



**Generación de una aplicación móvil para navegación de personas no videntes
utilizando protocolo NTRIP, proyecto piloto Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPE**

Beltrán Iza, Emilio Alejandro y Noroña Meza, Cristian Oswaldo

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Geógrafo y del Medio
Ambiente

Ing. Alexander Alfredo Robayo Nieto, MSc.

25 de febrero, 2022



TESIS_COPYLEAKS.docx

Scanned on: 10:48 February 10, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text



Firmado electrónicamente por:
ALEXANDER
ALFREDO ROBAYO
NIETO

Identical Words	267
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	0
Ommited Words	1669



Website | Education | Businesses



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: “**Generación de una aplicación móvil para navegación de personas no videntes utilizando protocolo NTRIP, proyecto piloto Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**” fue realizado por los señores **Beltrán Iza, Emilio Alejandro** y **Noroña Meza, Cristian Oswaldo**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 25 de febrero del 2022



Ing. Robayo Nieto, Alexander Alfredo, MSc.

C.C 170913906-5



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Beltrán Iza, Emilio Alejandro y Noroña Meza, Cristian Oswaldo**, con cédulas de ciudadanía n° 171775132-3 y 210104612-2, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Generación de una aplicación móvil para navegación de personas no videntes utilizando protocolo NTRIP, proyecto piloto Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 25 de febrero del 2022

Beltrán Iza, Emilio Alejandro

C.C 171775132-3

Noroña Meza, Cristian Oswaldo

C.C 210104612-2



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Autorización de Publicación

Nosotros **Beltrán Iza, Emilio Alejandro y Noroña Meza, Cristian Oswaldo**, con cédulas de ciudadanía n° 171775132-3 y 210104612-2, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Generación de una aplicación móvil para navegación de personas no videntes utilizando protocolo NTRIP, proyecto piloto Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 25 de febrero del 2022

Beltrán Iza Emilio Alejandro

C.C 171775132-3

Noroña Meza Cristian Oswaldo

C.C 210104612-2

Dedicatoria

El trabajo duro y la disciplina supera al talento nato

Mi paso por la universidad ha traído un camino de experiencia que me ha formado como profesional y persona, dedico este trabajo a mi padre Luis Alberto Beltrán y mi madre Amparo del Rocío Iza Flores, por su apoyo incondicional, y pilar fundamental para lograr esta meta, que han forjado en mí, valores de honestidad y responsabilidad para ser más que un profesional, una persona que respete sus principios; sin duda gracias a mis méritos he podido culminar una etapa de mi vida, pero solo fue posible por mis padres que siempre estuvieron ahí para levantarme y hacer que no me falte nada ni pase necesidades, gracias por la paciencia que han tenido conmigo y permitirme cumplir uno de mis objetivos en mi camino profesional, junto con Dios quien ha me guiado, y lo seguirá haciendo, que a pesar de ser libre de hacer mi camino y estilo de vida, sé que siempre estaré acompañado de la mano, con fe de mi Señor Dios, a pesar del distanciamiento que he tomado mientras ha continuado con mi crecimiento, él nunca me abandonado y a pesar del camino que yo escoja será recompensado por todo el esfuerzo y disciplina que he puesto y sea el principio para muchas bendiciones para los nuevos retos que nos esperan como profesionales.

Emilio Alejandro Beltrán Iza

Dedicatoria

El presente proyecto, así como el sacrificio que conlleva, va dedicado a todas las personas que formaron parte de mi desarrollo en mi vida profesional y estudiantil con su apoyo y confianza. De manera especial:

A mis padres, Luis y Mercedes, por ser los principales pilares de mis sueños, por siempre confiar en mí, creer en mí y en mis expectativas, a mi madre por siempre acompañarme en cada una de las agotadoras y largas noches de estudio, a pesar de la distancia, siempre se preocupó por mí y me llenaba de alegría y fuerzas para seguir el adelante; a mi padre por siempre desearme lo mejor y luchar para que lo tuviera, gracias por cada palmada en la espalda y por cada palabra que fueron mi guía en el transcurso de mi vida.

A mi estimada hermana, padrino, primos y primas por brindarme su apoyo incondicional ante todos los problemas y necesidades que se me presentaban.

A mis compañeros y docentes que formaron parte de mi desarrollo académico y las gratas experiencias que siempre las llevaré en mi memoria.

Cristian Oswaldo Noroña Meza

Agradecimientos

Primero, agradecemos a Dios, por haber permitido culminar una de nuestras etapas en el desarrollo profesional, en la que hemos sabido aprovechar las oportunidades que se han brindado en nuestro crecimiento y formación, por siempre ser un guía en el sendero de nuestras vidas, eternamente agradecidos.

Agradecemos a nuestros familiares que siempre han estado pendientes de nuestros estudios, con consejos oportunos en el momento que lo ameritaba, en los que hemos conocido y visualizado el crecimiento de cada uno, en el que nos sirvan de ejemplo, para de nuestro aprendizaje.

Agradecemos al Ing. Alexander Robayo por brindarnos la oportunidad y confianza de ser nuestro tutor para la realización del proyecto, siempre ha prestado su tiempo y disponibilidad para atender nuestras dudas y ha estado a primera orden para los inconvenientes que han surgido, además de ser un profesor apasionado por la carrera y enseñanza, hemos tenido el honor de conocerlo como persona y profesional; agradecidos por las pequeñas oportunidades que se han presentado y tomarnos en cuenta para actividades profesionales y reflejar en el gusto por nuestra carrera y vocación.

A la Ing. Mónica Zabala e Ing. Oscar Silva por compartir sus conocimientos para la conceptualización del proyecto y tener una orientación clara para su realización, prestando su tiempo en horarios fuera de sus trabajos, para brindar sus conocimientos con nosotros.

Al Dr. Marco Luna y Dr. Christian Pilapanta, por su conocimiento en los procesos de corrección, y estar a disposición para apoyarnos a solventar dudas, además de aprender y conocer con más claridad los objetivos para el desarrollo del proyecto, reconociendo su gusto y paciencia por explicarnos los temas para nuestro aprendizaje.

A todos los profesores que han impartido su clase y mentoría con nosotros, por aportar con un granito de arena a nuestra formación y ser amantes de su vocación e impartir en nosotros el conocimiento necesario en las futuras generaciones y fomentar el desarrollo para nuestro país.

Emilio Beltrán y Cristian Noroña

Agradecimientos

Agradecido con todos nuestros amigos que hemos conocido en el paso por la universidad, donde, compartido aulas, nos apoyamos como grupo, con metas e ideales en común además de pasar momentos valiosos dentro y fuera de clases, esperando que en nuestra vida profesional volvamos a encontrarnos y seguir compartiendo alegría y diversión.

