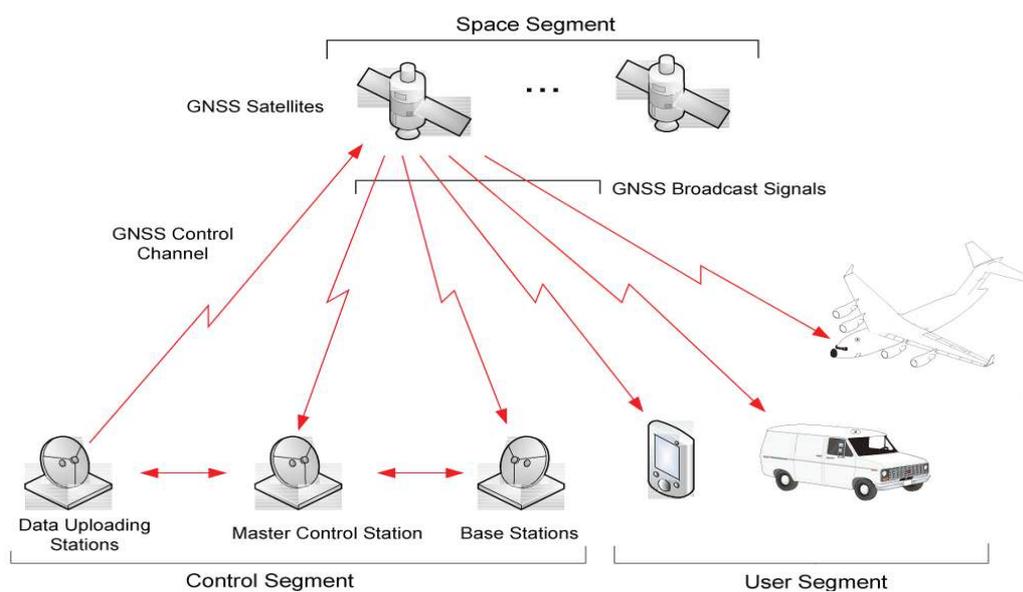


Figura 8. Estructura de GNSS
Fuente: Novatel, 2006

2.1.2 Precisiones

Las precisiones se determinan de acuerdo a los métodos de rastreo y equipos que se van a utilizar en código y fase: (Ver Tabla 2)

Tabla 2. Precisiones en equipos y métodos de rastreo

FASE DIFERENCIAL				
Modo	Equipos			
	L1 +L2	L1 (12 can)	L1 (6 can)	L1 código (6 can)
Estático	5 mm + 1 ppm	5-10mm + 2ppm	5-10mm + 2ppm	No disponible
Estático rápido	5-10mm + 1ppm			No disponible
Reocupación	5-10mm + 1ppm			No disponible
Stop & go	10-20mm +1ppm	10-25mm +2ppm	10-30mm +2ppm	No disponible
Cinemático	10-20mm +1ppm	10-25mm +2ppm	10-30mm +2ppm	No disponible

CÓDIGO DIFERENCIAL				
Modo	Equipos			
	L1 + L2	L1 (12 can)	L1 (6 can)	L1 código (6 can)
Estático	30-50 cm	30 cm	1 m	1m
Cinemático	50-100 cm	50 cm	1-2 m	1-2 m

Fuente: (Sánchez, Pérez, Jigena, Fernández, & Páez, 2010)

2.1.3 Aplicaciones

Durante más de 15 años se han venido desarrollando nuevas aplicaciones para GNSS, a continuación se detallan algunas de las aplicaciones más utilizadas:

- Sistemas de prueba de GNSS en vuelo para el mercado aeronáutico.

- Sistemas de Localización Automática de Vehículos (LVA) y de gestión de flotas para el mercado de transporte por carretera y ferroviario.
- Sistema de Identificación Automática (AIS) en buques y Servicio de Tráfico de Buques VTS para el sector de transporte marítimo.
- Sistemas basados en GNSS para emergencias y gestión de crisis.
- Soluciones basadas en GNSS para agricultura de precisión.
- Soluciones basadas en GNSS para ayuda humanitaria.
- Soluciones basadas en GNSS para discapacitados.
- Sistemas de transporte basados en GNSS gestionan miles de vehículos en diferentes países a lo largo y ancho del mundo.
- Sistema del Modelo de Volcanes Mundiales (GMV) este sistema permite rastrear con GNSS actividades volcánicas.

2.1.4 Sistemas de Posicionamiento por Satélites Actuales

- **NAVSTAR – GPS**

El Sistema de Posicionamiento Global (“Global Positioning System” - GPS) es un sistema de navegación compuesto por un grupo de satélites, llevados a órbita por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, y sus estaciones en tierra firme. Al usar un dispositivo GPS se puede determinar automáticamente una posición (latitud, longitud Y altura) en la tierra. Funciona continuamente en todo el mundo y está disponible para un

sin número de usuarios, hoy en día el GPS se ha convertido en parte indispensable en la navegación mundial.

El funcionamiento del Sistema de Posicionamiento Global se da mediante una red de 24 satélites en órbita sobre la tierra, con trayectorias adaptadas para abarcar toda la superficie. En el cálculo de la posición, un receptor recibe información en señales indicando la identificación, la hora del reloj de cada uno de los satélites e información técnica más detallada. El sistema consta de tres segmentos detallados a continuación:

Segmento espacial

Se encuentran a una altura aproximada de 20.600 km, completando dos revoluciones por día sidéreo¹³, está diseñado para que el receptor pueda captar un mínimo de 4 satélites, en cualquier parte del mundo durante las 24 horas del día.

Segmento de control

El segmento de control recibe las señales de los satélites y calculan la órbita en donde se encuentran, los errores en la órbita de cada satélite, datos de las efemérides, entre otros, todos estos son calculados y corregidos, para ser enviada a cada satélite en todo momento. (Figura 9)

¹³ Tiempo que tarda la Tierra en completar una rotación sobre su eje, teniendo en cuenta las estrellas, dura 23h 56min 4,09 seg.

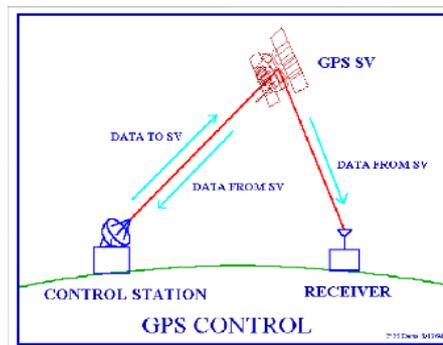


Figura 9. Estructura GPS Control
Fuente: (Skrypek, 2002)

Segmento de usuario

El segmento de Usuarios comprende a cualquiera que reciba las señales GPS con un receptor, determinando su posición y/o la hora. (Ver Figura 10)



Figura 10. Dispositivo GPS, Trimble YUMA
Fuente: (Trimble, 2010)

- **GLONASS**

Es un sistema de posicionamiento satelital de características muy similares al GPS, manejado por las Fuerzas Militares Rusas, ideado en los

años setenta, sus órbitas se encuentran a una altura de 19100 Km. Consta de una constelación de 31 satélites (24 en activo, 3 satélites de repuesto, 2 en mantenimiento, uno en servicio y uno en pruebas), situados en tres planos orbitales con 8 satélites cada uno y siguiendo una órbita inclinada de $64,8^\circ$, con un radio de 25.510 km. (Ver Figura 11) (UNSE, 2008)

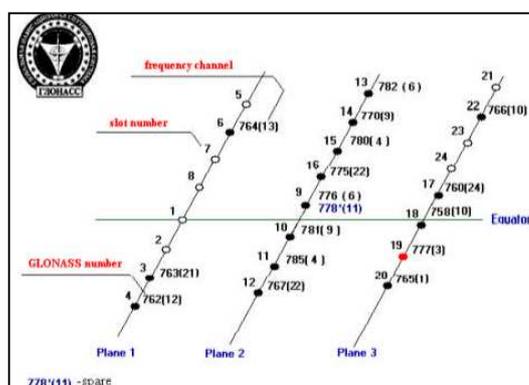


Figura 11. Despliegue de constelaciones GLONASS
Fuente: (UNSE, 2008)

La importancia de este sistema va encaminada en el incremento potencial del número de satélites visibles simultáneamente, pues como se señaló anteriormente, si se tiene una mayor cantidad de satélites disponibles al mismo tiempo, las técnicas de posicionamiento son más fiables, mejores y rápidas.

Con la implementación de GLONASS, es necesario que los sistemas GNSS en un futuro, adopten un único sistema de referencia, dado que la

comparación entre este sistema y GPS ofrece diferentes referencias tanto en espacio como tiempo. (Ver Tabla 3)

Tabla 3. Comparación entre las características de GPS y GLONASS

	GPS	GLONASS
nº de satélites	24	24
nº de planos orbitales	6	3
satélites/plano orbital	4	8
inclinación orbital	55°	64.8°
excentricidad nominal	0	0
radio orbital	26560 km	25510 km
periodo orbital	11h 58min	11h 15min
Señales		
separación señales portadora	CDMA L1: 1575.42 Mhz L2: 1227.60 Mhz	FDMA L1: 1602.56-1615.5 Mhz L2: 1246.43-1256.5 Mhz
código C/A (L1)	1.023 Mhz	0.511 Mhz
código P (L1,L2)	10.23 Mhz	5.110 Mhz
Mensaje de Navegación		
duración (min)	12.5	2.5
dur.palabra (seg)	0.6	2
cap. palabra (bit)	30	100
palabras/trama	50	15
efemérides	Elementos de Kepler modificados	Coord. cartesianas geocéntricas, velocidades y aceleraciones
General		
Referencia temporal	UTC (USNO)	UTC (SU)
coord. espaciales	WGS 84	SGS 85
disponibilidad selectiva	SI	NO
antispoofing código P	SI	NO

Fuente: (Moreno, Rodríguez, Gayete, & Martínez, 2003)

El sistema GPS sigue recomendaciones internacionales para tramas de referencia con 10 cm y referencia de tiempo de 10 a 50 ns. En GLONASS no se ha dado, sin embargo se alcanzó un acuerdo para la normalización de la bases de GPS, GLONASS y los GNSS's venideros. (Moreno, Rodríguez, Gayete, & Martínez, 2003)

La utilidad del sistema GLONASS va de acuerdo a la utilidad actual del GPS, todo depende de los dispositivos que receptan las señales de los dos sistemas y son capaces de procesar indistintamente cada una de ellas, los consumidores pueden obtener ventajas de velocidad y precisión, GLONASS ha evolucionado de tal manera que se complementa con el otro sistema, logrando cumplir funciones mucho más rápido.

Desde 2011 los dispositivos que usan GLONASS, se convirtieron en productos finales, comenzando a masificarse en los teléfonos inteligentes, como complemento de geolocalización, la mayoría de los dispositivos modernos están dotados de los receptores combinados de los dos sistemas. La tecnología de fabricación de este tipo de receptores es de acceso libre.

GLONASS emite dos tipos de señales, para uso militar y para uso civil, los usuarios rusos y extranjeros tienen acceso gratis e ilimitado a las señales de navegación civiles del sistema, mientras que el acceso a la señal de otro tipo es restringido; con el sistema GLONASS se puede alcanzar precisiones de centímetros y puede ir a un grado mayor si se lo conjuga con infraestructura terrestre, Rusia está desarrollando un sistema de corrección de señales, estimando para cada satélite errores de parámetros y trasladándolos a los dispositivos por medio de satélites geoestacionarios. (Gurkó, 2013)

2.1.5 Sistemas de posicionamiento por Satélites en Proyectos

- **GALILEO**

Para el año 2008 estuvo previsto que a 23.616 km operen los 30 satélites del proyecto GALILEO, la gran cobertura que tendrán por estar situados entre 50° y 60° sobre el plano ecuatorial en tres órbitas circulares les permitirá ofrecer todo tipo de servicios relacionados con el posicionamiento global, GALILEO superará el GPS, el programa se vincula con la esfera militar. Galileo por el contrario, será un sistema íntegramente civil, con la última tecnología, por lo que también mejorará, por ejemplo, la resolución en la posición que hoy nos ofrece el GPS; los satélites de Galileo se convertirán en los ojos que todo lo ven y controlan. (Educastur, 2013)

- **BEIDOU**

Es un proyecto desarrollado por la República de China para obtener un sistema de navegación por satélite, comenzó a funcionar para uso comercial y civil, en base a 16 satélites. Se suma al GPS estadounidense, GLONASS por Rusia, y Galileo, de la Unión Europea. (Beltrán, 2007)

2.2 SIRGAS TIEMPO REAL

El trabajo de SIRGAS TR¹⁴, tiene como objetivo primario evaluar la capacidad de distribución de correcciones GNSS en tiempo real y otros

¹⁴ Sistema De Referencia Geocéntrico para las Américas – Tiempo Real

datos concordantes mediante NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) o herramientas similares.

Las principales actividades han estado concentradas en establecer un inventario de las posibilidades tecnológicas disponibles para aplicaciones GNSS en tiempo real en los países del área SIRGAS; incluyendo estudios de factibilidad para la instalación de cester nacionales o regionales como soporte básico para el desarrollo de aplicaciones de este tipo, de modo que el aprovechamiento de las aplicaciones en tiempo real sea máxima, no solamente en aplicaciones prácticas como censos catastrales, infraestructuras de datos espaciales, agricultura de precisión, navegación, etc., sino también en aplicaciones científicas comprometidas con el estudio del cambio global, el modelado de la atmósfera, el seguimiento de deformaciones de la corteza terrestre, etc. (Hoyer, 2009)

2.3 LA SEÑAL GNSS

El diseño y estructura de la señal, va direccionado hacia los objetivos que tienen los sistemas de navegación, en donde interviene la alta precisión, navegación en tiempo real, cobertura global, tolerancia a las interferencias y conseguir una solución final en un tiempo razonable, usa distintos tipos de portadoras de frecuencias L1, L2, L5, E5, E5, siendo su modulación por medio de códigos, entendido solo por el satélite y receptor.

Para obtener una solución final de coordenadas en tiempo real, se debe tener mediciones simultáneas de un mínimo de cuatro satélites, la posición de los satélites GPS, Galileo y GLONASS, se lo conoce por los mensajes de navegación; la señal GPS consta de portadoras en la banda L que se obtienen como un múltiplo de la frecuencia fundamental $f_o=10,23$ Mhz. (Ver Figura 12) Los satélites transmiten señales de frecuencias en forma de códigos, las cuales son modulados sobre la frecuencia de la portadora, la señal L1 contiene código P de alta precisión y código C/A menos preciso. (Dalda, González, Cano, Sánchez, & Pérez, 2008)

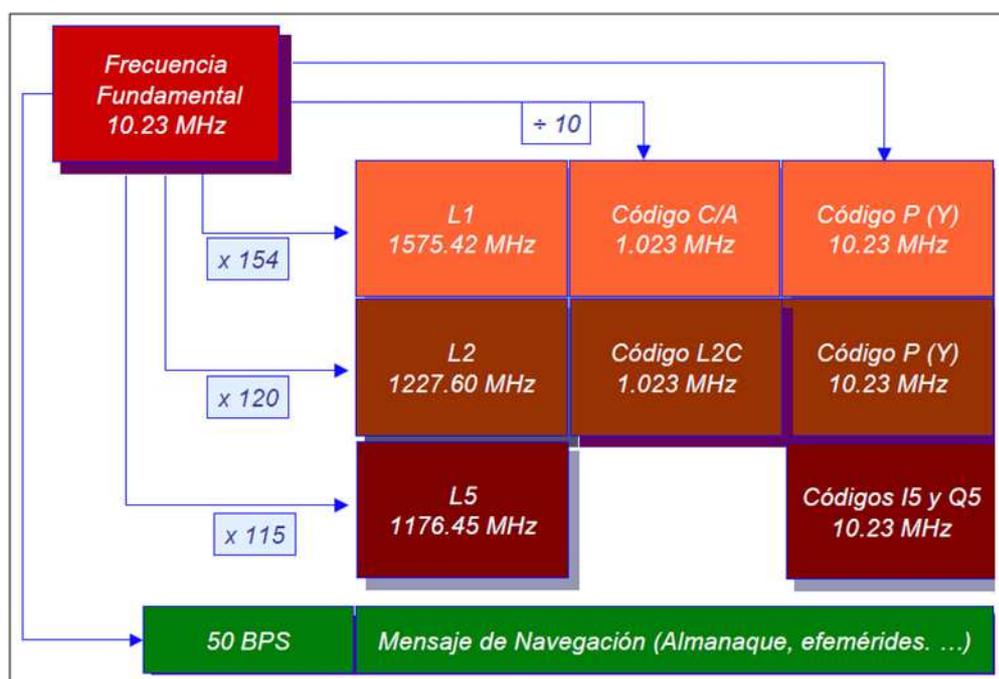


Figura 12. Estructura de la señal GPS
Fuente: (Dalda, González, Cano, Sánchez, & Pérez, 2008)

2.3.1 Código C/A

Está formado por el producto de códigos Gold¹⁵ $G_1(t)$ y $G_2(t)$, Ecuación (1.1), una longitud de 1023 bits (1ms) y una frecuencia de 1.023 MHz. (Ver Tabla 2.2)

$$XG_i(t) = G_1(t) \cdot G_2[t + N_i(10T)] \quad (1.1)$$

N_i puede tener 1023 valores, dependiendo de los traslados los cuales llegan a ser 1023, además, N_i indica el desplazamiento entre los códigos Gold, todos estos son casi ortogonales, ocasionando que la correlación cruzada entre ellos sea casi nula, lo que provoca que no haya confusión al discriminar las señales de los satélites.

2.3.2 Modulación

La modulación de fase es usada por los sistemas GPS, pues mantiene la información y no varía la frecuencia o longitud, permitiendo así no tener costos elevados al no fabricar variadores de frecuencia para un tipo de generación. Para una mejor lectura se asignan valores de +1 0 -1 a los valores binarios del código de ruido pseudo-aleatorio. (Ver Figura 13)

¹⁵ Códigos pseudoaleatorios asignados a los satélites

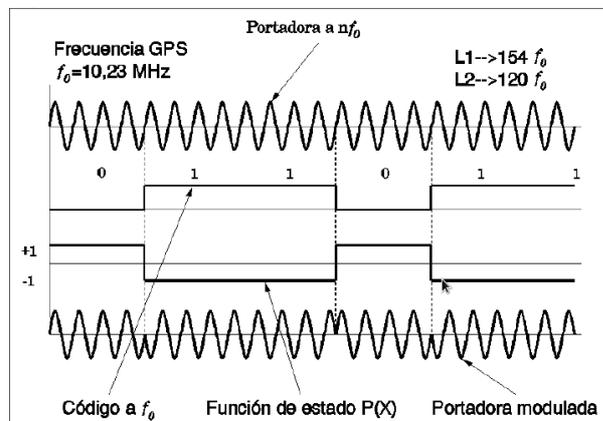


Figura 13. Frecuencias usadas por el GPS
Fuente: (Fernández A. , 2008)

El procesamiento de la señal, en el GPS, recupera las componentes de dicha señal para obtener las lecturas de reloj de los satélites y el mensaje de navegación. (Ver Figura 14)

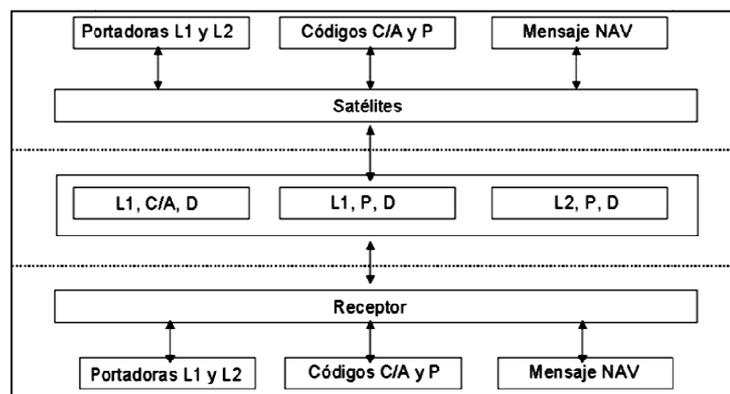


Figura 14. Esquema de señales GPS
Fuente: (Fernández A. , 2008)

El propósito de los receptores GPS, en el mercado global, abarcan la navegación, topografía, geodesia, entre otros, pero a pesar de ello todos

muestran los mismos principios, (Figura 15), contienen elementos capaces de recibir y procesar la señal que se obtiene de los satélites en órbita.

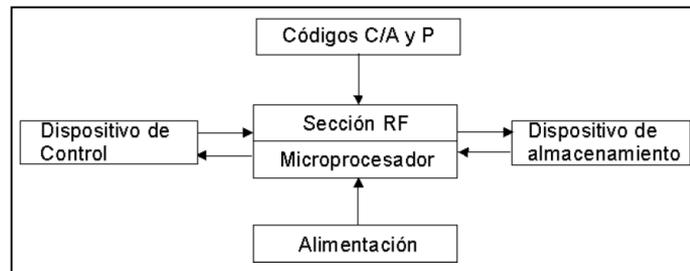


Figura 15. Funcionamiento del Receptor GPS
Fuente: (Fernández A. , 2008)

2.4 OBSERVABLES GPS CÓDIGO

2.4.1 Pseudodistancia Mediante Código

El receptor genera una réplica de la señal transmitida por el satélite y mediante una comparación por ruido pseudo – aleatorio, determina el tiempo que demora en llegar la señal del satélite al receptor, a este tiempo se lo llama t^S , también mediante la lectura del reloj del móvil se obtiene t_R , que es el tiempo en el momento de la recepción, al tener diferencias de precisión entre el reloj del satélite y el receptor, existen retardos y adelantos llegando a obtener errores, por lo tanto, si se compara el tiempo del reloj del satélite y el móvil contra el tiempo GPS real, se tendrá entonces δ^S y δ_R , y sus diferencias darán como resultado Δt , la desfase del tiempo. (Dalda, 2008)

$$\Delta t = t_R - t^S = [t_R(GPS) + \delta_R] - [t^S(GPS) + \delta^S] \quad (1.2)$$

$$\Delta t(GPS) = t_R(GPS) - t^S(GPS) \quad (1.3)$$

$$\Delta\delta = \delta_R - \delta^S \quad (1.4)$$

$$\Delta t = \Delta t(GPS) + \Delta\delta \quad (1.5)$$

Si el error del reloj del satélite se corrige a partir de los coeficientes transmitidos en los mensajes de navegación del satélite y se añade la velocidad de la luz c a la ecuación, para obtener la pseudodistancia (R), se tiene:

$$R = c * \Delta t = c * \Delta t(GPS) + c * \Delta\delta = \rho + c * \Delta\delta \quad (1.6)$$

Y si a ello se suma los errores provocados por los retardos de ionosfera y troposfera, D_{Ion} y D_{Trop} , se tiene lo siguiente:

$$R = \rho + c * \Delta\delta + D_{Ion} + D_{Trop} \quad (1.7)$$

2.5 MODELO MATEMÁTICO DE PSEUDISTANCIAS CON CÓDIGO

Se modela la ecuación de pseudodistancia en una época t mediante:

$$R_i^j(t) = \rho_i^j(t) + c\Delta\delta_i^j(t) \quad (1.8)$$

Para que las coordenadas sean determinadas, se debe obtener la distancia $\rho_i^j(t)$, que se describe mediante:

$$\rho_i^j(t) = \sqrt{(X^j(t) - X_i)^2 + (Y^j(t) - Y_i)^2 + (Z^j(t) - Z_i)^2} \quad (1.9)$$

Donde $X^j(t), Y^j(t), Z^j(t)$, son las componentes del vector posición geocéntrico en una época de referencia (t) , y X_i, Y_i, Z_i son incógnitas de la observación además, se obtiene el sesgo del reloj, $\Delta\delta_i^j(t)$, mediante la información del satélite, transmitida por mensajes en forma de coeficientes polinomiales con un tiempo de referencia t_c (Ecuación 1.10), obteniendo información de cantidades conocidas e incógnitas. (Ecuación 1.11)

$$\delta^j(t) = a_0 + a_1(t - t_c) + a_2(t - t_c)^2 \quad (1.10)$$

$$R_i^j(t) - c\delta^j(t) = \rho_i^j(t) - c\delta_i(t) \quad (1.11)$$

2.6 MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

2.6.1 Posicionamiento Absoluto con Código

Este tipo de posicionamiento se refiere al uso de un solo receptor con recepción de código, el cual opera de forma independiente, es decir, tiene el funcionamiento típico de un navegador, consiste en la solución de una intersección inversa de todas las pseudodistancias receptor - satélite, esto realizado en tiempo real en el lugar del receptor y en un periodo de observación

Con estos métodos de operación, se pueden alcanzar precisiones de 5 metros en horizontal y 10 metros en vertical en un tiempo de 2 minutos de rastreo, comprobado en el 95% de los trabajos realizados. (Huerta, Mangiaterra, & Noguera, 2005)

2.6.2 Posicionamiento Relativo o Diferencial

Se realiza cuando se necesitan mayores precisiones, pese a que el método se puede utilizar con fase y código, en este estudio solo se enfatizará el posicionamiento con código C/A, este se aplica dependiendo de los equipos utilizados y la técnica de posicionamiento diferencial que se realice, el método utiliza dos receptores GPS, que no deberían estar muy alejados el uno del otro y que deben observar los mismos satélites, donde las distribuciones de puntos de forma horizontal resultan ser muy similares, (Ver Figura 16)

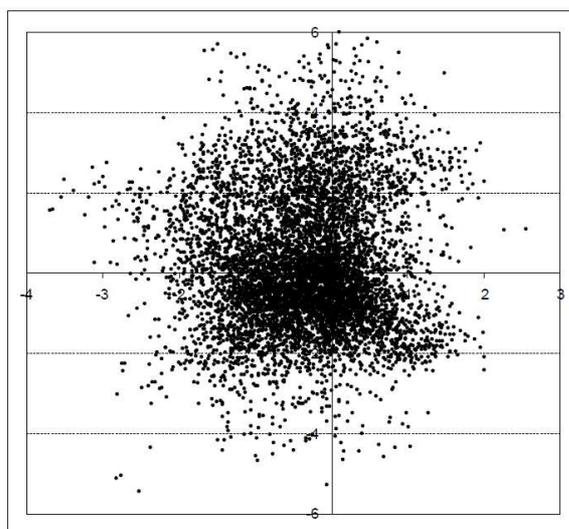


Figura 16. Principio de la técnica de Corrección Diferencial
Fuente: Posicionamiento Satelital (Huerta, Mangiaterra, & Noguera, 2005)

Al menos dos receptores, uno base y otro móvil, deben estar rastreando simultáneamente y observando satélites comunes, así con ello se pueden establecer ecuaciones de simples y dobles diferencias, uno de estos

receptores debería estar ubicado en un punto de coordenadas conocidas o bien asignarle unas aleatorias, pero consideradas fijas. Los errores troposférico e ionosféricos, de propagación de la señal afectan de manera similar a los resultados finales en el posicionamiento, cuando las estaciones no están muy lejanas y utilizan los mismos satélites. (Dalda, González, Cano, Sánchez, & Pérez, 2008)

De este modo la distancia entre los receptores en la superficie, comparada con la que tienen entre los satélites, resulta ser mucho menor y además la porción de atmósfera que atraviesan los receptores con cada satélite prácticamente son semejantes entre sí, los errores de reloj y orbita son muy parecidos para ambas estaciones. (Ver Figura 17)

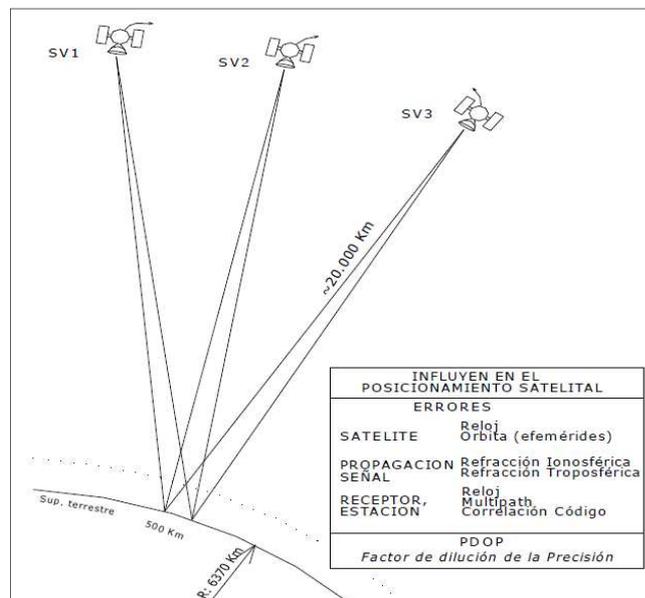


Figura 17. Distancias entre satélites y receptores
Fuente: Posicionamiento Satelital (Huerta, Mangiaterra, & Noguera, 2005)

Esta técnica, usa las características ya establecidas, corrige y elimina los errores de cálculo de posición de la segunda estación a partir de la base, pero como es de esperarse, no todos los errores pueden ser controlados, como multipath¹⁶ y la correlación autónoma de cada receptor, pues este tipo de errores dependen de la posición propia que tiene cada GPS. (Huerta, Mangiaterra, & Noguera, 2005)

- **Posicionamiento Diferencial por Posición**

Se basa en la diferencia de coordenadas, cada posición calculada por el receptor base, es comparada con las coordenadas conocidas de la misma estación, calculando así un vector error y aplicándolo, con signo cambiado, a la misma posición en tiempo GPS, calculada por el receptor móvil.

Claro está que para aplicar este método, los dos receptores deben tener observados los mismos satélites, ya que el cálculo de los errores está influido la posición de cada satélite. (Ver Figura 18)

¹⁶ Error por trayectoria múltiple, conocido como error multisenda, resulta de la interferencia entre ondas de radio que viajan entre el transmisor y el receptor por dos

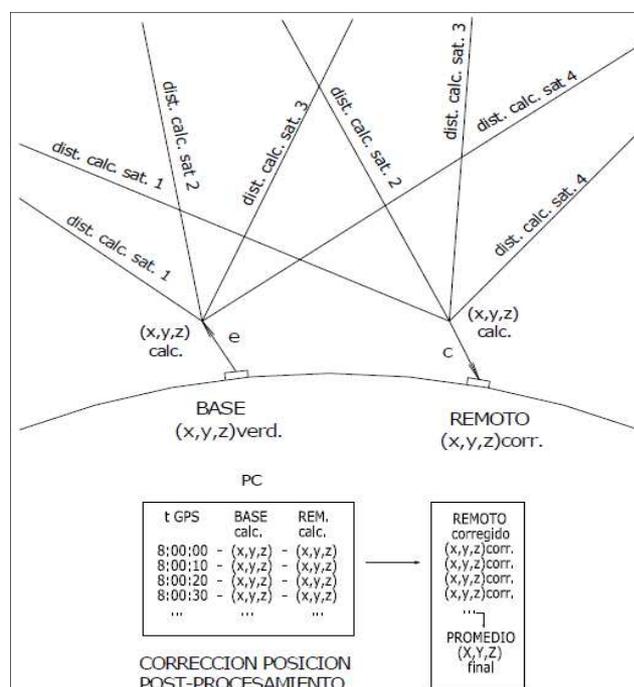


Figura 18. Corrección Diferencial por Posición
 Fuente: Posicionamiento Satelital (Huerta, Mangiaterra, & Noguera, 2005)

- **Posicionamiento Diferencial por Distancias**

Es un tipo de corrección a las observaciones en donde interviene el tiempo GPS, la distancia calculada por el receptor base a cada satélites independiente, con las coordenadas conocidas de la estación base medida en cada instante y que es aparentemente verdadera, es comparada con la distancia calculada, obteniendo una diferencia que vendría a ser el error que corresponde a cada satélite, este valor cambiado de signo, es aplicado a la distancia calculada por el receptor móvil a ese satélite en ese instante, (Ver Figura 19); para cada grupo de distancias corregidas, se calcula en el receptor móvil una posición correspondiente a ese instante. (Huerta, Mangiaterra, & Noguera, 2005)

En la estación base, se calculan las correcciones a la pseudodistancia, denominado PRC (Pseudo Range Correction) y también sus respectivas derivadas, RRC (Range Rate Correction), el móvil aplica esta y mejora el posicionamiento con las pseudodistancias corregidas, incrementando la precisión con respecto a la estación de referencia.

Este tipo de corrección separa el cálculo de las correcciones, evitando así que los satélites observados por la base y el móvil dejen de ser necesariamente los mismos, pero por lo menos cuatro deben ser comunes.

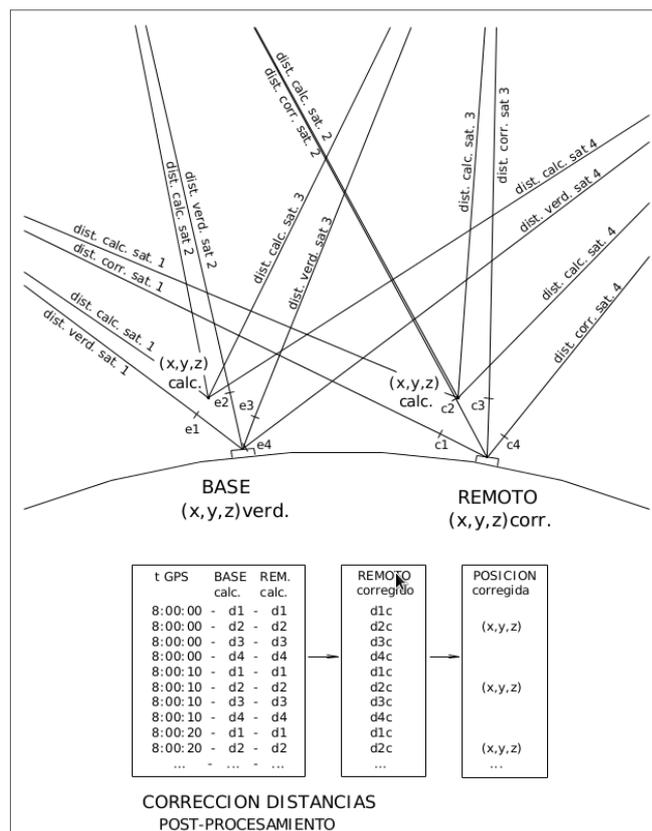


Figura 19. Corrección Diferencial por Distancias
 Fuente: GPS Posicionamiento Satelital (Huerta, Mangiaterra, & Noguera, 2005)

2.6.3 DGPS

- **Post - Procesamiento**

La mejor alternativa para este tipo de procesamiento, es la instalación de una estación de monitoreo continuo, sobre un punto con coordenadas ya conocidas, esta estación almacena los datos durante las 24h del día, constantemente y los pone a disposición de los usuarios en forma de archivos descargables, de esta manera los usuarios pueden usar este servicio y aplicar la corrección diferencial con los archivos tomados de su receptor móvil propio.

Se debe tener en cuenta también, que la ubicación de una estación de monitoreo continuo puede producir una pérdida de precisión, en medida que el receptor móvil vaya alejándose de la estación base, pues cuando es mayor la distancia a los 100 km aproximadamente, no existe confiabilidad en los resultados. (Huerta, Mangiaterra, & Noguera, 2005)

El receptor GPS móvil debe ir conectado a un ordenador y poder descargar datos brutos para almacenarlos en el disco, para que el software sea capaz de capturar la información necesaria para posteriormente procesarla con los archivos descargados de la estación GNSS, RINEX¹⁷.

¹⁷ Receiver INdependent EXchange

2.6.4 Formato de transmisión y recepción de datos

- **RTCM**

En 1983 el Instituto de navegación de Estados Unidos (ION) solicitó el desarrollo por parte de la Comisión Técnica para Servicios Marítimos de Radio (RTCM) de un conjunto de recomendaciones para la transmisión de correcciones diferenciales a los usuarios del sistema GPS. RTCM estableció el Servicio NAVSTAR GPS Diferencial.

El primer borrador con un conjunto de recomendaciones sobre protocolos apareció en Noviembre de 1985. Posteriormente se han efectuado ligeras modificaciones de los formatos de transmisión apareciendo la versión 2.0 en Enero de 1990, mientras que en Enero de 1994 apareció la versión 2.1.

El formato de datos RTCM ha constituido como un defecto estándar en toda la comunidad de receptores GPS, las más recientes versiones y actualizaciones son 2.3 y 3.0, (Ver Tabla 4 y 5), de manera que en la práctica la totalidad de receptores GPS que pueden trabajar en modo diferencial, aceptan correcciones en formato RTCM (RTCM, 2001). Este formato, como cualquier información que se encuentra en el internet, genera un tamaño de dato, que se puede medir en términos de velocidad de descarga (Ver Tabla 6), e información codificada por el nombre de por *Message Type*. (Ver Anexo F)

Tabla 4. Estructura RTCM 2.3

Tipo de mensaje	Descripción
1	Corrección diferencial de código CA
3	Coordenadas de la estación de referencia
5	Estado de la constelación
10	Corrección diferencial del código P
11	Correcciones de código CA, L1 y L2
15	Retardo ionosférico
18	Portadoras de fase RTK sin corregir
19	Códigos de pseudodistancia RTK sin corregir
20	Corrección RTK de fase
21	Corrección RTK de códigos
23	Modelo de la antena de estación de referencia.
24	Parámetro al ARP de la antena
31	Corrección diferencial GLONASS
32	Estación de referencia GLONASS
33	Estado de la constelación GLONASS

Fuete: RAMSAC-NTRIP. (Piñon & Cimbaro, 2009)

Tabla 5. Estructura RTCM 3.0

Grupo de mensaje	Tipo de mensaje	Descripción
Observaciones	1001	Observable L1 GPS RTK (fase)
	1002	Observables para L1 GPS RTK (fase y código)
	1003	Observables L1 y L2 GPS RTK (fase)
	1004	Observables para L1 y L2 GPS RTK (fase y código)
	1005	Observable L1 GLONASS RTK (fase)
	1006	Observables para L1 GLONASS RTK (fase y código)
	1007	Observables L1 y L2 GLONASS RTK (fase)
	1008	Observables para L1 y L2 GLONASS RTK (fase y código)
Coordenadas de estación de referencia	1009	Coordenada de la estación de referencia referida al ARP
	1010	Ídem anterior + altura de la antena
Descripción de la antena de la estación de referencia	1011	Modelo de antena
	1012	Modelo de antena + número de serie de antena

Fuete: RAMSAC-NTRIP. (Piñon & Cimbaro, 2009)

Tabla 6. Transferencia de datos

Transferencia de datos según el formato RTCM (bits/seg.)			
	6 satélites	9 satélites	12 satélites
RTCM 2.3	3.900	5.400	7.000
RTCM 3.0 (Con bits de Star & Stop)	2.500	3.000	3.550
RTCM 3.0 (Sin bits de Star & Stop)	2.000	2.400	2.800
CMR	1.400	1.800	2.100
CMR+	900	1.300	1.600

Fuente: (Euskadi, 2012)

- **NMEA**

National Marine Electronics Association (NMEA) ha desarrollado una especificación que define la interfaz¹⁸ entre diferentes equipos electrónicos marinos; la norma permite a la electrónica de la marina, enviar información a los ordenadores y otros equipos.

El receptor GPS de comunicación se define dentro de esta especificación, pues la mayoría de los programas informáticos que proporcionan información real de posición y tiempo esperan que los datos estén en formato NMEA. Estos datos incluyen la completa PVT (posición, velocidad, tiempo) solución calculada por el receptor GPS.

La idea de las sentencias NMEA es enviar una línea de datos contenidos en una frase, siendo totalmente autónomo e independiente, hay

¹⁸ Dispositivo que transforma las señales generadas por un aparato en señales comprensibles por otro (BABYLON, 2006).

frases estándar para cada categoría de dispositivo y también existe la posibilidad de definir frases patentadas para su uso por la compañía individual. Todas las frases estándar tienen un prefijo de dos letras que define el dispositivo que utiliza ese tipo de oración. (Receptores GPS es el prefijo de GP.) Que es seguido por una secuencia de tres letras que define el contenido de frases. (Ver Anexo G)

Además, NMEA puede tener permisos de los fabricantes para definir sus sentencias propietarias para cualquier propósito que considere oportuno. Todas las oraciones dominicales empiezan con la letra P y se siguen con tres letras que identifican al fabricante el cual controla esa frase. Por ejemplo, si el fabricante es Garmin el prefijo sería PMGN y para Magellan PGRM.

2.7 NTRIP

2.7.1 Concepto

El NTRIP fue desarrollado en Alemania de manera conjunta por la Agencia Federal de Cartografía y Geodesia (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, BKG) y la Universidad de Dortmund, y consiste en la transmisión de correcciones diferenciales GNSS, originalmente en formato estándar RTCM, a través del protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), (Ver Esquema 2.4), las cuales son calculadas desde una estación de referencia y ofrecidas a los usuarios vía Internet.

NTRIP constituye una capa de transporte, el cual envía datos en formato RTCM desde una estación base de monitoreo continuo, contiene datos de observación de GPS y GLONASS, dependiendo de la estación; además, tiene información de la definición y tipo de antena, coordenadas de la estación de referencia, correcciones de código y fase y, en el caso de la versión 3.0, transmite adicionalmente un mensaje de solución de red, estas correcciones diferenciales se conforman de las soluciones que se producen en una red de estaciones, lo cual aumenta la consistencia y calidad de la información que es transmitida para el posicionamiento en tiempo real. (Ver Figura 20)

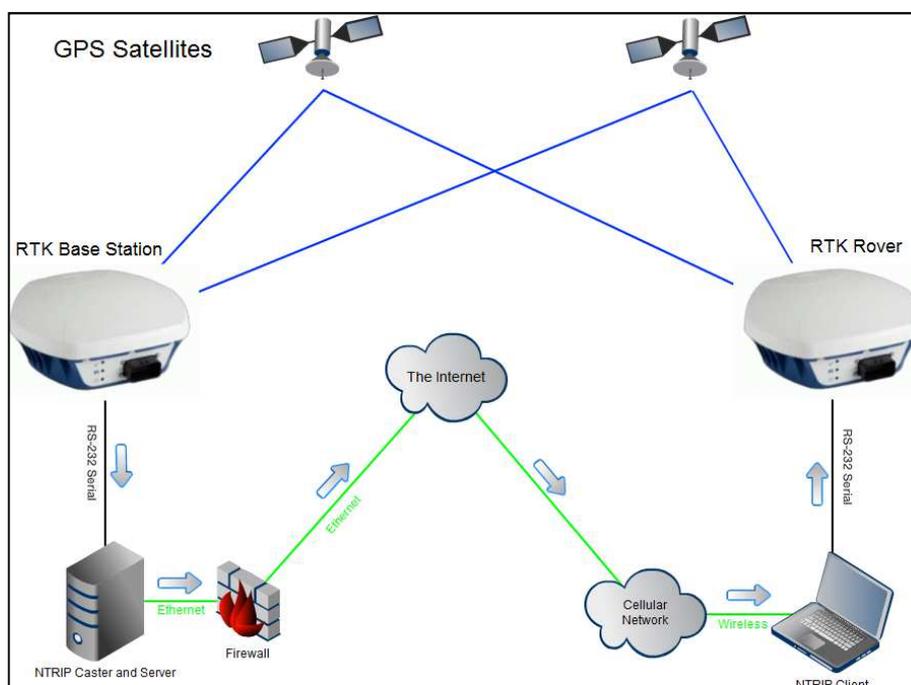


Figura 20. Proceso NTRIP
Fuente: (Lefebure, 2012)

2.7.2 Componentes de NTRIP

- **NTRIP Source**

Es la fuente generadora de las correcciones diferenciales en formato RTCM, materializado por un receptor GNSS capaz de llevar a cabo este proceso y de enviarlas a un servidor, este último además de recibir las correcciones, también permite transferirlos vía HTTP al siguiente componente del sistema. El servidor NTRIP no es más que un computador con acceso a Internet y un software adecuado para cumplir dichas funciones.

- **NTRIP Server**

Este es un nivel de aplicación de protocolo de streaming global de navegación por satélite (GNSS) de datos a través de Internet, actualmente Server y Caster ocupan el mismo hardware disminuyendo así el tiempo de recepción y envío de información.