Agradecido con nosotros mismos, que a pesar de haber tenido momentos de quiebre y desesperanza a la final la disciplina y el trabajo duro permiten la satisfacción de los resultados, no siempre es un día alegre o un camino sencillo, muchas veces avanzamos en la vida con decisiones y momentos difícil, sin embargo, esto refleja que el sentido de las cosas van por el camino correcto que al final estaremos agradecidos de llegar a una meta, pero nunca conformarnos, siempre estar en la búsqueda de nuevos retos que nos hagan crecer, como profesionales y sobre todo como seres humanos, conociendo que la vida es un eterno aprender, y se debe disfrutar de cada momento en el camino que se nos presenta.

Por todo, agradecidos de nacer en esta tierra maravillosa, llena de personas alegres y soñadores, nacimos en un país territorialmente pequeño, pero grande en ideales; teniendo como objetivo, un Ecuador grande, por búsqueda de días mejores.

Emilio Beltrán y Cristian Noroña

Tabla de Contenido

Dedicatoria.....	6
Agradecimientos	8
Índice de Tablas.....	15
Índice de Figuras	17
Acrónimos y Siglas	21
Resumen	24
Abstract.....	25
CAPITULO I Introducción.....	26
Antecedentes	26
Planteamiento del problema	31
Justificación e importancia.....	33
Descripción del Área de Estudio.....	35
Objetivos	36
Objetivo General.....	36
Objetivos Específicos.....	36
Metas	37
CAPITULO II Marco Teórico.....	38
Sistema Global de Navegación por Satélite GNSS.....	38
Segmento Espacial	38
Segmento de Control	38
Segmento de Usuario	39
Señales de emisión GNSS	39
Estructura de la señal.....	41
Orbitas.....	42
Efemérides.....	43

Constelaciones GNSS.....	45
Fuentes de error.....	50
Métodos de Posicionamiento.....	51
Posicionamiento Preciso de Puntos PPP	53
Estático Rápido.....	54
Transporte en red de RTCM a través del Protocolo de Internet NTRIP.....	55
Formato de intercambio de información.....	58
Formato RTCM	58
Formato NMEA	62
Estándar Nacional para la Precisión de Datos Espaciales NSSDA.....	64
BNC, BKG Ntrip Client.....	67
Estructura de los Flujo de datos BNC	68
Dispositivos móviles	69
Chip Receptor móvil	70
Sistema Operativo.....	71
Sistema Android.....	72
Plataforma Java.....	74
Sistema de Información Geográfica SIG.....	75
Base de Datos Geográfica GDB	76
Geodatabase de ArcGIS	76
Redes en ArcGIS	77
Redes Geométricas	78
Redes de Transporte	78
ArcGIS Online	79
Mapas web.....	80
Modelo del servidor web Cliente-Servidor	81
CAPITULO III Metodología.....	82

Estructura Geodatabase.....	82
Diseño de los segmentos de rutas.....	85
Creación del Network Dataset	88
Selección del dispositivo móvil	92
Cobertura de Internet fijo.....	94
Cobertura de telefonía celular	95
Cobertura GNSS	99
Permiso al acceso del servicio NTRIP	101
Lectura de coordenadas formato RTCM	102
Implementación del mapa base en un Visualizador Web.....	107
Importación de la GDB en ArcGIS Online	107
Presentación del mapa base.....	108
Almacenamiento en el Visualizador Web	109
Generación de corrección GNSS.....	111
Receptor Base	111
Acceso del servicio IGS en BNC.....	113
Proceso de PPP en BNC	114
Vector de Error	123
Aplicación del Vector error.....	124
Diseño de la aplicación móvil	126
Ajuste de los puntos de control GCP	129
Planificación puntos de control.....	129
Procesamiento de los archivos de observación	130
Densificación de puntos de control	132
Registro de observaciones de los dispositivos móviles.....	134
Posicionamiento Estático	134
Navegación.....	136

Precisión horizontal	137
CAPITULO IV Análisis de Resultados	138
Aplicación de movilidad	138
Posicionamiento Estático.....	142
PS Xiaomi Poco F3.....	143
PS Huawei Mate 20 Lite.....	150
Navegación	158
NAV Xiaomi Poco F3	159
NAV Huawei Mate 20 Lite	163
Exactitud Posicional Horizontal	167
CAPITULO V Conclusiones y Recomendaciones	169
Conclusiones.....	169
Recomendaciones.....	171
Bibliografía.....	174
Anexos.....	185

Índice de Tablas

Tabla 1 Tipo de efemérides.....	44
Tabla 2 Tipo de constelaciones GNNS	46
Tabla 3 Errores a consideración en un posicionamiento GNSS	50
Tabla 4 Precisiones alcanzadas para los métodos de rastreo.....	53
Tabla 5 Estructura del mensaje RTCM versión 2.3.	59
Tabla 6 Estructura del mensaje RTCM versión 3.0.	61
Tabla 7 Mensaje GGA – Información de Posicionamiento	63
Tabla 8 Estructura de la Geodatabase UFA_ESPE_CAMPUS_MATRIZ	83
Tabla 9 Estructura y composición de atributos del Feature Class Acera_I	86
Tabla 10 Características del celular Xiaomi Poco F3 y Huawei Mate 20 Lite	92
Tabla 11 Nivel de cobertura para telefonía celular	96
Tabla 12 Mapas de cobertura para telefonía celular	97
Tabla 13 Descripción de los mensajes en formatos RTCM	103
Tabla 14 Parámetros estándar para el proceso de PPP 3 en BNC	119
Tabla 15 Recursos utilizados para la programación	127
Tabla 16 Configuración de las antenas GNSS Trimble R8-S	130
Tabla 17 Coordenadas Fijas EPEC - SIRGAS	131
Tabla 18 Parámetros de registro de datos en los dispositivos móviles.....	135
Tabla 19 Parámetros de evaluación para el uso de la aplicación de navegación	142
Tabla 20 Promedio de los puntos de observación Xiaomi, coordenadas topocéntricas.....	143