- **NTRIP Caster**

Es el agente transmisor, su función principal es la de difundir las correcciones GNSS calculadas a la comunidad de usuarios, entre los diferentes formatos de envío se tiene: RTCM, NMEA, CMR, RT27, BINEX, entre otros, para poder tener esta capacidad el Caster o Estación de Monitoreo continuo debe tener una conexión a internet constante e ininterrumpida. (Ver Figura 2.15)

- **NTRIP User/Client**

Este es el segmento final, en donde se recibe la información transmitida por el Caster, dependerá del software que tenga el receptor móvil para que este tipo de datos sean aprovechada de la mejor forma posible.

(Ver Figura 21)

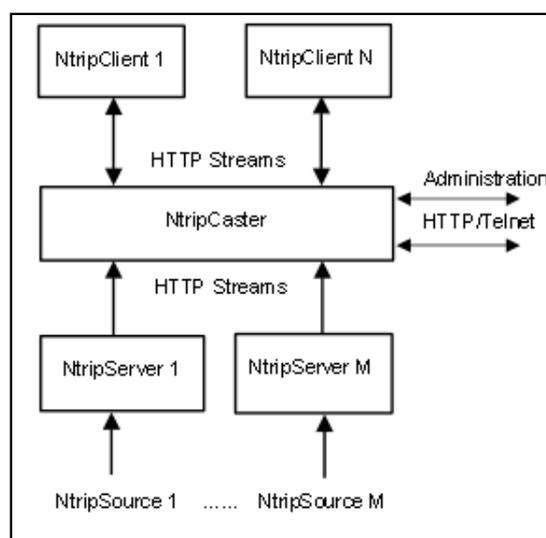


Figura 21. Arquitectura NTRIP
Fuente: (Márquez, 2007)

2.7.3 Desarrollo

La Internet con su protocolo TCP/IP¹⁹, se ha convertido en un estándar y más aun si se habla de los sistemas de teléfonos celulares, con tecnologías que nos permiten navegar en la red y generar o recuperar cualquier información o mensajes que se estén ingresando en el sistema, el panorama del intercambio de información a velocidades aceptables y rápidas

¹⁹ Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (en inglés Transmission Control Protocol/Internet Protocol), un sistema de protocolos que hacen posibles servicios Telnet, FTP, E-mail, y otros entre ordenadores que no pertenecen a la misma red.

ha llegado a formular varios campos de aplicación, entre ellos la creación del NTRIP, ó Network Transmisión of RTCM vía IP, que en forma práctica se define como la recepción en un celular de las correcciones RTCM vía internet, (Ver Figura 22), estas señales son enviadas desde la Estación Base hacia el receptor móvil. (Márquez, 2007)

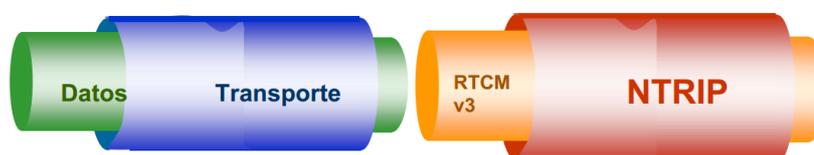


Figura 22. Infraestructura NTRIP
Fuente: Ntrip herramienta indispensable para la Cartografía y Catastro.
(Márquez, 2007)

Basado en una transmisión estándar HTTP; relativamente fácil de implementar cuando se tiene cliente y los recursos limitados de servidores de plataforma disponibles, la aplicación no se limita a un contenido particular claro o codificado, tiene la capacidad para distribuir cualquier tipo de dato GNSS, además, tiene un potencial para apoyar el uso masivo; con difusión de cientos de señales simultáneas, de miles de usuarios posibles en la aplicación de Radio modificado, la radiodifusión en Internet del software.

Teniendo en cuenta las necesidades de seguridad, de los proveedores y usuarios de transmisión no necesariamente en contacto, las señales a menudo son bloqueadas por los cortafuegos o servidores proxy, que

protegen las redes de área local. Permite que exista una transmisión a través de cualquier red IP móvil debido al uso de TCP / IP.

El protocolo fue desarrollado para que pueda ser usado en una difusión de cientos de streams, conexiones masivas y simultaneas de usuarios, ya que el CASTERNTRIP es un equipo de distribución de señales para radio difusión en internet. (Ver Figura 23)

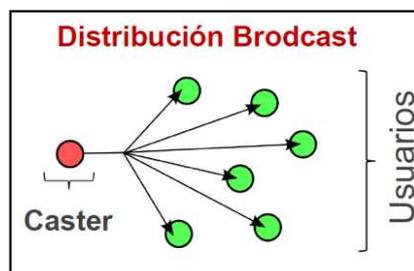


Figura 23. Distribución de usuarios en un CASTERNTRIP
Fuente: (Hoyer, y otros, 2010)

2.7.4 Antecedentes NTRIP

- **América Latina**

Esta técnica ha sido probada en varios países de Latinoamérica como Venezuela, Uruguay, Argentina y más exhaustivamente en Brasil, con resultados satisfactorios para cada una de las aéreas donde se la ha aplicado.

En el caso de Venezuela el principal uso que se le ha dado al uso de datos en tiempo real ha sido a la industria petrolera, en labores de

investigación y en el trazado de rutas para oleoductos, aunque su propagación ha sido muy lenta, poco a poco va ganando espacio como herramienta de uso diaria para algunas empresas.

Uruguay, desde que tuvo la primera reunión de Sirgas en 1993, ha ido sumando estaciones permanentes al proyecto SIRGAS CON, gracias a la conectividad inalámbrica, se pensó en el desarrollo del internet y redes 3G para generar correcciones diferenciales en tiempo real, en donde el principal objetivo que se tiene es llegar a evaluar la accesibilidad, la precisión y el potencial de esta técnica así como también dotar del servicio a todo el país y además considerarlo público.

Por otro lado Argentina, cuenta con la RAMSAC NTRIP (Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo), un servicio que está a disposición de cualquier tipo de usuario que requiera hacer trabajos de forma autónoma.

Brasil, en el contexto regional, fue el primer país en utilizar la tecnología de corrección diferencial en tiempo real, realizando las primeras pruebas desde el año 2006, operando con su propio Caster ubicado en la Universidad de Sao Paulo, en el 2009 lanzaron un servicio gratuito, que por primera vez permitía la obtención en tiempo real de coordenadas en longitud, latitud y altura, estos de mejor calidad para los usuarios GPS.

- **Ecuador**

Pocos han sido los estudios de la técnica NTRIP, aunque los más notorios se han realizado en la Escuela Politécnica del Ejército, todos a pequeña escala, es decir, solo como pruebas de funcionamiento para determinar los principales problemas de la tecnología y también para mostrar las precisiones y exactitudes que se pueden alcanzar con este tipo de corrección, logrando obtener resultados satisfactorios a pesar de la deficiencia de cobertura celular en varias partes del Ecuador, con distancias de 15 kilómetros de la estación base y un rastreo de 5 segundos se obtuvieron precisiones que no superan el centímetro, (Ver Tabla 7)

Tabla 7. Exactitud NTRIP para el Ecuador a diferentes tiempos y distancias en horizontal

Distancia (km)	Horizontal (m)						
	5 seg	10 seg	30 seg	60 seg	300 seg	600 seg	900 seg
0.022	0.004	0.003	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003
14.736	0.006	0.009	0.007	0.011	0.013	0.011	0.011
39.919	0.034	0.025	0.028	0.025	0.061	0.036	0.028
69.704	0.179	0.323	0.057	0.289	0.251	0.213	0.229
176.991	0.177	0.231	0.212	0.29	0.326	0.181	0.281
316.741	0.376	0.385	0.428	0.487	0.539	0.188	0.159

Fuente: (Alvarez, 2011)

2.7.5 Ventajas y desventajas del Uso

El uso de esta técnica, permite al usuario tener coordenadas GPS en tiempo real, sin necesidad de utilizar el post – proceso como vía de escape para mejorar la precisión, así mismo la tecnología inalámbrica se ha ido

implementando poco a poco en diferentes usuarios, hasta convertirse en un carácter público obligatorio.

Se tiene que aclarar, que el método de instalación no es tan sencillo de realizarlo, dependiendo del receptor móvil con que se esté trabajando, además las precisiones obtenidas dependerán de la capacidad y calidad que tenga el equipo.

A pesar de que el internet es público en muchos lugares por medio de la red wi-fi, no llega a abarcar un área extensa, llevando a desarrollar redes de comunicación para el internet de 2G, 3G y 4G, este último con una gran velocidad de navegación tanto de descarga como de subida de información, sin embargo este servicio, para la utilización de NTRIP, tiene un costo adicional.

2.8 DISPOSITIVOS MÓVILES

2.8.1 Celular

Los celulares se han convertido en parte crucial de la vida cotidiana, desde adolescentes hasta ancianos, tiene un celular personal, se evolución avanza a gran escala y en comparación con los modelos antiguos, los nuevos dispositivos claramente no tienen similitud. (Ver Figura 24.)



Figura 24 Evolución de los dispositivos móviles
Fuente: “Evolución de los celulares”, (García, 2013)

Los avances en la tecnología han jugado un papel muy importante en la historia de estos equipos, y es que gracias a estos, vemos cómo un celular tipo ladrillo de los años 90, se ha convertido en el teléfono inteligente, elegante y con estilo; nadie podría haber imaginado que en tan solo 17 años, tiempo desde su primer lanzamiento, los teléfonos móviles lograron haber dado el gran salto de ser solo una alternativa al teléfono fijo a convertirse en un ordenador, GPS, radio, navegador de Internet, y aun así ser capaz de caber en un bolsillo.(García, 2013)

Los celulares han evolucionado mucho en cuanto a su forma, rendimiento y características y seguramente seguirán cambiando más y más con el paso del tiempo.

2.8.2 Tablet

El uso de dispositivos móviles inteligentes ha sufrido una revolución en un sector tecnológico que está en una constante transformación, el uso de equipos que satisfagan la necesidad de aplicaciones a la mano, de una forma accesible y de fácil uso, ha permitido que surja un nuevo protagonista, el Tablet (Ver Figura 25), un dispositivo que se ha ganado a pulso su presencia en el mundo de la tecnología de consumo.

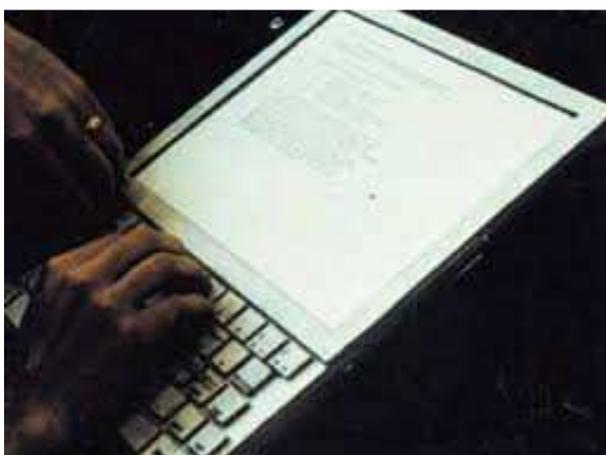


Figura 25. "Dynabooks", Prototipo de Alan Key.
Fuente: Todo Tablet (Frutos, 2012)

El lanzamiento de los primeros Tablets PC pasó un tanto inadvertido entre los consumidores de productos tecnológicos, quizás causaban algún interés entre los usuarios más avanzados o aquellos que desarrollaban aplicaciones o programas en Linux, pero fue con la introducción en el mercado primero del iPhone y después el iPad por parte de Steve Jobs, en Apple, cuando se creó una tendencia entre los consumidores, la cual se ha

convertido hoy día en el detonante para que la mayoría de las grandes compañías fabricantes de tecnología de consumo hayan comenzado a crear dispositivos del tipo Tablet, un híbrido que está entre el SmartPhone y el ordenador portátil, la unión o fusión entre estos tipo de dispositivos ha agradando el mercado de consumo pues el Tablet es de cómodo uso, portátil, versátil, potente, permitiendo realizar muchas de las acciones que se desean en un equipo móvil, se puede llevar a cabo tareas con aplicaciones de cualquier tipo y estilo.

2.8.3 Sistema Operativo

Un sistema operativo es el programa o software que permite que todos los demás programas y aplicaciones funcionen en una computadora determinada, un vínculo indispensable entre el "hardware" o componentes físicos de aquella (disco duro, tarjeta gráfica, procesador, etc), con los elementos "etéreos" como el procesador de palabras, el navegador de Internet, el editor de fotos, etc.

En el caso de las computadoras de escritorio, el sistema operativo más utilizado es el Windows de Microsoft, en diferentes versiones, seguido por el MacOSX, y el Linux, las tabletas sin embargo no usan estos medios, trabajan con sistemas operativos similares a los smartphones, referido al aprovechamiento de los avances de éstos: por un lado, la pantalla táctil, esto es, la posibilidad de interactuar con la máquina sin necesidad de un teclado

y, por otro, la facilidad para descargar y ejecutar aplicaciones, especialmente multimedia.

- **Windows Mobile**

Es un sistema móvil operativo y compacto diseñado para un uso en teléfonos inteligentes, como Smartphones y otros dispositivos, desarrollado por Microsoft²⁰, está basada en el núcleo del sistema operativo Windows CE²¹ y cuenta con un conjunto de aplicaciones básicas utilizando las API²² de Microsoft Windows. Está diseñado para ser similar a las versiones de escritorio de Windows estéticamente.

Windows Mobile aporta a los usuarios potencia, funcionalidad, capacidad de comunicación inalámbrica, una interfaz de administración GPS para los programas de navegación instalados y facilidad de uso; toda una serie de características que lo convierten en el perfecto aliado para aquellas personas que se desplazan con frecuencia y necesitan hacer uso de sus equipos desde cualquier lugar, y en cualquier momento. (Windows, 2008)

La futura versión Windows Mobile 6.5 del sistema operativo para dispositivos móviles o celulares de Microsoft se rebautizará como Windows

²⁰ Empresa multinacional fundada el 4 de abril, dedicada al sector del software y equipos electrónicos.

²¹ Conocido como Windows Embedded Compact y anteriormente como Windows Embedded CE

²² Interfaz de programación de aplicaciones (IPA), es el conjunto de funciones y procedimientos, ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

Phone en un intento para evitar la confusión que provoca ese nombre entre los propietarios de este tipo de dispositivos.

- **Android**

Android es una plataforma móvil, que incluye un sistema operativo móvil basado en Linux, junto con un conjunto de aplicaciones middleware²³ y aplicaciones nativas. Está enfocado para ser utilizado en dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes, tabletas, Google TV y otros dispositivos. Es desarrollado por la Open Handset Alliance, la cual es liderada por Google; este sistema por lo general maneja aplicaciones descargadas desde Google Play, aunque pueden ser instaladas por otros medios.

El sistema permite programar aplicaciones en una variación de Java llamada Dalvik²⁴; el sistema operativo proporciona todas las interfaces necesarias para desarrollar aplicaciones, que accedan a las funciones del teléfono como el GPS, las llamadas, la agenda, los contactos (Figura 26), de una forma muy sencilla y en un lenguaje de programación muy conocido como es Java. (Báez, y otros, 2010)

²³ Middleware es un software que asiste a una aplicación para interactuar o comunicarse con otras aplicaciones, software, redes, hardware y/o sistemas operativos.

²⁴ Máquina virtual, está basada en registros y puede ejecutar clases compiladas por un compilador JAVA.

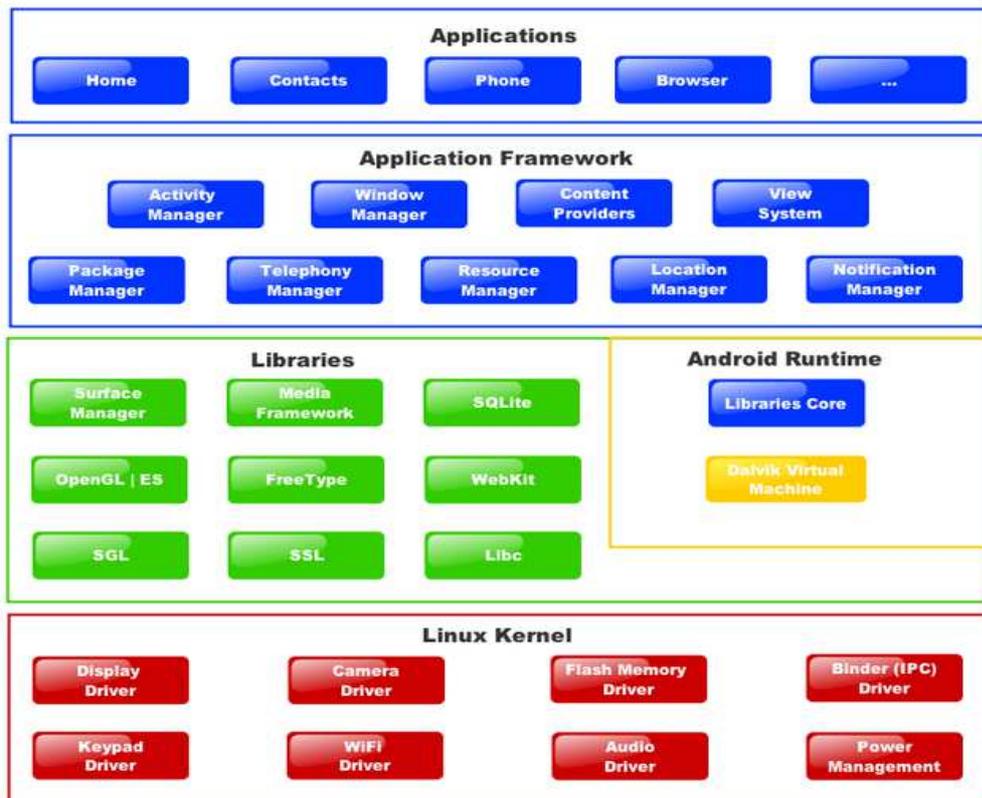


Figura 26. Sistema de capas de Android
Fuente: (Báez, y otros, 2010)

La característica más importante es que se trata de una plataforma totalmente abierta, tanto para fabricantes de dispositivos móviles como para desarrolladores de aplicaciones; sobre el núcleo están escritas las librerías que se encargan de las funcionalidades básicas, estas librerías están escritas en C/C++ y pueden ser accedidas directamente desde los programas de la plataforma. Algunas de ellas y sus funcionalidades son:

- Librerías en C del sistema: Implementaciones de las librerías estándar de C, preparadas para un mejor funcionamiento en dispositivos embebidos que usan Linux.
- Librerías multimedia: Proporcionan soporte para grabación y reproducción de audio y vídeo, así como de imágenes.
- Gestor de superficies: Maneja el acceso al dispositivo de pantalla.
- Librería del núcleo web: Moderno motor de navegación web que posibilita usar el navegador de Android, así como, vistas incrustadas de los sitios web.
- SGL: El motor gráfico 2D.
- Librerías para 3D: Implementación basada en las API de OpenGL ES 1.0.

- **iOS**

Es un sistema operativo móvil de la empresa Apple Inc. Originalmente desarrollado para el iPhone (iPhone OS), siendo después usado en dispositivos como el iPod Touch, iPad y el Apple TV. Apple, Inc. no permite la instalación de iOS en hardware de terceros. La interfaz de usuario de iOS está basada en el concepto de manipulación directa, usando gestos multitáctiles. Los elementos de control consisten de deslizadores, interruptores y botones. La respuesta a las órdenes del usuario es inmediata y provee de una interfaz fluida.

iOS se deriva de Mac OS X, que a su vez está basado en Darwin BSD, y por lo tanto es un sistema operativo Unix., además, cuenta con cuatro capas de abstracción: la capa del núcleo del sistema operativo, la capa de "Servicios Principales", la capa de "Medios" y la capa de "Cocoa Touch".

2.8.4 Google Maps – GPS

Es un servicio de mapas web basado en imágenes satelitales de baja resolución, fue anunciado por primera vez el 8 de febrero del 2005 y estuvo en su fase beta 6 meses, en 2005 se lanzó su API de Google Maps, haciendo oficialmente modificable casi cualquier aspecto de la interfaz original, el 2009 presentan Google Latitude²⁵, una aplicación adicional a Google Maps, dándole al usuario la función de tener una navegación en tiempo real, una vez que se pudo implementar un chip GPS en los dispositivos móviles de la fecha, los sistemas de posicionamiento por medio de teléfonos celulares renovaron la tecnología de ese entonces y agigantó el mercado de compras del producto hacia mas usuarios, hoy en día ofrece fotografías por satélite del mundo además de las rutas entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle, versiones en 3D y diversas aplicaciones para teléfonos inteligentes. (Google, 2012)

²⁵ Google Latitude es un servicio basado en localización móvil desarrollada por Google.

- **Estructura del GPS en Android**

Todos los teléfonos Android tienen un GPS integrado, para el servicio de navegación por satélite, el cual permite geolocalización con un alto porcentaje de error para fines científicos, pero no para navegación, la infraestructura interna y sus componentes, se divide en cinco partes claves. (Figura 27)

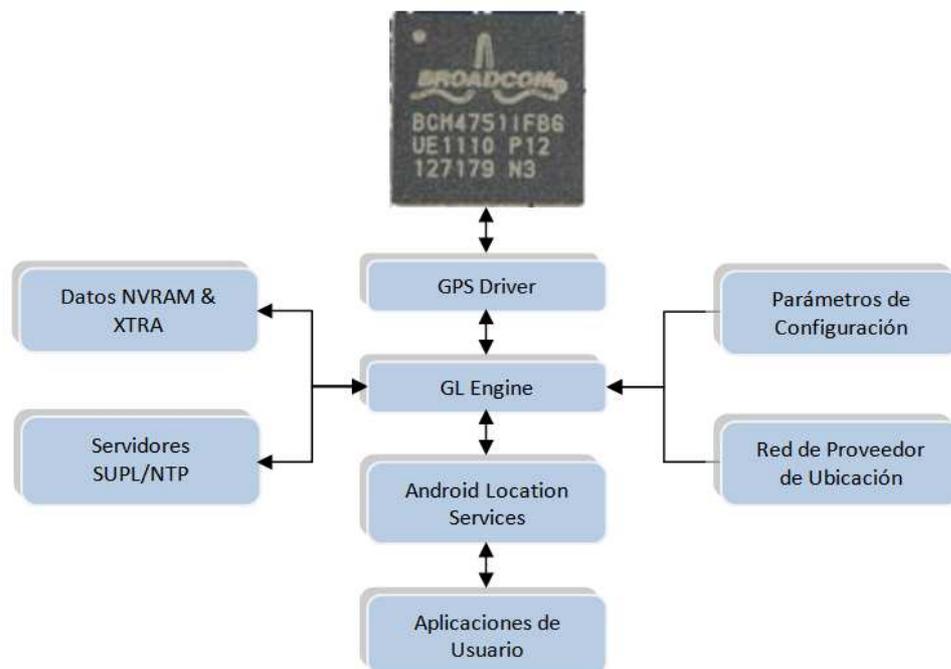


Figura 27 Estructura del GPS en Android
Fuente: (Latorre, 2012)

GPS Chip. Es un receptor de radio frecuencia que se comunica con los satélites, igual que otros navegadores, necesita de por lo menos cuatro satélites visibles para poder dar una posición con coordenadas.

GPS Driver. Usa API²⁶ de bajo nivel para que haya una comunicación con el chip GPS, consta de archivos que se ubican por medio de las siguientes dependencias, `System/lib/hw` o `Vendor/Lib/hw`, usualmente empieza con el prefijo `GPS` y acaba con el sufijo `SO`, existe cambios en cada versión de Android por ejemplo *gps.default.so* o *gps.aries.so*

GL Engine. Tiene una dirección `/system/bin` seguido de nombres como `glgps` o `gpsd`, dependiendo de la versión de Android, trabaja utilizando parámetros de configuración que consisten en archivos *glconfig.xml*, *gps.xml*, *gpsconfig.xml*, *gps.conf*, ubicados en `/system/etc`, `/system/etc/gps` o `/vendor/etc`. Recoge la información de localización de las torres móviles y lee el NVRAM²⁷, se almacena en `/data/gps` en archivos de `.sto` y `.dat`, como por ejemplo `gldata.sto`, `lto.dat`, `xtra.bin`, `epo.dat`. (Latorre, 2012)

El GL Engine capta múltiples satélites visibles, asiste al GPS Driver para que corra su programación, fija la posición con información adicional que es transmitida desde los satélites o accede vía internet a los servidores de red *SUPL/NTP* y de ser necesario, guarda la información en NVRAM para un uso posterior, inicializando el GPS con datos ya registrados.

²⁶ Application Programming Interface. es el conjunto de funciones y procedimientos que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

²⁷ Chip que guarda la información o contenido cuando la batería está baja, compuesto de una combinación de chips SRAM y EEPROM.

Android Framework. Dentro de la infraestructura de Android, el usuario desarrollador, puede construir aplicaciones de localización y mapas en los dispositivos móviles, mediante paquetes y clases como *android.location* o las API's, permitiendo el acceso a servicios de posicionamiento.

El componente principal de ubicación es *LocationManager*, el cual proporciona las API para determinar la ubicación, se solicita una instancia llamada *getSystemService (Context.LOCATION_SERVICE)*, la aplicación puede: consultar una lista de *LocationProviders*, para la ubicación del último usuario, registrar o anular las actualizaciones periódicas del actual usuario a partir de los proveedores de ubicación y además, registrar o anular una determinada intención de ser iniciado el posicionamiento, en una latitud y longitud. (Vogel, 2012)

Aplicaciones de usuario

Las aplicaciones GPS, tiene todas las características que se detallaron anteriormente, y existen otras que para mejorar el rendimiento usan:

- XTRA data (lto.dat xtra.bin, epo.dat, gldata.sto, entre otros)
- GPS.conf (Modifica el GPS y necesita permisos root²⁸)

²⁸ Equivale a obtener los máximos privilegios posibles en un teléfono, se tiene el control total de modificación tanto en el sistema operativo como en las aplicaciones

2.8.5 Conectividad

- **Wifi**

Es una tecnología de comunicación inalámbrica que se desarrolla mediante ondas, siendo la más utilizada hoy en día, también llamada WLAN²⁹, dividida en dos clases de grupos, una que emite 11mb/seg y otra de 54mb/seg, teniendo un alcance de 100 a 150 metros, se ha convertido en la fórmula perfecta para el acceso a internet sin cables.

- **Tecnología 3G**

Es una tecnología móvil que le permite al usuario navegar por internet con una alta velocidad y sin depender de cables, a pesar de que las innovaciones son amplias en este tipo de conexión, el acceso está restringido para dispositivos compatibles y además con un paquete de datos que lleva un costo comercial.

Con esta tecnología se puede navegar y transmitir datos hasta 384 kbps (kilobytes por segundo), permite realizar video llamadas, con las restricciones de equipos que cuenten con esta capacidad de video, además de acceder a canales de televisión en un móvil, la tecnología 3G puede ser usada a través de un modem para computadoras, notebooks y netbooks.

²⁹ Wireless lan o red inalámbrica

- **Tecnología 4G**

Esta tecnología tiene una significativa mejora en la velocidad de transmisión de datos, llegando al Gigabyte por segundo en un dispositivo mientras esta estático, 100 Megabytes por segundo mientras existe desplazamiento, característica especial que permite la carga inmediata de los sitios web.

Ofrece una mayor seguridad para los usuarios, evitando fallos de cobertura cuando se desplace por zonas cubiertas, servicios de voz, datos y multimedia en cualquier momento y en cualquier lugar.

2.9 PRUEBAS ESTADÍSTICAS

2.9.1 Prueba no Paramétrica Kolmogorov - Smirnov

Con esta prueba no paramétrica se busca determinar si la muestra se distribuye en forma normal, midiendo el grado de concordancia de un conjunto de datos, el objetivo es marcar si los datos recolectados de cada punto de control, provienen de una distribución teórica especificada, el estadístico de prueba es la máxima diferencia:

$$D = \max |F_n(x) - F_o(x)| \quad (1.12)$$

Siendo $F_n(x)$ la función de distribución muestral y $F_o(x)$ la función teórica o correspondiente a la población normal especificada en la hipótesis nula. En esta prueba se coteja la distribución de frecuencia acumulativa de la

distribución teórica con la distribución de frecuencia acumulativa observada, determinando el lugar en el que estas dos distribuciones tienen una mayor diferencia. (Universidad_Barcelona, 2009)

2.9.2 Prueba de Hipótesis (Valor Z)

Este es un procedimiento que se basa en la muestra y la probabilidad, determinando si una hipótesis, alternativa o nula, es una afirmación razonable; para ello se necesita de un valor crítico, el cual es el punto de división entre la región que rechaza la hipótesis nula y la región en donde no se la rechaza. (Douglas & Mason, 1992)

- **Prueba de Significancia de una y dos colas**

La prueba es de una cola si H_1 afirma que $\mu >$ o $\mu <$, si H_1 indica una dirección, la prueba es de una cola (Ver Figura 28)

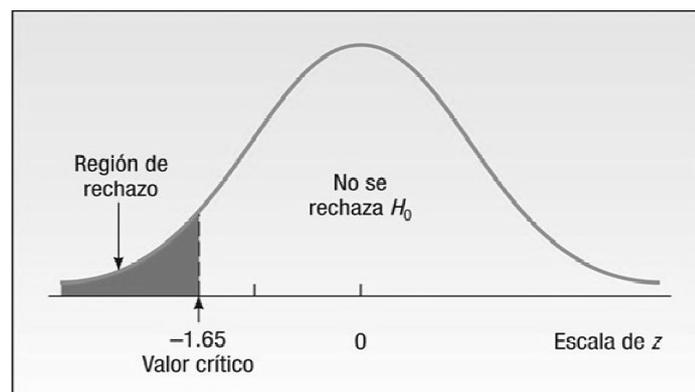


Figura 28 Estadístico z, prueba cola izquierda, nivel de significancia de 0.05
Fuente: (Douglas & Mason, 1992)

Para determinar la ubicación de la región de rechazo se considera la dirección en la que señala el signo de desigualdad en la hipótesis (< o >), de no especificar dirección y se encuentra una igualdad, se usa la prueba de dos colas. (Ver Figura 29)



Figura 29. Estadístico z, prueba dos cola, nivel de significancia de 0.05
Fuente: (Douglas & Mason, 1992)

La regla de decisión se formula después de calcular el valor de Z (ecuación 1.13) en el Anexo J, si este valor calculado no queda en la región donde no se rechaza la hipótesis nula, se toma la hipótesis alternativa. (Douglas & Mason, 1992)

CAPÍTULO 3

INFRAESTRUCTURA NTRIP PARA NAVEGADORES

3.1 ESTACIÓN BASE

La estación de monitoreo continuo, sistema que recepta las señales GNSS, es el medio indispensable para la recepción y el envío de los datos de corrección a los usuarios móviles, este hardware y software deberá ser necesario para abarcar el área de influencia de los puntos de posicionamiento por GPS y así mismo brindar las garantías de funcionamiento y ejecución.

3.1.1 Hardware Empleado

- **Estación de Referencia Trimble NetR5**

Es un receptor multi-canal y multi-frecuencia, diseñado para un uso independiente como estación de referencia de monitoreo continuo, forma parte de soluciones de infraestructuras GNSS, es un sistema que tiene la capacidad de aceptar aplicaciones para trabajos de post-proceso, en diferentes métodos, como estático o cinemático, además de poseer una herramienta para procesar información y mediante el formato RTCM, utiliza la tecnología *Trimble R-Track*³⁰, compatible con señales L2C y L5, además de las compatibles de GLONASS L1/L2. (Ver Figura 30)

³⁰ Tecnología aplicada en GPS doble frecuencia, soporta señales L2C.

Actúa como un receptor base, en un posicionamiento absoluto o relativo, generando información en tiempo real, el cual puede ser enviada mediante puertos TCP/IP, NTRIP, Bluetooth o por USB, generando datos por internet, permitiendo una conectividad simultanea entre una multitud de usuarios.



Figura 30. Estación de Referencia Trimble NetR5
Fuente: (Trimble, 2010)

Además, funciona como una estación remota, lo que permite tener acceso a un sinnúmero de usuarios a su conexión mediante puertos IP, además de tener la ventaja de poder configurarla a favor de las necesidades del administrador; está diseñada para ser NTRIPSource, Caster y Server funcionando en un mismo instante, transmitiendo señales que contienen información de acceso autorizado por el administrador.

Soporta formatos CMRx, optimizando el ancho de banda, pues comprime los datos de correcciones, además de utilizar los satélites a la vista en correcciones RTK, otorgando confiabilidad en posicionamiento con sistemas GNSS actuales y futuros. (Trimble, 2010)

A este equipo se le puede adicionar antenas geodésicas de alta precisión, Zephyr Geodetic Model II, Choke Ring o SOKKIA NOV750.R4 (Ver Figura 31), los dos tipos están preparadas para rastrear todas las señales GNSS, tanto actuales y otras que estarán disponibles a futuro.



31. Antenas geodésicas de alta precisión
Fuente: (RUNCO, 2011)

El formato de datos estándar es T02, puede transmitir RT27, BINEX, RTCM y tiempo real de otros formatos estándar, además puede ser configurado para la recepción y envío de correcciones diferenciales RTCM, vía TCP/IP, denominado NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol).

3.1.2 SOFTWARE EMPLEADO

- **GNSS Internet Radio**

El GNSS Internet Radio es una aplicación NTRIPClient para descargar información de un NTRIPCaster, el cual sirve para la transmisión del Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS), mediante datos por Internet.

El software NtripClient se comunica con el GVRD Real-Time Server³¹, Ntrip GPS de Servicios. Con el software de cliente de un usuario selecciona uno de los flujos de datos un servidor para datos NTRIP disponibles en tiempo real, este servidor proporciona los datos al cliente, a través de Internet. El software del cliente convierte el flujo de datos en el formato RTCM apropiado, u otra serie de sentencias y mensajes, utilizados en el caso de NTRIP, para la corrección diferencial de coordenadas GPS. (BKG, 2013)

- **Lefebure NTRIPCASTER**

Está diseñado para usuarios que tengan una o dos estaciones base RTK y requieran hacer la corrección de datos disponibles a través de Internet para los clientes de NTRIP. Se han construido en un servidor para que pueda conectar una estación base RTK directamente a través del puerto serie. También presta apoyo a otros servidores NTRIP conectados a través de IP. No hay restricción en el número de conexiones simultáneas o estaciones base. Puede ser utilizado en sistemas operativos como Microsoft Windows 2000 o posterior, Microsoft Net Framework v2.0 o superior, Microsoft Visual Basic Express 2008 o superior.

³¹ Soporte para servicios de GPS en Tiempo Real

3.2 ESTACIÓN MÓVIL

3.2.1 HARDWARE EMPLEADO

- **Dispositivos Móviles**
 - **Samsung Galaxy ACE**

Es un teléfono inteligente de gama media, fabricado por Samsung, (Ver Figura 32), anunciado en enero de 2011. Usa el sistema operativo Android 2.2 (Froyo), está enfocado a un público que quiere estar conectado a Internet desde un móvil las 24 horas del día, descargar juegos y aplicaciones.

Samsung Galaxy Ace cuenta con una variedad de conexiones inalámbricas para enlazarse a Internet u otras redes, es compatible con puntos inalámbricos WiFi, Bluetooth y con banda ancha móvil HSDPA 7,2 Mbit/s (3G y 3.5G). (Samsung, 2011)

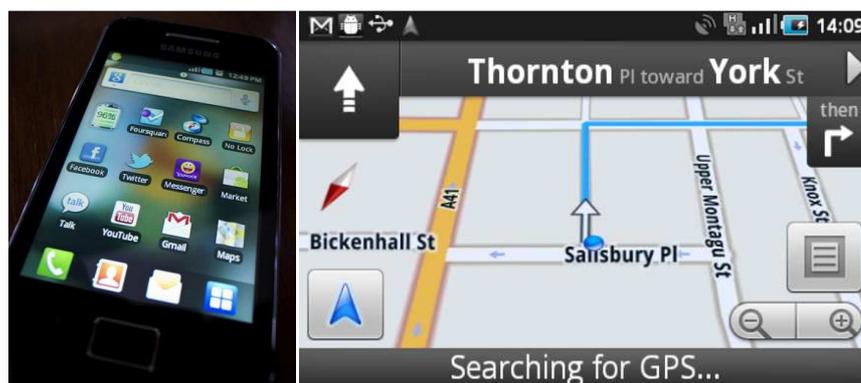


Figura 32. Samsung Galaxy Ace, Google Maps
Fuente: (Samsung, 2011)

En de la tienda Google Play³², existen aplicaciones gratuitas y de pago, en una extensa gama de categorías como juegos, aplicaciones personales o profesionales, e incluso, herramientas para sacar el máximo provecho al terminal GPS, el cual puede usarse con Google Maps o con otros programas que puedan aceptar cartografía. Además es compatible con la geolocalización asistida o A-GPS³³.

• **Samsung Galaxy Tab 2 10.1**

Es una tablet de 10.1 pulgadas con un sistema operativo Android Ice Cream Sandwich 4,0 + TouchWiz³⁴ (Ver Figura 33), pertenece a la segunda generación de la serie Samsung Galaxy Tab y está basado en Tablet PC fabricado y comercializado por Samsung Electronics³⁵, está disponible en variantes de sólo WiFi y 3G con WiFi.

Al igual que las diferentes versiones de Samsung Galaxy, esta tablet cuenta con un sistema de Navegación, configurado mediante un chip GPS y una interfaz para el usuario como lo es Google Maps, además de un sinnúmero de aplicaciones, permitiendo al usuario conectarse sin o con internet, dependiendo de la versión AGPS con la que cuenta el sistema y

³² Antes llamado Android Market, es una tienda de software en línea desarrollada por Google para los dispositivos Android.

³³ Assisted Global Positioning System (A-GPS) o Sistema de Posicionamiento Global Asistido

³⁴ Es una interfaz táctil desarrollada por Samsung con sus socios, con una interfaz táctil de usuario completa.

³⁵ Compañía multinacional electrónica surcoreana con sede en Suwon, Corea del Sur.

poder visualizar en tiempo real la ubicación del móvil y una aproximación del error que tiene el equipo. (Samsung, 2011)



Figura 33. Samsung Galaxy Tab 2 con Google Maps
Fuente: (Samsung, 2011)

La tablet ofrece una variabilidad de aplicaciones y al mismo tiempo un sinnúmero de programas que permiten generar aplicaciones propias o programas independientes, que funcionan de acuerdo a la necesidad que los desarrolladores buscan en los usuarios.

- **Tarjeta SIM GSM 3G**

GSM es la tecnología que permite que un usuario tenga un único número, en un teléfono celular, el cual puede usarse en cualquier parte del mundo de forma inalámbrica, cuenta con una tarjeta chip llamada SIM Card,

que contiene el identificador del celular, o número telefónico, el cual puede almacenar contactos de la agenda y mensajes sms de recepción y envío.

El chip inteligente se encuentra en una tarjeta plástica similar a una tarjeta de crédito, donde se desarrolla la Tercera Generación, 3G, la cual es una tecnología móvil que permite al usuario navegar en internet a alta velocidad sin la utilización de cables. Puede ser usada a través de un módem, para computadoras, notebooks y netbooks, o mediante teléfonos celulares, como el chip GSM, Movistar, Claro y CNT. (Ver Figura 34)

Esta tecnología, por ejemplo, permite tener acceso a internet estando en cualquier sitio con sólo conectar el modem 3G a tu laptop o algún dispositivo móvil.



Figura 34. Chip GSM CNT, Movistar y Claro
(Movistar, 2006)

La principal innovación del 3G es la transmisión de datos en alta velocidad. Esta tecnología permite transmitir datos hasta 384Kbps, dependiendo del teléfono móvil con el que se esté trabajando, además, en la

actualidad todos los teléfonos celulares pueden trabajar en cualquier empresa de telefonía. (Movistar, 2006)

3.2.2 SOFTWARE EMPLEADO

- **Lefebure NTRIPCLIENT**

Utiliza una conexión Bluetooth SPP a un receptor GPS desde un dispositivo Android compatible con Bluetooth Perfil de puerto serie (SPP). Un receptor GNSS que pueden utilizar los datos de corrección y un módulo Bluetooth para el receptor GNSS.

Además utiliza una red en tiempo real que pueda obtener los datos de corrección de a través de Internet, correcciones RTCMx y sentencia NMEA, este software está dedicado al servicio de datos móvil y buena calidad de señal. (Lefebure, 2012)

- **RTCM Decoder**

Esta herramienta es un decodificador / codificador para varios formatos binarios de paquetes asociados con GPS y servicios de corrección diferencial; se produce una salida de texto estándar a partir de la entrada binario o paquetes binarios, además tiene como objetivo conservar el 100% de la información, así como los datos, el decodificador también muestra mensajes de estado para decodificar el error estándar necesario.

Dos de los formatos soportados son RTCM 2 y 3, el protocolo es una complicada serie que es utilizada para la radiodifusión de correcciones diferencial de pseudodistancias de las estaciones de referencia.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DEL SOFTWARE

4.1 GENERACIÓN DE DATOS GNSS

4.1.1 Receptor Base

La Estación GNSS de Monitoreo Continuo “ESPE Station Reference”, TRIMBLE NetR5, genera información de sentencias NMEA y correcciones de código mediante mensajes RTCM, de varias versiones, en cada segundo o instante t , esta información es la que necesita ser enviada hacia un receptor móvil para obtener un valor de corrección en las tres componentes cartesianas, el cual va a ser aplicado a los datos de navegación del dispositivo móvil.

- **Protocolo NTRIP**

Para habilitar la opción de envío de información por internet mediante protocolo NTRIP, se debe configurar la NetR5, mediante la pestaña de “//O *Configuration/Configuración E/S*”, habilitado las opciones de NTRIPCASTER. (Ver Figura 35)

Para poder realizar una descarga de información en cualquier equipo de navegación que cuente con la posibilidad de utilizar NTRIP y dispositivos móviles ANDROID, deben tener una serie de información proveniente de la

Estación Base, estos requisitos son proporcionados por la institución encargada del manejo del Equipo GNSS. (Ver Tabla 8)

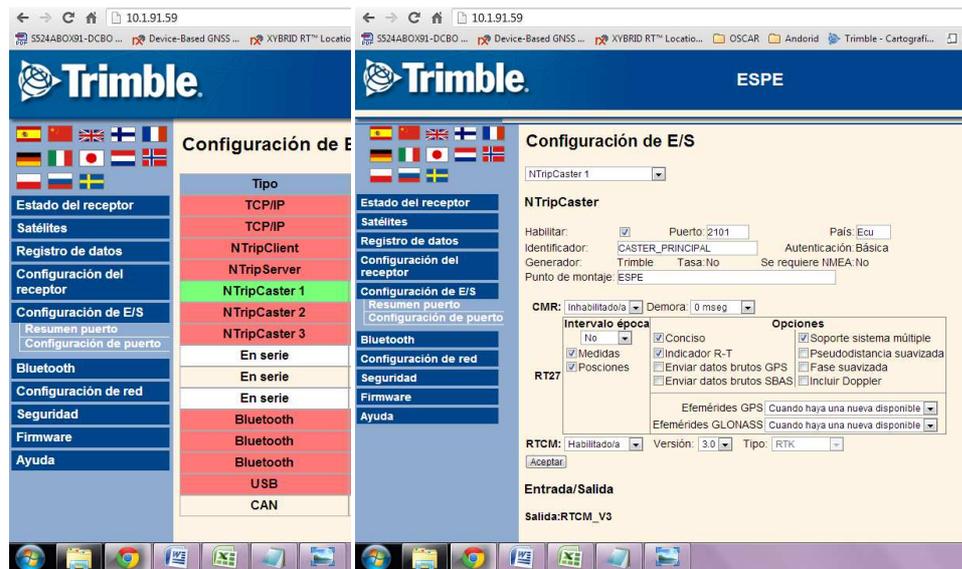


Figura 35. Opciones de Entrada y Salida de Información – NTRIPCASTER Fuente: (NetR5/9, 2012)

Tabla 8. Requisitos para descargar datos de una Estación GNSS

ESTACION GNSS MONITOREO CONTINUO “ESPE STATION PERMANENT”	
CAMPO	NOMBRE
NETWORK PROTOCOL	NTRIP V1.0
HOST/IP	190.15.140.11
CASTER PORT	2101
USERNAME	ntrip
PASSWORD	ntrip
DATA STREAM	ESPE
REPORTER LOCATION (OPCIONAL)	Automatic

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Las redes móviles de acceso inmediato 2G, 3G o 4G, requisito para la descarga de información de la estación GNSS hacia un móvil, debe estar

configurada en el lugar de destino y se lo puede comprobar en teléfonos inteligentes, en la parte superior de los dispositivos Android. (Ver Figura 36)

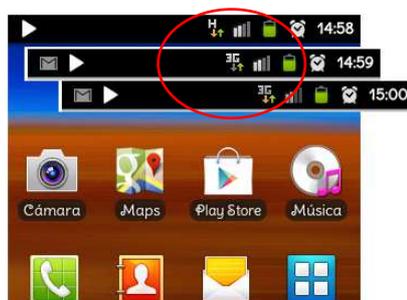


Figura 36. Internet en Redes Móviles 3G
Fuente: (Samsung, 2011)

Para la resolución de la corrección diferencial por posición solo se necesitará la información proveniente del punto de referencia que está utilizando la base, este dato se lo puede obtener en los diferentes tipos de mensajes que proporciona las versiones del RTCM. (Ver Tabla 9)

Tabla 9. Coordenadas Base en Mensajes RTCM

VERSIONES	TIPO	NUMERO DE MENSAJE	DETALLE
2.1	RTK	MT03	X Y Z
	DGPS		
	RTK+DGPS		
	DGPS 9-3		
2.3	RTK	MT24	ArpXCoord ArpYCoord ArpZCoord AntHeight
	DGPS		
	RTK+DGPS		
	DGPS 9-3		
3.0	RTK	MT1006	ARP_X ARP_Y ARP_Z AntH

Fuente: NetR5/NetR9 Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

- **Protocolo TCP/IP**

Se puede configurar en “I/O Configuration /Configuración E/S”, con la finalidad de habilitar las opciones de envío de sentencias NMEA, las cuales marcaran la posición del GPS interno del equipo, diferentes a las coordenadas de referencia, esta información se la puede encontrar en la categoría GGA, donde se muestran datos de Latitud, Longitud y altura elipsoidal, GSA, que contiene información de satélites usados en solución, (Ver Figura 37), además otros datos de navegación que se puede encontrar en el Anexo H.