Tabla 21 Análisis descriptivo estadístico del posicionamiento estático - Xiaomi.....	145
Tabla 22 Análisis descriptivo estadístico del posicionamiento estático P28 - Xiaomi	147
Tabla 23 Análisis descriptivo estadístico del posicionamiento estático P24 - Xiaomi	149
Tabla 24 Promedio de los puntos de observación Huawei, coordenadas topocéntricas.....	151
Tabla 25 Análisis descriptivo estadístico del posicionamiento estático - Huawei.....	153
Tabla 26 Análisis descriptivo estadístico del posicionamiento estático p17 - Huawei.....	155
Tabla 27 Análisis descriptivo estadístico del posicionamiento estático p05 - Huawei.....	157
Tabla 28 Coordenadas corregidas para los datos de navegación - Xiaomi	159
Tabla 29 Análisis descriptivo estadístico de navegación para la variación de los componentes - Xiaomi.....	161
Tabla 30 Análisis descriptivo estadístico de navegación para la dispersión horizontal - Xiaomi	161
Tabla 31 Coordenadas corregidas para los datos de navegación - Huawei	163
Tabla 32 Análisis descriptivo estadístico de navegación para la variación de los componentes - Huawei.....	165
Tabla 33 Análisis descriptivo estadístico de navegación para la dispersión horizontal – Huawei	166
Tabla 34 Precisión horizontal para datos estáticos y navegación.....	168

Índice de Figuras

Figura 1 Área de influencia, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Campus Matriz	35
Figura 2 Bandas de frecuencia de navegación GPS, GLONASS, Galileo y BeiDou	40
Figura 3 Composición de la señal de navegación por satélite	42
Figura 4 Órbitas terrestres GNSS	43
Figura 5 Técnicas de posicionamiento equipos GNSS	52
Figura 6 Tiempos de observación para longitudes de referencia	55
Figura 7 Sistema de transmisión NTRIP	56
Figura 8 Diagrama de flujo BNC para la corrección de observaciones en base al receptor GNSS	69
Figura 9 Arquitectura interna del Chip GPS del dispositivo móvil	70
Figura 10 Arquitectura del Sistema Operativo Android	73
Figura 11 Compatibilidad de java mediante JRE	74
Figura 12 Composición de la plataforma Java	75
Figura 13 Contenido de la Geodatabase	77
Figura 14 Estructura de ArcGIS online	80
Figura 15 Parámetros de costo y viaje para el modelo de viaje	90
Figura 16 Representación de rutas peatonales y direcciones	91
Figura 17 Elemento Network Dataset MOVILIDAD_PEATONAL_ND	92
Figura 18 Dispositivos móviles de gama alta y gama media	94
Figura 19 Cobertura constelación GPS en un lapso de 24 horas, con corte a las 12:00 pm	99

Figura 20 Cobertura constelación GLONASS en un lapso de 24 horas, con corte a las 12:00 pm	100
Figura 21 Cobertura constelación Galileo en un lapso de 24 horas, con corte a las 12:00 pm	100
Figura 22 Cobertura constelación BeiDou en un lapso de 24 horas, con corte a las 12:00 pm	101
Figura 23 Registro del servicio NTRIP	102
Figura 24 Exportación de la Geodatabase en ArcGIS Online	107
Figura 25 Alojamiento de la Geodatabase UFA_ESPE_CAMPUS_MATRIZ	108
Figura 26 Edición de los Feature Class de la Geodatabase	109
Figura 27 Configuración del Instant Apps para el visualizador Web	110
Figura 28 Enlace abierto para acceso al visualizador Web	111
Figura 29 Estación de monitoreo continuo EPEC	112
Figura 30 Registro del servicio BNC	113
Figura 31 Selección y conexión al Stream de la EPEC	114
Figura 32 Selección y conexión al Stream de corrección del IGS	115
Figura 33 Configuración del proceso PPP 1	116
Figura 34 Archivo de coordenadas de la EPEC3, formato CRD	117
Figura 35 Registro del proceso PPP en tiempo real	118
Figura 36 Ingreso de la estación EPEC3 para el procesamiento	119
Figura 37 Configuración del proceso PPP 3	121
Figura 38 Registro y variación con inicialización de 30 seg	122
Figura 39 Posición de la estación EPEC en el BNC	123
Figura 40 Componentes del vector error para la estación de monitoreo continuo EPEC	124

Figura 41 Aplicación del vector error para la corrección de observaciones del dispositivo móvil	125
Figura 42 Comparación de los vectores de distancia para los datos de observados y corregidos	126
Figura 43 Estación Base y Puntos de control GCP	129
Figura 44 Formación de la línea base EPEC-Base	132
Figura 45 Formación de líneas base Base-GCP	133
Figura 46 Registro de posicionamiento estático de los dispositivos móviles	134
Figura 47 Registro de observaciones en GPS TEST y almacenamiento del formato NMEA ...	136
Figura 48 Registro de navegación en los dispositivos móviles	137
Figura 49 Aplicación Movilidad ESPE	138
Figura 50 Despliegue menú de destinos	139
Figura 51 Despliegue del mapa base y rutas de navegación	140
Figura 52 Registro de reporte NMEA en navegación	141
Figura 53 Variación de las observaciones Estático - Xiaomi	145
Figura 54 Distribución de los datos agrupados, Distancia Horizontal- Xiaomi	146
Figura 55 Entrada Estadio Principal, Observaciones Xiaomi GCP 28	148
Figura 56 Entrada Alterna Estadio Principal, Observaciones Xiaomi GCP 24	150
Figura 57 Variación de las observaciones Estático - Huawei	153
Figura 58 Distribución de los datos agrupados, Distancia Horizontal - Huawei	154
Figura 59 Parque de Calistenia, Observaciones Huawei GCP 17	156
Figura 60 Sistema Integrado de Salud, Observaciones Huawei GCP 05	158

Figura 61 Variación de las Observaciones de Navegación Xiaomi.....	162
Figura 62 Variación de las Observaciones de Navegación - Huawei.....	167

Acrónimos y Siglas

ACDM. Acceso Múltiple por División de Código

API. Interfaz de Programación de Aplicaciones

APP. Aplicación

ARP. Punto de Referencia de Antena

BKG. Agencia Federal de Cartografía y Geodesia

BNC. Cliente Ntrip BKG

CCDIS. Sistema de Información de Datos (Crustal Dynamics Data Information System)

CS. Servicios Comerciales

DGNSS. Diferencial GNSS

DGPS. Diferencial GPS

DH. Distancia Horizontal

ECEF. Sistema de coordenadas Geocéntricas (Earth Centered, Earth Fxed)