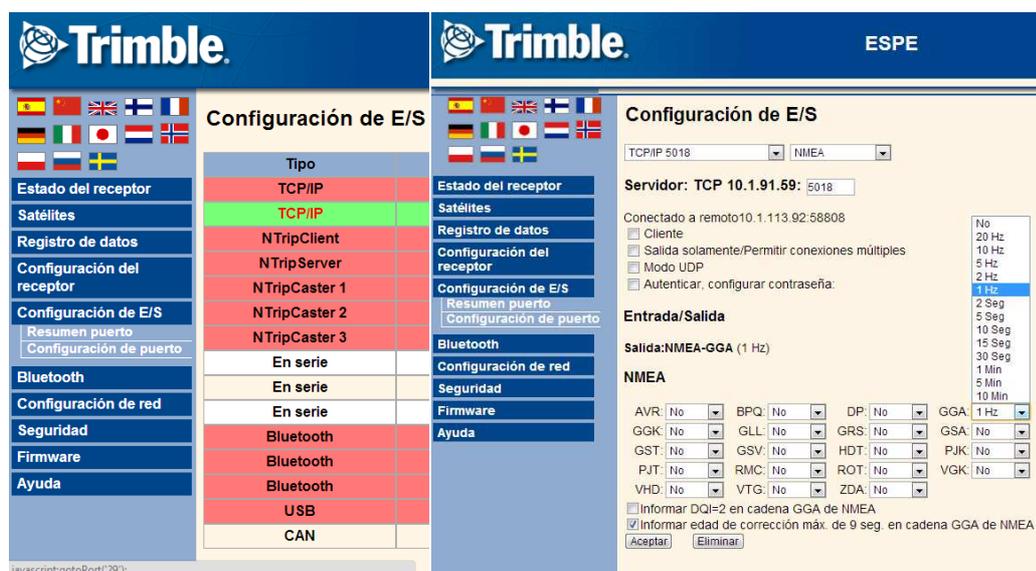


Figura 37. Configuración TCP/IP
Fuente: (NetR5/9, 2012)

- **Cálculo del Vector Error**

La descarga de datos brutos desde la estación GNSS mediante los Protocolos NTRIP y TCP/IP, generan en el móvil archivos de

almacenamiento, dependiendo de la configuración inicial que se les da, estos archivos almacenados en la memoria interna del dispositivo contienen los dos tipos de posicionamiento que se necesitan para generar un vector error o delta de diferencia, ΔX , ΔY y ΔZ ; en el caso del CASTERNTRIP, se obtiene la coordenada de referencia o de alta precisión que se definió en la instalación de la Estación GNSS, (Ver Tabla 4.3), por otro lado, TCP/IP, tiene información del rastreo del GPS interno, cada segundo, dependiendo del intervalo que se lo marque en la configuración inicial, el archivo de descarga contendrá información GGA, (Ver Tabla 10); este conjunto de datos contiene un campo en común, el tiempo UTC, por medio del cual se genera una componente Δ , resultado de dos valores en una misma época. (Ver ecuación 4.1)

$$\Delta = X_{C/Inst} - X_{Base} \quad (4.1)$$

Tabla 10. Datos brutos obtenidos de la Estación GNSS

PROTOCOL	MENSAJES/ SENTENCIAS	UTC	DETALLE	VALORES (m)	SÍMBOLO
NTRIP	MT03	13-07-31T21:13	ArpXCoord	1277936,9891	X_{Base}
	MT24	13-07-31T21:13	ArpYCoord	-6251278,0589	Y_{Base}
	MT1006	13-07-31T21:13	ArpZCoord	-34832,4718	Z_{Base}
TCP/IP	NMEA/GGA	13-07-31T21:13	X	1277938,5338	$X_{C/Isnt}$
		13-07-31T21:13	Y	-6251278,7424	$Y_{C/Isnt}$
		13-07-31T21:13	Z	-34833,7540	$Y_{C/Isnt}$

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

La información de la Estación Base, es generada cada segundo, con lo que el proceso de cálculo para cada coordenada debe realizarse de una

forma sistematizada, obteniendo los valores de Δ en los tres componentes de coordenadas, representado mediante las ecuaciones 4.2, 4.3 y 4.4.

$$\Delta_x = X_{C/Inst} - X_{Base} \quad (4.2)$$

$$\Delta_y = Y_{C/Inst} - Y_{Base} \quad (4.3)$$

$$\Delta_z = Z_{C/Inst} - Z_{Base} \quad (4.4)$$

La antena receptor de información GNSS, para entender la movilidad del posicionamiento con las sentencias NMEA de la Base, estará representado como un Sistema de Coordenadas Local (Ver Figura 38), en donde la información de posición en se almacenará cada segundo.

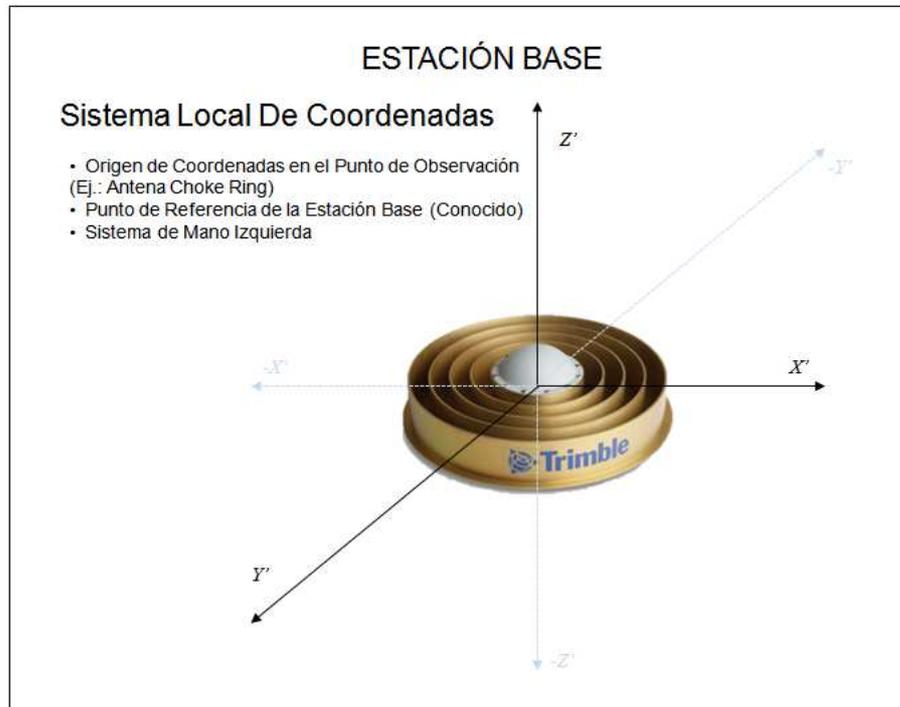


Figura 38. Representación grafica de la Estación GNSS
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Las coordenadas cartesianas de precisión del punto de referencia, son el punto de partida para el cálculo de la corrección, las coordenadas marcadas cada instante, configuración realizada previamente, con las coordenadas reales de equipo, no serán las mismas, permitiendo establecer una diferencia de posición en las tres componentes. (Ver Figura 39)

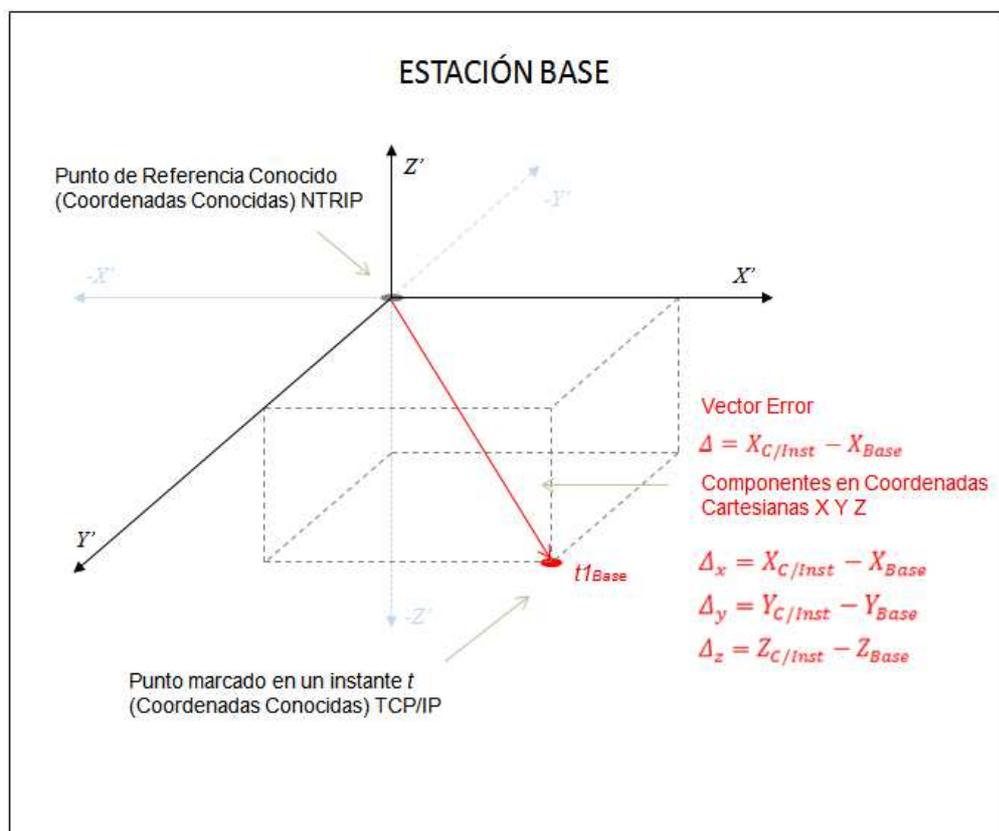


Figura 39. Punto GPS en un instante t en la Estación Base (Dato NMEA)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

4.1.2 Receptor Móvil

El presente proyecto será realizado con una tablet y un Mobile Mapper 10, como dispositivos móviles de navegación, estos equipos cuentan con una serie de hardware y software sofisticados, sin embargo, es importante

tener en cuenta que para realizar los procesos de corrección diferencial, el receptor móvil cuente con un chip GPS de navegación. (Ver Figura 40)

El chip GPS del dispositivo móvil genera información de navegación a partir de sentencias NMEA, que pueden ser descargadas en tiempo real, desde una interfaz de programación para ANDROID, denominada *GpsStatus.NmeaListener*, una vez almacenada esta información se procede a utilizar, del mismo modo que en la base, los comandos GGA en donde se encuentra los datos de Latitud, Longitud y altura elipsoidal. (Ver Tabla 11)

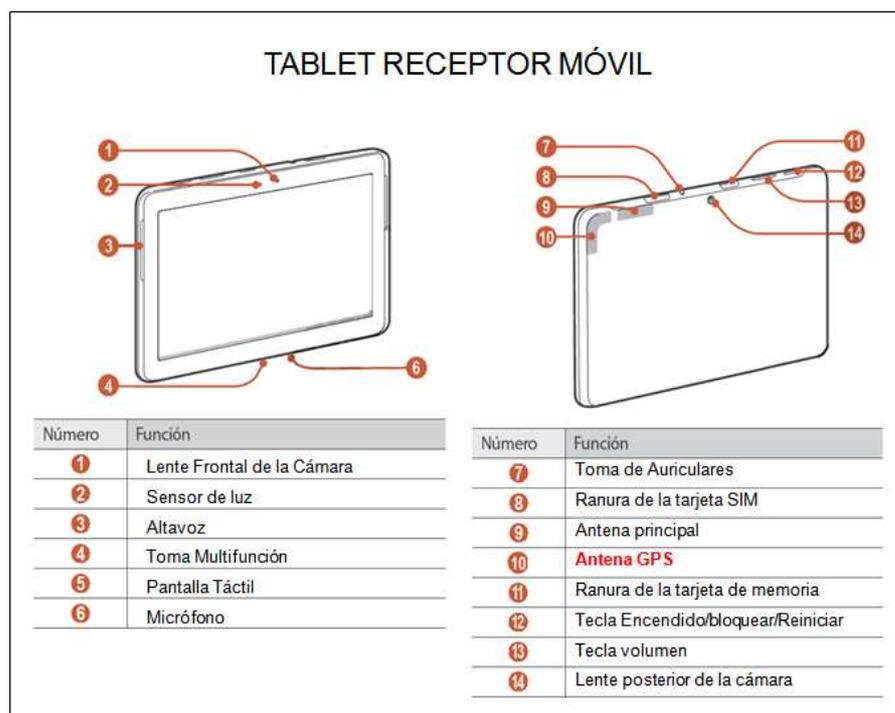


Figura 40. Datos técnicos de Samsung Galaxy Tab 2 (Android 4.0.3)
Fuente: Manual de Usuario GT-P5100 Jellybean

Tabla 11. Datos brutos obtenidos en el Receptor Móvil

MÓVIL	MENSAJES/ SENTENCIAS	TIEMPO UTC	DETALLE	VALORES (m)	SÍMBOLO
Chip GPS Android	NMEA/GGA	2013-07-31 T21:13:56	X	1262005,589	X _{Tablet}
		2013-07-31 T21:13:56	Y	-6254774,707	Y _{Tablet}
		2013-07-31 T21:13:56	Z	-77600,553	Y _{Tablet}

Fuente: GPS Android Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Para acceder a las sentencias, el equipo móvil debe tener la capacidad de navegación por GPS, un chip integrado y una cobertura a campo abierto o ciudad, para que la información de posición pueda ser captada en la pantalla y almacenada en la memoria, la dispersión en horizontal debería mostrar datos disgregados del punto real, (Ver Figura 41), de igual manera, solo debe ser activada la función de posicionamiento por GPS, mas no las funciones de ubicación por redes inalámbricas y búsqueda por Google, pues al unir varios tipos de navegación los resultados se alteran considerablemente y la corrección diferencial por posición no tiene buenos resultados.

Por otro lado el MM10 no presentó la opción de descarga de sentencias NMEA, por lo que se procedió a recolectar datos durante 5 minutos en un archivo DXF (.dxf), archivo vectorial, en donde se encontraban las componentes de latitud, longitud y altura elipsoidal, esto sincronizado con una aplicación de hora UTC, para poder concordar con la hora de la descarga NMEA de la estación base.

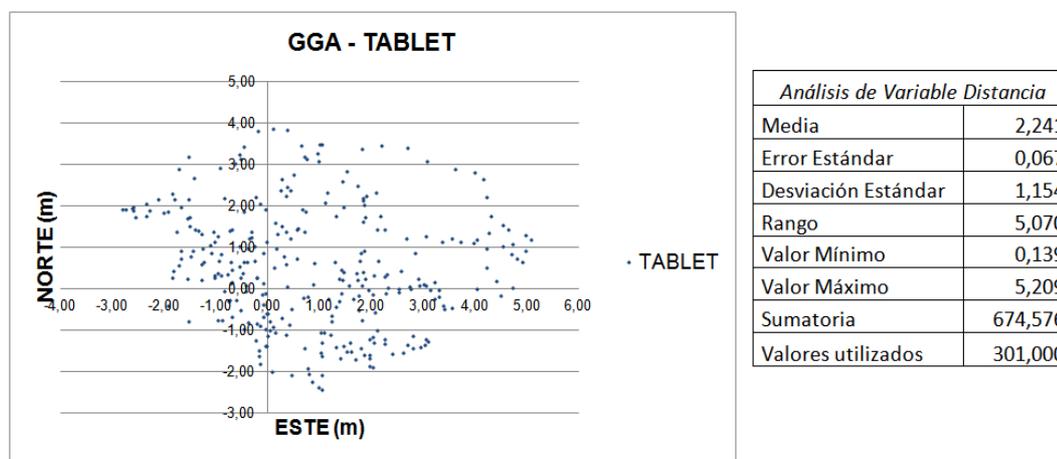


Figura 41. Dispersión en Horizontal con datos GGA de la Tablet/Móvil (Sistema Local de Coordenadas)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Las precisiones que se alcanzan en un receptor móvil navegador, son de metros y en la mayoría de los casos estos dispositivos no se encuentran fijos y más bien se los tiene en constante movimiento haciendo casi imposible que el error disminuya.

4.1.3 Aplicación del Vector Error en un instante t

Los receptores móviles, que funcionan como navegadores, también pueden ser representados en un Sistema Local de Coordenadas, (Ver Figura 42), para poder entender mejor la corrección aplicada al equipo y como se van desarrollando las aplicaciones al punto de posicionamiento que se quiere corregir, las marcaciones en tiempo UTC que se dan cada instante, en el móvil, deben ser las mismas que se dan en la Estación GNSS base.



Figura 42. Representación del receptor móvil en un Sistema Local de Coordenadas
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Los valores calculados de Δ_x , Δ_y y Δ_z , componentes de corrección cartesianas, deben ser aplicados a los resultados obtenidos en el receptor móvil, todo esto realizado en el mismo instante UTC, permitiendo así que el nuevo valor o coordenada calculada se acerque a la posición real, indiscutiblemente la posición se moverá, pero el problema que nace de este procedimiento, es que los satélites rastreados por la base concuerden perfectamente con los que rastrea el móvil, aspecto que solamente dependerá de la distancia o línea base en la que se esté trabajando, pues, mientras más se acerque el móvil a la base mejores resultados se podrán obtener.

Para que la componente obtenida del móvil se acerque a la realidad, el valor obtenido de Δ , necesariamente tienen que cambiar de signo para poder ser aplicado a la posición sin corrección, así se determinan las siguientes expresiones determinadas en componentes cartesianas geocéntricas.

$$X_{Corregida} = X_{Tablet} - \Delta_x \quad (4.5)$$

$$Y_{Corregida} = Y_{Tablet} - \Delta_y \quad (4.6)$$

$$Z_{Corregida} = Z_{Tablet} - \Delta_z \quad (4.7)$$

Las correcciones deben hacerse en un sistema cartesiano, por los problemas que pueden tornarse con los signos si se trabaja en otro tipo de coordenadas, pues en el caso del Distrito Metropolitano de Quito, existen lugares en donde se cambia del hemisferio norte al sur y la mayoría de navegadores de teléfonos inteligentes liberan su información en coordenadas geográficas, es decir, longitud, latitud y altura elipsoidal, con el problema del signo; así para mejorar el funcionamiento del programa se omite esta parte haciendo las operaciones en un sistema cartesiano.

Indiscutiblemente, aunque la posición cambie y se mueva del original (Ver Figura 43), es necesario probar que el método utilizado para corregir la posición afecta de manera positiva o negativa a la ubicación inicial, para ello se deberá aplicar esta corrección a lugares o puntos de control horizontal, ubicados a lo largo del Distrito Metropolitano de Quito.

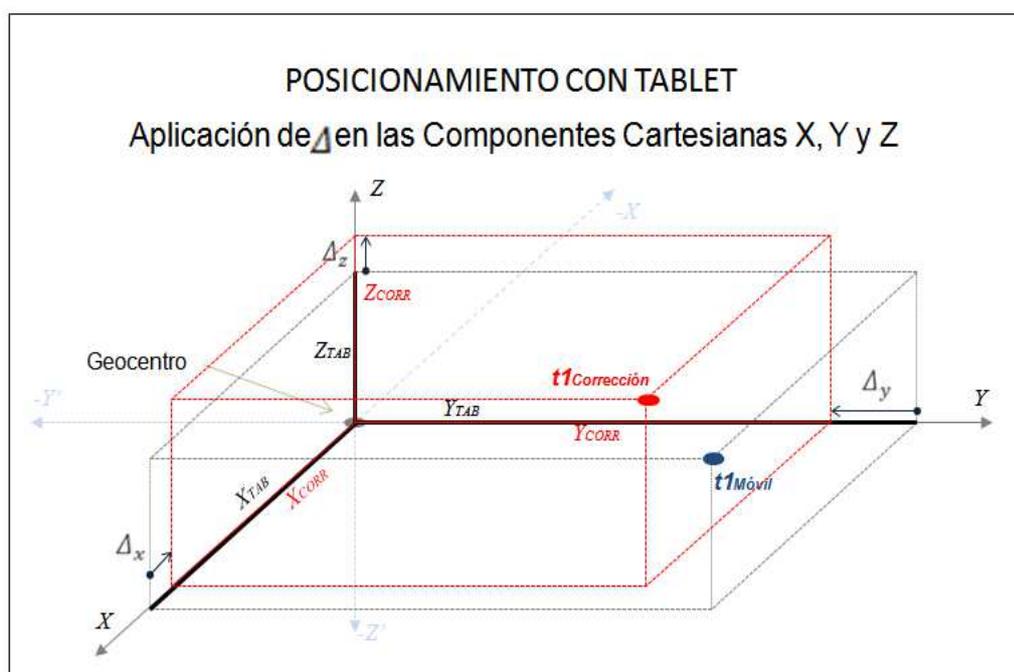


Figura 43. Corrección aplicada al punto original de la Tablet.
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

El error del Receptor Móvil Android depende de varios factores, entre ellos la calidad de señal recibida, el número y la geometría de los satélites disponibles, además de la calidad del receptor GPS, todos estos elementos hacen que la posición marcada en el equipo llegue precisiones de metros y sin opción de mejora posible si trabaja independientemente, así mismo la dispersión que se produce cuando se comparan puntos reales con puntos tomados en un instante t , generan una visión de cómo se encuentra disperso el conjunto de datos de un GPS en un teléfono inteligente Android. (Ver Figura 44)

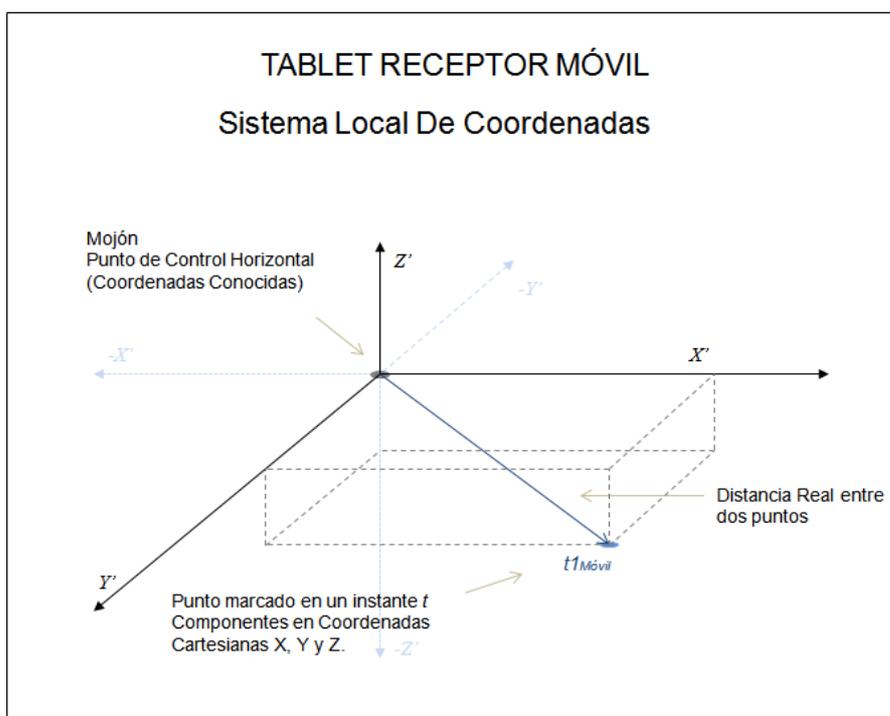


Figura 44. Ubicación de Punto Real con Punto Tablet y Distancia entre ambos

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Los puntos obtenidos mediante sentencias NMEA del GPS interno del móvil, generan una distancia comprendida entre mediciones y punto real, siendo esta distancia la que mejorará después de haber aplicado la corrección a las coordenadas que inicialmente se obtuvieron, corrigiendo el punto medido por el móvil. El punto $t1_{móvil}$ ubicado en la Figura 44, muestra la posición del receptor en una época determinada, determinando así la perspectiva con respecto al punto real y la distancia que se obtiene entre los dos puntos al realizar un análisis de posición, para posteriormente determinar la ubicación del punto corregido en el mismo instante $t1$. (Ver Figura 45)

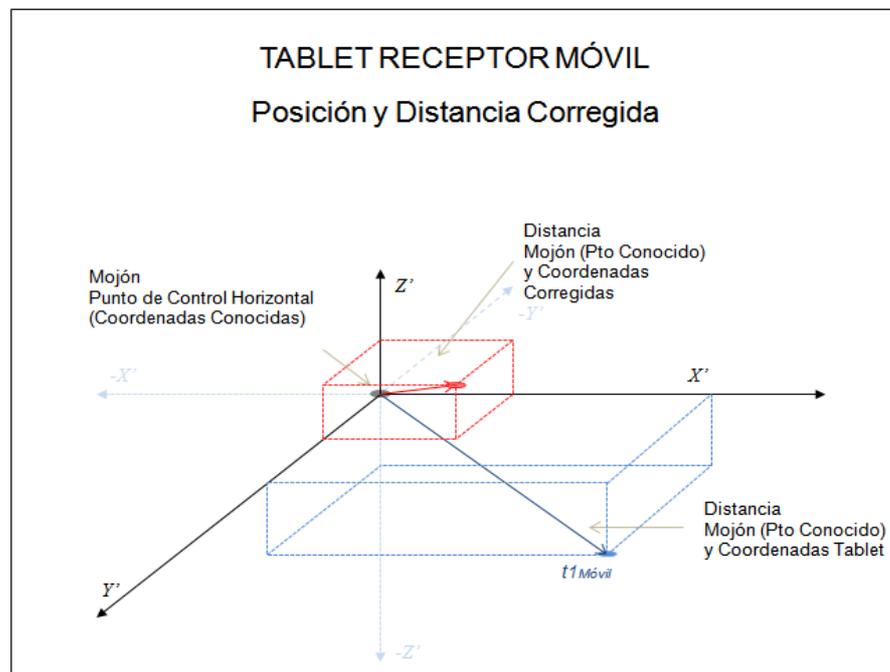


Figura 45. Posición y distancia corregidas
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

La Figura 45 representa la posición de la tablet con respecto a un punto real, determinado en un segundo y cómo su posición va variando con respecto a $t1_{movil}$ hasta acercarse al punto real, esta distancia deberá ser menor respecto a la obtenida con las coordenadas de la tablet, al ser representado por un solo punto, la figura no muestra una realidad de caso, sin embargo, el valor verdadero deberá ser calculado mediante una media de los datos que se vayan almacenando en el sistema, dependiendo del tiempo de posicionamiento que este el móvil, las coordenadas finales tendrán una mejor precisión y el vector error generado mediante el cambio de posición, se determinara mediante el punto $t1_{movil}$ y el punto $t1_{Corrección}$, generando una dirección que se acerca al punto real. (Ver Figura 46)

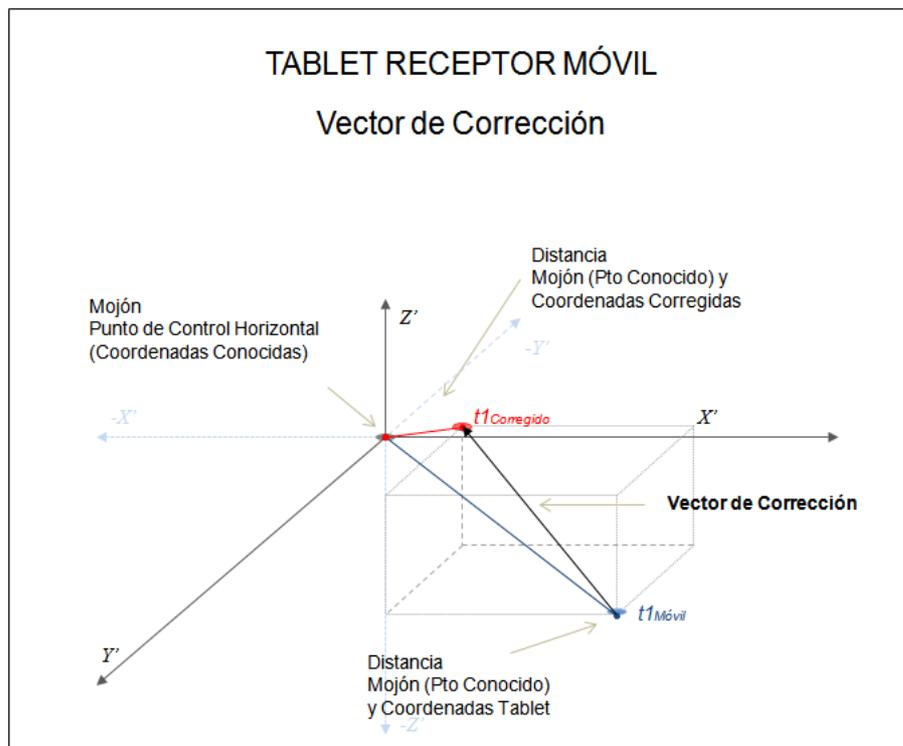


Figura 46. Generación del Vector Corrección
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Este análisis fue realizado en una sola época $t1$, el programa a desarrollar deberá realizar una media de todos los datos obtenidos en las tres componentes cartesianas, las correcciones finales en cada instante en X, Y y Z, se promediarán con el fin de obtener una solución final de coordenadas, es decir un solo valor de posición.

4.2 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

La arquitectura de la aplicación que conjuga la utilidad del GPS de un teléfono inteligente con la descarga de correcciones mediante NTRIP, será desarrollada con la plataforma Eclipse, los detalles y etapas de su construcción serán analizados en los siguientes apartados, además de los requisitos mínimos del sistema y el respectivo estudio de su funcionamiento.

4.2.1 Funcionalidades de la aplicación

El programa a ser desarrollado mediante lenguaje Java, deberá permitir al usuario tener acceso a datos GPS con una corrección diferencial aplicada en tiempo real, datos expresados en coordenadas geodésicas, latitud, longitud y altura elipsoidal.

- **Requisitos Funcionales**

Se van a definir las funciones del sistema en la aplicación, las entradas, operaciones, comportamientos y salidas, en donde intervienen detalles técnicos, manipulación de información, cálculos, codificación y decodificación de datos, entre otros.

- **Cliente**

- RF1. Acceso y utilización de la aplicación en diferentes sistemas operativos, Android, Windows Mobile, entre otros.
- RF2. Ingreso de parámetros utilizados por la estación GNSS.

- RF3. Activar opción de corrección diferencial y mostrar al usuario el resultado.

- **Administrador**

- RF4. Verificación de descarga de información, por internet, tanto de los datos del GPS como de la estación GNSS.
- RF5. La aplicación administrará la información, codificación de coordenadas, decodificación de RTCM y cálculos con los parámetros técnicos establecidos.
- RF6. El dato inicial de la estación GNSS, punto de referencia, será almacenado cada 5 minutos.
- RF7. La distancia máxima, base - móvil, requerida para que las correcciones aplicadas a las coordenadas iniciales tengan mejoría, debe ser de 20km.

- **Requisitos No Funcionales**

Aunque en la aplicación, algunos parámetros, no definen su funcionalidad, se deben tener en cuenta al momento de realizar las operaciones y cálculos, además de las mediciones en tiempo real.

- **Cliente**

- RNF1. El teléfono móvil inteligente o el dispositivo de navegación debe tener un chip GPS, capaz de descargar sentencias NMEA.

- RNF2. Tener un acceso a internet por redes inalámbricas exclusivas de 3G o HSPA.
- RNF3. Servicios de ubicación activada solo por navegación de satélites GPS.

• **Administrador**

- RNF4. Los satélites rastreados en la base para la solución final, deberán ser los mismos rastreados por el móvil, para tener dos coordenadas finales en los dos dispositivos, en las mismas condiciones.
- RNF5. Las coordenadas finales, comparadas con los datos iniciales, tengan estadísticamente una mejora.

Por último, el software debe mostrar al usuario un único resultado de posicionamiento, en las coordenadas previamente explicadas, esta información será el promedio de todos los datos recolectados desde la inicialización hasta el instante t en que se encuentre el GPS del teléfono inteligente, con la descarga de información de la estación GNSS y su aplicación a datos brutos del móvil, cada vez que se calcule una nueva corrección, se promediará con los valores previamente corregidos, con el fin de obtener una única solución final de coordenadas.

4.2.2 Entorno de Trabajo. Informática

- **Requisitos del Sistema**

Las aplicaciones desarrolladas para Android usan herramientas Java para su construcción, una PC debe cumplir con las siguientes características de software para poder desarrollar un programa.

- Sistema Operativo

Windows XP de 32 bit, Vista de 32 o 64 bit, Windows 7 de 32 o 64 bit:
Linux Ubuntu, Lucid Lynx.

- Software de Desarrollo

Eclipse 3.5, Eclipse JDT Plug-in, Android Development Tools Plug-in,
Android SDK.

- **Eclipse Juno 4.2.2**

Eclipse es una plataforma que ha sido diseñada para la construcción de webs integradas y herramientas de desarrollo de aplicaciones, ésta no proporciona una gran cantidad de funcionalidad de usuario final por sí mismo. El valor de la plataforma es lo que anima: el rápido desarrollo de las funciones integradas basadas en un modelo de plug-in.

Eclipse proporciona una interfaz común de usuario, el cual es un modelo para trabajar con, diseñado para ejecutarse en varios sistemas

operativos al tiempo que proporciona una integración robusta con cada sistema operativo subyacente. Plug-ins pueden programar a la API de Eclipse portátil y funcionar sin cambios en cualquiera de los sistemas operativos compatibles.

En el núcleo de Eclipse es una arquitectura para el descubrimiento dinámico, carga y ejecución de plug-ins. La plataforma se encarga de la logística de encontrar y ejecutar el código correcto. La interfaz de usuario de plataforma ofrece un modelo de usuario de navegación estándar. Cada plug-in puede entonces centrarse en hacer un pequeño número de tareas como definir, animar, publicar, compilar y depurar aplicaciones. (Eclipse, 2012)

La plataforma Eclipse en sí está estructurado como subsistemas que son implementadas en uno o más plug-ins. Los subsistemas están contruidos encima de un pequeño motor de ejecución. (Ver Figura 47)

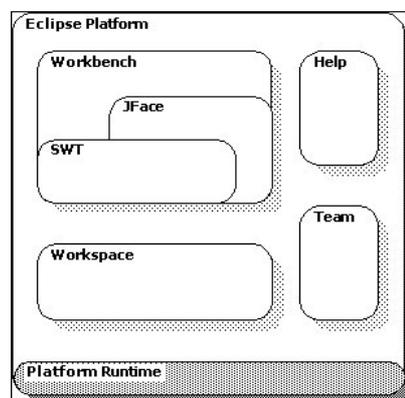


Figura 47. Sistemas y subsistemas de Eclipse
Fuente: (Eclipse, 2012)

- **SDK Android Manager**

Hace posible desarrollar aplicaciones utilizando Java como lenguaje de programación, utiliza un plug-in, el cual es un componente estructurado que se describe en el sistema mediante un manifiesto OSGi³⁶ (MANIFEST.MF) y plugin.xml, la plataforma mantiene un registro de los plug-ins que están instalados y la función que brindan.

El objetivo general de la ejecución es que el usuario final no debe usar una memoria o pérdida de rendimiento para los plug-ins que están instalados, pero que no se utilizan.

El tiempo de ejecución de la plataforma, se realiza utilizando el modelo de servicios OSGi, los detalles de implementación de tiempo de ejecución puede no ser importante para los desarrolladores de aplicaciones numerosas, las que ya están familiarizados con OSGi reconocerá que un Eclipse plug-in es, en efecto, un paquete OSGi. (Eclipse, 2012)

- **Código Fuente Base**

En el mercado actual existen programas que tienen la capacidad de recibir información de un CASTER, mediante los protocolo de envío y recepción de información que se han detallado en anteriores capítulos, la finalidad del proyecto de Tesis ha sido, en todo momento, utilizar software

³⁶ Open Services Gateway Initiative: Es un sistema de módulos y servicios para la plataforma Java.

libre, ya sea por su accesibilidad, un financiamiento nulo y su facilidad de adquisición, por ende se ha seleccionado un programa gratis de Google Play, NTRIPCLIENT Lefebure, el cual también cuenta con un código fuente de programación libre para Android, (Ver Figura 48), siendo esta aplicación la base necesaria para crear una nueva, utilizando las interfaces ya establecidas.

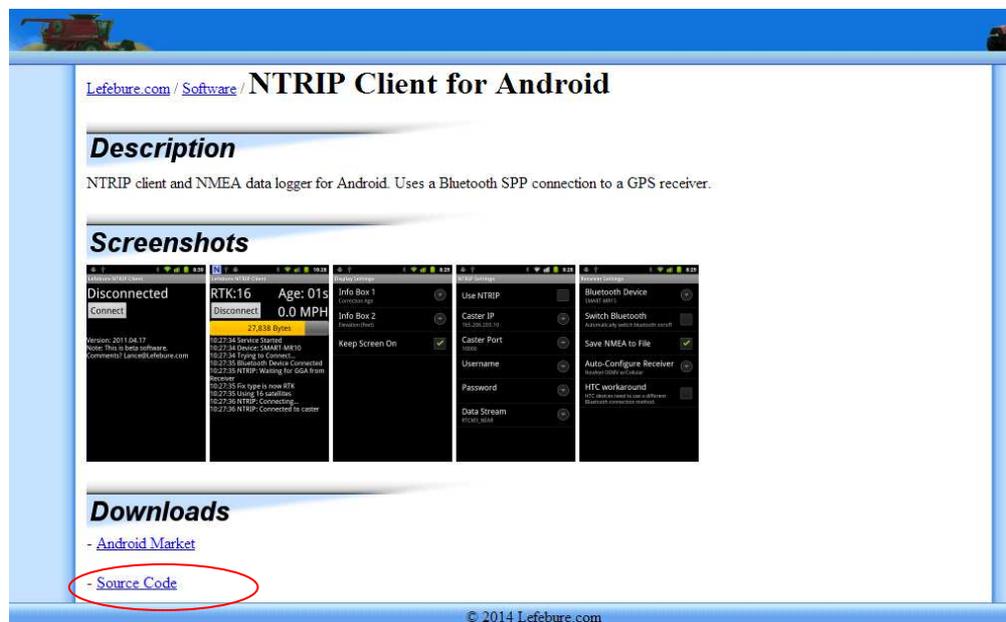


Figura 48. Aplicación NTRIPCLIENT
Fuente: (Lefebure, 2012)

4.2.3 Utilización de las APIs

- **API de ubicación**

Casi en su totalidad los móviles basado en un sistema operativo Android, tienen la opción de geolocalización, en el caso de este proyecto, solo será usado el modulo de navegación por GPS, en donde Android

cuenta con el `Android.Location`, un paquete proporcionado por la API, el cual determina la posición geográfica actual.

Dentro de este paquete se encuentra varias clases, de las cuales, se utilizaran dos específicas, `LocationManager`, la cual proporciona un acceso inmediato al servicio de localización y `LocationProvider`, la cual permite acceder a los diferentes proveedores de localización, que en este caso específico, solo se determinará por satélites GPS añadiendo un objeto llamado `Criteria` y para el mejor entendimiento del usuario, se incluyó además una constante de uso, un string `keyProviderEnabled`, en donde se indica y decide si el GPS está habilitado o no.

```
LocationManager service = (LocationManager) getSystemService(LOCATION_SERVICE);
boolean enabled = service .isProviderEnabled(LocationManager.GPS_PROVIDER);

if (!enabled) {
    Intent intent = new Intent(Settings.ACTION_LOCATION_SOURCE_SETTINGS);
    startActivity(intent);
    ...
}

MainActivity
```

Una vez limitados los medios de posicionamientos, se procede a la descarga de información del GPS por medio del mismo paquete, utilizando la interfaz `GpsStatus.NmeaListener`, el cual se comunica `addNmeaListener`, para recibir datos NMEA desde el chip GPS; con el fin de determinar si la descarga de información es normal y esta activa se añade también un instrumento para presentar al usuario, `onNmeaReceived`.

- **API de Conexiones Inalámbricas**

Para poder descargar información desde la estación GNSS de monitoreo continuo, la aplicación debe tener acceso a internet, en especial el 3G o HSPA, dejando de lado la configuración wi-fi por espacio de uso, para esto se utilizó la clase `Manifest.permission.INTERNET` del paquete proporcionado por el API de nivel 1 android, el cual permite a las aplicaciones abrir paquetes de sockets³⁷ de red; por otra parte, la aplicación necesita acceder a información sobre la red, aquello se usa la clase `Manifest.permission.Access.Network.State`

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    package="com. especdp.ntripclient"
    android:versionCode="20130325"
    android:versionName="2013.03.25"
    android:installLocation="auto">
    <uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />
    <uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_NETWORK" />
    ...
</application>
...
</manifest>
```

Además, se han aplicado algunos strings para el desarrollo óptimo del internet, algunos forman parte de las interrupciones que sufre la señal, información de redes, estado del Host, entre otros.