EMC. Estación de Monitoreo Continuo

ESA. Agencia Espacial Europea

FDMA. Acceso Múltiple por División de Frecuencia

GCP. Punto de Control Terrestre

GDB. Base de Datos Geográficos

GNSS. Sistema Global de Navegación por Satélite

HTML. Lenguaje de Marcado de Hipertexto

HTTP. Protocolo de Transferencia de Hipertexto

IAG. Asociación Internacional de Geodesia

IGM. Instituto Geográfico Militar

igr. Efemérides Rápidas

igs. Efemérides Precisas

igu. Efemérides Ultrarrápidas

IGS. Servicio GNSS Internacional

IP. Protocolo de Internet

JRE. Entorno de ejecución Java

JVM. Máquina Virtual de Java

NAV. Navegación

NMEA. Asociación Nacional de Electrónica Marina

NTRIP. Red de Transporte de datos en formato RTCM a través Protocolo de Internet

OS. Servicios Civiles

OSM. Open Street Maps

PPP. Posicionamiento Puntual Preciso

PPS. Servicio de Posicionamiento Preciso

PRS. Servicios Públicos Regulados

PS. Posicionamiento Estático

QZSS. Sistema por Satélite Cuasi Cenital

REGME. Red GNSS de Monitoreo Continuo Del Ecuador

RMSE. Error Cuadrático Medio

RTCM. Comisión Técnica de Radio para Servicios Marítimos

RTK. Posicionamiento Cinemático en Tiempo Real

RTP. Protocolo de Transporte en Tiempo Real

SBAS. Sistema de Aumentación Basado en Satélites

SIRGAS. Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur

SNR. Relación Señal-Ruido

SoL. Seguridad y la Vida

SPS. Servicio de Posicionamiento Estándar

SV. Vehículo Espacial

TBC. Trimble Business Center

TCP. Protocolo de Control de Transmisión

UDP. Protocolo de Datagramas de Usuario

UTM. Universal Trasversal de Mercator

WGS84. World Geodetic System 1984

XML. Lenguaje de Mercado Extensivo

Resumen

Los Sistemas Globales de Navegación por Satélite GNSS han adquirido importancia en conjunto con el avance de la tecnología, a fin de mejorar la precisión del posicionamiento y navegación en los dispositivos móviles, en el presente proyecto se desarrolló una aplicación móvil para navegación utilizando el protocolo NTRIP, enfocado a la movilidad autónoma de personas con discapacidad visual, a través de un visualizador web que almacena la cartografía base en una GDB, información que se integra en la interfaz de la aplicación con lenguaje Java Script dentro de la plataforma Android Studio, con un diseño personalizado, que incorporara un lector de pantalla para selección, navegación y direccionamiento de destinos, además de un sistema de alerta temprana para obstáculos, adicional se implementó una corrección diferencial de posición utilizando el software BKG Ntrip Client (BNC) para el ajuste de coordenadas con el método de Posicionamiento Puntual Preciso (PPP) a través de streams en formato RTCM con los caster EPEC3 (IGM) ,IGS03 (IGS) y BCEP00BKG0 (IGS). La evaluación de la aplicación se realizó utilizando la Normativa Estándar Nacional de Precisión de Datos Espaciales (NSSDA), estableciendo 30 puntos de control, que se obtuvieron a través del método Fast Static, para comparar y determinar la precisión en estático y navegación entre los dispositivos móviles de gama alta y media, para representar el nivel de precisión horizontal.

PALABRAS CLAVE:

- **APLICACIÓN DE MOVILIDAD**
- **NTRIP**
- **BKG NTRIP CLIENT**
- **CORRECCIÓN DIFERENCIAL DE POSICIÓN**
- **NSSDA**

Abstract

GNSS Global Navigation Satellite Systems have become important in conjunction with the advancement of technology, in order to improve the accuracy of positioning and navigation on mobile devices, in this project a mobile application for navigation using the NTRIP protocol was developed. Focused on the autonomous mobility of people with visual disabilities, through a web viewer that stores the base cartography in a GDB, information that is integrated into the application interface with Java Script language within the Android Studio platform, with a personalized design, which incorporates a screen reader for selection, navigation and addressing of destinations, in addition to an early warning system for obstacles, additionally a differential position correction was implemented using the BKG Ntrip Client (BNC) software for coordinate adjustment with the Precise Point Positioning (PPP) method through streams in format o RTCM with casters EPEC3 (IGM) ,IGS03 (IGS) and BCEP00BKG0 (IGS). The evaluation of the application was carried out using the National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA), establishing 30 control points, which were obtained through the Fast Static method, to compare and determine the accuracy in static and navigation between the devices. high-end and mid-range phones, to represent the level of horizontal accuracy.

KEYWORDS:

- **MOBILITY APPLICATION**
- **NTRIP**
- **BKG NTRIP CLIENT**
- **DIFFERENTIAL POSITION CORRECTION**
- **NSSDA**

CAPITULO I

Introducción

Antecedentes

“Para muchas personas, la tecnología hace las cosas más fáciles. Para las personas con impedimentos, la tecnología hace las cosas posibles” (Ramirez Guzman & Suarez Perez, 2015).

El avance de las nuevas tecnologías y la adaptabilidad de los usuarios a herramientas inteligentes es cada vez más demandante, si bien el desarrollo científico ha contribuido en áreas académicas y productivas de la población, caso contrario sucede con las personas con discapacidad, debido a la dependencia de terceros para distintas actividades cotidianas, que resultan ser más complejas para este grupo vulnerable de la sociedad. Las discapacidades que cada individuo puede padecer por sus condiciones se clasifican en físicas, intelectuales, psicológicas, auditivas y visuales (CONADIS, 2021)

En Ecuador existen distintas fundaciones y programas cuyo objetivo es la integración y desarrollo colectivo de las personas con discapacidad en el ámbito social, cultural, educativo y económico, permitiendo potenciar sus habilidades, y mejorar su calidad de vida, trabajando en colaboración con instituciones públicas y privadas. Las personas con discapacidad visual en el país bordean los 54 480 ciudadanos, a fecha del 11 de junio del 2021 siendo el 11.56% que se encuentran registrado por el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS, 2021), en las Universidades y Escuelas Politécnicas a nivel nacional se encuentran 5 917 estudiantes incorporados dentro de las instituciones académicas, información actualizada hasta el 2018, donde la

discapacidad visual con un total de 1 188 personas se encuentra en segundo lugar, solo por debajo de la discapacidad física con 3 149 personas (CONADIS, 2021). Dentro de las zonas urbanas se han elaborado proyectos de integración social por parte de las autoridades locales, el Distrito Metropolitano de Quito DMQ cuenta con infraestructura como: guías marcadas en el piso (pavimento podotáctil), mapas braille de ubicación, estaciones y paradas inclusivas en el sistema de transporte urbano y metropolitano (Quito Informa, 2018), (Secretaria de Inclusión Social, 2021).

Existe una gran variedad dispositivos diseñados para la detección temprana de obstáculos con el objetivo de prevenir y mejorar la capacidad motriz del usuario, uno de los proyectos más destacados que ha logrado reconocimiento a nivel nacional e internacional es EyeClip, perteneciente a la empresa HandEyes, que brinda apoyo humanitario a personas vulnerables de recursos socioeconómicos limitados. El dispositivo se basa en la medición de obstáculos que se detectan a cierto rango de distancia por medio de un sensor ultrasónico incorporado, puede ser configurado para uso en exteriores e interiores generando estímulos vibratorios, sonoros o ambos de manera simultánea, con distintas intensidades de acuerdo con la aproximación del objeto, cuenta con un tamaño menor a 50 mm y un peso menor a 35g, es adaptable con un clip que se sujeta a las prendas de vestir (HandEyes, n.d.).

Proyectos como los antes mencionados, ha permitido la movilidad segura de las personas no videntes, la misma empresa, HandEyes apostado en nuevos diseños como el EyeBorg, una versión más avanzada donde se podrá dimensionar el entorno con una percepción aumentada, haciendo que el usuario perciba los obstáculos a la distancia donde se encuentra, a través de sensaciones vibratorias que estimulan el sistema nervioso (Carvajal Barzallo, 2019).

En la actualidad, los equipos móviles se han posicionado a nivel global considerados por ser dispositivos inteligentes, multifuncionales y heterogéneos

(smartphones), logrando incorporar hardware y software que amplía su funcionamiento y utilidad, incluyen cámara fotográfica, reproductor de música y video, herramientas de aprendizaje, entretenimiento, ofimática y entre otras aplicaciones que han adquirido importancia para los usuarios (Garita Araya, 2013).

Los smartphones incorporan asistentes de voz que basan su tecnología en inteligencia artificial (IA), la que permite la interacción verbal entre el usuario y su interfaz, los asistentes virtuales poseen la capacidad de reconocer el lenguaje entre el 95% y 97% de precisión, gracias al machine learning y al deep learning, tomando en cuenta el idioma para el cual esté disponible, las principales empresas que han logrado el desarrollo de esta tecnología son: Google, Apple, Amazon y Microsoft con productos como Google Assistant, Siri, Alexa y Cortana respectivamente (Liege & Lostalé, 2018), la accesibilidad en los dispositivos móviles se da a partir de versiones en softwares como Android 6.0 Marshmallow de Google e iOS 5 de Apple, teniendo gran importancia para las personas no videntes.

Además, en apoyo a programas inclusivos, los celulares inteligentes cuentan con lectores de pantalla, que poseen distintas funcionalidades, mismas que dependerán del sistema operativo que posean, Android-TalkBack e iOS-VoiceOver, en términos generales sirven como interfaz principal a través del cual las personas invidentes podrán interactuar mediante un sintetizador de voz, que lee, explica, interpreta e identifica lo que se visualiza en la pantalla, si bien, las aplicaciones que se utilizan estarán respaldadas por el asistente de voz también es fundamental la creación y manejo de aplicaciones que sean adaptables e inclusivas (Fundación Bensadoun Laurent, 2020).

En el estudio de la informática, las aplicaciones son programas ejecutados a través de un software, compatibles con distintos lenguajes de programación, en el caso los dispositivos móviles las aplicaciones permiten ampliar el funcionamiento del equipo,

los mayores fabricantes y distribuidores de aplicaciones (apps) hasta la actualidad son: Google (Play Store) y Apple (App Store), que actúan como intermediarios a través de las descargas de las apps desde sus respectivas tiendas (Arroyo Vázquez, 2011) La integración de aplicaciones inclusivas ha sido abarcada dentro el mundo digital, proyectos locales se han enfocado en la movilidad autónoma y segura de las personas no videntes (Rodríguez Córdor, 2017), propone la creación de un asistente de navegación en transportes públicos mediante Assitend GPS para Android, que permite al usuario conocer su ubicación en tiempo real, paradas de buses más cercanas y las principales rutas que se encuentren integradas, la aplicación interactúa a través de funciones touch y retroalimentación auditiva.

El desplazamiento diario de las personas con discapacidad visual ha generado gran interés en aplicaciones que permitan a familiares monitorear su movilidad y seguridad, el desarrollo de prototipos en apps como TEUBICA, facilita al usuario una mejor posición y sentido de orientación al momento de su recorrido, con un sistema integrado de alerta temprana, en caso de estar extraviados, cabe aclarar que el proyecto está diseñado para exteriores en las ciudades de Panamá (Tristán et al., 2016). En las tiendas virtuales, se pueden encontrar aplicaciones como Lazzus y Lazarrillo, compatibles para ambos sistemas operativos, su funcionamiento es muy similar, presenta un asistente de voz que permite orientar a la persona en tiempo real y describe el entorno donde se encuentran, al momento de desplazarse el sistema de navegación direcciona la ruta más optima, mencionando las calles, avenidas y sitios de interés, ambas aplicaciones cuentan con una página web donde se puede encontrar mayor información de sus herramientas y colaboraciones (Lazzus, 2021), (Lazarillo, 2021).

Los sistemas de navegación por satélite GNSS (Global Navigation Satellite System) son los encargados de proveer posicionamiento geoespacial de forma

autónoma, la precisión de las coordenadas dependerá según las características del equipo de rastreo que el usuario disponga y la necesidad de la información a emplear, el uso de aplicaciones por parte de las constelaciones son varias y han sido aprovechados en el avance de la tecnología para usos civiles y militares. A través de la red GNSS se puede determinar la posición en cuatro dimensiones: longitud latitud, altura y tiempo, en la actualidad existente distintas constelaciones orbitando en el espacio exterior, GPS, GLONASS, BeiDou y Galileo, para el aprovechamiento de la información de los datos crudos proveniente de los satélites, existen distintas maneras para obtener una mejor precisión, ya sean en post-procesamiento o forma automática en tiempo real, los métodos más conocidos son Estático, Estático Rápido, RTK, NTRIP entre otros (García Álvarez, 2008).

El método de posicionamiento en tiempo real NTRIP, por sus siglas en ingles Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, se basa en la transmisión de correcciones diferenciales GNSS, las mismas que son calculadas a partir de las estaciones de referencia o base, la información se empaqueta en formato estándar RTCM (Radio Technical Commission for Marine Services), y es enviado a través del protocolo de transferencia de hipertexto HTTP vía internet, el sistema NTRIP está constituido por 4 elementos fundamentales: NTRIPSource, NRIPServer, NTRIPCaster y NTRIPClient (BKG, 2004).

En estudios previos, se analizó la utilidad de emplear las correcciones en tiempo real a través del protocolo NTRIP, comparando la calidad de los datos con métodos de post-procesamiento, el proyecto se basa en la implementación de un servidor con software libre, encargado de gestionar los mensajes enviados desde las estaciones de referencia, mismas que autorizan la recepción del formato estándar RTCM; Por medio de métodos científicos y experimentales se obtuvo resultados satisfactorios, con precisiones submétricas y centimétricas, sin embargo, para futuros análisis se debe

considerar las distancias de las estaciones, tipo de clima y densidad geográfica (Carranza Carranza & Reyes Orozco, 2017).