```
import java.net.DatagramPacket;
import java.net.DatagramSocket;
import java.net.InetAddress;
import java.net.InetSocketAddress;
import java.net.SocketAddress;
import java.net.SocketException;
import java.net.SocketTimeoutException;
import java.net.UnknownHostException;

NTRIPservice.java
```

³⁷ Es una dirección de Internet, combinando una dirección IP y un número de puerto.

- **API de Cálculo**

Una vez descargada toda la información necesaria, tanto del chip GPS como del internet, se necesitan realizar cálculos y operaciones, según el apartado 4.1, para poder obtener los valores de corrección diferencial resultado de la aplicación por el método NTRIP, para lo cual se procedió a utilizaron algunas clases como Math, Float, Integer, Double, Number y otros más, del paquete proporcionado por el API de nivel 1 java.lang, en donde se incluyeron operaciones matemáticas con la información descargada.

- **API de Google Maps (Opcional)**

Para proporcionar a la aplicación una visualización de imágenes reales, se puede incluir en las especificaciones un API, para mapas, en este caso se debe mencionar que estas imágenes son gratuitas y descargables, no se pueden usar como una referencia para precisión, simplemente como navegación.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    package="com.especdp.ntripclient"
    android:versionCode="20130325"
    <uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />
    <uses-library android:name="com.google.android.maps" />
    ...
</application>
...
</manifest>
```

4.2.4 Diagramas de Caso de Uso

El administrador y usuario deben seguir una serie de pasos para acceder a la información tanto en datos brutos, como en correcciones, para lo cual se debe representar la funcionalidad que cada uno de los actores tiene con respecto a la aplicación y a su programación. (Ver Figura 49)

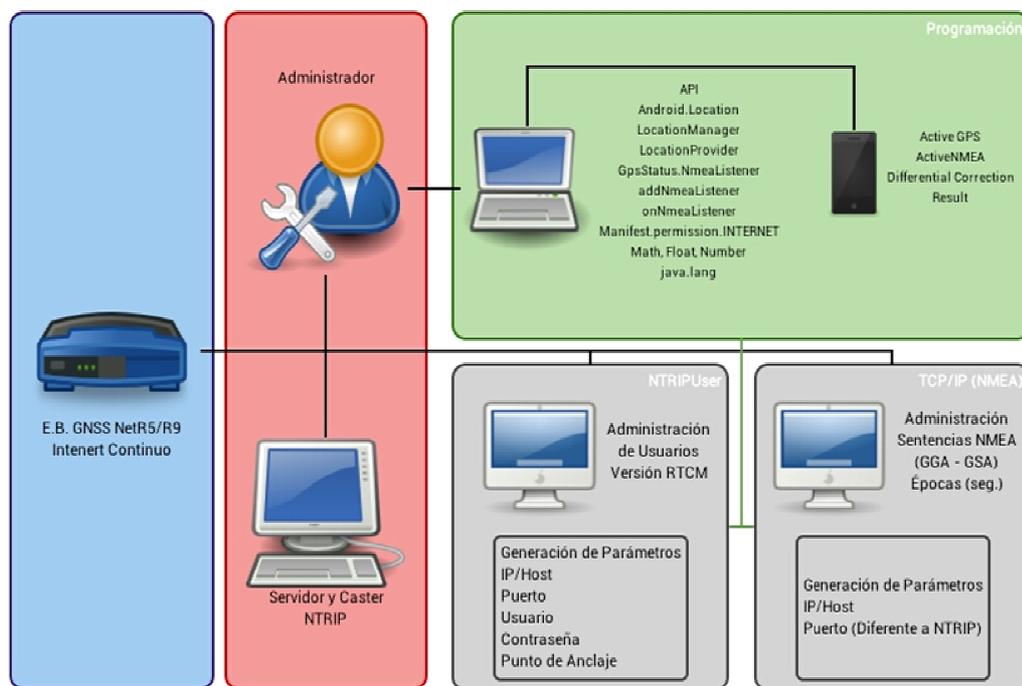


Figura 49. Diagrama general del uso de NTRIP y Corrección Diferencial en móviles

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

El caso de uso muestra una descripción de la secuencia de interacciones que se producen entre un actor y la programación del sistema, el administrador tiene como competencias, el desarrollo de la operatividad de la aplicación, con ello la capacidad del programa de poder ser instalado en más de un usuario, que en el caso de Android, por medio de Google Play,

esta administración se basará en las instancias básicas que debe cumplir el programa y sus conflictos más importantes. (Ver Figura 50)

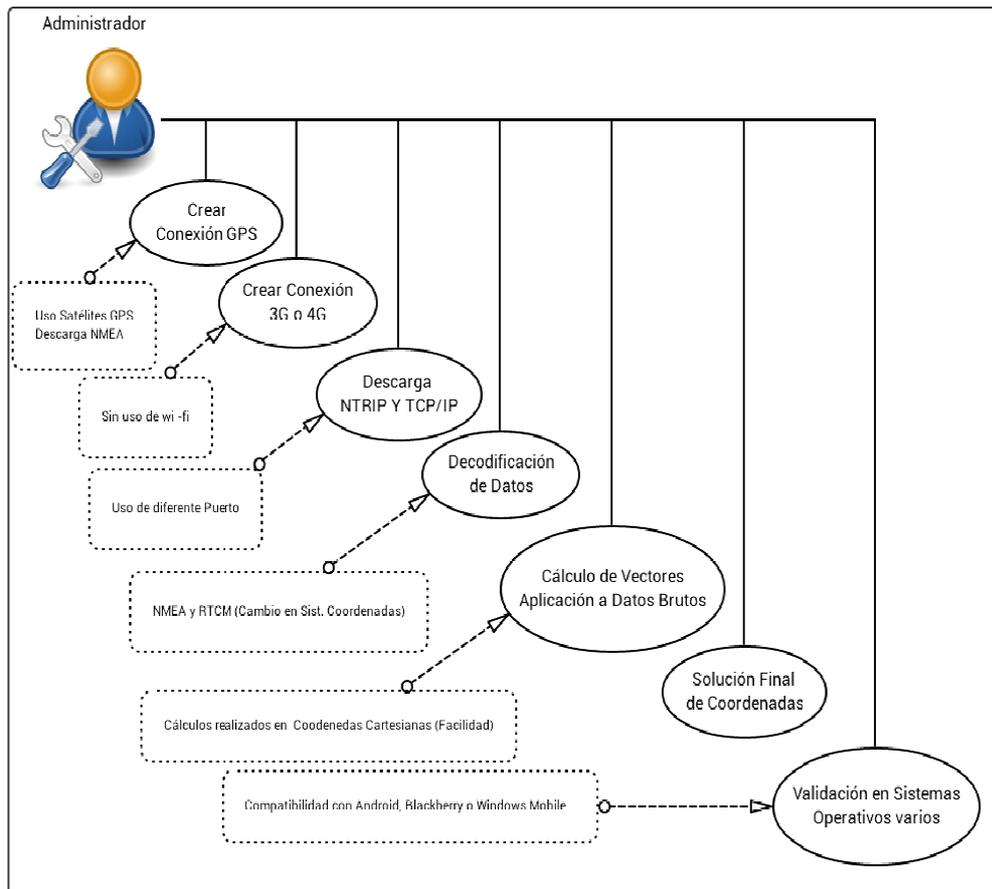


Figura 50. Diagrama de Caso de Uso de la aplicación Android para el Administrador

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

La instalación de la aplicación dependerá del sistema operativo del equipo, aunque lo que se desea es que el software pueda instalarse en cualquier tipo de equipo, por otro lado los usuarios necesitan tener acceso a internet y al Chip del GPS, para descargar en tiempo real la información,

misma que servirá para generar el vector de corrección, el cliente NTRIP y su solución final tiene que desplegarse en un interfaz de visualización final. (Ver Figura 51)

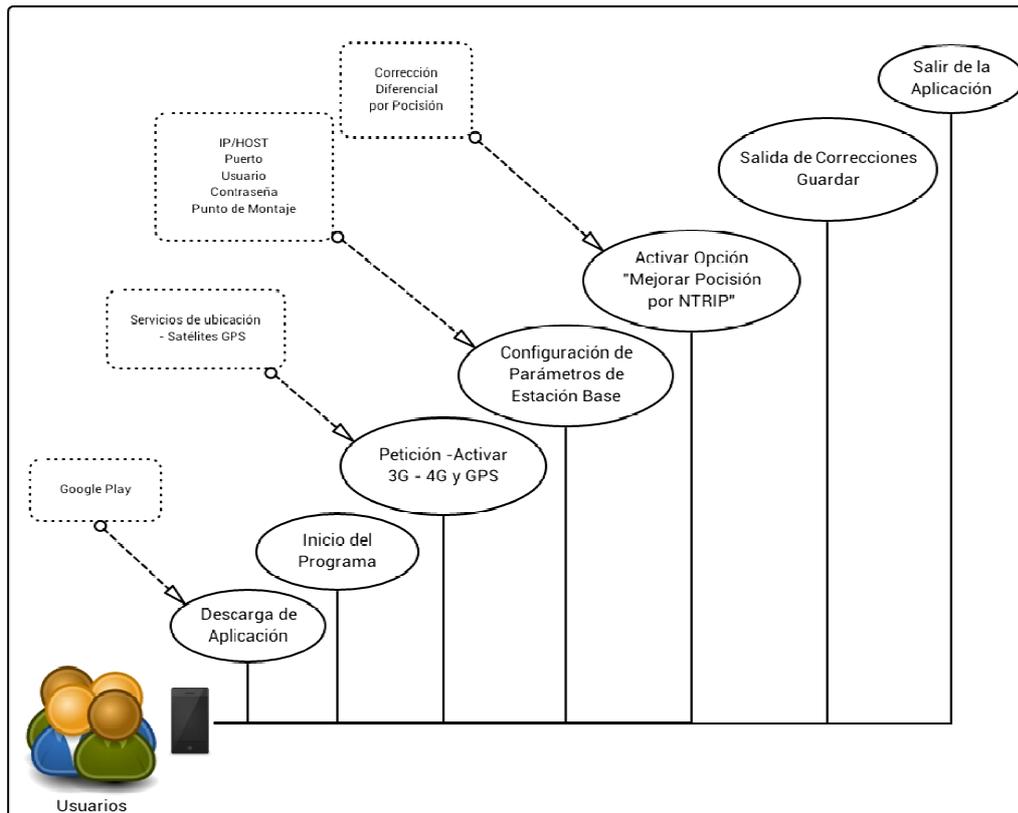


Figura 51. Diagrama de Caso de Uso de la aplicación Android para el Usuario

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

4.2.5 Diagramas de Estado

- **Actividad del chip GPS**

Previo al inicio de la aplicación, la casilla de verificación de GPS, debe estar activa, en el caso de que el móvil no cuente con un sistema de navegación, la aplicación llega a su fin. (Ver Figura 52)

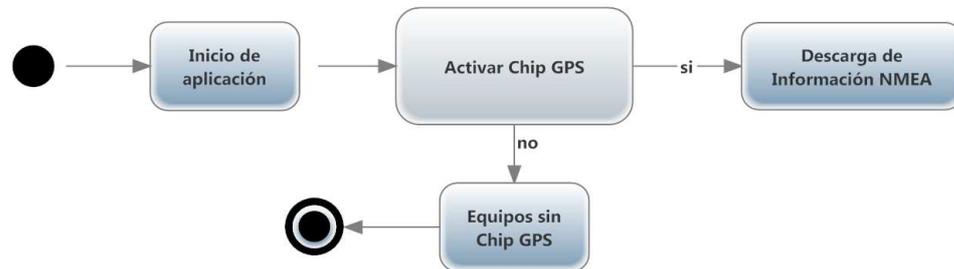


Figura 52. Diagrama de Estado – Sistema GPS en móvil
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

- **Conexiones Inalámbricas**

El acceso a redes inalámbricas, debe hacerse solo por 3G o HSPA, ya que la conectividad wi – fi, tiene el inconveniente de de la zona de uso, es decir su cobertura se limita a la capacidad del modem. (Ver Figura 53)

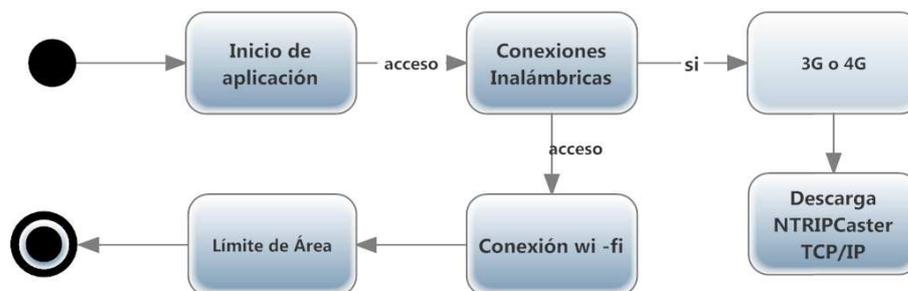


Figura 53. Diagrama de Estado – Conexiones
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

- **Información Codificada**

La información descargada después de habilitar los dos puertos, debe ser decodificada para poder entender su lenguaje y seleccionar la información necesaria. (Ver Figura 54)

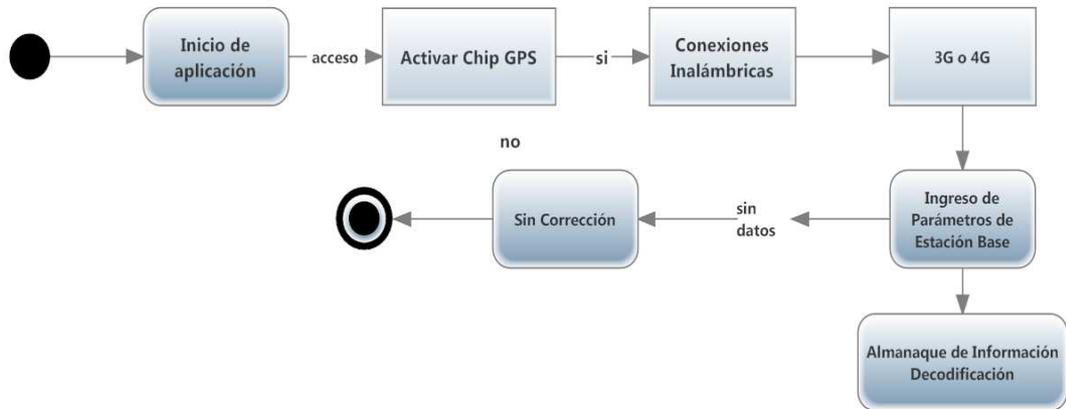


Figura 54. Diagrama de Estado – Decodificación de Datos
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

- **Generación y Aplicación del Vector**

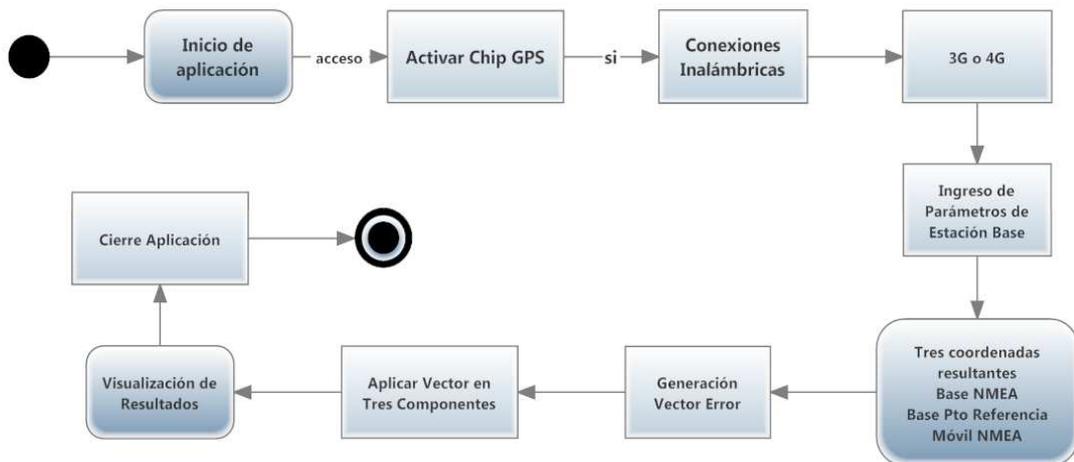


Figura 55. Diagrama de Estado – Vector Error y Cierre de Sistema
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

• Diagrama General del Sistema

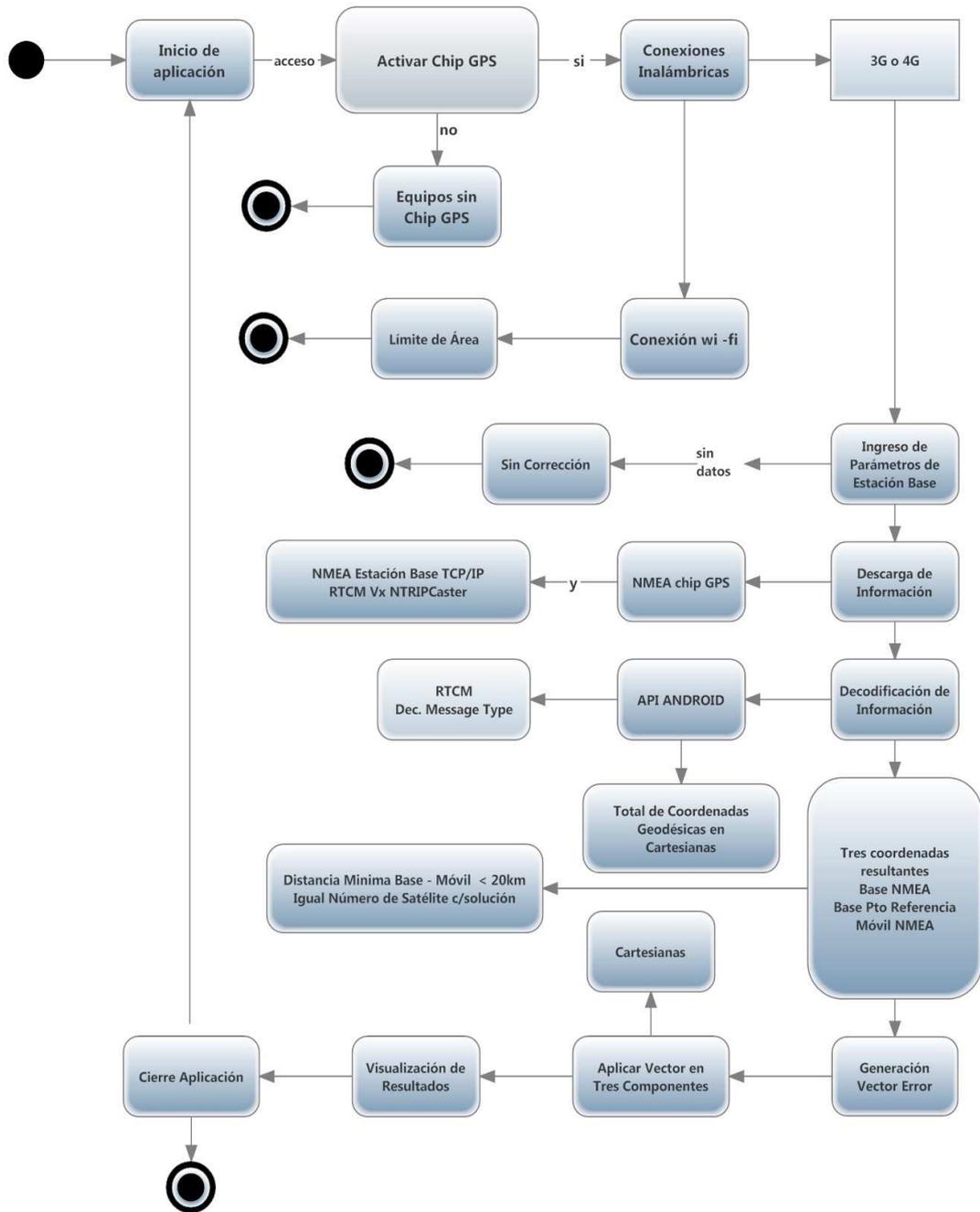


Figura 56. Diagrama de Estado Sistema General de la Aplicación
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

4.2.6 Arquitectura del Sistema

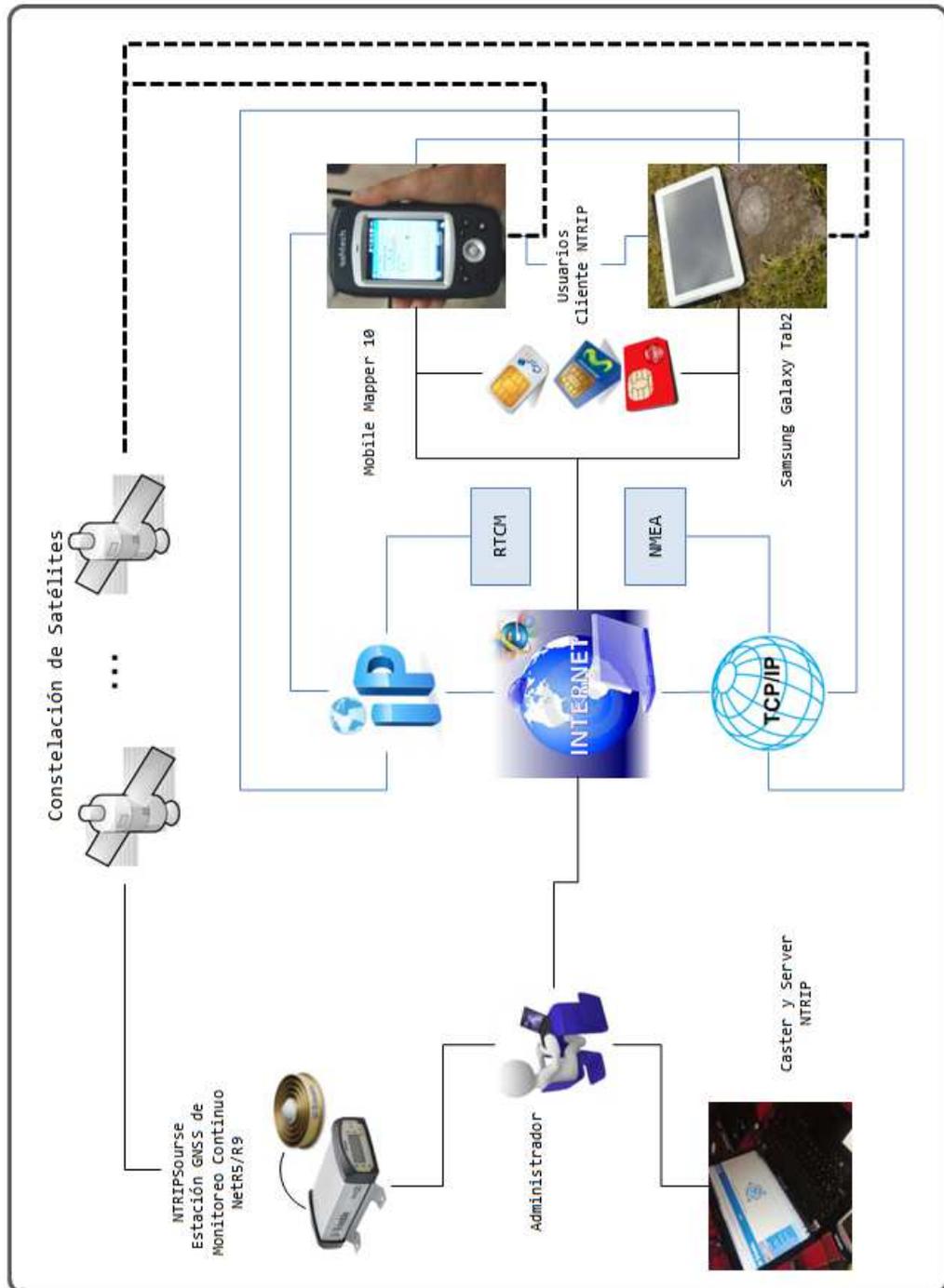


Figura 57. Arquitectura General de la aplicación
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

PUNTOS DE OBSERVACIÓN

Los puntos de control Horizontal, determinados en el presente estudio para el análisis de los resultados obtenidos con el dispositivo móvil, fueron previamente escogidos para entrar en el rango mínimo de aplicación de una corrección diferencial por posición, estas limitantes pueden referirse a la distancia que existe entre la base y el móvil, la cobertura de telefonía celular y la utilización de los mismos satélites para una solución GPS correcta. (Ver Tabla 12)

Tabla 12. Puntos de Control Horizontal determinados para el análisis de NTRIP

Punto	Coordenadas						Altura Elip.	Dist (km) Base-Móvil	3G
	Latitud			Longitud					
	G	M	S	G	M	S			
BASE	0	18	53.6054	78	26	46.76076	2522.98	0	Si
CANCHA ESPE	0	18	59.94223	78	26	43.55252	2516.90	0.28	Si
CIE04	0	18	59.6753	78	26	32.88073	2533.84	0.47	Si
SANTA ROSA	0	20	6.7912	78	27	9.72308	2537.61	2.40	Si
MIRAVALLE	0	16	13.4565	78	30	31.95456	3211.86	8.50	Si
VICENTINA	0	12	55.81540	78	29	11.02165	2828.36	11.86	Si
IGM VIGA	0	12	54.5226	78	29	36.94257	2920.31	12.20	Si
PANECILLO	0	13	44.7017	78	31	5.924798	3043.18	12.40	Si
H. DEL SUR	0	14	40.079	78	32	27.52756	2951.84	13.10	Si
PE 18483 - Y	0	14	14.6986	78	19	30.552	2741.78	16.00	Si
LLOA	0	15	0.36223	78	35	13.83422	3088.48	17.20	No
PE 16943 - Y	0	2	2.1198	78	27	4.5689	2435.52	31.10	Si

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

5.1 METODOLOGÍA

La aplicación desarrollada e instalada en Android, contribuye con la recolección de datos brutos reales y corregidos en tiempo real, en los equipos móviles inteligentes se activaron las casillas de GPS y redes móviles 3G o HSPA, una vez ubicados los puntos de Control, el receptor se situó sobre cada placa y se procedió a recolectar datos en tiempo real. (Ver Figura 5.1)



Figura 58 Ubicación de la Tablet con el Punto de Control (H. Sur)

Con el fin de tener una buena cantidad de datos para que se pueda analizar la corrección que se realiza en tiempo real, el equipo móvil se posicionó por el lapso de 5 minutos en cada uno de los puntos ya determinados, además, para realizar una comparación de resultados con otro tipo de equipo, se utilizó también un navegador Ashtech Mobile Mapper 10. Para un mejor manejo de información el análisis de resultados, gráficas y distancias, fueron realizadas en un Sistema Local de Coordenadas.

5.2 OBSERVACIONES

5.2.1 Estación Base

Antes de la generación y envío de Correcciones por medio del internet, es necesario determinar el comportamiento de la estación de monitoreo continuo, para aquello, previamente se han descargado ficheros de formato NMEA desde la estación, con los cuales se ha logrado determinar la movilidad y dispersión en horizontal de los puntos GPS, (Ver Figura 59 y 60), el receptor base fue configurado para que grabe información cada segundo, además de guardar los datos de los satélites usados en la solución final de coordenadas.

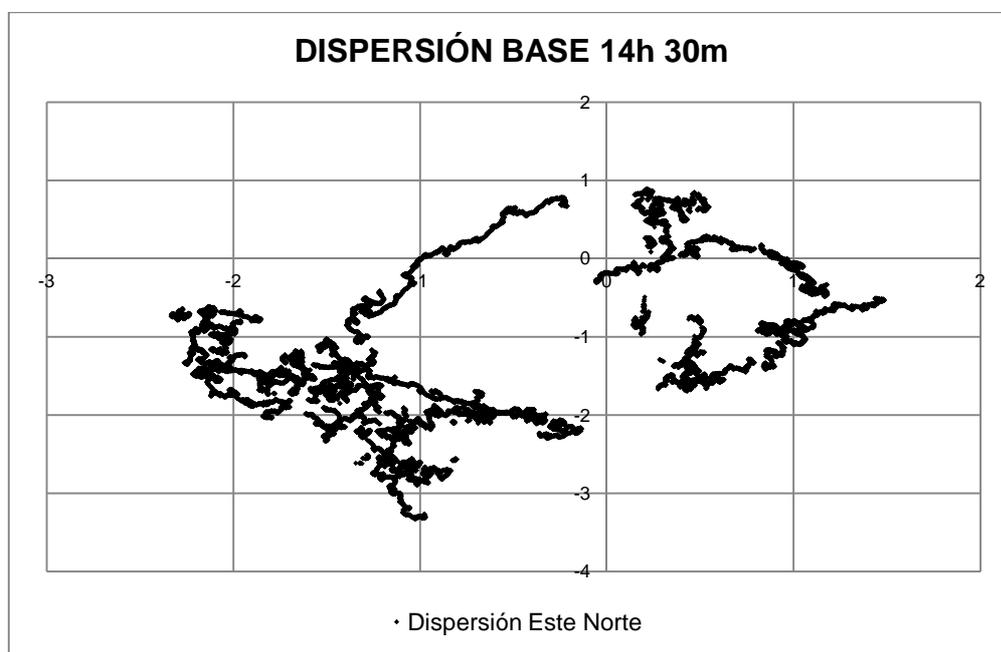


Figura 59. Dispersión Estación Base – NMEA – Día GPS 190
Fuente: (NetR5/9, 2012)

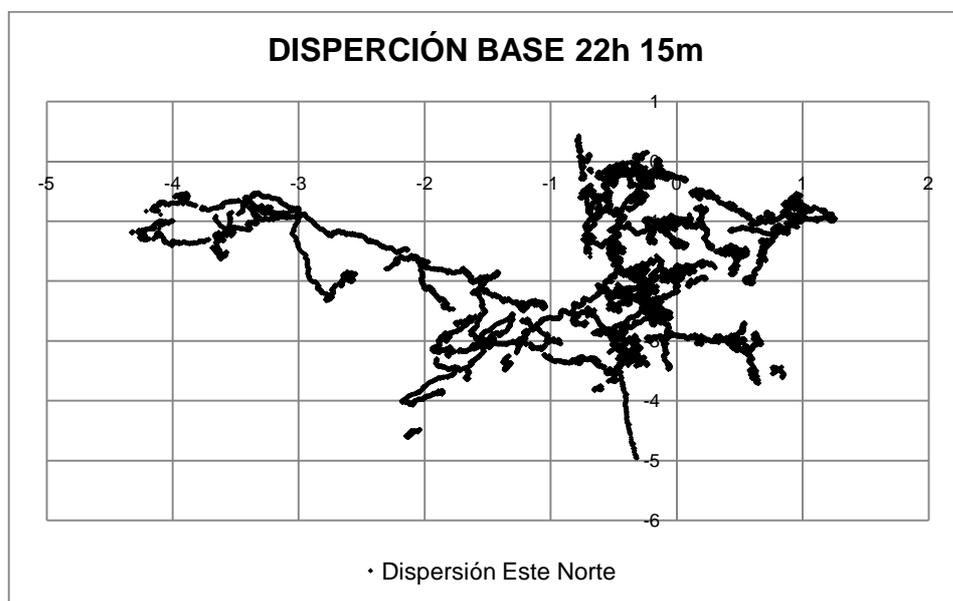


Figura 60. Dispersión Estación Base – NMEA – Día GPS 216
Fuente: (NetR5/9, 2012)

Con los datos obtenidos de la estación base, se calculó la distancia comprendida entre punto de referencia y la medición, marcada en un intervalo de 1s, analizando el estado del receptor base. (Ver Tabla 13)

Tabla 13 Variable Distancia comprendida entre Pto Real y Mediciones

ESTADÍSTICO	VALORES	
	Día GPS 190 / 14h 30min	Día GPS 216 / 22h 15min
Promedio	1.842 m	2.767 m
Desviación estándar	0.720	1.070
Varianza	0.5187	1.1446
Mediana	2.060	2.191
Rango	3.342 m	4.945 m
Mínimo	0.139 m	0.132 m
Máximo	3.481 m	5.077 m
Suma	96998.911 m	175919.772 m
Conteo	52200 s	80100 s

Fuente: Trimble NetR5
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Con los valores obtenidos de la relación que existe entre el punto de referencia y las mediciones realizadas en la estación base, se realiza una curva de distribución normal para analizar el grado de separación de los valores de esta serie de datos. (Ver Figura 61)

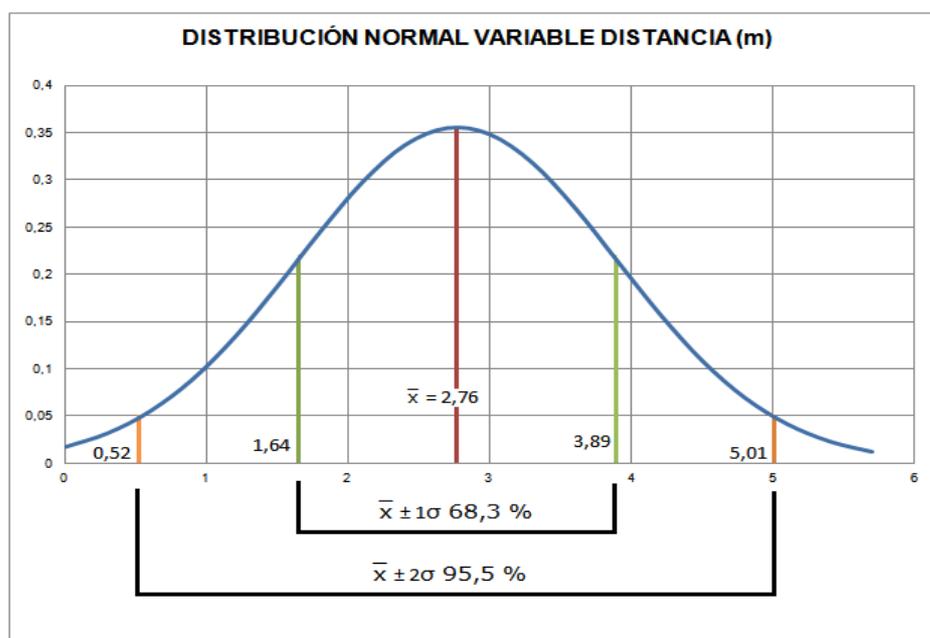


Figura 61. Curva de Distribución Normal Distancia Pto. Real – Medición (BASE)

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

En conclusión, los resultados obtenidos de los dos días de medición en la estación base, dejaron valores de media de 2,767 metros en las 22 horas de rastreo, mostrando valores máximos y mínimos de 0,13 y 5,07 metros respectivamente, con un rango resultante de 4,95 metros.

Con el objetivo de determinar el comportamiento de los valores de las corrección que serán enviadas a los receptores móviles, se procedió a

analizar las distancias obtenidas en la base con las coordenadas del punto de referencia y sus respectivas mediciones, con ello se obtuvieron valores de distribución normal describiendo que la probabilidad de que los valores resultantes de distancia en el 95,5 % de los casos es de $2,76 \pm 2,24$ metros. (Ver Figura 61)

Para tener una mejor representación del comportamiento de las componentes cartesianas X, Y y Z, se procedió a transformarlas a un sistema de coordenadas local (ENU³⁸). Además, se sabe que en los resultados de control vertical la altura de los receptores móviles tiene más margen de error que la posición 2D, pues la altura estará variando constantemente aunque el móvil se encuentre estático, en los resultados expuestos en las siguientes paginas, solo se tomará en cuenta el control horizontal, expresado gráficamente en componentes de Este, Norte y analizado en términos de distancia.

En el análisis de resultados se observarán medidas de dispersión, evaluando el grado de separación de los valores de una serie estadística con respecto a las medidas de tendencia central y al punto de referencia de la base, además de un análisis de normalidad mediante la prueba no paramétrica Kolmogorov-Smirnov, previo a la utilización de la prueba Z.

³⁸ ESTE, NORTE Y ALTURA

5.3 PRUEBAS ESTADISTICAS

5.3.1 Test Kolmogorov – Smirnov (TABLET)

Con esta prueba no paramétrica se busca determinar si la muestra se distribuye en forma normal, midiendo el grado de concordancia de un conjunto de datos, el objetivo es marcar si los datos recolectados de cada punto de control, provienen de una distribución teórica especificada. (Ver Tabla 14)

Hipótesis nula H_0 : Es conjunto de datos sigue una distribución normal

Hipótesis alternativa H_1 : No sigue una distribución normal

Tabla 14. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra (TABLET DATOS BRUTOS)

	D_BRUTOS (CANCHA)	D_BRUTOS (CIE04)	D_BRUTOS (SANTA ROSA)	D_BRUTOS (MIRAVALLE)	D_BRUTOS (VICENTINA)	D_BRUTOS (HSUR)	D_BRUTOS (PE 18483-Y)	D_BRUTOS (PE 16943-Y)
N	301	301	301	301	301	301	301	301
Media	5,152	5,187	6,983	4,531	4,464	14,124	4,639	2,241
Desviación típica	2,484	3,292	1,417	3,458	1,099	2,095	2,672	1,153
Dif. Absoluta	0,085	0,110	0,082	0,153	0,153	0,514	0,108	0,061
Dif. Positiva	0,085	0,110	0,065	0,153	0,076	0,363	0,108	0,061
Dif. Negativa	-0,057	-0,075	-0,082	-0,106	-0,153	-0,514	-0,059	-0,042
Z de Kolmogorov	1,470	1,902	1,428	2,650	2,650	8,923	1,869	1,064
Sig. asintót. (bilateral)	0,027	0,001	0,034	0,000	0,000	0,000	0,002	0,208

Fuente: IBM SPSS Statistics 19

El nivel de significación obtenido de los datos de los puntos de control, dejó valores menores a 0.05 al 95% de confianza, lo que significa que la distribución no es normal, sin embargo se realizara una prueba Z para cada punto y una análisis de probabilidades para que los valores se encuentren dentro de un rango con in intervalo de confianza del 95%.

Con la misma hipótesis nula y alternativa utilizada en el caso anterior, se estructuró un análisis de normalidad para los datos de corrección diferencial generados por la Tablet. (Ver Figura 15.)

Tabla 15. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra (TABLET DATOS CORREGIDOS)

	CORREC. (CANCHA)	CORREC. (CIE04)	CORREC. (SANTA ROSA)	CORREC. (MIRAVALLE)	CORREC. (VICENTINA)	CORREC. (HSUR)	CORREC. (PE 18483- Y)	CORREC. (PE 16943- Y)
N	301	301	301	301	301	301	301	301
Media	4,993	5,387	7,838	5,015	1,585	17,330	5,041	2,741
Desviación típica	2,443	3,626	1,462	3,520	0,694	2,091	2,724	1,521
Dif. Absoluta	0,087	0,160	0,104	0,165	0,133	0,504	0,089	0,060
Dif. Positiva	0,087	0,160	0,050	0,165	0,066	0,355	0,089	0,060
Dif. Negativa	-0,060	-0,079	-0,104	-0,112	-0,133	-0,504	-0,054	-0,043
Z de Kolmogorov	1,509	2,779	1,798	2,871	2,304	8,751	1,536	1,044
Sig. asintót. (bilateral)	0,021	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,018	0,226

Fuente: IBM SPSS Statistics 19

Según la Tabla 15, los valores del nivel de significancia se encuentran por debajo de 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se refiere a la alternativa, por lo que se puede deducir que los resultados del posicionamiento en la variable distancia, no siguen una distribución normal.

5.3.2 Test Kolmogorov – Smirnov (MMAPPER10)

Hipótesis nula H_0 : Es conjunto de datos sigue una distribución normal

Hipótesis alternativa H_1 : No sigue una distribución normal

Tabla 16. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra (MM10 DATOS BRUTOS)

	D_BRUTOS (CANCHA)	D_BRUTOS (CIE04)	D_BRUTOS (SANTA ROSA)	D_BRUTOS (MIRAV.)	D_BRUTOS (VICENT.)	D_BRUTOS (HSUR)	D_BRUTOS (PE 18483 - Y)	D_BRUTOS (PE 16943 - Y)
N	249	301	301	301	301	301	301	301
Media	,796	1,595	1,997	2,242	4,378	2,283	3,101	1,096
Desviación típica	,290	,439	,189	,329	,647	,145	,617	,151
Dif. Absoluta	,165	,130	,218	,144	,227	,149	,100	,140
Dif. Positiva	,165	,130	,218	,110	,110	,149	,100	,085
Dif. Negativa	-,120	-,110	-,120	-,144	-,227	-,118	-,100	-,140
Z de Kolmog.	2,611	2,252	3,779	2,497	3,931	2,586	1,743	2,425
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,005	,000

Fuente: IBM SPSS Statistics 19

Tabla 17. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra (MM10 DATOS CORRECCIÓN)

	CORREC. (CANCHA)	CORREC. (CIE04)	CORREC. (SANTA ROSA)	CORREC. (MIRAVALLE)	CORREC. (VICENTINA)	CORREC. (HSUR)	CORREC. (PE 18483 - Y)	CORREC. (PE 16943 - Y)
N	249	301	301	301	301	301	301	301
Media	,559	,951	1,679	3,180	1,590	1,307	2,215	1,723
Desviación típica	,345	,253	,301	,271	,605	,180	,651	,279
Dif. Absoluta	,165	,103	,279	,121	,225	,243	,119	,236
Dif. Positiva	,165	,078	,218	,110	,098	,243	,119	,236
Dif. Negativa	-,149	-,103	-,279	-,121	-,225	-,120	-,084	-,106
Z de Kolmogorov	2,606	1,793	4,844	2,094	3,906	4,215	2,063	4,103
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,003	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Fuente: IBM SPSS Statistics 19

Con los datos de las tablas 16 y 17, del nivel de significación menor a 0.05 la distribución no es normal, pese a esto se realizará una prueba de hipótesis Z, además de establecer intervalos al 95% de confianza.

5.4 PUNTOS ANALIZADOS

A continuación se analizará la distancia comprendida entre el o mojón con mediciones y correcciones del GPS, variable denominada *Distancia*.

5.4.1 CANCHA ESPE (0.28km)

- Tablet

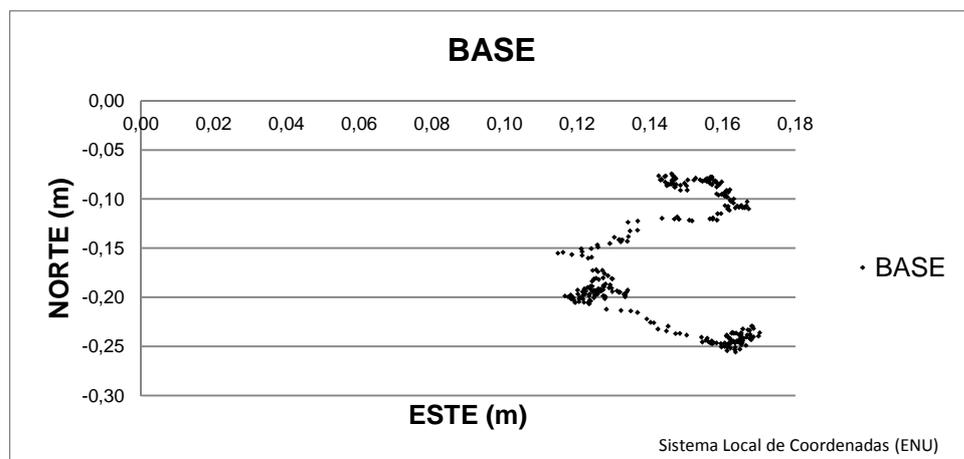


Figura 62. Dispersión horizontal Base – Instante t_1 CANCHA ESPE
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

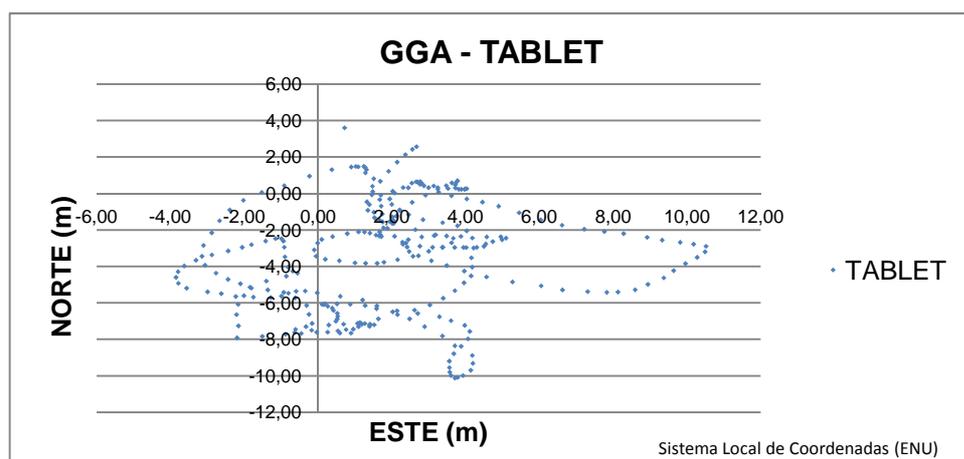


Figura 63. Dispersión horizontal Móvil – Instante t_1 CANCHA ESPE
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Esta medición fue realizada durante cinco minutos, hora UTC 20:07:10 – 20:12:32, la pérdida de señal por internet no permitió que los datos generados en la base fueran enviados al móvil, por un lapso de 22 segundos continuos.

La Figura 62 de la estación Base, muestra una dispersión en horizontal ubicada en el cuarto cuadrante del plano, el vector resultante comparando las mediciones con el punto real, tendrá una dirección SE, aplicando esta resultante al receptor móvil se obtuvo su respectiva corrección, (Ver Figura 64), los puntos rastreados por el móvil se desplazaron en sentido NO, contrario a lo que se marco en la base, proporcionando así una perspectiva real de cómo se comportó la medición de la estación base y el móvil para realizar una mejora de resultados.

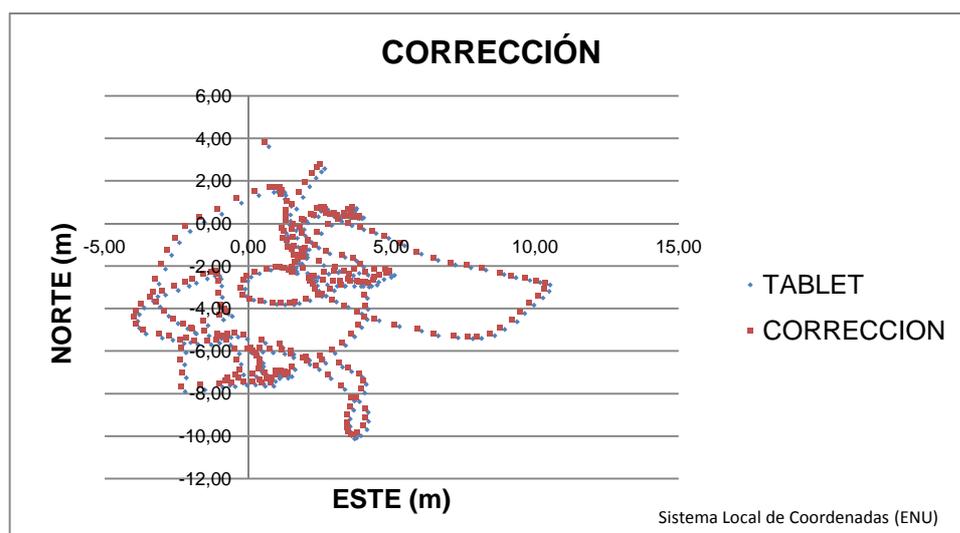


Figura 64 Corrección en horizontal – Instante t_1 CANCHA ESPE
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Los datos generados en la tablet, denotan la posición en la que se encuentra instante a instante con respecto al punto conocido, para determinar si existe mejoría o no con la aplicación de la corrección diferencial, se analizó las dos muestras de datos, los brutos y los corregidos, de la distancia alcanzada entre el punto y el móvil. (Ver Tabla 18)

Tabla 18. Variable Distancia Punto - Medición (CANCHA ESPE)
SamsungGalaxyTab2

Pto Conocido – TABLET (m)		Pto Conocido – Corrección (m)	
Media	5.152	Media	4.993
Desviación estándar	2.484	Desviación estándar	2.443
Varianza	6.173	Varianza	5.970
Rango	9.973	Rango	9.609
V. Mínimo	0.988	V. Mínimo	1.168
V. Máximo	10.962	V. Máximo	10.778
Suma	1551.024	Suma	1503.101
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Los resultados parciales demuestran que al promediar los puntos registrados durante 5 minutos, las coordenadas resultantes se encontraban a 5 metros, aproximadamente, del punto conocido y una desviación estándar de 2.48; al realizar la corrección diferencial en tiempo real, tanto el promedio de la distancia alcanzada entre el punto y la mediciones, como los valores estadísticos, disminuyen, obteniendo una mejoría de 16 centímetros con relación a los datos de la Tablet.

• **Prueba Estadística Tablet**

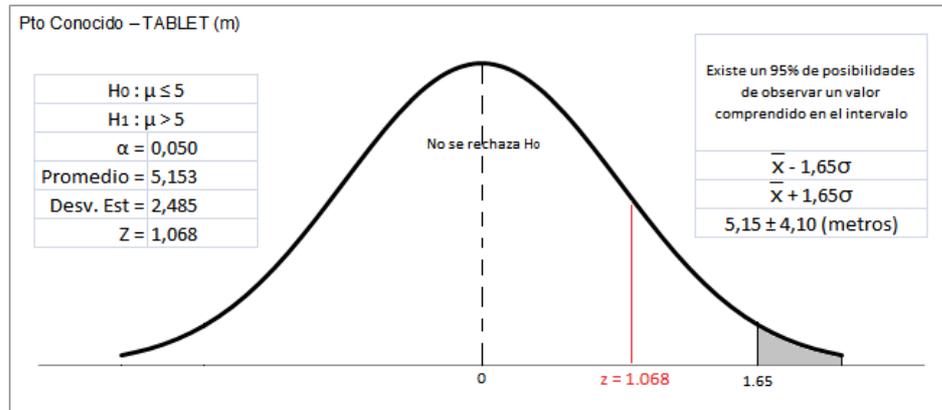


Figura 65. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CANCHA TAB)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

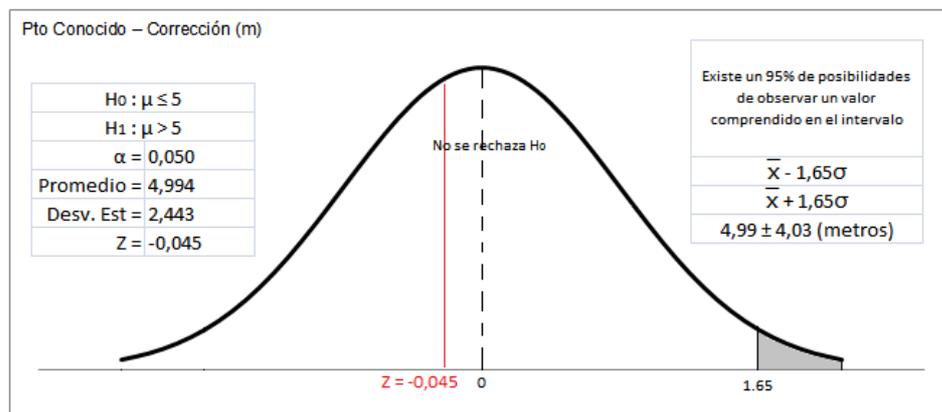


Figura 66 Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CANCHA TAB CORREC.)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

El valor de Z expuesto en los dos casos (Figura 65 y 66), muestra que hubo una mejoría en la corrección, evaluado con una media poblacional de 5 metros, se demostró que los valores de distancia entre punto real y mediciones estuvieron por debajo del error establecido, mientras el valor de Z sea menor que el valor crítico 1.65, se demostrará que hubo mejoría con la corrección.

- **MobileMapper 10**

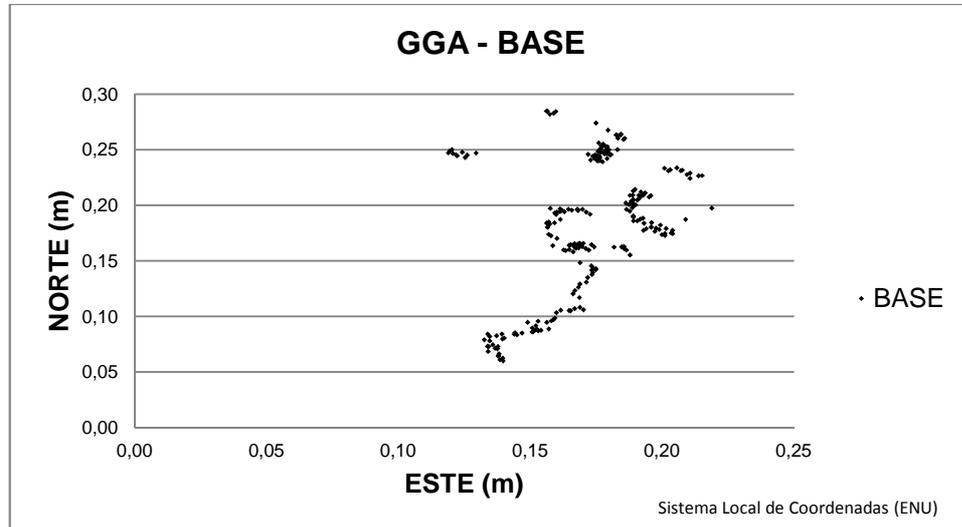


Figura 67. Dispersión horizontal Base – Instante t_2 CANCHA ESPE
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

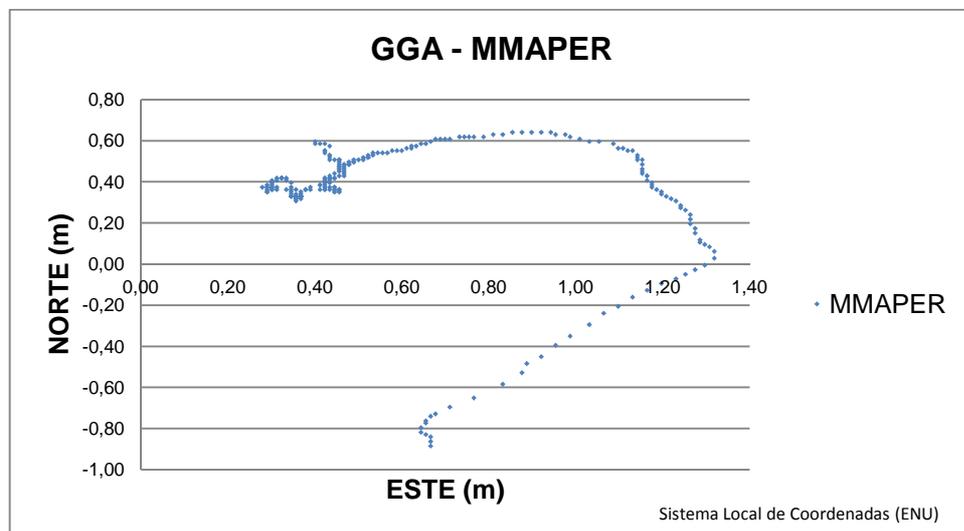


Figura 68. Dispersión horizontal Móvil – Instante t_2 CANCHA ESPE
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Al igual que en la Tablet, en el MobileMapper 10 hubo pérdida de señal del internet y por ende las mediciones tuvieron saltos de 29, 30 ,28, 29 y 31 segundos, que no fueron consecutivos, para lo cual se procedió a obtener las correcciones solo de los instantes en donde si hubo cobertura.

En las Figura 67 y 68, las mediciones, en 5 minutos de rastreo, muestran un comportamiento muy parecido, al estar posicionados en el mismo instante es lógico que tengan una misma tendencia, cosa que no ocurre con la tablet; en los gráficos representados por la base y el móvil, se puede observar que en ambos casos los puntos caen en el primer cuadrante, el vector de corrección tiene la dirección NE, por lo tanto su corrección debería tener una orientación SO. (Ver Figura 69)

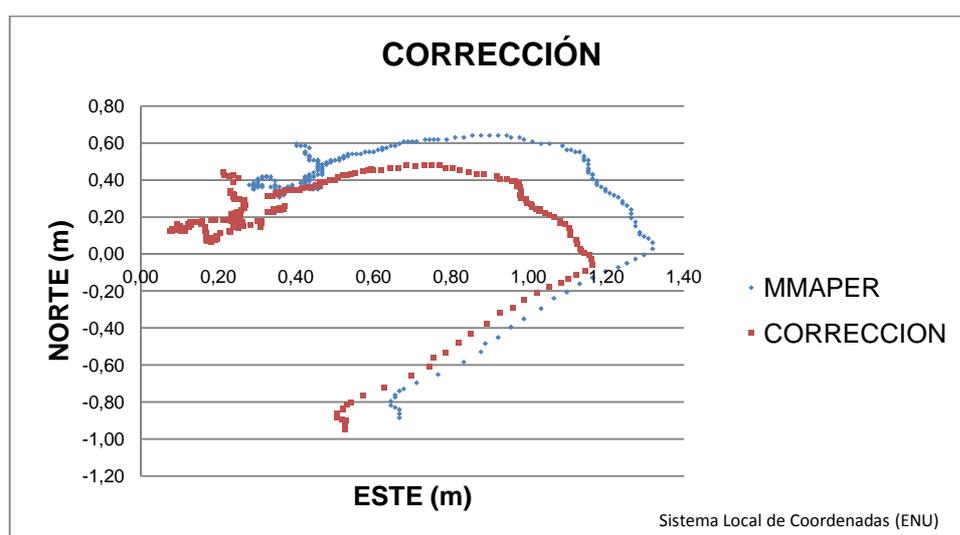


Figura 69. Corrección en horizontal – Instante t_2 CANCHA ESPE
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Gráficamente, se puede observar que los puntos corregidos después de haberse posicionado por el tiempo establecido, se acercan hacia el punto de coordenadas conocidas y la distancia real disminuye conforme se aplica la corrección. (Ver Tabla 19)

Tabla 19. Variable Distancia Punto - Medición (CANCHA ESPE)
MobileMapper 10

Pto Conocido – Mmapper (m)		Pto Conocido – Corrección (m)	
Media	0.796	Media	0.559
Desviación estándar	0.290	Desviación estándar	0.345
Varianza	0.084	Varianza	0.119
Rango	0.864	Rango	1.021
V. Mínimo	0.455	V. Mínimo	0.145
V. Máximo	1.319	V. Máximo	1.165
Suma	198.441	Suma	139.358
Conteo	249	Conteo	249

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Una vez comparados los resultados obtenidos de la medición y su respectiva corrección, se pudo determinar que la mejoría de los datos con respecto al punto, fue de 0.24 metros en distancia desde el punto de referencia hasta las mediciones, los datos brutos del móvil combinados con las correcciones, mejoraron la solución final de las coordenadas a las que se aplicó las componentes de corrección, dado que se acercaron al punto de coordenadas conocidas.

• **Prueba Estadística MM10**

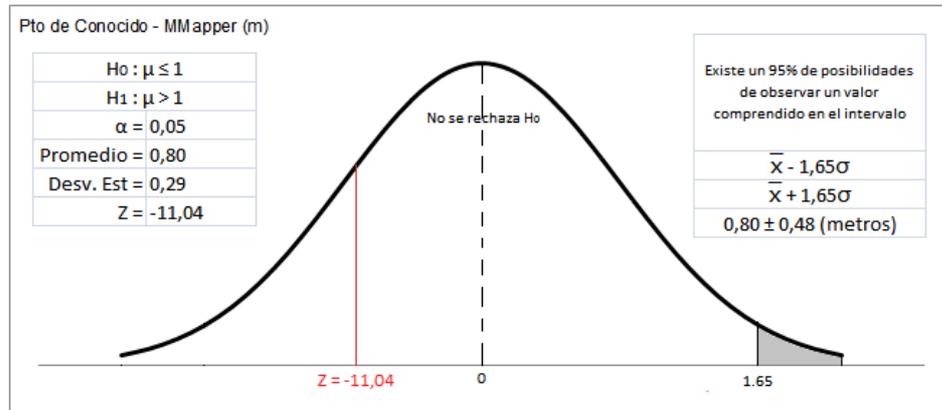


Figura 70. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CANCHA MM10)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

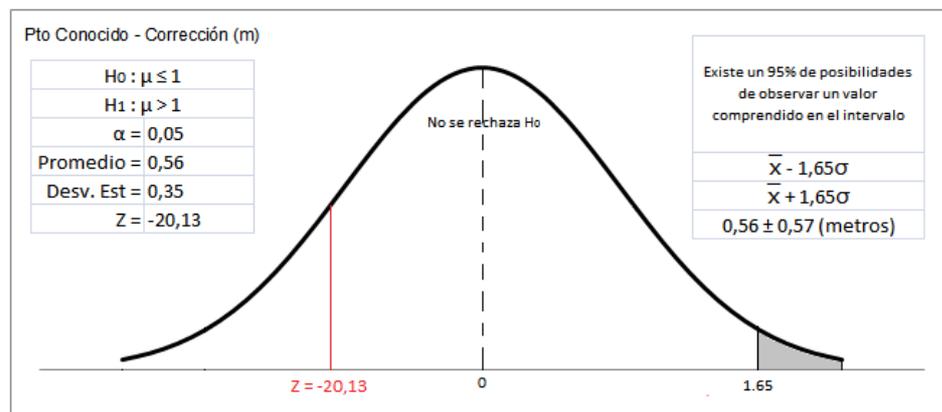


Figura 71. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CANCHA MM10 CORREC.)

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Con una media poblacional de 1 metro, se demostró que los valores obtenidos de Z (Ver Figura 70 y 71), se encontraban por debajo del valor crítico, además se sabe que el valor de la corrección es menor que el de los datos brutos, suponiendo así que se mejoró en resultado final.

5.4.2 CIE04 (0.47km)

- Tablet

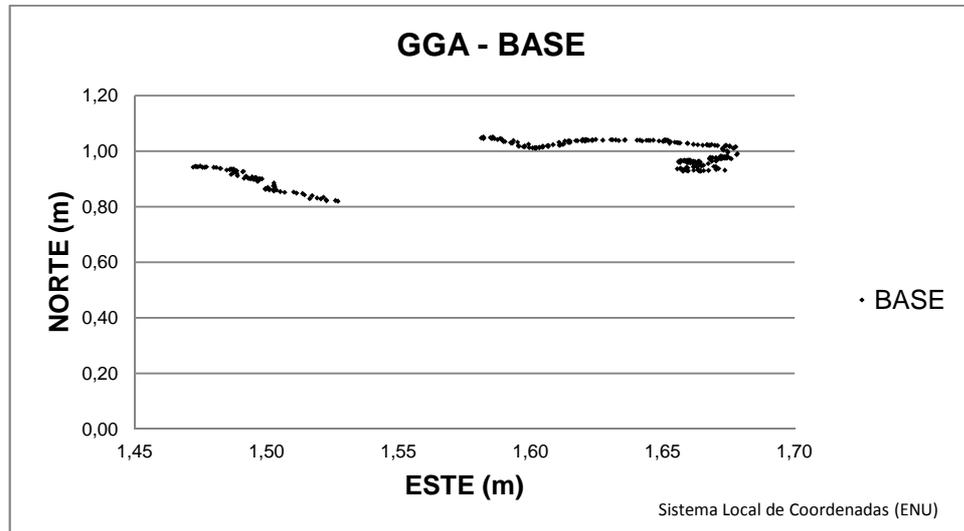


Figura 72. Dispersión horizontal Base – Instante t_1 CIE04
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

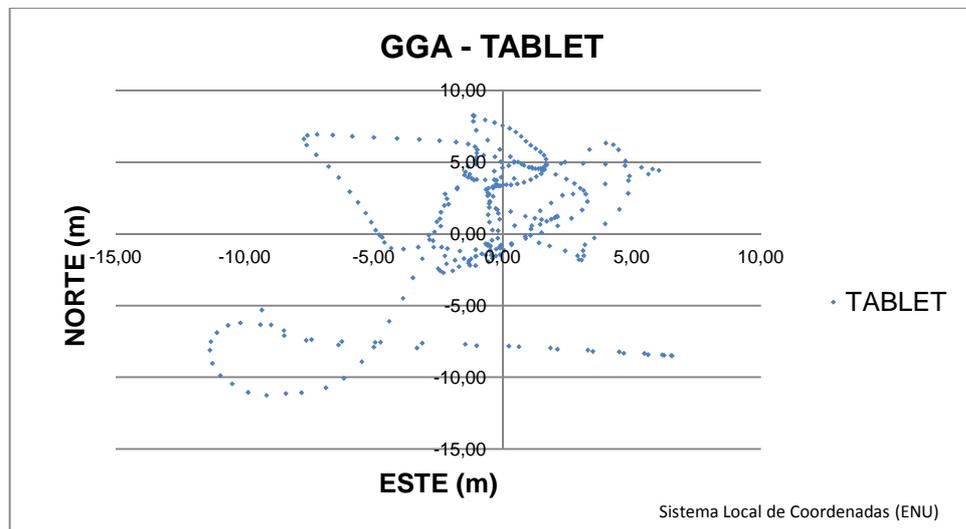


Figura 73. Dispersión horizontal Móvil – Instante t_1 CIE04
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Las mediciones fueron realizadas en el Tiempo UTC 17:25:00 del 15 de septiembre, en esta ocasión no se presentaron problemas o retardos por el internet, obteniendo una corrección en tiempo real, (Ver Figura 74), además se obtuvieron los estadísticos para un mejor entendimiento. (Ver Tabla 20)

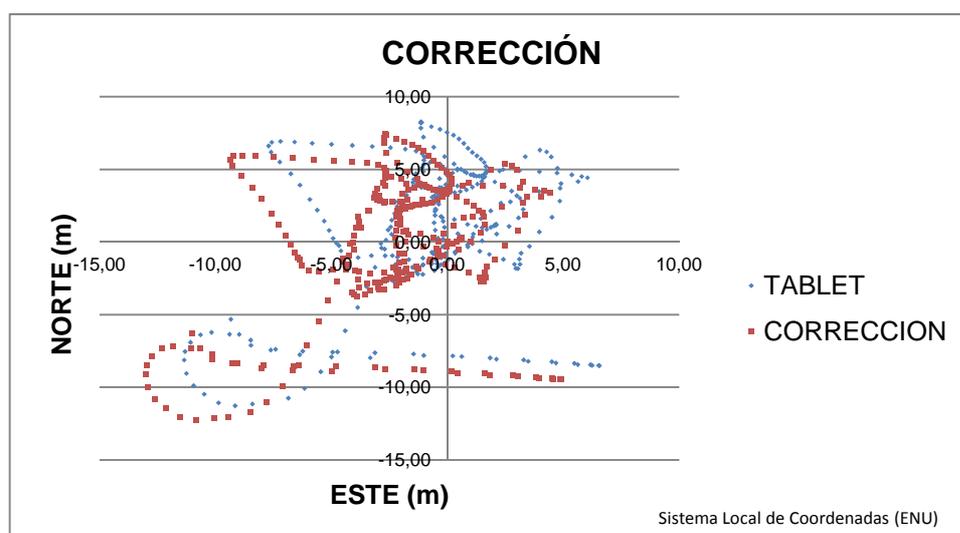


Figura 74. Corrección en horizontal – Instante t_1 CIE04
 Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Tabla 20. Variable Distancia Punto - Medición (CIE04) SamsungGalaxyTab2

Pto Conocido - Tablet (m)		Pto Conocido - Corrección (m)	
Media	5.187	Media	5.387
Desviación estándar	3.292	Desviación estándar	3.626
Varianza	10.838	Varianza	13.154
Rango	14.535	Rango	16.619
V. Mínimo	0.288	V. Mínimo	0.055
V. Máximo	14.823	V. Máximo	16.674
Suma	1561.407	Suma	1621.690
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Una vez obtenidos los resultados de la medición, se puede observar que los puntos corregidos tienden a alejarse del punto de coordenadas conocidas, lo que implica que no mejoró la posición, corroborando los datos estadísticos en donde el promedio de distancia alcanzado entre medición y corrección es mayor, comparado con una medición sin NTRIP.

• **Prueba Estadística Tablet**

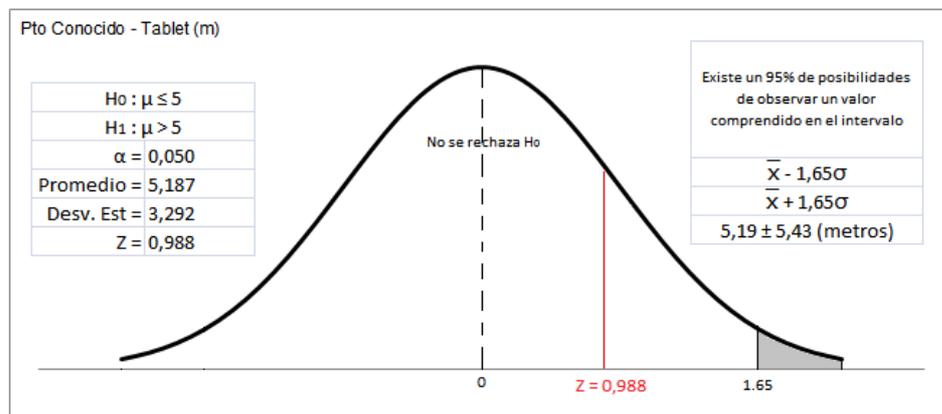


Figura 75. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CIE04 TAB)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

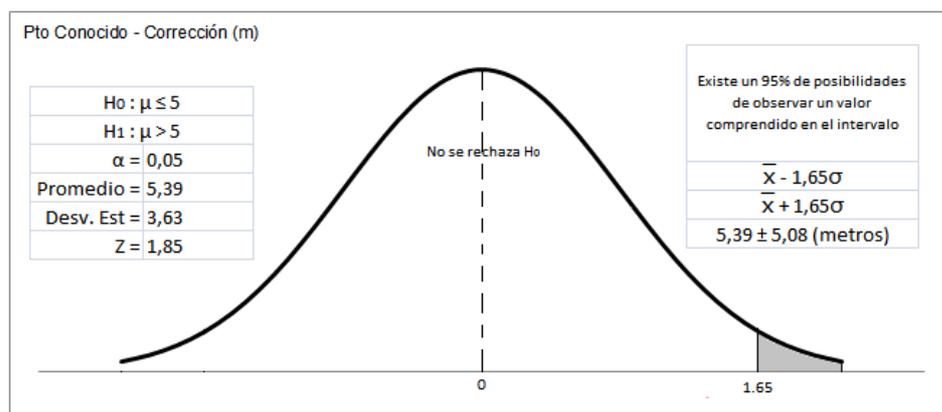


Figura 76. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CIE04 TAB CORREC.)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

En la Figura 75 se observa que el valor de Z, cae en el intervalo de no rechazo de la H_0 , es decir que los valores calculados se acercan a la media poblacional de 5 metros, sin embargo con la corrección diferencial realizada con esta información, el valor de Z (Ver Figura 76) se excede del valor crítico, indicando que no se mejoró en la solución final y que la variable distancia se incrementó.

- **MobileMapper 10**

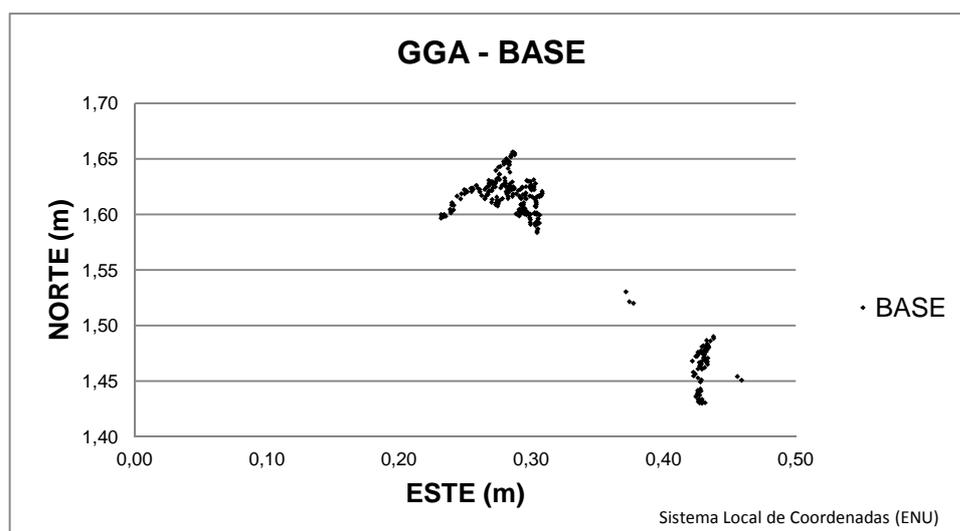


Figura 77. Dispersión horizontal Base – Instante t_2 CIE04
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

En la medición no hubo pérdida de cobertura celular, se posicionó al MobileMapper 10 durante 5 minutos y como resultado se puede observar en la Figura 77 que los puntos dispersos en el plano tienen una dirección NE y se encuentran en el primer cuadrante.

El resultado gráfico de las coordenadas Este y Norte, muestran que los puntos corregidos se acercaron al centro del plano, lo que quiere decir que el promedio de la posición mejora, con respecto a los datos brutos obtenidos del equipo, así la comparación estadística muestra un acercamiento a la distancia promedio obtenida. (Ver Tabla 21)

Tabla 21. Variable Distancia Punto - Medición (CIE04) MobileMapper 10

Pto Conocido - MMapper (m)		Pto Conocido - Corrección (m)	
Media	1.595	Media	0.9512
Desviación estándar	0.439	Desviación estándar	0.254
Varianza	0.193	Varianza	0.064
Rango	1.479	Rango	0.989
V. Mínimo	0.894	V. Mínimo	0.321
V. Máximo	2.372	V. Máximo	1.311
Suma	480.256	Suma	286.448
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Los datos estadísticos de las coordenadas en bruto y las corregidas muestran que hubo una mejoría en la distancia alcanzada entre el punto de referencia y las mediciones en horizontal, obtenidos los promedios de de la información obtenida, se ha podido disminuir 0.64 metros, lo que en términos porcentuales representa el 59%, igualmente la desviación estándar aumenta de 0.4 a 0.2.

Prueba Estadística MM10

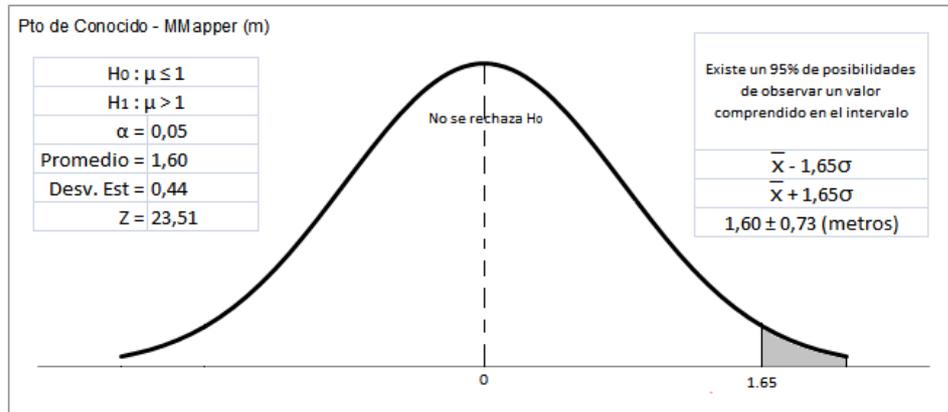


Figura 80. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CIE04 MM10)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

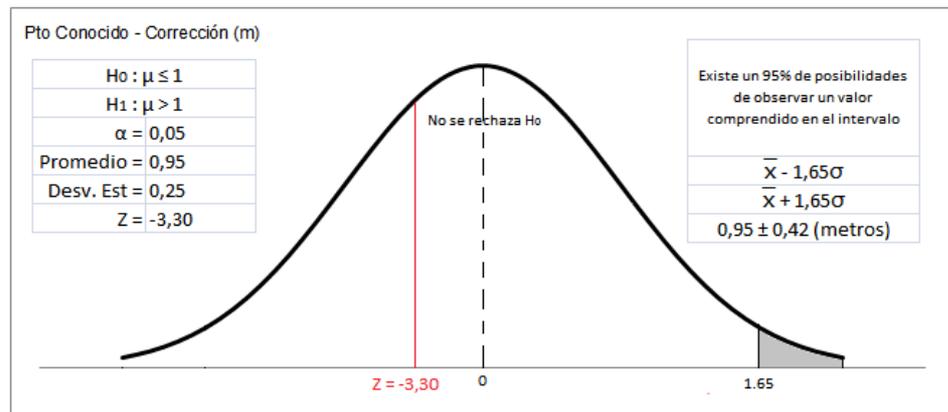


Figura 81. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (CIE04 MM10 CORREC.)

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

En la Figura 80 se puede observar que el valor de Z se encuentra fuera del valor crítico 1.65, es decir que excede el valor de la media poblacional de 1 metro, sin embargo la corrección realizada con los datos brutos (Figura 81), muestra que hubo una mejoría en la variable distancia, en valor de Z se encuentra dentro de la zona donde no se rechaza H_0 .

5.4.3 SANTA ROSA (2.40km)

- Tablet

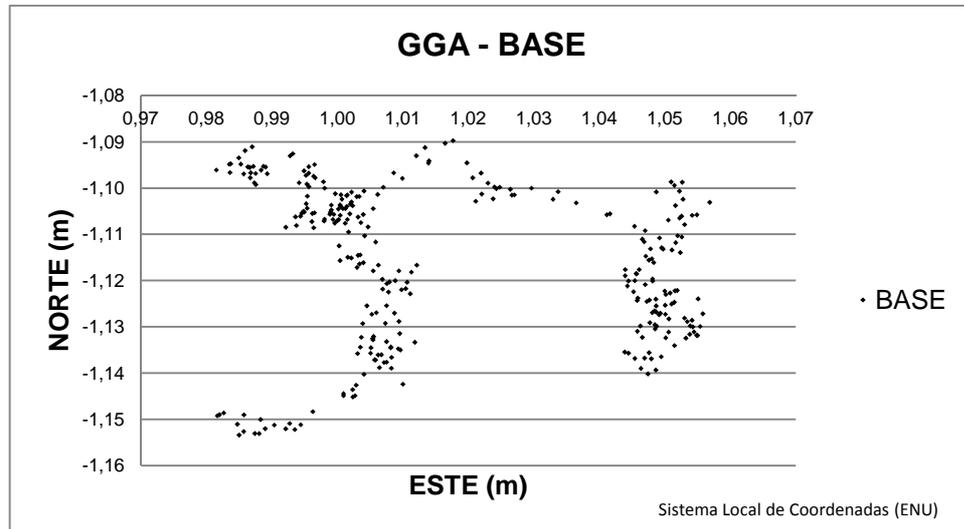


Figura 82. Dispersión horizontal Base – Instante t_1 SANTA ROSA
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

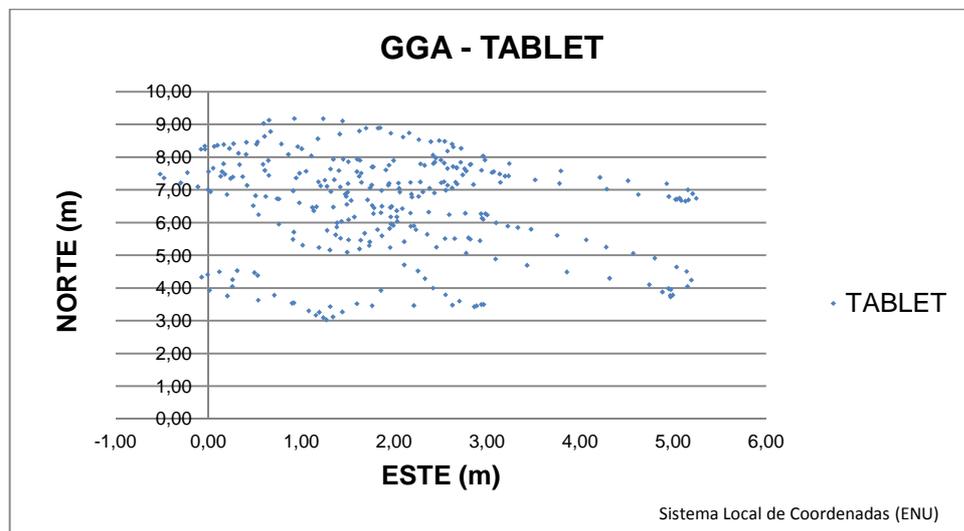


Figura 83. Dispersión horizontal Móvil – Instante t_1 SANTA ROSA
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Las mediciones fueron realizadas durante 5 minutos, establecidas en un tiempo UTC 15:11:40 – 11:16:40, durante el posicionamiento no se presentó ningún problema con la cobertura celular en el lugar, la dispersión de los datos generados en la Estación Base presenta puntos ubicados en el cuarto cuadrante, con un vector de corrección tiene un sentido SE, la predicción de la corrección sugiere que los puntos a los cuales se aplicó el vector, se moverían en una dirección NO, para lo cual su comportamiento se puede expresar gráficamente. (Ver Figura 84)

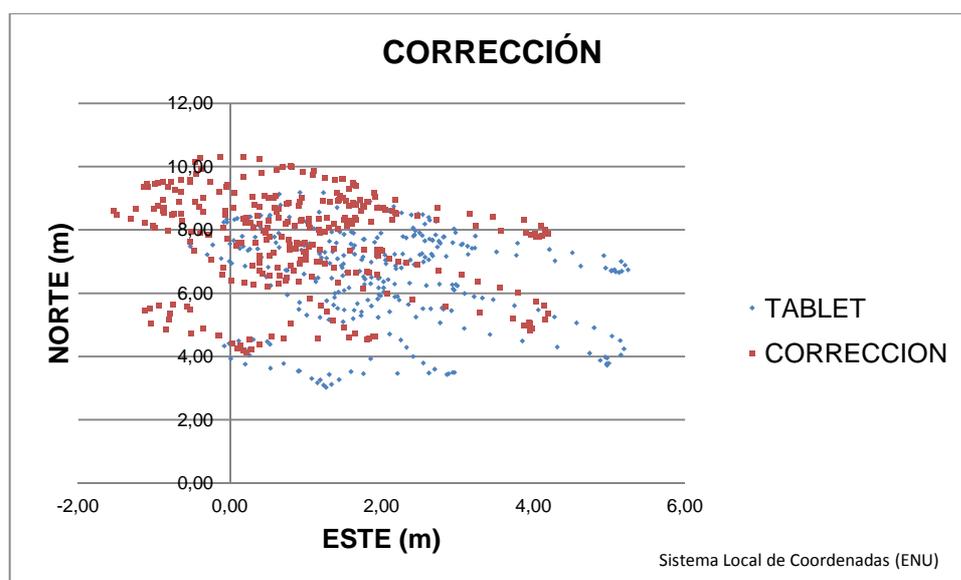


Figura 84. Corrección en horizontal – Instante t_1 SANTA ROSA
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

En el gráfico de la corrección aplicada a la tablet, se puede observar que los puntos se alejan del centro del sistema, a diferencia de los datos sin

corrección, lo que indica que en este caso la corrección por NTRIP, realizada en tiempo real, no pudo aplicabilidad.

Haciendo una comparación de distancias reales obtenidas, en control horizontal, entre el punto físico y las mediciones se puede obtener datos estadísticos del promedio generado en los 5 minutos de posicionamiento. (Ver Tabla 22)

Tabla 22. Variable Distancia Punto - Medición (SANTA ROSA)
SamsungGalaxyTab2

Pto de Conocido – Tablet (m)		Pto de Conocido – Corrección (m)	
Media	6.983	Media	7.838
Desviación estándar	1.417	Desviación estándar	1.462
Varianza	2.009	Varianza	2.139
Rango	5.978	Rango	6.181
V. Mínimo	3.281	V. Mínimo	4.129
V. Máximo	9.259	V. Máximo	10.310
Suma	2101.904	Suma	2359.307
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

La gráfica hace referencia a que las correcciones, en este caso, no se pudieron aplicar y sus valores estadísticos lo comprueban, lejos de corregir la distancia entre el punto físico y el de las mediciones, el promedio resultante de la corrección se aleja del posicionamiento con datos de la Tablet, en 0.86 metros y una precisión de 2.4 en los dos datos estadísticos.

Prueba Estadística Tablet

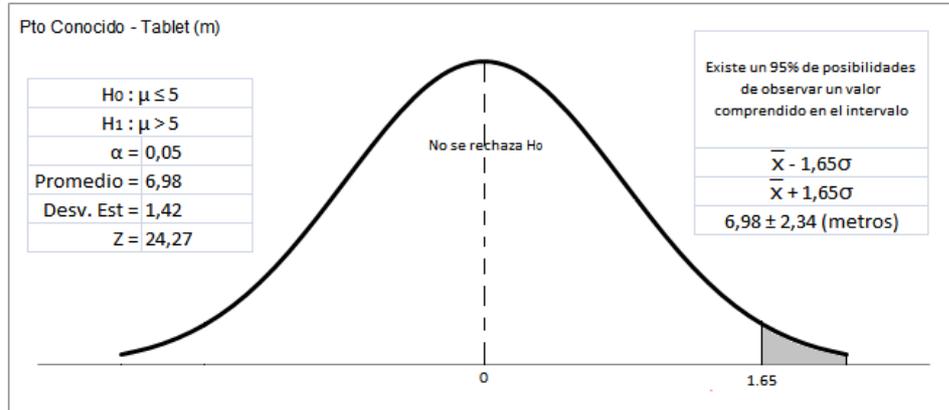


Figura 85. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (SANTA ROSA TAB)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

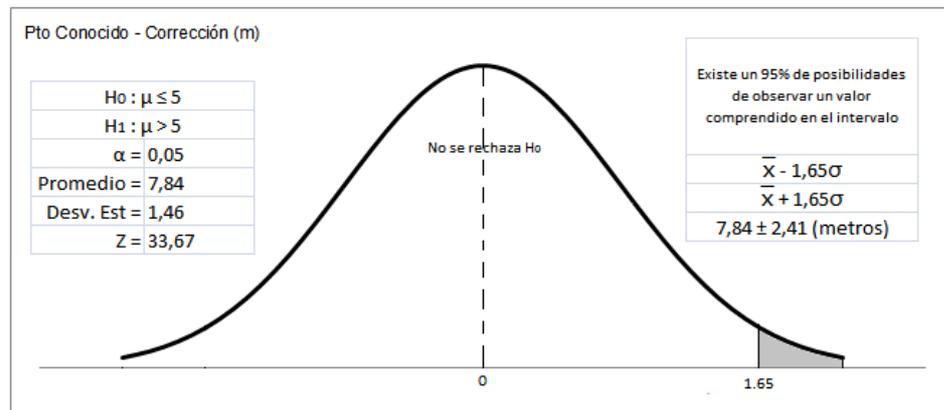


Figura 86. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (SANTA ROSA TAB CORREC.)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

En ninguno de los dos casos, el valor de Z se encuentra dentro del área de no rechazo de H_0 , además el valor de Z en la Figura 85 es menor comparado con el de la Figura 86, lo que quiere decir que la variable distancia no mejoró con la corrección.

- **MobileMapper 10**

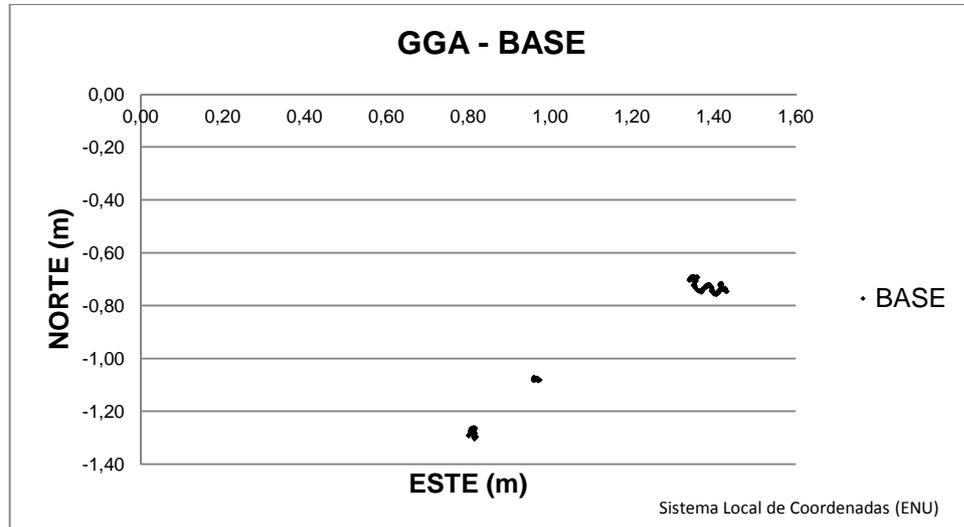


Figura 87. Dispersión horizontal Base – Instante t_2 SANTA ROSA
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

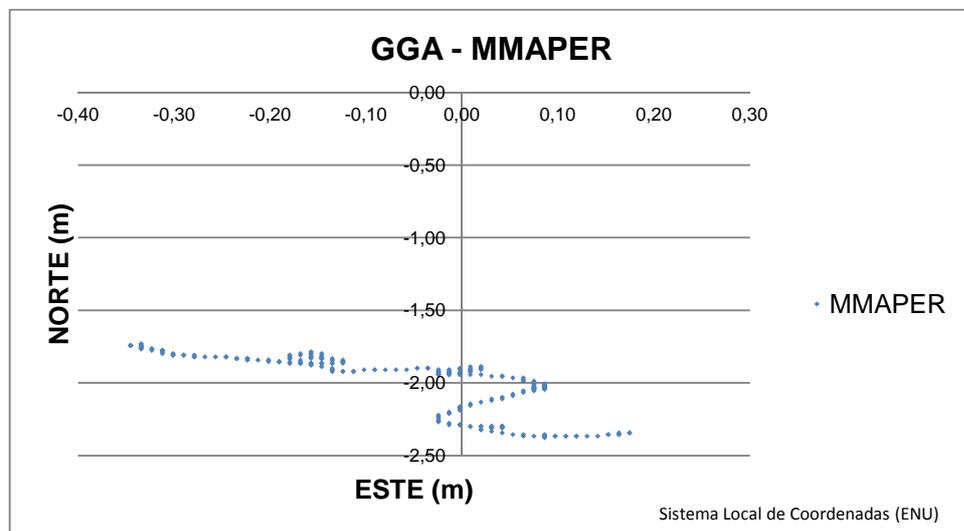


Figura 88. Dispersión horizontal Móvil – Instante t_2 SANTA ROSA
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

En el momento de la medición no se tuvo ningún inconveniente con la cobertura celular de la zona por ende la señal del internet no tuvo interrupciones, se puede observar en la Figura 87 una dispersión en horizontal en el cuarto cuadrante del plano, el vector de corrección se encontraría en una dirección SE, con su aplicación a los datos del receptor móvil se obtuvo su respectiva corrección, (Ver Figura 89), así se desplazaron los datos del móvil en una dirección NO.