En Ecuador, a finales del año 2020, el instituto Geográfico Militar IGM libero a los usuarios el acceso al protocolo NTRIP, donde las estaciones de monitoreo continuo REGME son compatibles con técnicas de posicionamiento en tiempo real, permitiendo generar streams mediante el estándar RTCM en versiones 2.3 y 3.0, el posicionamiento de cada estación base se encuentran enlazadas al marco de referencia geocéntrico oficial SIRGAS, ITRF 2008, época de referencia 2016.14; Los servidores empleados para el servicio se encuentran ubicados en el IGM-Quito y en la facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH-Riobamba donde cumplen la función de Caster Principal y Backup respectivamente, con un puerto compartido 2101, la liberación del protocolo permite reducir costos operativos en actividades de campo, incremento de la producción, eliminación del postproceso en gabinete y la obtención de productos y servicios de geoinformacion confiables (IGM, 2020).

Planteamiento del problema

El desplazamiento con autonomía e independencia es uno de los inconvenientes más frecuentes en las personas no videntes, manifestando problemas a nivel emocional, laboral y social, se da con mayor frecuencia en los países en vías de desarrollo (Henriquez et al., 2017). Además, las barreras se intensificaron por el SARS-COV2, con la presencia del virus COVID-19, debido a los protocolos de bioseguridad implementados en cada país, dificultando la asistencia para las personas con discapacidad visual en los espacios sociales.

En el mundo existen alrededor de 2 200 millones de personas con deterioro de la visión cercana o distante, de las cuales, más de 1 000 millón de personas necesitan por lo menos un producto de asistencia que les permita llevar una vida autónoma, productiva y digna (OMS,

2020). Son considerados en la matriz productiva de cada país, donde, pocos han sido los esfuerzos para su integración social, proyectos de movilidad no han alcanzado la demanda e interés de la persona para la satisfacción de una autonomía propia.

Los sistemas GNSS integrados en los celulares determinan la orientación y rutas para la navegación a partir de la posición, pero presentan un margen de error elevado que dificulta el desplazamiento de las personas no videntes. Versiones anteriores de los dispositivos móviles cuentan con un chip GPS que modulan la señal en código que proporcionan una ubicación con precisión de alrededor de 2 a 10 m (Sagñay & Freire, 2018). La tecnología moderna en sensores móviles de señales GNSS han permitido la aparición de los chips de doble frecuencia y multiconstelación, capaces de recibir señales de GPS, GLONASS, BeiDou y Galileo permitiendo precisiones decimétricas con el modo estático post-procesamiento, pero con un largo tiempo de convergencia (David & Flores, 2020).

La aplicación de Google Maps es una de las más utilizadas hoy en día, permite obtener las indicaciones por GPS, el estado de tráfico, del transporte público y consulta de instituciones o entidades de interés, todo en tiempo real. El servicio de mapas permite al usuario visualizar el mundo a través de imágenes vía satélite (Chillagano, 2017), se debe considerar que los mapas e información cartográfica no están disponibles en todos los lugares y que se encuentran desactualizadas, además de tener una baja resolución espacial que varía entre 1 y 5 m por píxel.

En Ecuador, se han realizado estudios con la tecnología Networked Transport of RTCM vía Internet Protocol (NTRIP), en los cuales los resultados indican la confiabilidad de la precisión en tiempo real, en comparación a otros métodos de posicionamiento; los resultados indican que la pérdida de la cobertura en telefonía móvil es el mayor problema para su uso y aplicación, el servicio requiere una buena velocidad de internet (Silva Villacrés, 2014).

La importancia del proyecto busca demostrar el funcionamiento de la tecnología NTRIP integrada en aplicaciones móviles para navegación con correcciones de posicionamiento en tiempo real, mediante el envío de datos GNSS basados en el protocolo de HTTP vía internet con formatos RTCM a receptores móviles y bases, mejorando la precisión, con el fin de garantizar una aplicación viable hacia las personas con discapacidad visual.

Justificación e importancia

Las limitaciones de movilización que presentan las personas no videntes se condicionan por distintos factores, como: obstáculos en su trayecto, falta de guías asistidas y equipamiento incluso con señaléticas para definir rutas, dificultando la capacidad de orientación. Las personas invidentes están consideradas en los grupos de atención prioritaria por el grado de susceptibilidad ante la posibilidad de extraviarse, sufrir heridas leves e incluso accidentes.

Por lo cual, se plantea la importancia de la digitalización y representación de los elementos de movilidad para la navegación, partiendo de la fotogrametría que permite mediciones fiables de fotografías aéreas e imágenes digitales, obteniendo como producto resultante una imagen corregida geométricamente sin deformaciones (ortofoto), mimas que son utilizadas en la elaboración de capas vectoriales SIG con entidades como carreteras, edificios, obstáculos y otros elementos observables en el terreno. El conjunto de las herramientas y paquetes proporcionadas de las plataformas SIG otorgan la generación y revisión de mapas, detección de cambios y otras aplicaciones para extraer información.

Las personas con discapacidad visual recurren de forma indispensable al uso de instrumentos y servicios de ayuda tradicional: bastón blanco, perros guías o asistencia de terceros, para una movilidad en espacios abiertos. Si bien la funcionalidad de los equipos y servicios proporcionan una movilidad segura, los mismos poseen limitaciones: el bastón solo reconocer obstáculos en el entorno con un rango de dos pasos en la parte baja del cuerpo, la

asistencia de terceros depende de la disponibilidad de la persona y los perros guías requieren de gran entrenamiento y coordinación.

Se han desarrollado diferentes herramientas y aplicaciones de navegación que reemplazan la forma tradicional de movilización para las personas invidentes. Proyectos relacionados con sensores de proximidad contra obstáculos, no han sido del todo satisfactorios, por la necesidad de los usuarios para desplazarse de forma autónoma, debido a que no cuentan con un sistema de posicionamiento y orientación confiable, que proporcione una movilidad segura.

NTRIP se configura en un sistema de 4 partes para su funcionamiento, las correcciones diferenciales son proporcionadas por las estaciones de monitorio continuo GNSS (Ntrip Server), permitiendo a los usuarios posicionarse en tiempo real y de manera precisa sin la necesidad de emplear post-procesamiento, el servicio es administrado por Ntrip Caster que cuenta con la capacidad de distribuir y compartir a varios usuarios los formatos RTCM vía internet, sin necesidad de una conexión tradicional de radio frecuencia, facilitando el uso en dispositivos móviles a través de Ntrip Client, para el acceso al protocolo se debe tener un registro previo a la fuente de administración donde se proporciona un usuario y código único para su uso.