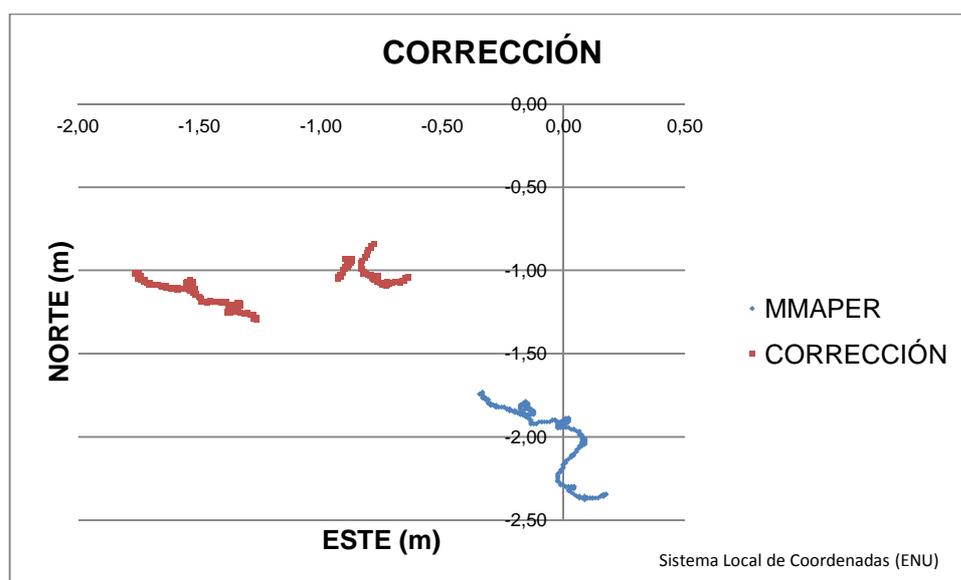


Figura 89. Corrección en horizontal – Instante t_2 SANTA ROSA
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Por medio del gráfico, se puede observar que los puntos corregidos, después de haberse posicionado los 5 minutos, se desplazan en la dirección anteriormente predicha, se acerca al centro del plano, es decir al punto

conocido SANTA ROSA, su distancia disminuye con respecto a los datos conseguidos del receptor móvil.

El análisis de los datos obtenidos de los datos brutos y su corrección, con respecto a los promedios de las distancias obtenidas tienen su respectiva comparación, tanto en precisión como en trayecto. (Ver Tabla 23)

Tabla 23. Variable Distancia Punto - Medición (SANTA ROSA)
MobileMapper 10

Pto Conocido - MMapper (m)		Pto Conocido - Corrección (m)	
Media	1.997	Media	1.679
Desviación estándar	0.189	Desviación estándar	0.302
Varianza	0.036	Varianza	0.091
Rango	0.615	Rango	0.896
V. Mínimo	1.763	V. Mínimo	1.147
V. Máximo	2.378	V. Máximo	2.044
Suma	601.198	Suma	505.639
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Los datos y la gráfica de la corrección aplicada a los puntos, hacen referencia a que los resultados de distancia y precisión mejoran con la aplicación de los datos de NTRIP, los vectores generados y aplicados en dirección NO generan un promedio resultante de la corrección la cual se acerca al punto de coordenadas conocidas, con un valor de 0.32 metros.

• **Prueba Estadística MM10**

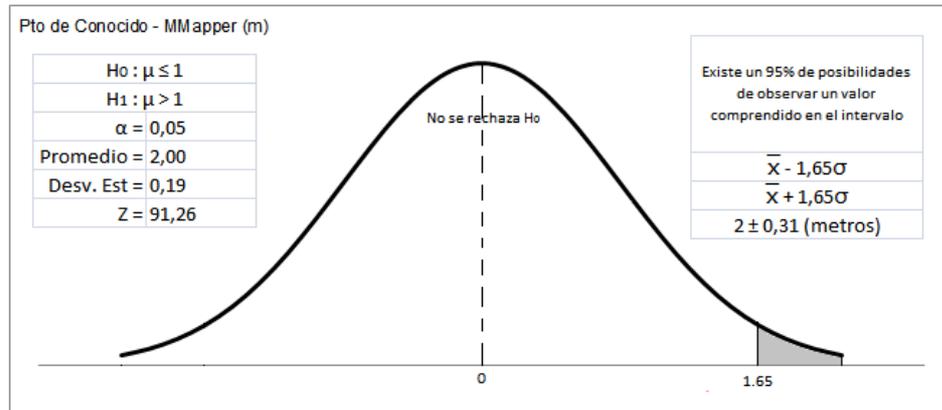


Figura 90. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (SANTA ROSA MM10)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

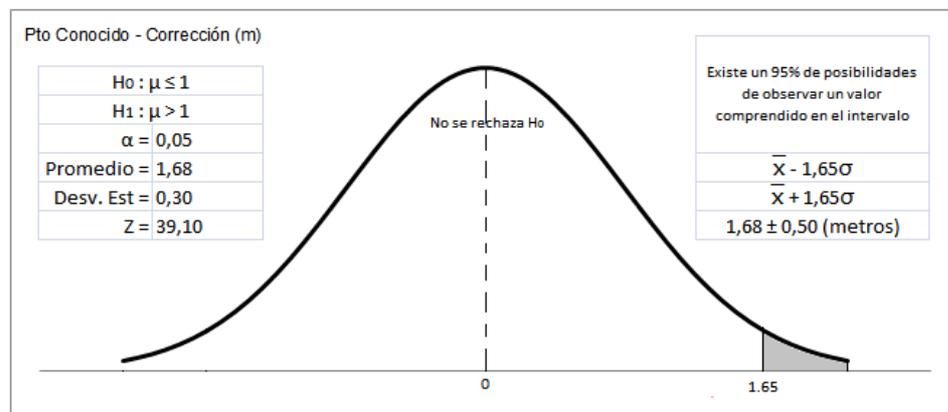


Figura 91. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (SANTA ROSA MM10 CORREC.)

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Aunque en las Figuras 90 y 91, el valor de Z no se ubicó en la zona de rechazo de H_0 con respecto a la media poblacional, se determinó que el valor Z de la corrección disminuye con respecto a los datos brutos, por consiguiente se sabe que hubo una mejoría con respecto a los datos iniciales.

5.4.4 MIRAVALLE (8.50km)

- Tablet

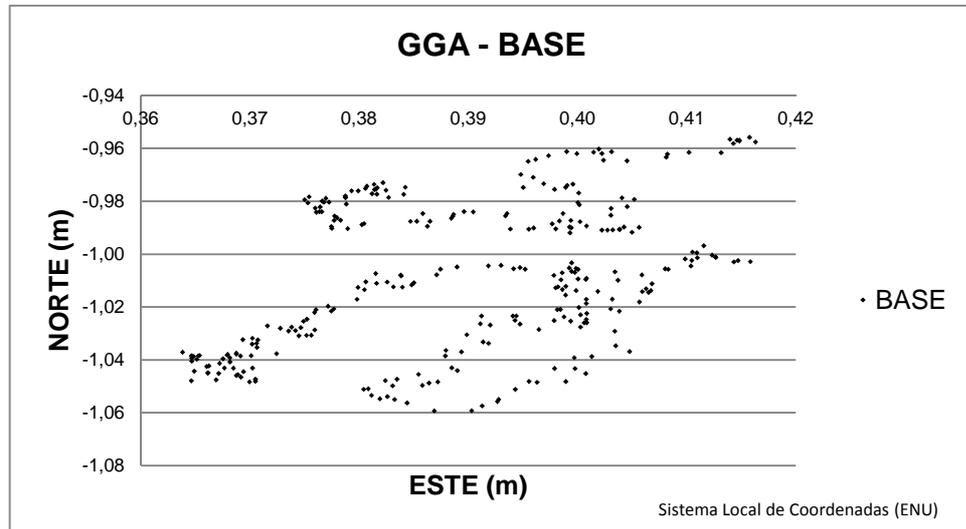


Figura 92. Dispersión horizontal Base – Instante t_1 MIRAVALLE
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

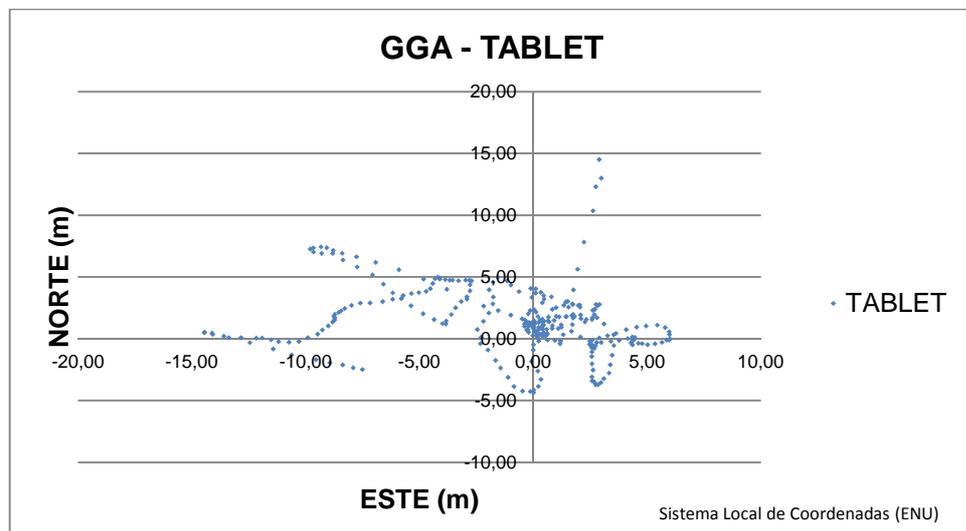


Figura 93. Dispersión horizontal Móvil – Instante t_1 MIRAVALLE
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Las mediciones realizadas durante 5 minutos de posicionamiento, determinadas en la época UTC 16:28:18 – 16:33:18, en el tiempo de descarga de información, la cobertura celular que se tenía en la zona era completa, no se dio ningún problema por interrupción en la señal, así la dispersión de la Estación Base presenta datos ubicados en el cuarto cuadrante, la dirección del vector corrección tiene un sentido SE, la predicción de una corrección con dicho vector, sugiere que los puntos a los cuales se aplicó, se desplazarán en una dirección NO, expresando este comportamiento de forma gráfica se puede tener una mejor exposición. (Ver Figura 94)

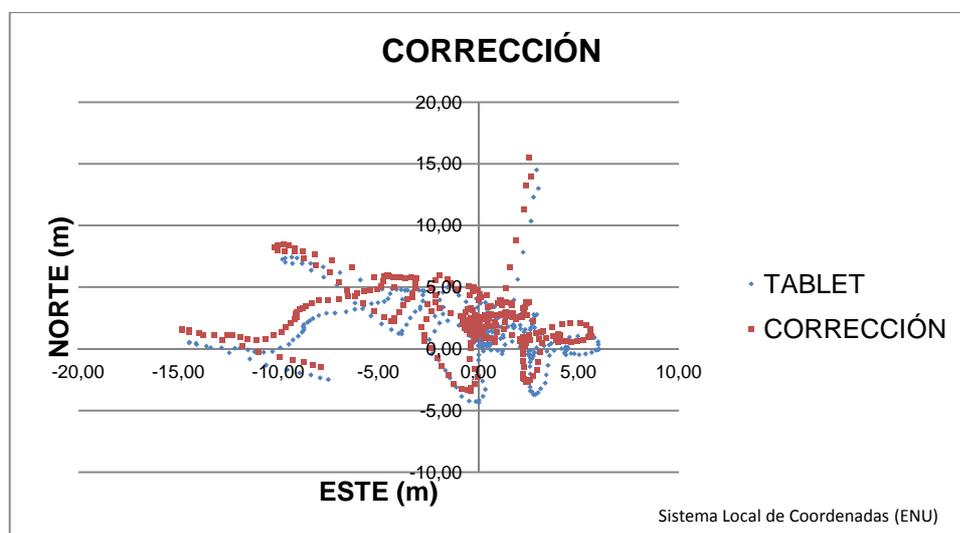


Figura 94 Corrección en horizontal – Instante t_1 MIRAVALLE
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

En la Figura 94, la corrección aplicada a los datos generados por la Tablet, se puede observar que los puntos se desplazan en una dirección NO,

con lo que se alejan del centro del plano o punto conocido, en este caso la corrección por NTRIP no tuvo ninguna mejoría.

Los datos estadísticos generados de los promedios de los datos reales y corregidos medidos en los 5 minutos de posicionamiento responden a las gráficas y corroboran los resultados. (Ver Tabla 24)

Tabla 24. Variable Distancia Punto - Medición (MIRAVALLE)
SamsungGalaxyTab2

Pto Conocido - Tablet (m)		Pto Conocido - Corrección (m)	
Media	4.531	Media	5.015
Desviación estándar	3.458	Desviación estándar	3.520
Varianza	11.962	Varianza	12.392
Rango	14.575	Rango	15.275
V. Mínimo	0.219	V. Mínimo	0.409
V. Máximo	14.795	V. Máximo	15.684
Suma	1363.994	Suma	1509.628
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

El método de corrección diferencial por posición, en este caso, no pudo mejorar la solución de datos finales para los 5 minutos de rastreo, los puntos se desplazan del origen como se puede observar en la gráfica de la Figura 94, la distancia promedio resultante de las correcciones con las mediciones de datos brutos, tienen una diferencia negativa de 0.48 metros, empeorando la posición en ese instante.

• **Prueba Estadística Tablet**

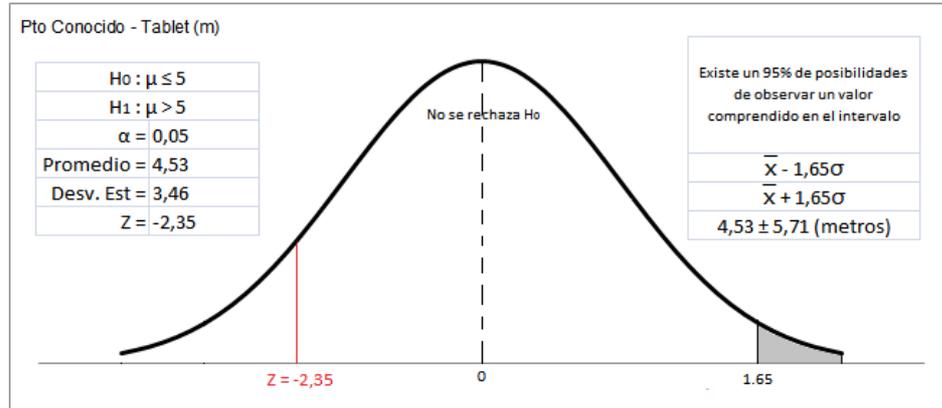


Figura 95. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (MIRAVALLE TAB)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

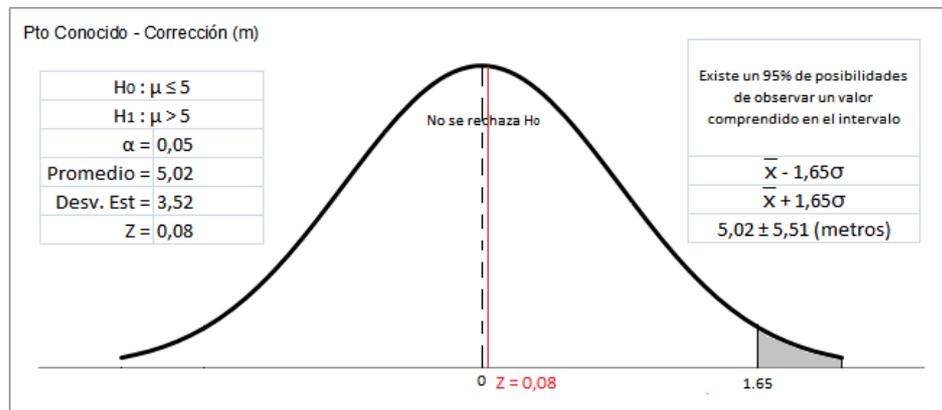


Figura 96. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (MIRAVALLE TAB CORREC.)

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

En las Figuras 95 y 96, el valor de Z cae en la zona de no rechazo de H_0 sin embargo al comparar entre los dos valores de Z se puede observar que la corrección no mejoró los datos iniciales pues el valor calculado en la figura 96 de $Z = 0,08$ es mas grade que el de la Figura 95 en donde $Z = -2,35$.

- **MobileMapper 10**

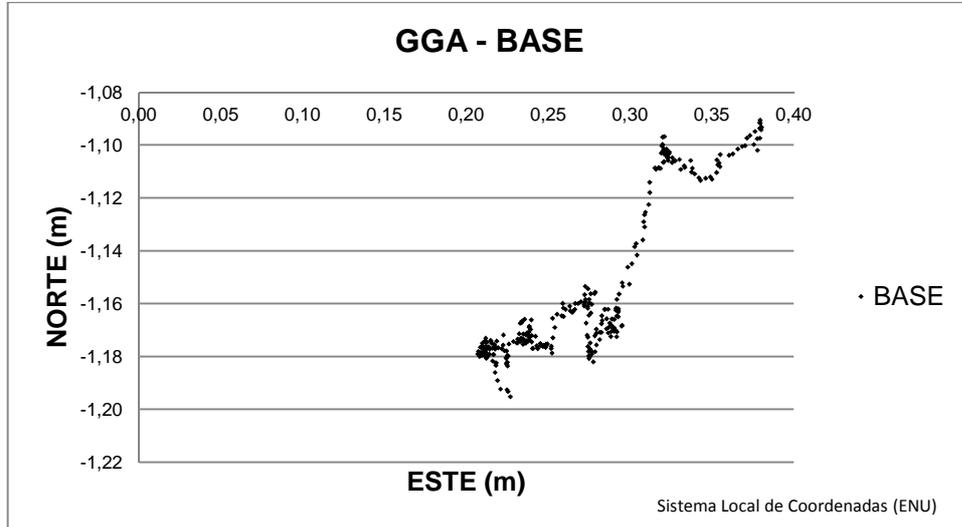


Figura 97. Dispersión horizontal Base – Instante t_2 MIRAVALLE
 Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

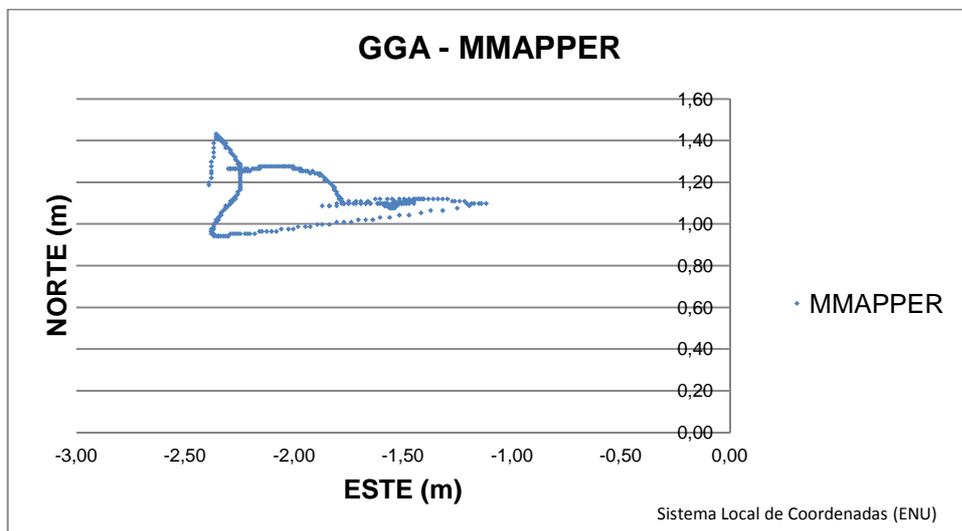


Figura 98. Dispersión horizontal Móvil – Instante t_2 MIRAVALLE
 Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

En el instante que se procedió a medir los puntos con el receptor base, no se presentaron problemas con la cobertura de celular, tampoco hubo interrupción por la señal del internet, la gráfica hace referencia a que los puntos de control horizontal generados en la base, se encuentran en el cuarto cuadrante del plano, para determinar la dirección del vector de corrección, con esta premisa la dirección del vector es SE, aplicándola a los datos brutos se procede a obtener su respectiva corrección, (Ver Figura 99), la cual deberá tener una tendencia de desplazamiento en dirección NO.

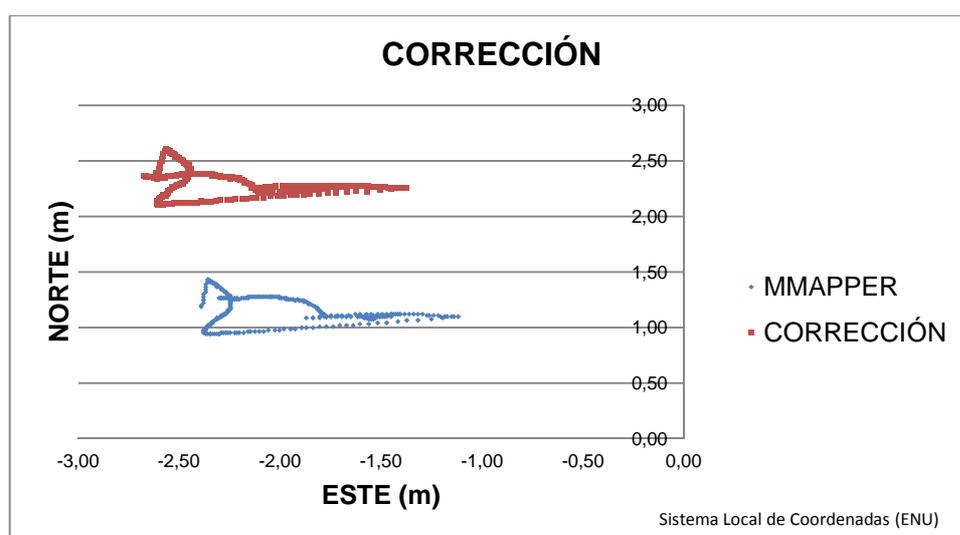


Figura 99. Corrección en horizontal – Instante t_2 MIRAVALLE
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Se ha podido observar que la dispersión de los puntos corregidos, está en la dirección NO y a diferencia de los anteriores puntos corregidos en el MobileMapper 10, estos datos se alejan del centro o punto de

coordenadas conocidas, la distancia con respecto a las medición se hace mas grande, en valores de longitud.

En el análisis de los datos brutos y corregidos, las distancias reales que se han encontrado en los dos casos y las precisiones obtenidas en los casos desarrollados, son comparados para determinar si la corrección diferencial corrobora la información gráfica de las anteriores figuras. (Ver Tabla 25)

Tabla 25. Variable Distancia Punto - Medición (MIRAVALLE) MobileMapper 10

Pto Conocido - MMapper (m)		Pto Conocido - Corrección (m)	
Media	2.243	Media	3.180
Desviación estándar	0.329	Desviación estándar	0.272
Varianza	0.108	Varianza	0.073
Rango	1.191	Rango	1.019
V. Mínimo	1.568	V. Mínimo	2.641
V. Máximo	2.759	V. Máximo	3.660
Suma	675.061	Suma	957.329
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Los resultados obtenidos en las mediciones y la gráfica muestran que las correcciones aplicadas a los datos brutos no mejoran la solución del posicionamiento, se comparó el promedio de distancia que existe entre el centro del plano o punto físico con las mediciones, se determinó que las correcciones de alejan de las coordenadas de referencia en 0.94 metros.

Prueba Estadística MM10

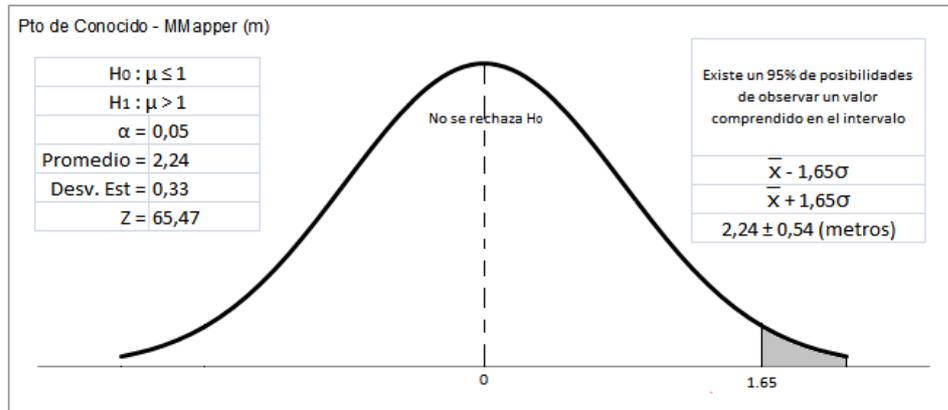


Figura 100. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (MIRAVALLE MM10)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

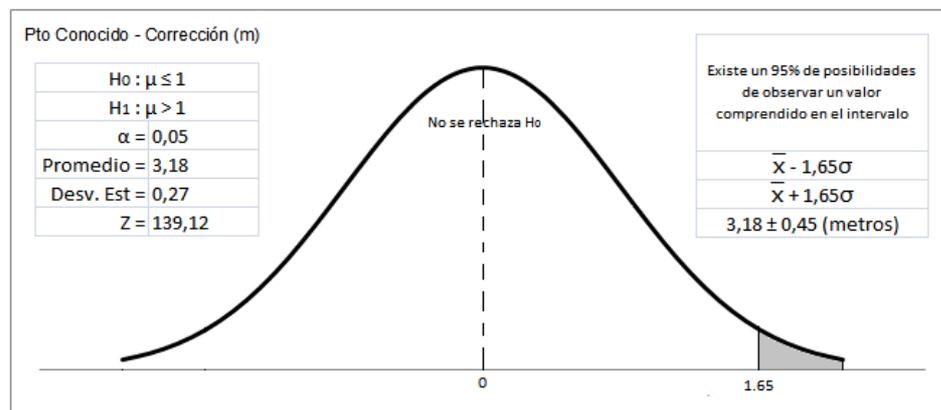


Figura 101. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (MIRAVALLE MM10 CORREC.)

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Los valores de Z que se observan en las Figuras 100 y 101 caen fuera del valor crítico 1.65, con ello se sabe que la variable distancia tanto en los datos brutos como en la corrección no se acercan a la media poblacional de 1m, sin embargo se puede deducir que la corrección no mejoró los datos iniciales, dado que el valor de Z es más grande en la corrección.

5.4.5 VICENTINA (11.86km)

- Tablet

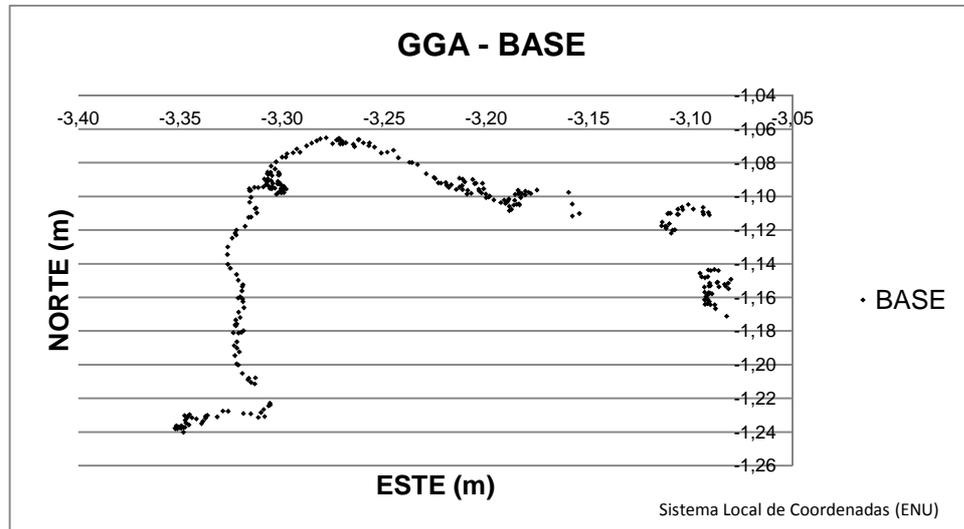


Figura 102. Dispersión horizontal Base – Instante t_1 VICENTINA
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

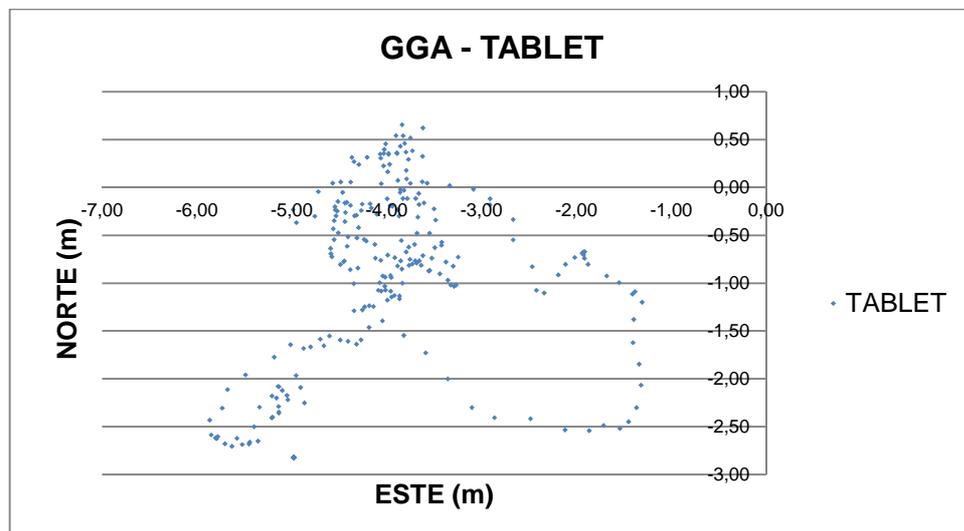


Figura 103. Dispersión horizontal Móvil – Instante t_1 VICENTINA
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

El posicionamiento realizado en el punto de control Vicentina, fue realizado durante 5 minutos, en la tiempo UTC 22:49:30 – 22:55:56, durante este lapso la cobertura celular en el lugar fue muy buena, sin embargo hubo momento en la medición en los cuales, intervalos de 10 y 15 segundos, el internet del dispositivo se desconectaba, causando falta de información durante el tiempo establecido, por lo que se procedió a extender el tiempo de posicionamiento con el fin de tener las mismas condiciones que en todas las mediciones realizadas en el presente proyecto.

La dispersión de los datos obtenidos en la base, se ubicaron en el tercer cuadrante del plano, con un vector de dirección SO, su predicción sugiere que la corrección se desplazará en sentido NE. (Ver Figura 104)

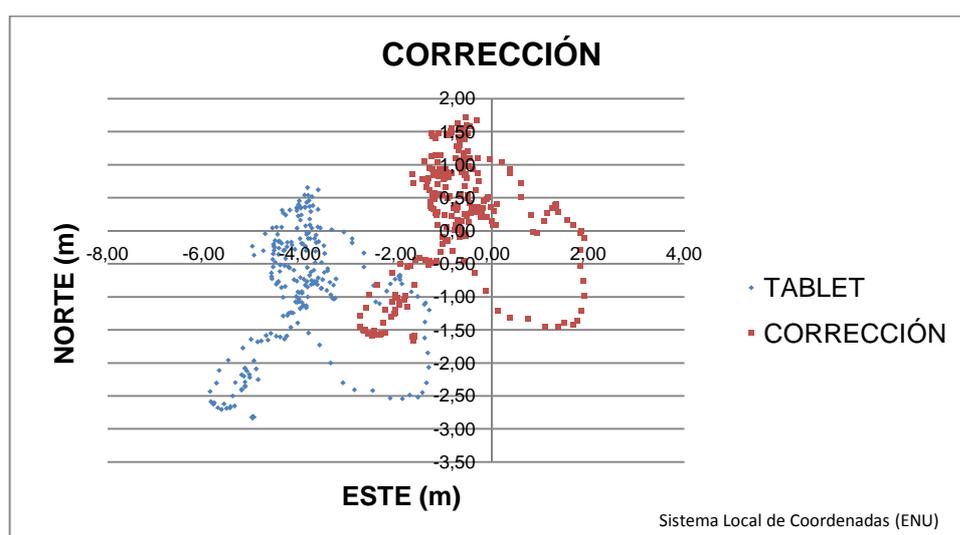


Figura 104. Corrección en horizontal – Instante t_1 VICENTINA
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

La corrección aplicada a los datos generados por la Tablet, se desplazó en dirección NE, con una dispersión normal, acercándose al centro del plano o en la realidad a las coordenadas conocidas, con esto se generó una corrección positiva por NTRIP.

Los datos estadísticos generados de los promedios de distancia entre el punto de referencia y las mediciones, incluida la corrección, corroboran los resultados gráficos anteriores en donde se ve que mejora, de esta manera se puede decir que la distancia obtenida de los datos brutos con respecto a las correcciones, se reduce con 2.88 metros de longitud. (Ver Tabla 26)

Tabla 26. Variable Distancia Punto - Medición (VICENTINA)
SamsungGalaxyTab2

Pto Conocido - Tablet (m)		Pto Conocido - Corrección (m)	
Media	4.464	Media	1.585
Desviación estándar	1.099	Desviación estándar	0.694
Varianza	1.209	Varianza	0.482
Rango	4.634	Rango	3.002
V. Mínimo	1.762	V. Mínimo	0.095
V. Máximo	6.396	V. Máximo	3.097
Suma	1343.706	Suma	477.116
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

• **Prueba Estadística Tablet**

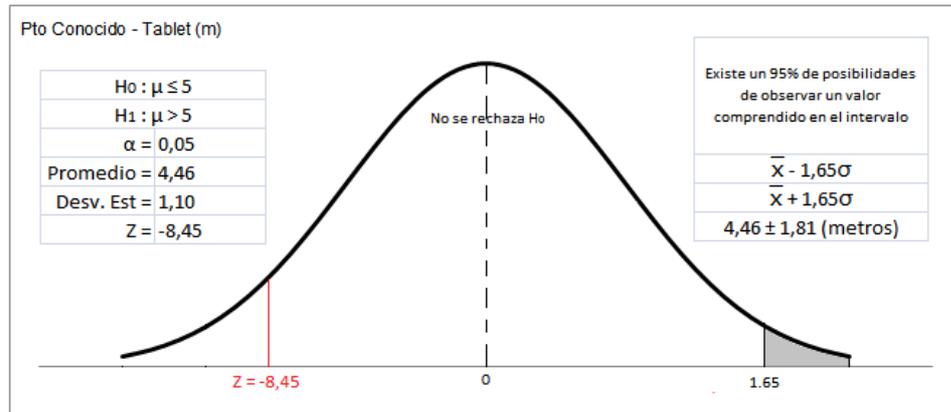


Figura 105. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (VICENTINA TAB)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

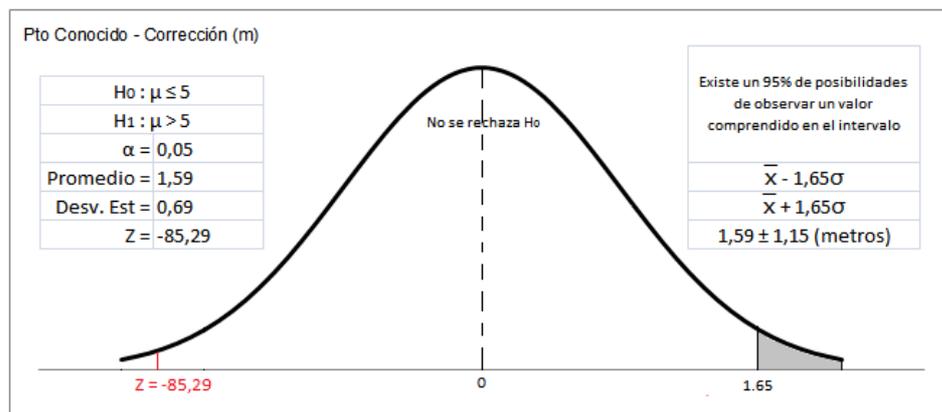


Figura 106. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (VICENTINA TAB CORREC.)

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

En las Figuras 105 y 106 el valor de Z cae en la zona donde se acepta H_0 , se puede deducir que ha existido una mejoría con la corrección, dado que el valor de Z en la Figura 106 es menor que en la 105, indicando que la variable distancia analizada se acerca al punto real.

- **MobileMapper 10**

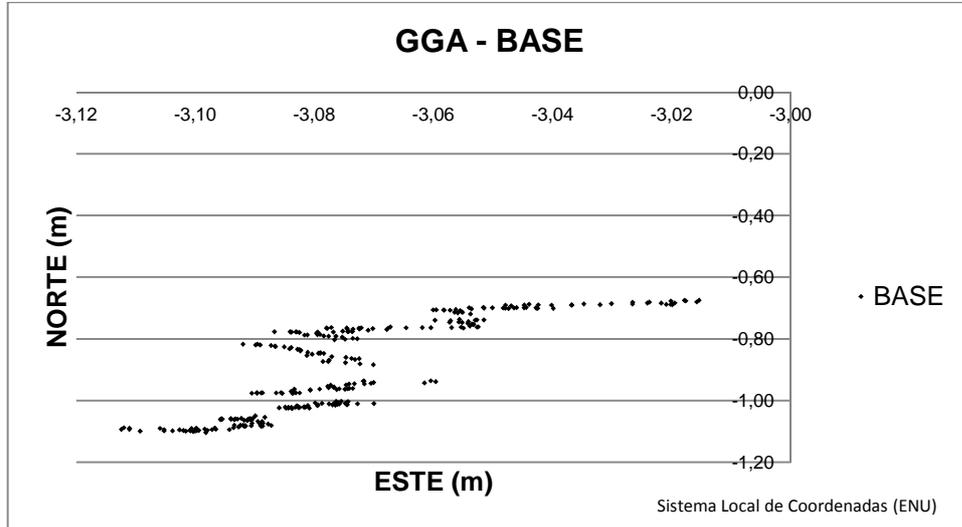


Figura 107. Dispersión horizontal Base – Instante t_2 VICENTINA
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

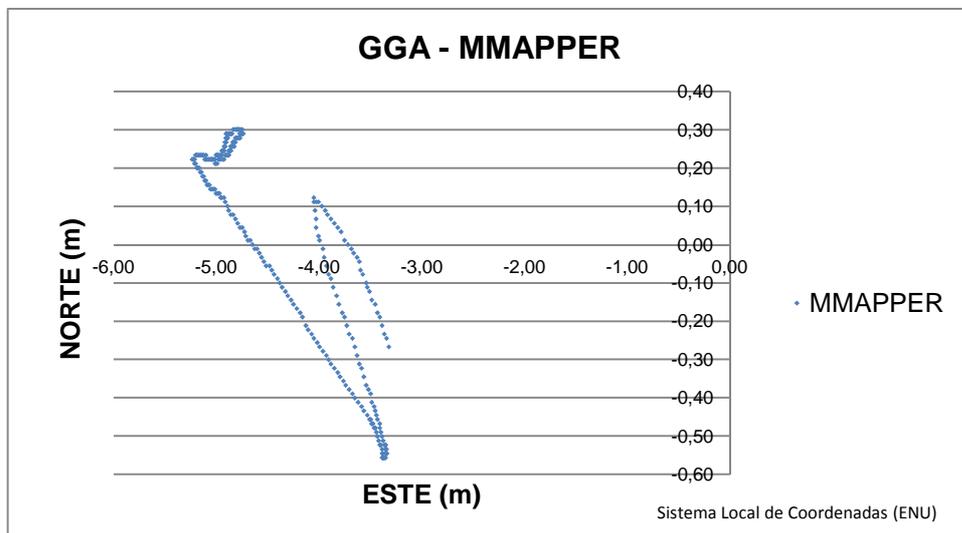


Figura 108. Dispersión horizontal Móvil – Instante t_2 VICENTINA
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

En el instante de la medición no se presentó ningún inconveniente con la señal de la cobertura celular, sin embargo el internet marcó interrupciones por lapsos cortos de 5, 6 y 10 segundos, no continuos, lo que impidió que el posicionamiento sea realizado por 5 minutos así que se extendió el tiempo con la finalidad de tener más recursos en datos.

En la Figura 107 se puede observar que los puntos tienen una tendencia marcada de situarse en el tercer cuadrante, con una dirección SE, mismo sentido que tiene el receptor móvil, suponiendo así que el desplazamiento de los puntos ya corregidos, tendrán una dirección NO, con la posibilidad de acercarse un poco más a la realidad. (Ver Figura 109)

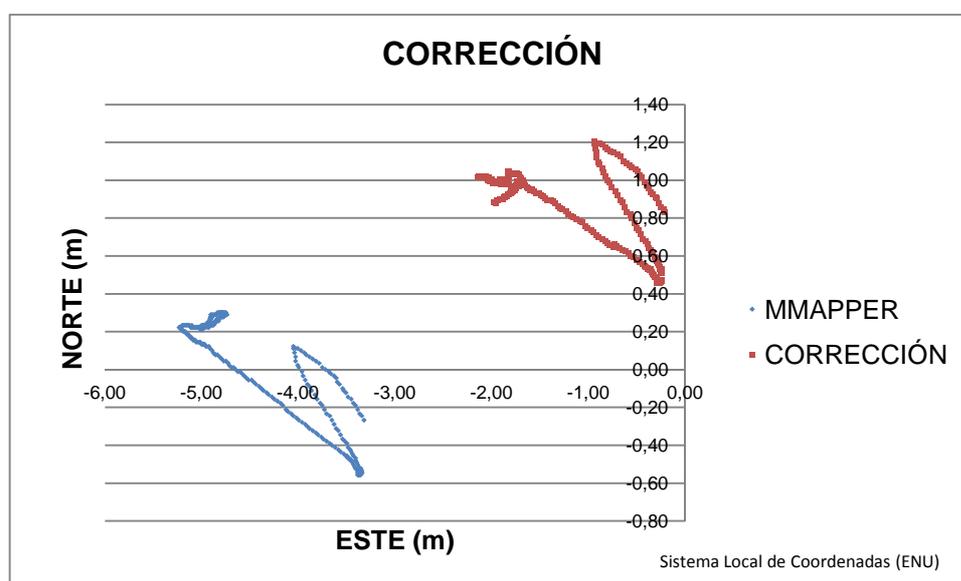


Figura 109. Corrección en horizontal – Instante t_2 VICENTINA
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Los puntos ya corregidos, en relación con los datos brutos del MobileMapper, se acercan a las coordenadas conocidas, su distancia, gráficamente, se reduce y muestra que la dispersión de puntos se desplazan en una misma dirección.

Los estadísticos del análisis obtenido de los datos brutos y su corrección, con respecto a los promedios de las distancias generadas, tienen su respectiva comparación, tanto en precisión como en trayecto. (Ver Tabla 27)

Tabla 27. Variable Distancia Punto - Medición (VICENTINA) MobileMapper 10

Pto Conocido - MMapper (m)		Pto Conocido - Corrección (m)	
Media	4.378	Media	1.590
Desviación estándar	0.647	Desviación estándar	0.605
Varianza	0.419	Varianza	0.367
Rango	1.907	Rango	1.847
V. Mínimo	3.332	V. Mínimo	0.527
V. Máximo	5.239	V. Máximo	2.374
Suma	1317.902	Suma	478.795
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

La mejora del promedio de la distancia corregida, con respecto a los datos brutos, generados en la corrección diferencial, es de 2.79 metros.

Prueba Estadística MM10

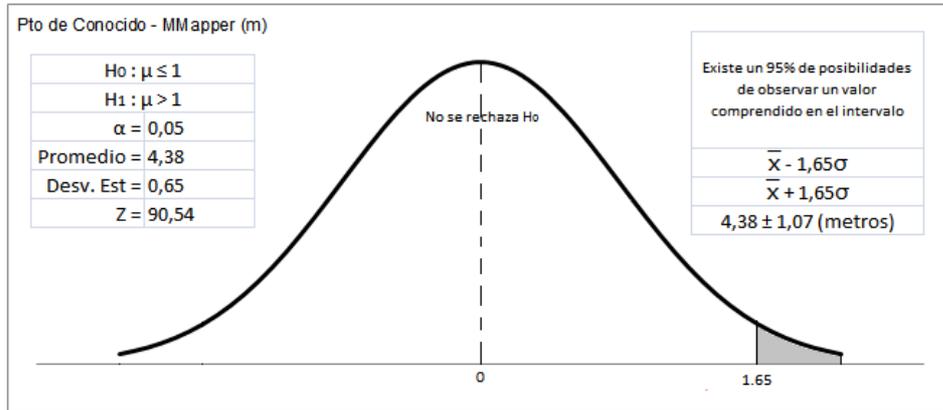


Figura 110. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (VICENTINA MM10)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

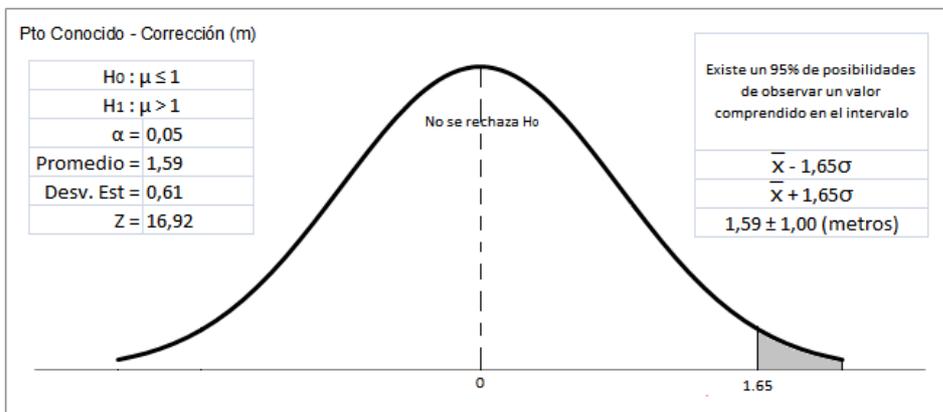


Figura 111. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (VICENTINA MM10 CORREC.)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

El valor de Z de las Figuras 110 y 111, aunque no se encuentran en la zona de no rechazo de H_0 , pueden indicar que la corrección tuvo una mejoría en la variable distancia analizada, dado que el valor de Z de la corrección es menor que el de los datos iniciales.

5.4.6 HOSPITAL DEL SUR (13.10km)

- Tablet

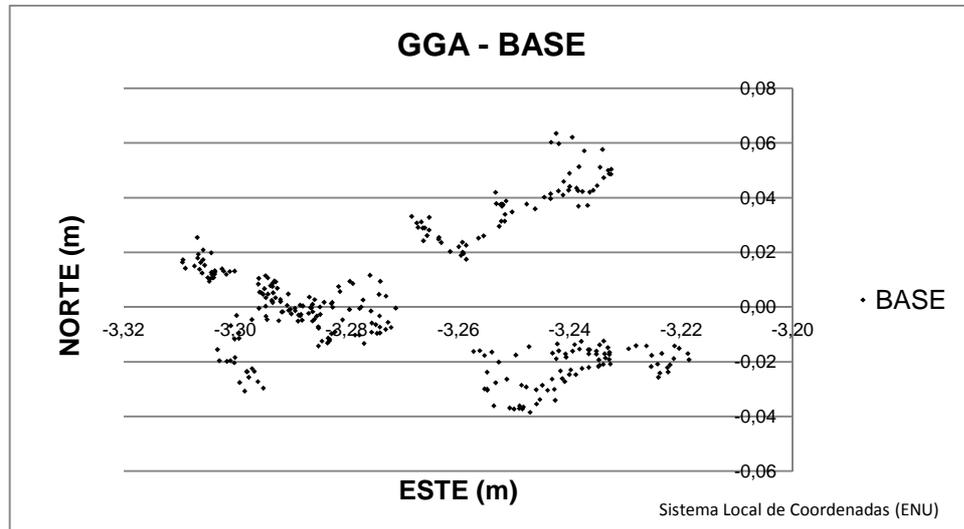


Figura 112. Dispersión horizontal Base – Instante t_1 H. DEL SUR
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

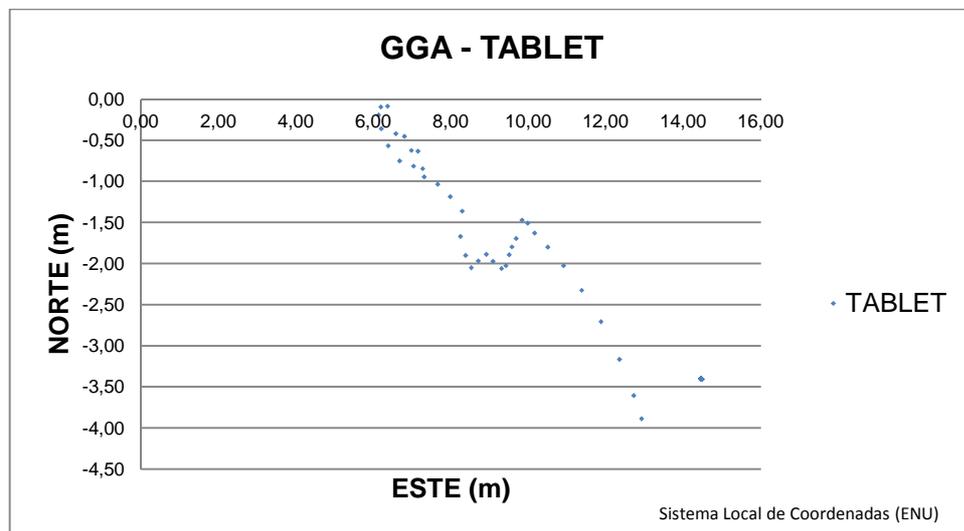


Figura 113. Dispersión horizontal Móvil – Instante t_1 H. DEL SUR
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Las mediciones fueron realizadas en el Hospital del Sur, obtenidas durante 5 minutos en el tiempo UTC 19:46:00 – 19:53:09, durante su posicionamiento se presentaron algunos problemas con la señal del internet y por ende la cobertura celular, por lo que a los datos generados con corrección diferencial fueron alternados con los que no se pudo corregir, de esta forma se extendió el tiempo de rastreo del punto, hasta alcanzar el tiempo establecido con anterioridad.

La dispersión obtenida de los datos de la base, se encuentran en el cuarto cuadrante del plano, la dirección del vector resultante de corrección es OESTE, este vector tiene una predicción que sugiere que la mejora de posición tendría una dirección ESTE. (Ver Figura 114)

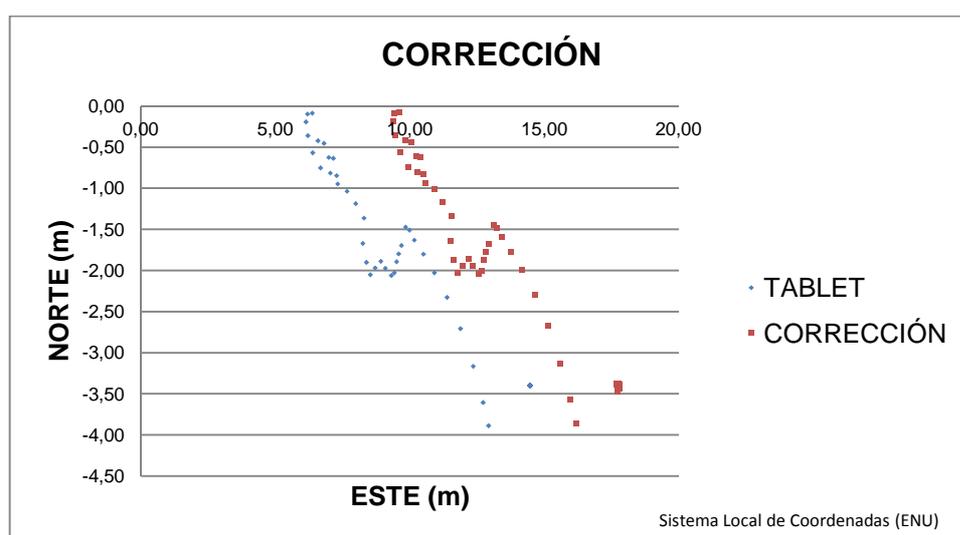


Figura 114. Corrección en horizontal – Instante t_1 H. DEL SUR
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

La gráfica de la corrección, aplicada a los datos generados por la Tablet muestra que los puntos se desplazan en dirección Este, alejándose del centro del plano, que es la realidad son las coordenadas conocidas del punto de control, en este caso la corrección generado por NTRIP no tuvo ninguna mejoría. Los datos estadísticos generados de los promedios de la distancia entre las mediciones y el punto de coordenadas conocidas, corroboran los resultados obtenidos de las gráficas. (Ver Tabla 28)

Tabla 28 Variable Distancia Punto - Medición (H. DEL SUR)
SamsungGalaxyTab2

Pto Conocido - Tablet (m)		Pto Conocido - Corrección (m)	
Media	4.504	Media	7.154
Desviación estándar	1.731	Desviación estándar	1.983
Varianza	2.997	Varianza	3.935
Rango	7.266	Rango	7.678
V. Mínimo	0.222	V. Mínimo	2.551
V. Máximo	7.488	V. Máximo	10.229
Suma	1355.637	Suma	2153.459
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Con los datos estadísticos de las distancias alcanzadas con datos brutos y corrección, se puede concluir que en este caso no hubo un acercamiento hacia las coordenadas conocidas, los puntos se desplazan lejos del objetivo central, empeora la posición y los puntos corregidos tienen una diferencia de 2.65 metros, el resultado negativo más alto que se ha registrado hasta esta distancia entre los puntos tomados en campo.

• **Prueba Estadística Tablet**

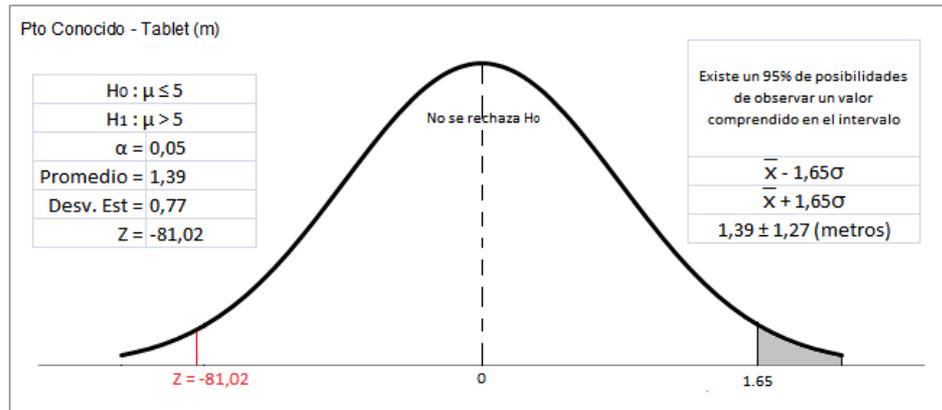


Figura 115. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (HSUR TAB)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

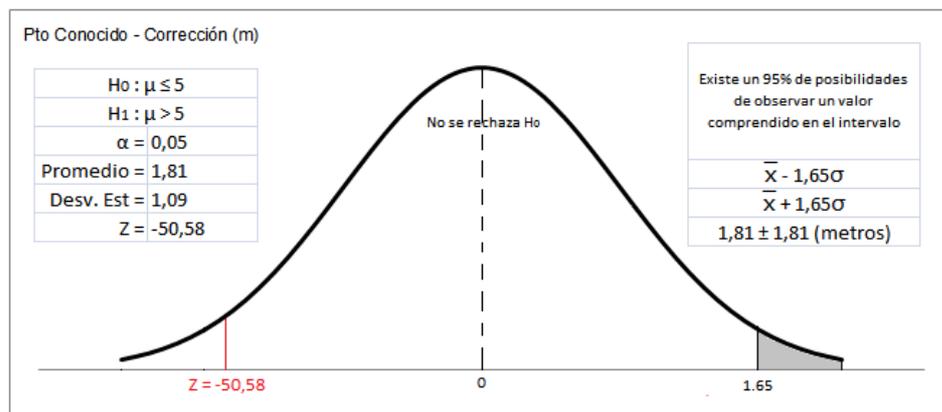


Figura 116. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (HSUR TAB CORREC.)

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Pese a que en las Figuras 115 y 116 los valores de Z se encuentran en la zona de aceptación de H_0 , con una media poblacional de 5m, en la corrección diferencial aplicada, la solución final de la variable distancia empeora con respecto a los valores iniciales, ya que el valor de Z de la corrección es más alto que en la Figura 115.

- **MobileMapper 10**

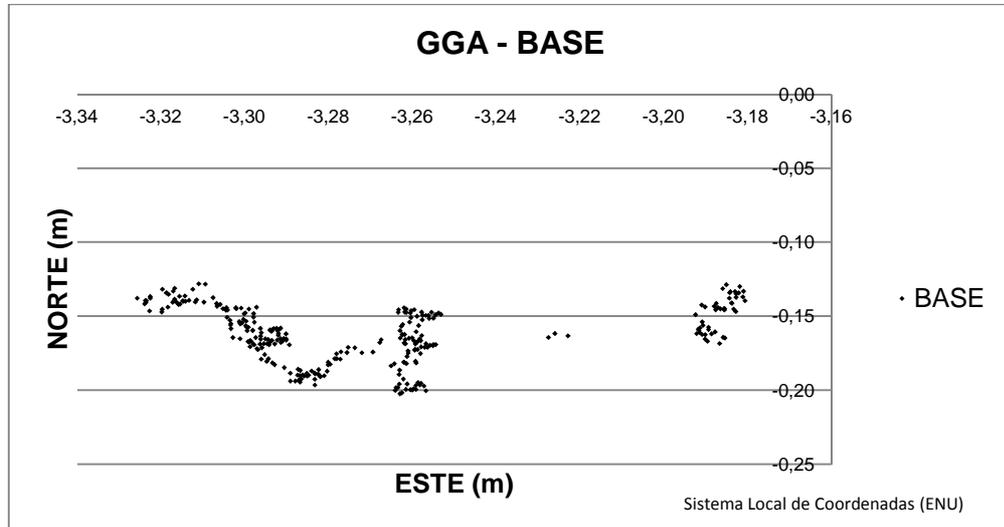


Figura 117. Dispersión horizontal Base – Instante t_2 H. DEL SUR
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

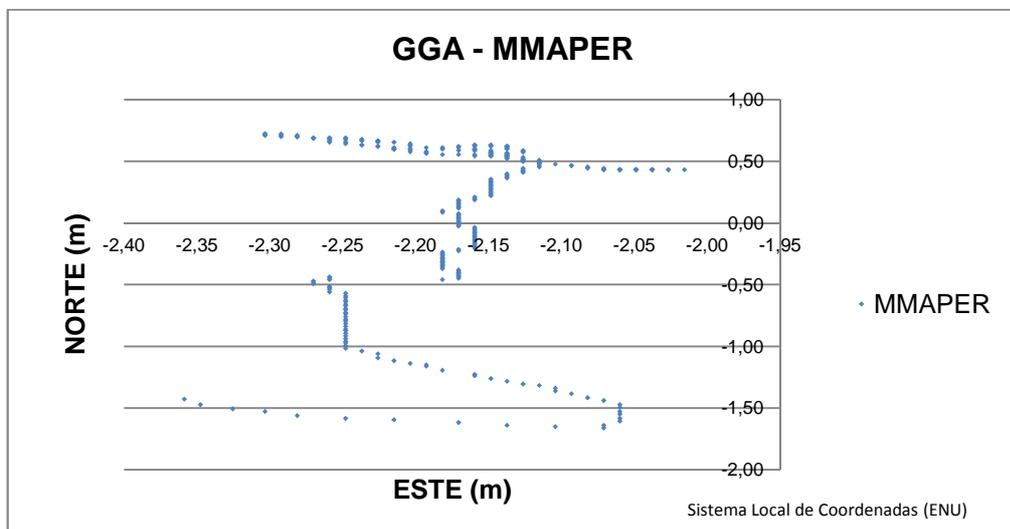


Figura 118. Dispersión horizontal Móvil – Instante t_2 H. DEL SUR
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

En el instante de toma de datos por parte del móvil y la conexión por NTRIP, no se tuvo inconvenientes por la cobertura celular y el internet, en la Figura 117 se puede observar que la dispersión generada por los posiciones que registró la base, se encuentran en el tercer cuadrante del plano, se determina también la dirección del vector corrección que tendría un sentido SO, si ésta es aplicada a los datos brutos para obtener una corrección, (Ver Figura 119), se deduce que estos puntos se desplazarían en dirección NE, además la información generada por el móvil muestra una dispersión normal y una distancia mayor a dos metros.

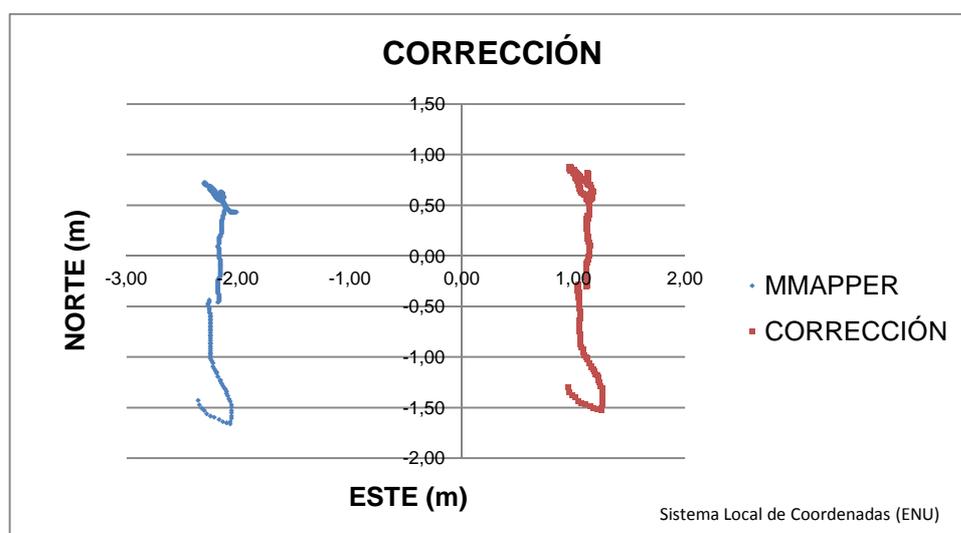


Figura 119. Corrección en horizontal – Instante t₂ H.DEL SUR
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Según la Figura 119, los puntos corregidos se acercan hacia las coordenadas conocidas, además se puede observar que la dirección o sentido en que se mueven los puntos de corrección es NE, lo que supone

además que la distancia entre el punto conocido y sus mediciones comparadas con las correcciones, mejoran, acercándose al punto.

Los Resultados estadísticos son comparados para corroborar la gráfica anteriormente descrita, en donde la precisión y distancia entre puntos mejora con respecto a los datos brutos. (Ver Tabla 29)

Tabla 29. Variable Distancia Punto - Medición (H. DEL SUR) MobileMapper 10

Pto de Conocido - MMapper (m)		Pto Conocido - Corrección (m)	
Media	2.283	Media	1.307
Desviación estándar	0.145	Desviación estándar	0.180
Varianza	0.021	Varianza	0.032
Rango	0.709	Rango	0.892
V. Mínimo	2.061	V. Mínimo	1.077
V. Máximo	2.771	V. Máximo	1.970
Suma	687.304	Suma	393.481
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Los resultados obtenidos en la gráfica y en la mediciones muestran que las correcciones que se aplicaron a los datos brutos, mejoran las posiciones, comparando las distancias obtenidas entre coordenadas conocidas con las mediciones y correcciones se pudo determinar que la solución final se acerca al punto físico con una distancia de 0.98 metros.

Prueba Estadística MM10

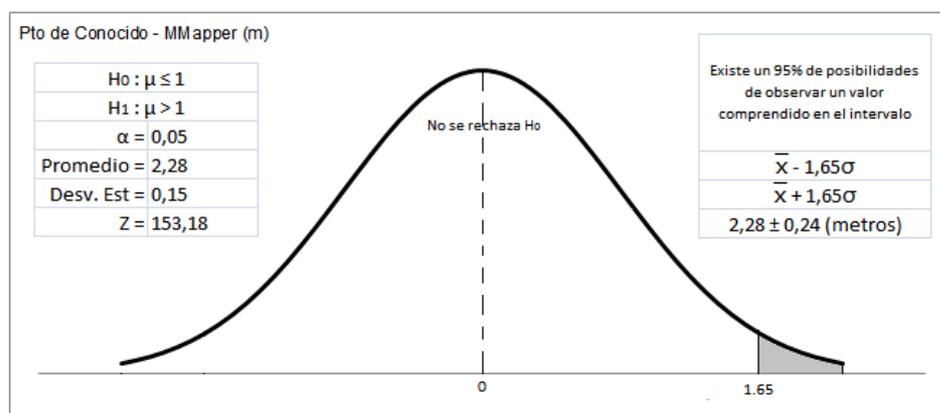


Figura 120. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (HSUR MM10)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

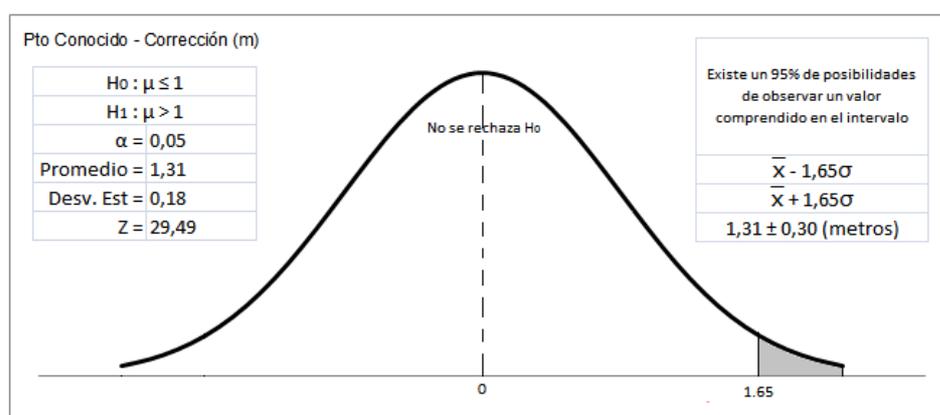


Figura 121. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (HSUR MM10 CORREC.)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Aunque los valores de Z de las Figuras 120 y 121 no se ubicaron en la zona de aceptación de H_0 , con una media poblacional de 1m, se puede deducir que los valores de Z de la corrección, han mejorado los datos iniciales del Mobile Mapper, dado que este indicador es más pequeño que el de los valores sin corrección.

5.4.7 PIFO PE 18483 – Y (16km)

- Tablet

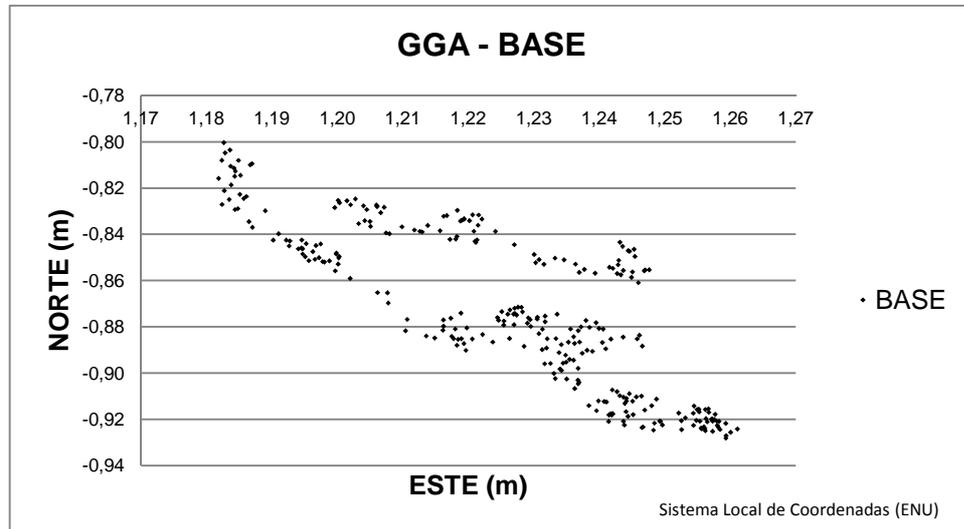


Figura 122. Dispersión horizontal Base – Instante t_1 PE 18483 – Y
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

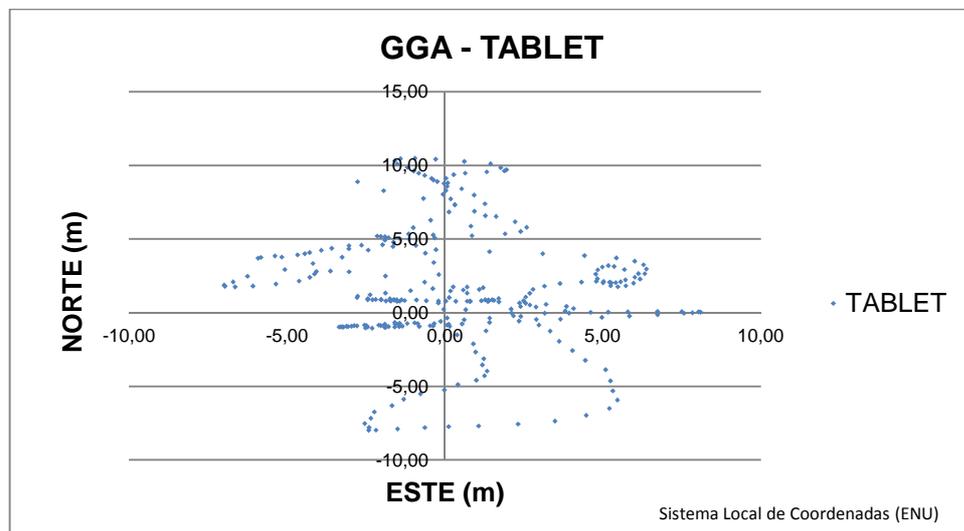


Figura 123. Dispersión horizontal Móvil – Instante t_1 PE 18483 – Y
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

La obtención de datos en este punto fue realizado durante 5 minutos, este posicionamiento fue realizado en el tiempo UTC 13:26:00 – 13:31:00, en este lapso de tiempo no se presentaron problemas con la cobertura de la señal celular y del internet, en el lugar y punto de medición no existían obstrucciones por lo que las mediciones no deberían tener mayor error en horizontal.

Los resultados de los datos de dispersión, representados en la Figura 122, muestran que los puntos descargados en el receptor móvil se encuentran en el cuarto cuadrante del plano, la dirección o sentido del vector resultante de corrección es SE, con esto la predicción indica que los datos brutos se desplazaran en dirección NO. (Ver Figura 124)

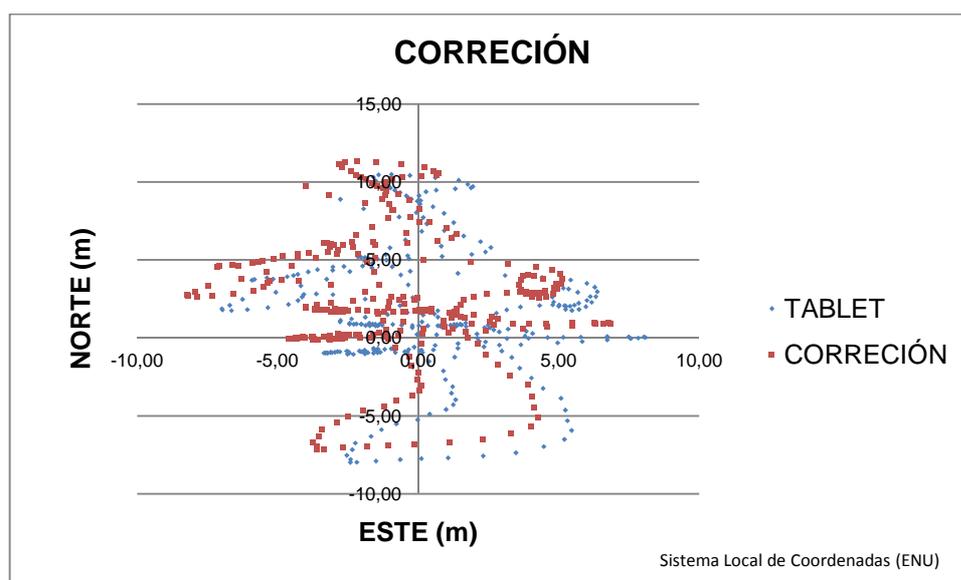


Figura 124. Corrección en horizontal – Instante t_1 PE 18483 – Y
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

La solución final de los datos de corrección aplicada a los datos de la Tablet, determina que los puntos se desplazan en dirección NO, como se puede observar en la Figura 124, de esta manera el resultado final se aleja de las coordenadas conocidas o centro del plano.

Los datos estadísticos generados de la solución de datos brutos y las correcciones aplicadas a las mediciones, genera información de distancias reales en donde se puede establecer que tanto empeora la medición. (Ver Tabla 30)

Tabla 30. Variable Distancia Punto - Medición (PE 18483 – Y)
SamsungGalaxyTab2

Pto Conocido - Tablet (m)		Pto Conocido - Corrección (m)	
Media	4.639	Media	5.041
Desviación estándar	2.672	Desviación estándar	2.724
Varianza	7.141	Varianza	7.425
Rango	10.322	Rango	11.299
V. Mínimo	0.227	V. Mínimo	0.305
V. Máximo	10.550	V. Máximo	11.604
Suma	1396.48	Suma	1517.481
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Obtenidos los resultados estadísticos de distancia entre punto y mediciones, sugiere que la solución final no mejora y más bien se aleja de la posición con datos brutos en 0.40 metros.

Prueba Estadística Tablet

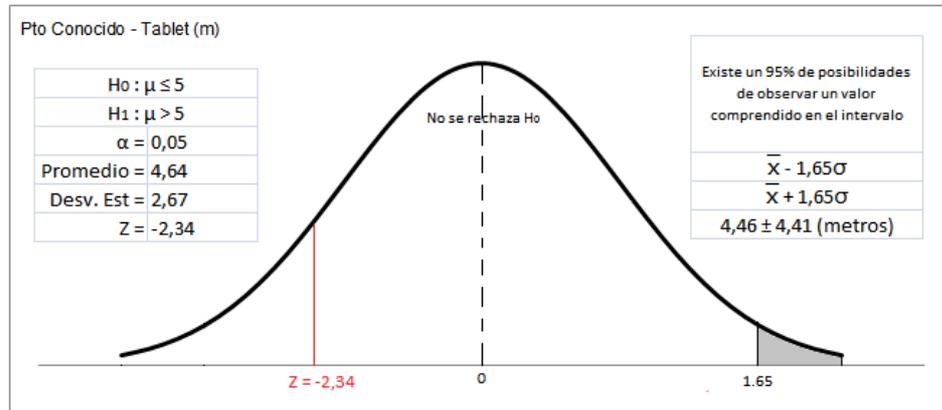


Figura 125. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 18483-Y TAB)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

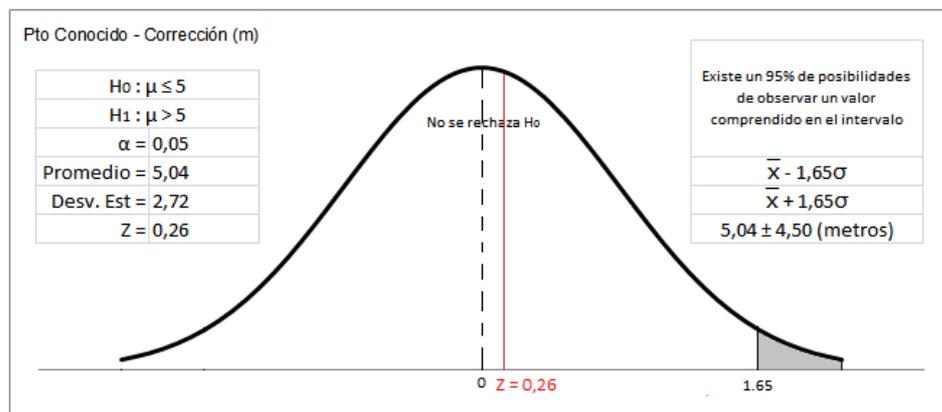


Figura 126. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 18483-Y TAB CORREC.)

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Los valores de Z en las Figuras 125 y 126, se encuentra en el área de aceptación de H_0 , con una media poblacional de 5m, pese a esto el valor de Z en la corrección es más alto que el de los datos iniciales, con lo que se puede deducir que la variable distancia no mejora con los datos de corrección.

- **MobileMapper 10**

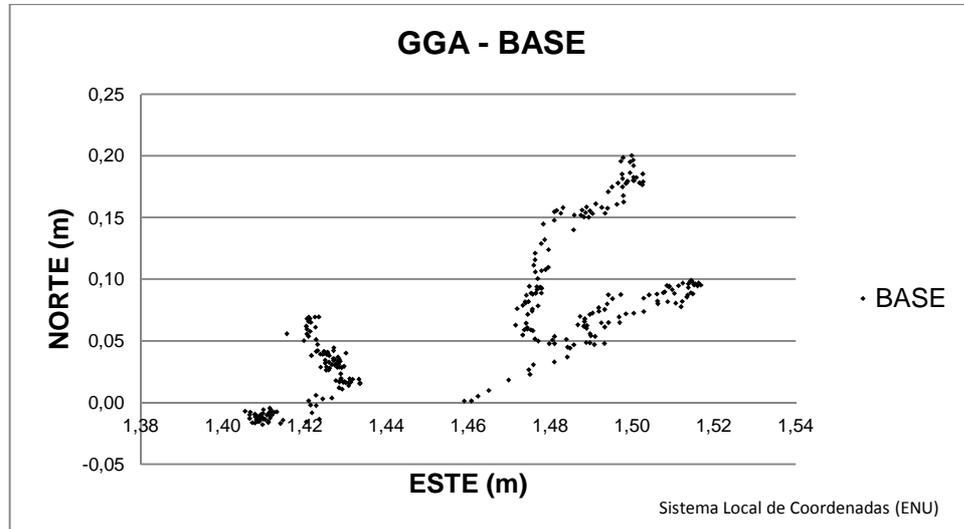


Figura 127. Dispersión horizontal Base – Instante t_2 PE 18483 – Y
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

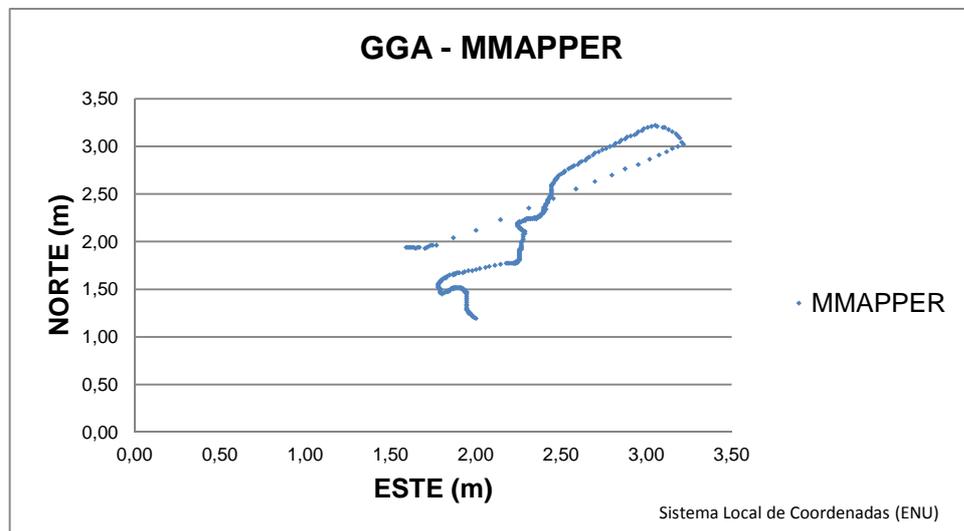


Figura 128. Dispersión horizontal Móvil – Instante t_2 PE 18483 – Y
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Las mediciones realizadas durante 5 minutos en este punto de control horizontal, con MobileMapper, se dieron sin problemas con la cobertura celular y la señal de internet.

Las gráficas de las sentencias NMEA obtenidas de las descargas de información, hacen referencia a que los puntos de control horizontal generados por el receptor móvil, tienen una dispersión normal, se puede interpretar gráficamente la información, así se observa en la Figura 127 que los puntos tomados se encuentran en el primer cuadrante y su dirección con respecto al centro del plano, es NE, lo que indica que el desplazamiento de los datos brutos irán en sentido SO. (Ver Figura 129)

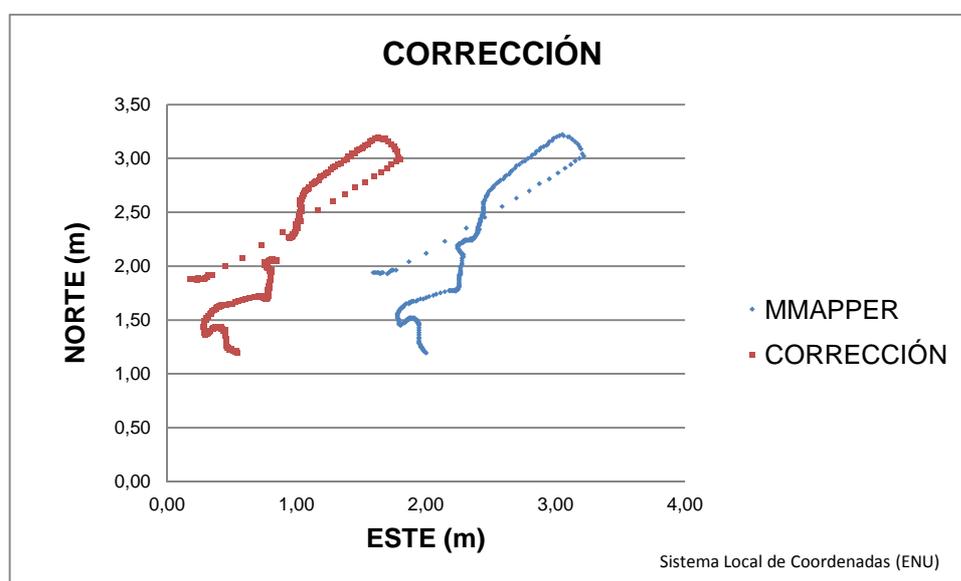


Figura 129. Corrección en horizontal – Instante t_2 PE 18483 – Y
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

El sentido de la dirección generada por la corrección, partiendo de los datos brutos obtenidos del receptor móvil, es SO, por lo tanto la solución final obtenida de los datos de corrección, puede observarse gráficamente, que se acerca hacia las coordenadas conocidas o centro del plano, por lo tanto las distancias obtenidas entre el punto y las correcciones, mejora, con respecto a los datos brutos.

En el análisis de los datos brutos y su corrección, las distancias reales y las precisiones que se obtuvieron en los dos casos, son comparadas para determinar si la corrección diferencial corrobora la información gráfica de la Figura 129. (Ver Tabla 31)

Tabla 31. Variable Distancia Punto - Medición (PE 18483 – Y) MobileMapper 10

Pto Conocido - MMapper (m)		Pto Conocido - Corrección (m)	
Media	3.101	Media	2.215
Desviación estándar	0.617	Desviación estándar	0.651
Varianza	0.381	Varianza	0.423
Rango	2.148	Rango	2.282
V. Mínimo	2.311	V. Mínimo	1.318
V. Máximo	4.459	V. Máximo	3.601
Suma	933.517	Suma	667.005
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

La mejoría de la distancia corregida, con respecto a los datos brutos, generados en la corrección diferencial es de 0,89 metros.

• **Prueba Estadística MM10**

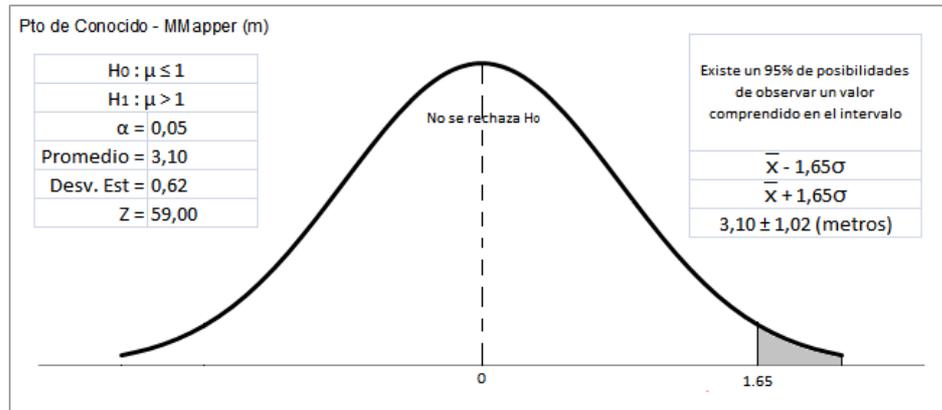


Figura 130. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 18483-Y MM10)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

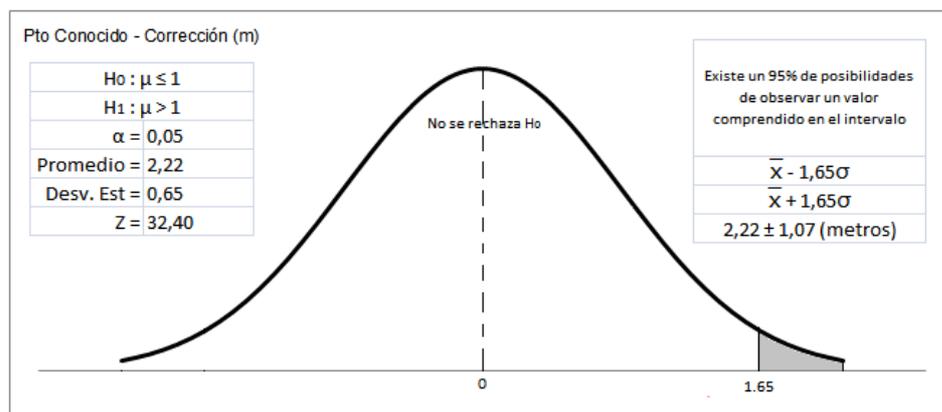


Figura 131. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 18483-Y MM10 CORREC.)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

El valor de Z que se observa en la Figuras 130 y 131, no se encuentran en la zona de aceptación de la H_0 , con una media poblacional de 1m, sin embargo se puede deducir de estos valores, que la variable distancia de la corrección mejoró con respecto a los datos iniciales del MM10, esto porque el valor de Z en la corrección es menor que en la Figura 131.

5.4.8 LLOA (17.20km)

El este punto de control horizontal, no se pudo obtener información de corrección enviado por internet, NTRIP, la zona no tenía cobertura celular además de estar ubicada junto a una obstrucción construida de cemento lo cual hubiese dado mayor error de posicionamiento.

5.4.9 CEMEXPO PE 16943 – Y (31.10km)

- Tablet

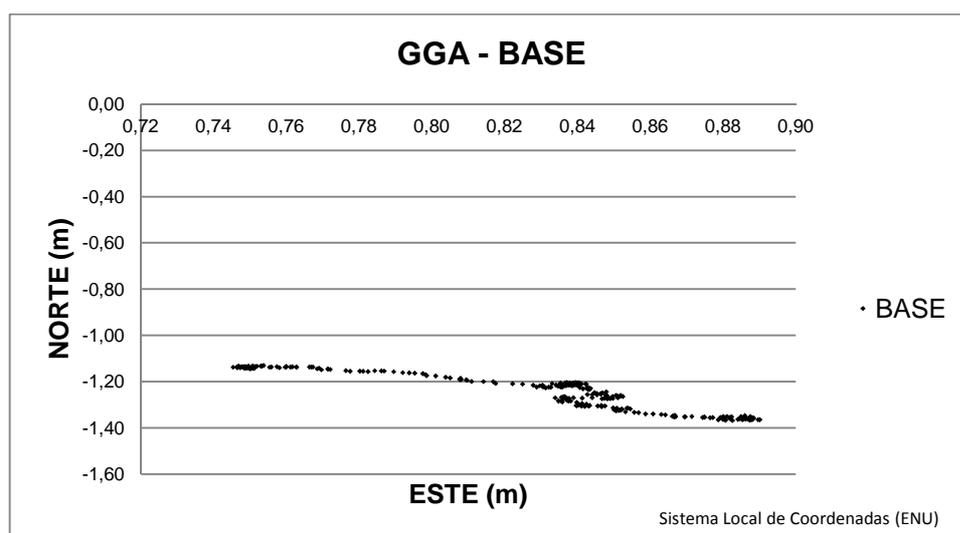


Figura 132. Dispersión horizontal Base – Instante t_1 PE 16943 – Y
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

El posicionamiento en el punto ubicado en CEMEXPO, fue realizado durante 5 minutos, en el lapso de tiempo UTC 12:11:50 – 12:16:50, durante la descarga de información, no se tuvo ningún problema con la cobertura celular y por ende la señal del internet.