Por lo tanto, es necesario un asistente móvil de navegación que facilite la movilidad a las personas no videntes con una precisión adecuada a través de correcciones diferenciales para el posicionamiento en tiempo real implementando las nuevas tecnologías con el fin mejorar la autonomía del usuario.

Descripción del Área de Estudio

El área de estudio para el diseño integral del aplicativo de movilidad para personas con discapacidad visual, se lo realizó en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Matriz, ubicada en la Av. General Rumiñahui s/n y Ambato parroquia Sangolqui, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha (ver figura 1), como parte del proyecto piloto que permita conocer el desarrollo y limitaciones del aplicativo al momento de su implementación para el uso libre de usuarios que dependan de una movilidad asistida, se consideró todos los espacios abiertos, infraestructura, accesos y puntos de interés, como parte de una movilidad segura y eficiente.

Figura 1

Área de influencia, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Campus Matriz.



Objetivos

Objetivo General

Generar una aplicación móvil para navegación utilizando el protocolo NTRIP, enfocado a la movilidad autónoma de personas con discapacidad visual, proyecto piloto Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Objetivos Específicos

- Generar y clasificar cartografía base a detalle de obstáculos, accesibilidad/movilidad, infraestructura y espacios verdes, para crear una base de datos GDB mediante plataforma SIG.
- Evaluar condiciones de hardware y software del smartphone Android para la recepción de sistemas GNSS en espacios abiertos con correcciones NTRIP, cobertura de telefonía celular y disponibilidad de internet wifi del dispositivo.
- Diseñar un visualizador web mediante la identificación y asignación de elementos en las capas vectoriales proporcionada por la base de datos GDB a través de la transferencia al servidor web de la plataforma SIG.
- Generar los algoritmos de programación para corregir la posición a través del protocolo NTRIP, detección temprana de obstáculos y determinar las rutas óptimas, con una interfaz amigable en la estructura base del funcionamiento de la aplicación móvil para Android.
- Evaluar estadísticamente la precisión de navegación en la aplicación con puntos de control medidos con receptores GNSS.

Metas

- Una base de datos GDB con información cartográfica a detalle recopilada y clasificada en función de obstáculos, accesibilidad/movilidad, infraestructura y áreas verdes.
- Una tabla resumen de las condiciones técnicas del celular para la recepción satelital, cobertura telefonía móvil y acceso a internet dentro del campus matriz.
- Un sitio web para la visualización de la cartografía a detalle en plataformas SIG.
- Una aplicación móvil de navegación para Android, enfocado en personas con discapacidad visual.
- Un análisis estadístico comparativo aplicando la norma NSSDA para precisión posicional en la aplicación móvil con los puntos de control establecidos con equipos GNSS.

CAPITULO II

Marco Teórico

Sistema Global de Navegación por Satélite GNSS

Los sistemas GNSS, son constelaciones artificiales que transmiten datos de posicionamiento, se debe tener un mínimo de 4 satélites visibles para su rastreo, el rendimiento del GNSS se evalúa según su precisión, integridad, continuidad y disponibilidad (EUSPA, 2021), está constituido por tres segmentos principales: espacial, de control y de usuarios (Sanz Subirana et al., 2013).

Segmento Espacial

Está diseñado para generar y enviar códigos y señales de fase portadora, además de almacenar y difundir mensajes de navegación cargados desde el segmento de control, los mensajes son únicos para cada satélite, esta transmisión es controlada a través de los relojes atómicos incorporados (Sanz Subirana et al., 2013). El segmento espacial está compuesto por un conjunto de satélites de navegación y comunicación, distribuidos en distintos planos orbitales, los primeros se encargan de transmitir información y poseen una cobertura de servicio robusta, los segundos son los sistemas de aumento que sirven para corregir los errores de posicionamiento (García Álvarez, 2008).

Segmento de Control

Encargado del correcto funcionamiento de todo el sistema de navegación a través del monitoreo de la constelación para calcular y predecir los parámetros orbitales y ajustes de

relojes (Hofmann Wellenhof et al., 2008). También conocido como segmento terrestre está constituido por una estación de control maestra y una red de estaciones de monitoreo, cada estación genera su propia información sobre el funcionamiento del sistema, para corregir el posicionamiento de órbita y coordenadas temporales, mismas que son enviadas por medio de antenas terrestres a los satélites del GNSS o a su vez retransmiten la información a un satélite geostacionario (GEO) que forma un sistema de aumento para mejorar la calidad de la precisión (García Álvarez, 2008).

Segmento de Usuario

Son equipos que permiten el rastreo de la señal transmitida por los satélites visibles, a través de una antena de preamplificación, teniendo como principal interés determinar los pseudorangos, para el ajuste de las ecuaciones de navegación y posicionamiento de las coordenadas, los dispositivos GNSS tienen la capacidad de rastrear otros tipos de observaciones (Sanz Subirana et al., 2013). Los equipos receptores se encargan de tres funciones principales: rastrea la disponibilidad de los satélites visibles que cuentan con una geometría óptima con mínimo de 4 satélites de cada constelación, gestiona los datos que son emitidos por el satélite, calcula la posición y velocidad de los satélites empleados (García Álvarez, 2008).

Señales de emisión GNSS

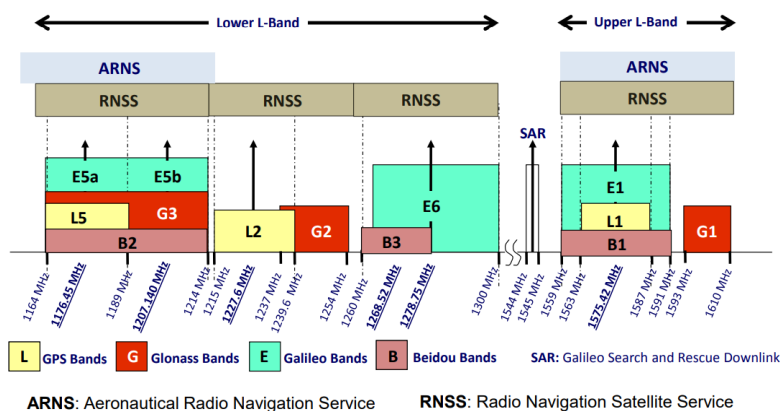
La comunicación entre los sistemas GNSS y los equipos receptores (base/móvil), es posible a través de ondas electromagnéticas que se auto propagan en un medio eléctrico y magnético, (Seeber, 2003). El espectro electromagnético se encuentra regulado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT, encargada de la gestión del espectro de frecuencias radioeléctricas y las órbitas de los satélites, su principal objetivo es permitir una comunicación eficiente sin interferencias, a través de reglamentos de radiocomunicación y acuerdos

regionales para la implementación de varios servicios, asignando las frecuencias con proveedores y usuarios (UIT, 2021), (Hofmann Wellenhof et al., 2008).