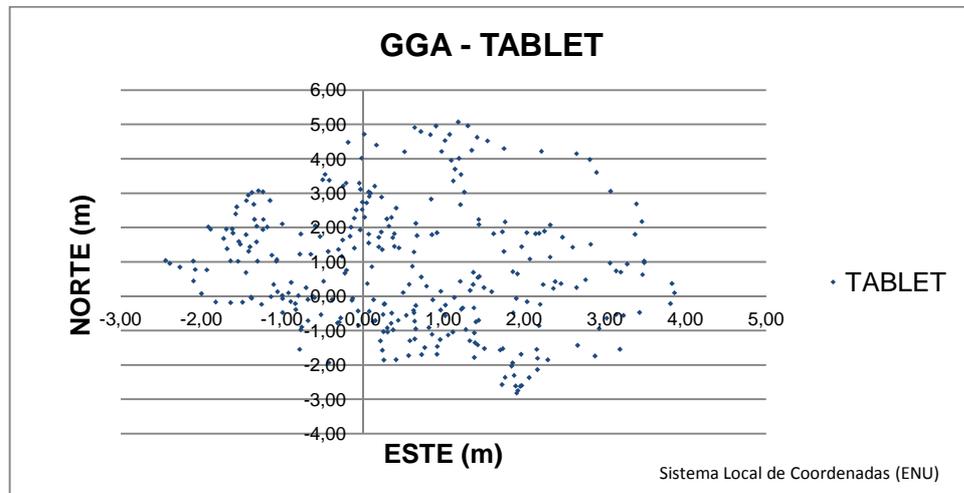


Figura 133. Dispersión horizontal Móvil – Instante $t1$ PE 16943 – Y
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

La dispersión obtenida se encuentra en el cuarto cuadrante del plano, la dirección del vector resultante es SE, se puede predecir que el desplazamiento de la corrección correspondería a un sentido NO. (Ver Figura 134)

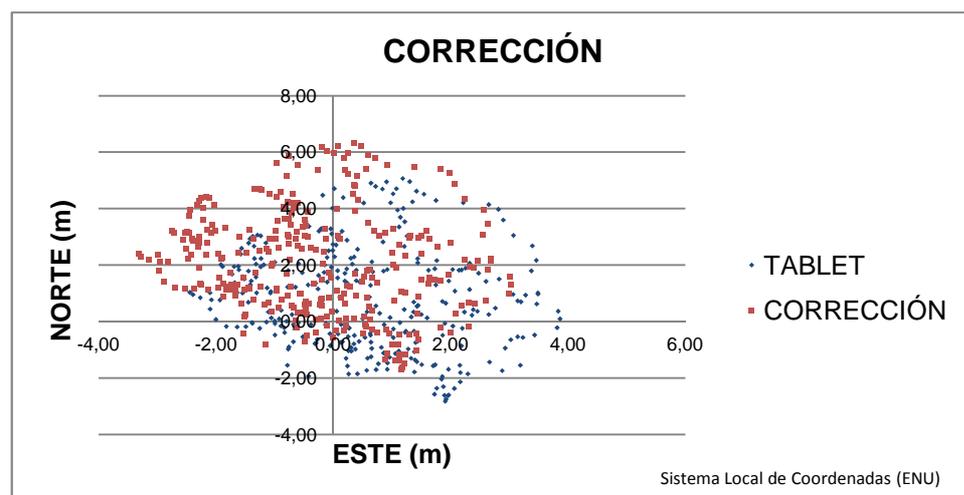


Figura 134. Corrección en horizontal – Instante $t1$ PE 16943 – Y
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

La gráfica de la corrección, aplicada a los datos generados por el receptor base muestra que los puntos se desplazan en dirección NO, si se toma de referencia a los datos brutos, con esta corrección las coordenadas se alejan del centro del plano, no ay mejoría y por el contrario la distancia al centro se hace más grande.

Los datos estadísticos generados de los promedios de la distancia entre las mediciones y el punto de coordenadas conocidas, corroboran los resultados obtenidos en las gráficas. (Ver Tabla 32)

Tabla 32. Variable Distancia Punto - Medición (PE 16943 – Y)
SamsungGalaxyTab2

Pto Conocido - Tablet (m)		Pto Conocido - Corrección (m)	
Media	2.241	Media	2.741
Desviación estándar	1.153	Desviación estándar	1.521
Varianza	1.331	Varianza	2.313
Rango	5.069	Rango	6.252
V. Mínimo	0.139	V. Mínimo	0.100
V. Máximo	5.208	V. Máximo	6.352
Suma	674.576	Suma	825.239
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Con los datos estadísticos de las distancias alcanzadas tanto en medición con datos bruto como en correcciones, se demuestra que no existe mejoramiento, por el contrario, esta distancia se hace mas grande, teniendo una diferencia de 0.50 metros el uno del otro.

• **Prueba Estadística Tablet**

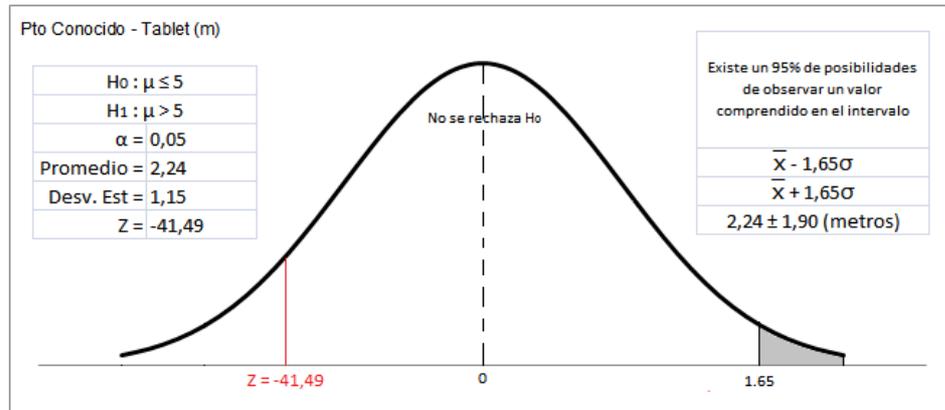


Figura 135. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 16943-Y TAB)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

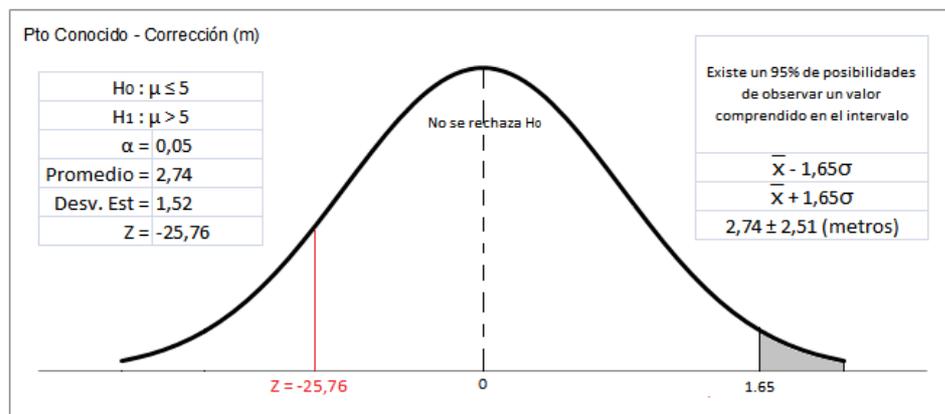


Figura 136. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 16943-Y TAB CORREC.)

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Pese a que los valores de Z en las Figuras 135 y 136 se encuentran en el área de aceptación con una media poblacional de 5m, el valor de Z en la corrección es mayor que en los datos iniciales, con ello se deduce que no ha existido una mejoría con la aplicación de las componentes de corrección.

- **MobileMapper 10**

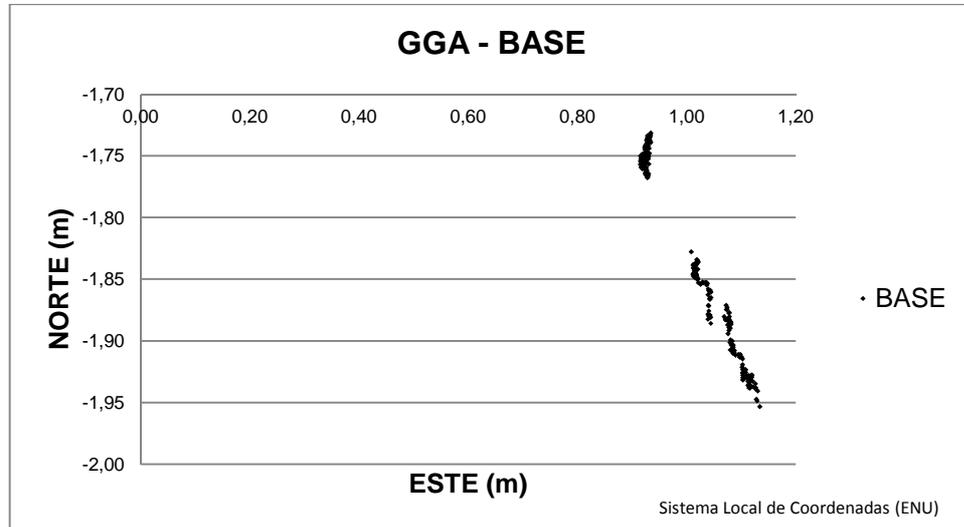


Figura 137. Dispersión horizontal Base – Instante t_2 PE 16943 – Y
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

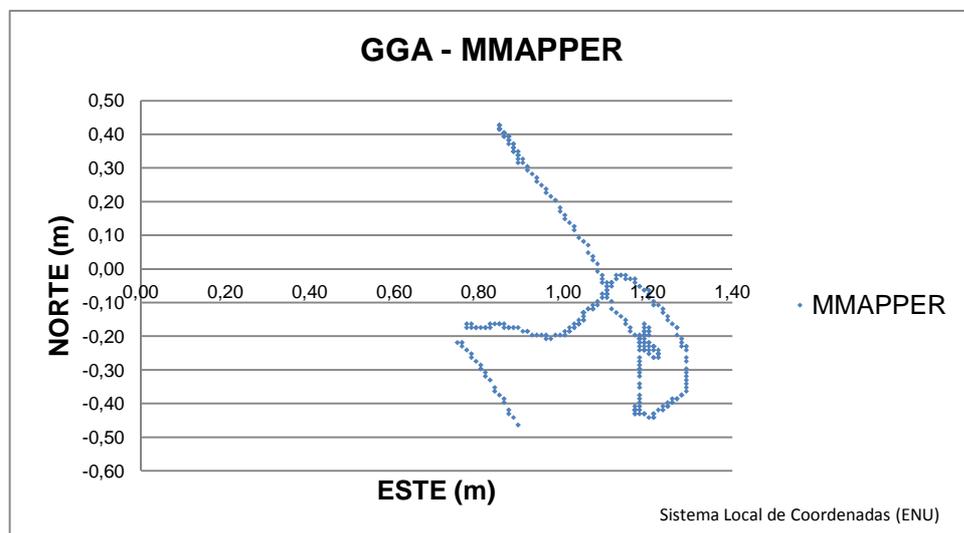


Figura 138. Dispersión horizontal Móvil – Instante t_2 PE 16943 – Y
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

En el instante de la recepción de información y correcciones por NTRIP, no se tuvo problemas con las conexiones inalámbricas y la cobertura celular, en la Figura 137, se puede observar la dispersión generada por los datos de la base, los cuales se ubican en el cuarto cuadrante, la misma que se encuentra en una dirección SE, si este vector corrección se lo aplica a los datos brutos generados por el receptor base, se puede predecir que la dirección del desplazamiento de la corrección tendría un sentido NO, alejándose de las coordenadas conocidas. (Ver Figura 139)

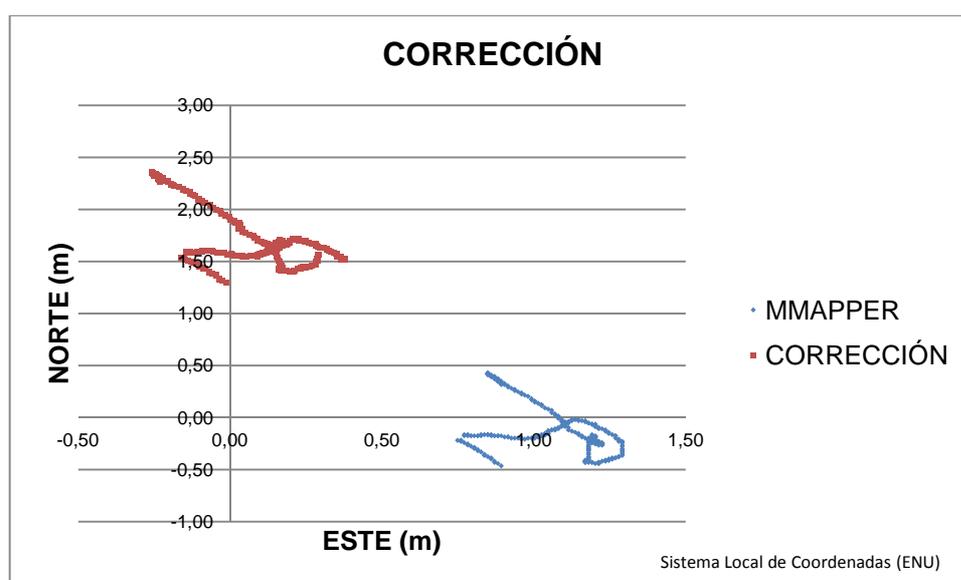


Figura 139. Corrección en horizontal – Instante t_2 PE 16943 – Y
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Según la representación de la Figura 139, los resultados obtenidos de la corrección no se acercan a las coordenadas conocidas, también se puede

deducir que el desplazamiento tiene la dirección NO, como hubiese sido anteriormente interpretado.

Los resultados estadísticos son comparados para corroborar la gráfica descrita en líneas anteriores, en donde la distancia entre el punto físico y las correcciones no mejora, del mismo modo la dispersión de los datos aumenta con respecto a los datos brutos. (Ver Tabla 33)

Tabla 33. Variable Distancia Punto - Medición (PE 16943 – Y)
MobileMapper 10

Pto Conocido - MMapper (m)		Pto Conocido - Corrección (m)	
Media	1.096	Media	1.723
Desviación estándar	0.152	Desviación estándar	0.279
Varianza	0.022	Varianza	0.077
Rango	0.561	Rango	1.083
V. Mínimo	0.779	V. Mínimo	1.293
V. Máximo	1.341	V. Máximo	2.377
Suma	330.135	Suma	518.727
Conteo	301	Conteo	301

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Por la distancia a la que se encuentra la base del móvil, casi 30km, se deduce que la aplicación de la Correcciones diferenciales, no tendrá efecto, dado que las condiciones de satélites y errores no son los mismos, por lo tanto no debería haber mejoría, conclusión que se verifica al alejarse la corrección de los datos brutos en 0.63 metros.

• **Prueba Estadística MM10**

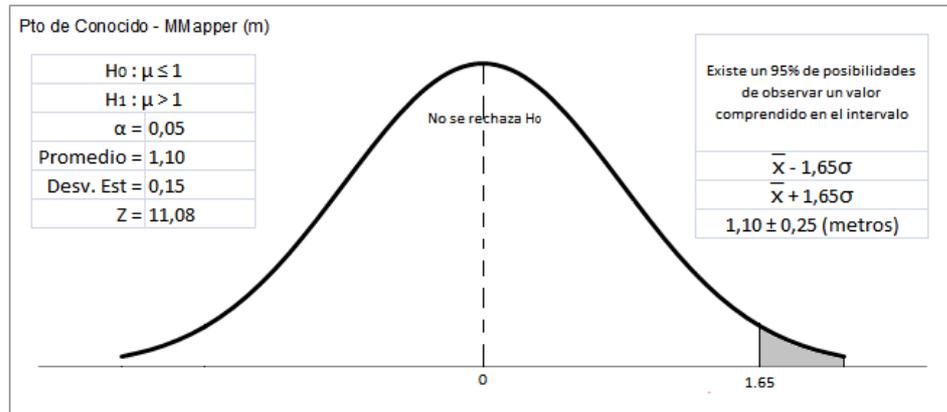


Figura 140. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 16943-Y MM10)
Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

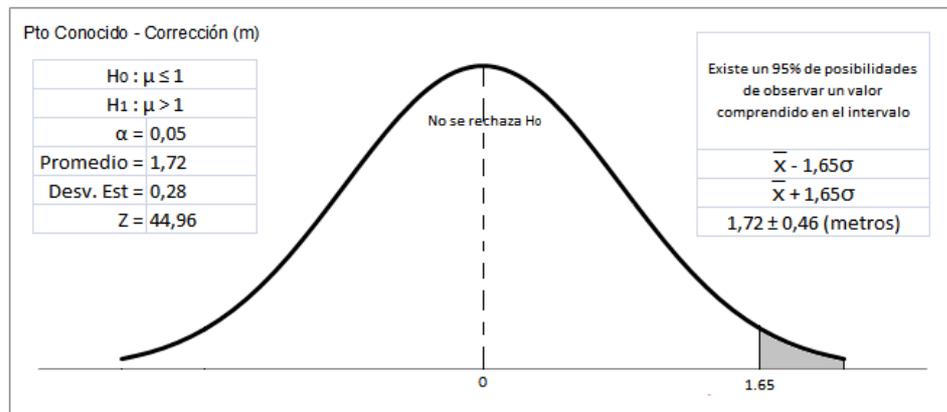


Figura 141. Prueba Z e intervalo de confianza al 95% (PE 16943-Y MM10 CORREC.)

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Los valores de Z de las Figuras 140 y 141 están fuera del valor crítico 1.65, con esta prueba se demostró que no hubo mejoría en la corrección, dado que el valor de Z en la Figura 141 es mayor que en los datos iniciales.

5.5 RESUMEN DE RESULTADOS

5.5.1 Variable Distancia en Mediciones TABLET

Se analiza las distancias entre mojón con mediciones y sus correcciones.

Tabla 34. Análisis de Variable Distancia obtenidas en Mediciones TABLET

DISTANCIAS PTO CONOCIDO - TABLET					
EQUIPO	Promedio (m)	Desviación Estándar	Valor Máximo (m)	Valor Mínimo (m)	Diferencia (>0 mejora ; <0 empeora) (m)
CANCHA 0.21km					
TABLET	5.152	2.484	10.962	0.988	0.159
CORRECCIÓN	4.993	2.443	10.778	1.168	
CIE04 0.46km					
TABLET	5.187	3.292	14.823	0.288	-0.200
CORRECCIÓN	5.387	3.626	16.674	0.054	
SANTA ROSA 2.4km					
TABLET	6.983	1.417	9.259	3.280	-0.855
CORRECCIÓN	7.838	1.462	10.310	4.129	
MIRAVALLE 8.5km					
TABLET	4.531	3.458	14.795	0.219	-0.483
CORRECCIÓN	5.015	3.520	15.684	0.409	
VICENTINA 11.86km					
TABLET	4.464	1.099	6.396	1.762	2.879
CORRECCIÓN	1.585	0.694	3.097	0.095	
HOSPITAL DEL SUR 13.1km					
TABLET	4.503	1.731	7.488	0.222	-2.650
CORRECCIÓN	7.154	1.983	10.229	2.551	
PIFO 16km					
TABLET	4.639	2.672	10.550	0.227	-0.402
CORRECCIÓN	5.041	2.725	11.604	0.305	
CEMEXPO 31.1km					
TABLET	2.241	1.153	5.209	0.139	-0.500
CORRECCIÓN	2.741	1.521	6.352	0.100	

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

5.5.2 Variable Distancia en Mediciones MM10

En este resumen de resultados se comparan las distancias obtenidas en el móvil, en relación mojón con las mediciones y sus correcciones, en donde se puede observar si hay una mejoría con las correcciones.

Tabla 35. Análisis de Variable Distancia obtenidas en Mediciones MM10

DISTANCIAS PTO CONOCIDO - MOBILE MAPPER 10					
EQUIPO	Promedio	Desviación Estándar	Valor Máximo	Valor Mínimo	Diferencia (>0 mejora ; <0 empeora)
CANCHA 0.21km					
MM10	0.797	0.290	1.320	0.455	0.237
CORRECCIÓN	0.559	0.345	1.165	0.145	
CIE04 0.46km					
MM10	1.595	0.439	2.372	0.894	0.643
CORRECCIÓN	0.951	0.253	1.311	0.321	
SANTA ROSA 2.5km					
MM10	1.997	0.189	2.378	1.763	0.317
CORRECCIÓN	1.679	0.301	2.044	1.147	
MIRAVALLE 8.5km					
MM10	2.242	0.329	2.759	1.568	-0.937
CORRECCIÓN	3.180	0.271	3.660	2.640	
VICENTINA 11.86km					
MM10	4.378	0.647	5.239	3.331	2.787
CORRECCIÓN	1.590	0.605	2.374	0.527	
HOSPITAL DEL SUR 13.2km					
MM10	2.283	0.145	2.771	2.061	0.976
CORRECCIÓN	1.307	0.180	1.970	1.077	
PIFO 16km					
MM10	3.101	0.617	4.459	2.311	0.885
CORRECCIÓN	2.216	0.651	3.601	1.318	
CEMEXPO 31.1km					
MM10	1.096	0.151	1.340	0.779	-0.626
CORRECCIÓN	1.723	0.279	2.377	1.293	

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

5.5.3 Promedio de Coordenadas Finales

Tabla 36. Promedio de solución de coordenadas Finales TABLET

Promedios de Solución de Coordenadas Finales TABLET					
Punto de Control	Distancia Base – Móvil (km)	Sistema Local de Coordenadas			Distancia Punto de Control - Coordenada Final (m)
		NORTE (m)	ESTE (m)	UP (m)	
CANCHA ESPE	0.28	1,835	-3,332	-3,225	3,804
CIE 04	0.47	-2,403	0,002	-1,753	2,403
SANTA ROSA	2.40	0,981	1,647	-3,267	1,917
MIRAVALLE	8.50	-1,623	2,513	4,784	2,991
VICENTINA	11.86	-0,893	-0,172	-6,449	0,909
H. DEL SUR	13.10	0,750	-1,179	-0,779	1,397
PE 18483 - Y	16.00	-0,843	2,520	3,314	2,657
PE 16943 - Y	31.10	-0,270	2,091	-1,964	2,109

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

Tabla 37. Promedio de solución de coordenadas Finales MM10

Promedios de Solución de Coordenadas Finales MM10					
Punto de Control	Distancia Base – Móvil (km)	Sistema Local de Coordenadas			Distancia Punto de Control - Coordenada Final (m)
		NORTE (m)	ESTE (m)	UP (m)	
CANCHA ESPE	0.28	0,462	0,145	0,766	0,484
CIE 04	0.47	-0,739	-0,110	-9,758	0,747
SANTA ROSA	2.40	-1,258	-1,090	6,739	1,665
MIRAVALLE	8.50	-2,192	2,291	6,737	3,171
VICENTINA	11.86	-1,278	0,884	0,563	1,554
H. DEL SUR	13.10	1,096	0,183	3,282	1,111
PE 18483 - Y	16.00	0,805	2,055	5,629	2,207
PE 16943 - Y	31.10	0,065	1,713	2,479	1,715

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

5.5.4 Distancias con diferentes Métodos de Medición

- **Resultados con Navegación, NTRIP, DGPS**

Tabla 38. Distancias Navegación, NTRIP y DGPS

RESULTADOS TOTALES			
Distancias (m)			
PUNTO	CORRECCIÓN TABLET	CORRECCIÓN MM10	DGPS
CANCHA ESPE	3,804	0,484	0.584
CIE04	2,403	0,747	1.657
SANTA ROSA	1,917	1,665	2.346
MIRAVALLE	2,991	3,171	1.082
VICENTINA	0,909	1,554	3.952
H del SUR	1,397	1,111	1.142
PE 18483 - Y	2,657	2,207	3.853
PE 16943 - Y	2,109	1,715	0.988

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

- **NTRIP vs DGPS**

Según la solución final obtenida del método NTRIP, los resultados, en su mayoría, son mejores que los del DGPS. (Ver Tabla 39)

Tabla 39. NTRIP vs DGPS

Punto	NTRIP	DGPS
Cancha ESPE	✓	-
CIE04	✓	-
SANTA ROSA	✓	-
MIRAVALLE	-	✓
VICENTINA	✓	-
PANECILLO	✓	-
H del SUR	✓	-
PE 18483 - Y	✓	-
PE 16943 - Y	-	✓

Fuente: Elaborado por Oscar Silva (Autor de Tesis)

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

La información de posicionamiento que presentan los sistemas operativos de los teléfonos inteligentes ANDRIOD, son las sentencias NMEA, que solo ofrece información de hora UTC, Latitud, Longitud y altura elipsoidal, en el caso del MobileMapper 10, ni siquiera esta información se pudo descargar, por lo que se necesitó los datos almacenados en su sistema grabados en archivos .dxf, los cuales ofrecían al usuario datos de posicionamiento sin una época de referencia en la toma de información, por ende mucho más complicado para sincronizar la corrección enviada por el caster, por lo que se utilizó una aplicación extra en donde se describe la hora UTC la cual estaba sincronizada con las estación base GNSS.

Las sentencias NMEA descargadas desde los móviles, no ofrecen los suficientes datos técnicos, como pseudodistancia y dado que los mensajes RTCM contienen correcciones diferenciales de pseudodistancia en tiempo real, no se pudo estructurar en la aplicación una corrección diferencial por distancia, dejando como alternativa, hacer una corrección diferencial por posición.

La corrección diferencial que se utilizó en el presente estudio, por posición, tienen las limitantes de distancia base - móvil, pues a medida que el móvil se aleja de la base, los errores que afectan a las observaciones del receptor móvil difieren de los errores que afectan a las observaciones de la estación base, en este proyecto los mejores resultados se obtuvieron en un radio de 20 km con base en la estación GNSS, fuera de esta longitud los resultados empeoraron en exactitud.

Con el fin de analizar el consumo del paquete de datos se pudo demostrar que la descarga de información por medio del internet, requiere un costo extra, los gastos generados en el presente proyecto se dedujeron por la velocidad de descarga, un plan de datos activo para internet y una conexión HSPA, con lo que en una medición de aproximadamente 10 horas, se descargó, en termino de capacidad de almacenamiento, 5.86 MB desde el Caster, el tiempo máximo de rastreo que se hizo, con el fin de representar cómo se comporta la descarga de información, fue de 22 horas, en donde se ocupó un espacio en la memoria del equipo de 11 MB, aproximadamente.

En la utilización de NTRIP, como medio de corrección, se produjeron interrupciones por pérdida de señal, las cuales afectaron algunas de las mediciones en tiempo real, existen saltos de tiempo no constantes de 10, 20 y 30 segundos, que generaron un hueco de información, en donde no se

pudo corregir y la resultante final fue la misma coordenada que marcó el móvil en ese instante, la cual no tuvo ninguna modificación por corrección.

Para que el método de corrección diferencial por posición sea aplicado de la mejor forma técnica, se debe utilizar únicamente la navegación por satélites GPS, dado que los teléfonos inteligentes móviles tienen varias opciones para calcular la posición como son las redes y antenas de telefonía celular y la otra por medio de GOOGLE Maps que triangula las coordenadas por medio del internet, si estas tres opciones son activadas, se produce una respuesta mucho más rápida pero una solución de posición con un mayor error, los móviles utilizados registraban una precisión entre 15 y 30 metros en solución instantánea en horizontal, este dato se reducía drásticamente a valores entre 5 y 10 con el uso estricto de satélites GPS.

Las gráficas analizadas en el Capítulo V, en un sistema Local de Coordenadas, han podido determinar que la dispersión de puntos generada en la estación base, comparada con la dispersión generada en el móvil, ambas de descargas NMEA, deben tener la misma tendencia para que exista una corrección, es decir, mientras en la base se marque una posición, por ejemplo, en el primer cuadrante y el móvil lo hiciera igualmente, se corrige la posición; argumento lógico pues al estar ubicado en una línea base de un bajo rango, los mismos satélites, errores y condiciones son contenidos por los dos equipos; esto se dio en el Mobile Mapper 10,

obteniendo así los mejores resultados en los puntos de control horizontal, caso que no se repitió en la Tablet otorgando así malos resultados obtenidos de la corrección.

Se utilizaron dos equipos navegadores, con el fin de obtener comparaciones de funcionamiento y capacidad de incluir una corrección diferencial, por un lado, la Tablet mostro exactitud de entre 5 y 10 metros, con una tendencia aleatoria pues las mediciones con el paso de las épocas variaban constantemente, es decir en un instante t1 había un error de 7 metros en Este, en un instante t2 un error de 1 metro y en un instante t3 regresaba al mismo error de 7, además no tuvo la misma tendencia de posicionamiento que la base, por ende la corrección aplicada a los datos brutos, en un 90% de los puntos de control, el error no disminuyó.

En la utilización del MobileMapper 10 para hacer una corrección diferencial con el uso de NTRIP, se lo manejó como un navegador, al no tener la capacidad de descarga información NMEA se procedió a recolectar datos durante 5 minutos en un archivo DXF (.dxf), archivo vectorial, en donde se encontraban las componentes de latitud, longitud y altura elipsoidal, esto sincronizado con una aplicación de hora UTC, para poder concordar con la hora de la descarga NMEA de la base, obteniendo resultados de posicionamiento submétricos en un 70% de los puntos de control en donde se lo ubicó, su tendencia de marcación de resultados se

comportaba de la misma forma que la estación base, por ende la corrección diferencial por posición que se aplicó a los datos brutos de este receptor, resultó con mejoría en la solución final, con correcciones en distancia a la base desde 0.20 a 1 metros.

Al realizar la prueba Z con los datos de la Tablet, se utilizó una media poblacional de 5 metros y se planteó la hipótesis de que los valores descargados en tiempo real se encontraban en este rango de error, con lo cual no se obtuvo los resultados esperados, el 75% de los puntos de control ya corregidos se encontraban en la zona de aceptación de la hipótesis nula, sin embargo al comparar la mejoría de su posición se pudo determinar que se corrigió solo en dos de los ocho puntos de control; en términos generales se puede decir que la utilización de NTRIP en estos dispositivos no favoreció a la mejoría de resultados finales.

No se pudo obtener una mejoría en la corrección de datos del dispositivo Android, dado que éste usa el AGPS, sistema que captura información almacenada de resultados previos de navegación y con una respuesta más rápida pero menos precisa da resultados de navegación y por mas que se desconectaron los servicios de ubicación por redes móviles y búsqueda de Google, se reflejaron resultados con un tendencia que no correspondía a la de la base, analizado en el Capítulo V; por otro lado no se tuvo acceso al modelo matemático empleado por el dispositivo para el

cálculo de la posición, con ello no se pudo determinar si la base y el móvil utilizan el mismo sistema de posicionamiento.

Se realizó la prueba Z con los datos del Mobile Mapper 10, con el planteo de una hipótesis nula, la cual describía que los datos de corrección obtenidos en tiempo real se encontraban dentro del rango de 1 metro, con ello se pudo determinar que solo uno de los ocho puntos se encontraban en el área de aceptación de la hipótesis nula, sin embargo, el 75% de los datos corregidos en los puntos de control tuvieron una mejoría, analizado mediante el valor obtenido de Z, pues si se compara entre los datos iniciales y la corrección, este valor disminuye; en términos generales se sabe que el uso de NTRIP en navegadores tiene un mejor funcionamiento y una mayor aplicabilidad.

La mejoría de los resultados obtenidos en la corrección del Mobile Mapper 10, se atribuye a que el modelo matemático utilizado por este dispositivo es prácticamente igual al que utiliza la base, por ende los datos de ubicación tienen una tendencia parecida, esto se puede observar el Capítulo V, con ello la mejoría con la corrección de la aplicación se da de forma positiva.

Se utilizaron tres tipos de mediciones con un navegador las cuales fueron, navegación, navegación con NTRIP y DGPS, con los cuales se

obtuvieron resultados en 8 puntos de control horizontal, con las distancias marcadas entre los tres métodos se puede concluir que los resultados obtenidos de la navegación se dieron en un rango de 2 a 7 metros, simplemente para ubicación, su respectiva corrección mediante NTRIP no mejoró los resultados y más bien empeoraron, alejándose de la realidad; la navegación con corrección diferencial en tiempo real realizada en un MobileMapper 10, dejó resultados parciales en un rango de 0.5 a 3 metros, en distancia punto – mediciones, con una corrección positiva en el 75% de los casos; con DGPS se mejoró la posición en un 50% de los puntos con respecto a la navegación simple del MM10; el análisis de los métodos DGPS y NTRIP, muestran que el primero tiene mejores resultados en un 20%, y el 80% de las mejorías en solución final corresponden a los datos generados por NTRIP.

6.2 RECOMENDACIONES

Conseguir permisos de fabricante para los chips GPS de ANDROID, con el fin de manipular la información necesaria y técnica, para poder utilizar una corrección diferencial por distancia, basada en la información descrita por los mensajes RTCM en donde se hacen correcciones de código por medio de la Pseudodistancia, para aquello se debería programar al chip para liberar información más detallada, si es posible generar RINEX, con esto se dejarían de lado las limitantes de distancia o línea base y constelación de

satélites en base y móvil, que se tiene con la corrección aplicada en el presente proyecto.

Determinar el modelo matemático utilizado en los chip GPS, para modificarlo de acuerdo a las especificaciones de la base, es decir generar en los dispositivos móviles un nuevo sistema de posicionamiento mediante programación, para que la tendencia de ubicación se la misma, por otro lado desactivar el sistema AGPS para utilizar únicamente la navegación por satélites.

Previo a la utilización de una estación GNSS de monitoreo continuo, es necesario saber de ante mano, cual es la época, el marco de referencia y la precisión con la que las coordenadas están trabajando, solo cuando se aplica la corrección diferencial por posición, dado que este dato es esencial en la formulación del vector error aplicado a los móviles.

Generar una solución única que no dependa de la utilización de un puerto TCP/IP, es decir, que el cálculo de los componentes de corrección por posición sea generado por el caster y enviado mediante el enlace de NTRIP, evitando así problemas o conflictos del internet al usar dos puertos de conexión.

Es necesario que el número de satélites utilizados en solución final de la estación base, para generar las sentencias NMEA, sean los mismos satélites que generan la posición en el receptor móvil, para lo cual se necesitaría tener conectados los dos receptores al internet y programarlos internamente para que la resolución de una la posición final de una coordenada sea obtenida con el mismo número de satélites, en el mismo instante y con una condición de distancia.

Incluir, además del manejo de descargas mediante NTRIP, modelos matemáticos ionosféricos y retrasos troposféricos locales, los cuales pueden mejorar razonablemente el posicionamiento y el error en un GPS navegador.

Para tener un único resultado de error y precisión, se recomienda aumentar el número de muestras o puntos de control, las cuales se encuentren en las mismas condiciones de distancia base - móvil, con el fin de tener una muestra poblacional lo suficientemente grande para poder realizar un muestreo por conglomerados, obteniendo grupos individuales de elementos que puedan representar el conjunto o población y con esta muestra realizar una prueba t para muestras relacionadas, con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre las mediciones de datos iniciales y sus respectivas correcciones, o una prueba ANOVA para contrastar la igualdad de medias de el total de poblaciones.

REFERENCIAS

- (BKG), A. F. (2005). *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP). Versión 1.0*. Frankfurt am Main - Alemania: BKG.
- Alvarez, I. (2011). *Implementación de mediciones GNSS para la realización de correcciones diferenciales en tiempo real mediante el uso de NTRIP*. Quito - Ecuador: Facultad de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente.
- Báez, M., Borrego, A., Cordero, J., Cruz, L., González, M., Hernández, F., . . . Zapata, A. (2010). *Introducción al Android*. Obtenido de TecnologíaUCM: <http://www.tecnologiaUCM.es>
- Beltrán, F., Durón, H., Espinal, C., & Vargas, M. (2007). *Programación del Sistema de Control de un Vehículo aéreo no Tripulado*. México D.F.: INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA.
- BKG, G. D. (2013). *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*. Obtenido de <http://igs.bkg.bund.de/ntrip/download>
- Briseño, A., Mass, L., Rubí, I., Cioce, V., Royero, G., Bacaicoa, L., . . . Barrios, M. (2009). GPS NTRIP observations: A new alternative for precise positioning in Venezuela. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*.
- Dalda, A., González, F., Cano, M., Sánchez, J., & Pérez, M. (2008). *Curso Avanzado de Posicionamiento por Satélite*. Instituto Geográfico nacional Ministerio de Fomento. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Doberstein, D. (2012). *Fundamentals of GPS Receivers A Hardware Approach*. Nipomo - USA: Springer.
- Douglas, A. L., & Mason, R. D. (1992). *Estadística para Administración y Economía. Administración para el Desarrollo*. ALFAOMEGA.
- Eclipse. (2012). *Eclipse*. Obtenido de <https://www.eclipse.org/>
- Educastur. (2013). *GALILEO: EL GPS EUROPEO*. Obtenido de <http://web.educastur.princast.es/ies/iesreype/Departamentos/Galileo/Galileo.html>
- EEQ. (2010). *Resumen de la Gestión 2009. RCE/SAH/RMC*. Quito - Ecuador: EEQ.
- Euskadi. (2012). *Conexión a la red GNSS a través de Internet. Aplicaciones en tiempo real*. . Obtenido de <http://www.gps2.euskadi.net/internet.php>
- Fernández, A. (2008). *Diseño e Implementación de un Generador y un Servidor de Correcciones de GPS Diferencial en Formato RTCM sobre TCP/IP, Mediante una Arquitectura Distribuida*. Madrid - España: Facultad de Informática - Universidad Politécnica de Madrid.
- Fernández, F., & Muñoz, Y. (2008). *JDBC*. Santiago - Chile: Universidad de Chile.

- Frutos, A. (2012). *La historia de los tablets: desde el Dynabook de 1968 hasta nuestros días. Planet Tablet - Todo sobre el Mundo de Las Tablets*. Obtenido de <http://www.planetablet.com>
- GALILEO. (2010). *GNSS and GALILEO*. Obtenido de <http://www.galileoic.org/la>
- García, M. (2008). *Sistemas GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM)*. Madrid - España.
- García, M. (2013). *La evolución de los celulares 1995-2012*. Obtenido de <http://www.lincinews.com/la-evolucion-de-los-celulares-1995-2012/>
- Google. (2012). *Google Maps*. Obtenido de <http://www.tufuncion.com/google-maps-earth>
- Gurkó, A. (2013). *El sistema GLONASS también puede tener exactitud milimétrica*. Obtenido de http://sp.ria.ru/opinion_analysis
- Hdez, J., & Martínez, A. (2011). *Un Repaso a la Historia de ANDROID*. Obtenido de <http://www.elandroidlibre.com/2011/12/un-repaso-a-la-historia-de-android.html>
- Hoyer, M. (2009). *NTRIP in South America through the SIRGAS-TR Project*. Buenos Aires: IAGS.
- Hoyer, M. (2010). *Experiencias personales de NTRIP en Venezuela Reunión SIRGAS 2010*. Lima: SIRGARTR.
- Hoyer, M., G., W., Rodino, R., Da Costa, S., Ciose, V., Cimbaro, S., . . . Rezza, R. (2010). *Avances en la materialización del Marco de Referencia SIRGAS en Tiempo real Mediante NTRIP*. Lima: SIRGASTR.
- Huerta, E., Mangiaterra, A., & Noguera, G. (2005). *GPS Posicionamiento Satelital. 1a. ed.* Rosario: Universidad Nacional de Rosario.
- Latorre, A. (2012). *Como está estructurado el GPS en Android*. Obtenido de <http://www.elandroidlibre.com>
- Lefebure. (2012). *NTRIPClient for Android*. Obtenido de <http://www.lefebure.com/software/android-ntripclient/>
- Márquez, A. (2007). *NTRIP Herramienta Indispensable para la Cartografía y el Catastro. (II Jornadas Nacionales de Geomática. Mediciones Científicas e Industriales C.A. MECINCA)*. Caracas - Venezuela.
- Maula, M. (2012). *Estudio de la calidad del producto en el Primario 53C de la SUBESTACIÓN 53 de la EEQ*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Mehaffey, J., Yeazel, J., Penrod, S., & Deiss, A. (2012). *Index of Dale DePriest's Navigation and GPS Articles. NMEA Mode*. Obtenido de <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>

- Moreno, S., Rodríguez, J., Gayete, R., & Martínez, D. (2003). *G.P.S.: GLOBAL POSITIONING SYSTEM*. Obtenido de <http://www.upv.es/satelite>
- Movistar. (2006). *Tecnología 3G*. Obtenido de <https://www.movistar.es/particulares/internet/movistar-adsl/ver-todos-los-adsl/ficha/movistar-hogar-3g>
- Novatel. (2006). *An Introduction to GNSS, GPS, GLONASS, Galileo and the other Global Navigation Satellite Systems*. Obtenido de <http://www.novatel.com/an-introduction-to-gnss>
- Páez, R. (2010). *Toma de Datos con GPS, Validación y Corrección Diferencial – Servicio para Posicionamiento en tiempo real en la Red Andalucía de Posicionamiento*. Cádiz: Universidad de Cádiz.
- Pérez, R. (2009). *SIRGAS uruguayo presente y futuro Trabajando NTRIP*. Universidad de la republica de Uruguay, Facultad de Ingeniería Montevideo – Uruguay. Montevideo.
- Piñon, D., & Cimbaro, S. (2009). *Envío de Correcciones Diferenciales en Tiempo real a través de Internet. RAMSAC-NTRIP*. Instituto Geográfico Nacional de Argentina.
- Ramos, F., & Victoria, D. (2009). *Evaluación e Implementación de Mediciones GNSS mediante el uso de NTRIP en Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA)*. Maracaibo - Venezuela: Universidad de Zulia.
- Rodríguez, J. (2006). *Galileo se pone en órbita*. Revista del Ministerio de Fomento Nº559 Febrero de 2006. Madrid: Centro de Publicaciones - Ministerio de Fomento.
- Romero, R., Tierra, A., Pilapanta, C., Viteri, A., & Leiva, C. (2012). *Envío de Correcciones diferenciales de las Mediciones GNSS en tiempo real (NTRIP) a través de dispositivos móviles celulares*. Quito: CEINCI.
- RTCM. (2001). *RTCM Recommended Standard for Differential GNSS (GLOBAL NAVIGATION REFERENCE SYSTEM) Service Version 2.3*. Radio Technical Commission for Maritime Services. Virginia: RTCM.
- RUNCO. (2011). *NetR9*. Obtenido de <http://www.runco.com.ar/Trimble-NetR9.html>
- Samsung. (2011). *Samsung Galaxy*. Obtenido de <http://www.samsung.com/latin/>
- Sánchez, A., Pérez, A., Jigena, B., Fernández, J., & Páez, R. (2010). *Sistemas GNSS: Funcionamiento, Posicionamiento y Precisión*. Puerto Real (Cádiz) - España.
- Skrypek, B. (2002). *GPS Global Positioning System, (QMCS 370) Paper #1*.
- Trimble. (2010). *Sistemas GPS*. Obtenido de <http://www.trimble.com>

Universidad_Barcelona. (2009). *Manual de uso SPSS – Contrastes No Paramétricos – Kolmogorov Smirnov*. Obtenido de http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap5-5.htm

UNSE. (2008). *Sistema de Posicionamiento Global: Sistema GLONASS. Serie Didáctica N°4. Universidad Nacional de Santiago del Estero*. Obtenido de <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-4-GLONASS-Reuter.PDF>

Vogel, L. (2012). *Android Location API – Tutorial. Versión 4.1*. Obtenido de <http://www.vogella.com/articles>

Windows. (2008). *Windows Mobile*. Obtenido de <http://www.windowsphone.com/es-es>