Los sistemas GNSS transmiten la señal de manera continua de dos o más frecuencias a través de la banda L, la UIT clasifica al GNSS en servicios de radionavegación por satélite (RNSS) y servicios de radionavegación aeronáutica (ARNS), ver figura 2, GNSS presentan un servicio principal para ARNS con frecuencia entre 1559 MHz - 1610MHz, designada como Banda L superior, son estrictamente reguladas por su utilización en operaciones críticas de seguridad, la señales contenidas para la banda son GPS *L1*, Galileo *E1*, Glonass *G1* y Beidou *B1*; La banda L inferior son señales utilizadas principalmente a la navegación por satélite y otros servicios, se diferencian en dos secciones: con frecuencias entre 1151 MHz - 1214 MHz designadas para ARNS con bandas GPS *L5*, Glonass *G3*, Galileo *E5a - E5b* y BeiDou *B2*, y para frecuencias de 1215.6 MHz - 1300 MHz para servicios de localización por radio (radares terrestres) y RNSS de carácter primario, con bandas GPS *L2*, Glonass *G2*, Galileo *E6* y BeiDou *B3*, la señal transmitida en estos rangos de frecuencia son más vulnerables a interferencias referente a las anteriores (Sanz Subirana et al., 2013).

Figura 2

Bandas de frecuencia de navegación GPS, GLONASS, Galileo y BeiDou.



Nota. Recuperado de GNSS Data Processing, por Sanz Subirana et al., 2013.

Estructura de la señal

Las señales de transmisión GNSS contienen códigos de rango y datos de navegación, empelados por los usuarios para el cálculo de las coordenadas con época indistinta, su estructura se basa en 3 componentes principales: portadora, código de rango y datos de navegación (Sanz Subirana et al., 2013).

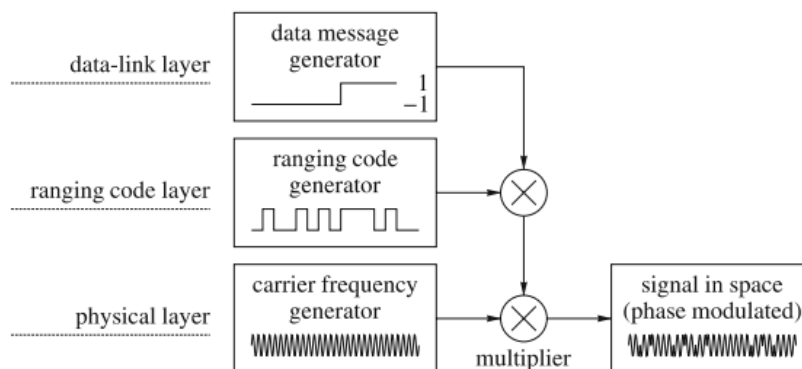
Fase de la Portadora: también conocida como capa física, caracteriza las propiedades físicas de la señal sinusoidal de radiofrecuencia de transmisión a una frecuencia establecida (Hofmann Wellenhof et al., 2008).

Código de rango: descrito por una señal modulada continua y periódica, empelando la técnica de correlación, con secuencias de ceros y unos (código binario), la periodicidad es estrictamente sincronizada con el sistema de tiempo satelital y los mensajes de datos, la información es aprovechada por la estación base para determinar el tiempo propagación de la señal de radio entre el emisor y receptor, denominado como código pseudoaleatorio PRN, por sus siglas en ingles Pseudo Random Noise, ver figura 3, (Hofmann Wellenhof et al., 2008).

Datos de Navegación: Son mensajes codificados en binario, contienen información relacionada al estado de salud del satélite, parámetros del seso de reloj, efemérides del satélite (elementos pseudokeplerianos o posición y velocidad del satélite), almanaque (con un conjunto de datos de efemérides de precisión reducida), e información complementaria (Hofmann Wellenhof et al., 2008).

Figura 3

Composición de la señal de navegación por satélite.



Nota. Recuperado de GNSS Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, por Hofmann Wellenhof et al., 2008.

Orbitas

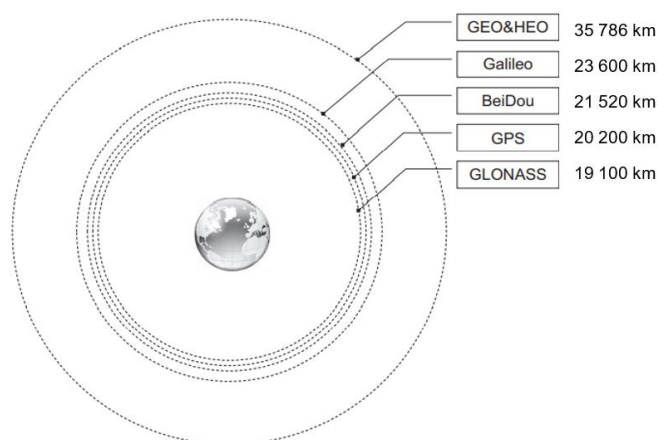
Las constelaciones GNSS se desplazan en el espacio a través de una curvatura descrita en un periodo de retorno establecido, producido por la atracción gravitatoria que ejerce la Tierra con los satélites, los sistemas se caracterizan por un conjunto de parámetros orbitales, que describen su comportamiento, propios de cada satélite, las observaciones registradas son monitoreadas por el segmento de control, la precisión alcanzada para el cálculo de orbitas se relaciona con la información procesada por las redes densificadas a nivel global o regional, los receptores de monitoreo se enlazan con el marco de referencia terrestre y los sistemas orbitales (Kaplan & Hegarty, 2006).

La posición y trayectoria de los satélites pueden clasificarse según: su altitud sobre la superficie terrestre, posición orbital o en términos de parámetros keplerianos representados.

Los sistemas de navegación se encuentran distribuidos en distintas orbitas (ver figura 4) dependiendo del diseño de cada constelación GNSS (Petrovski, 2014).

Figura 4

Órbitas terrestres GNSS.



Nota. Recuperado de GPS, GLONASS, Galileo, and BeiDou for mobile devices, por Petrovski, 2014.

Efemérides

Permite calcular el comportamiento y proyección de las orbitas de referencia para los satélites y los datos de seguimiento adicional, el segmento de control es el responsable del caculo de efemérides y su retransmisión a los satélites para sus correcciones, adicional, los satélites proporcionan información sobre los parámetros keplerianos y variaciones temporales (GPS, Galileo, BeiDou), o vectores iniciales de posición y velocidad en épocas equidistantes (GLONASS). (Hofmann Wellenhof et al., 2008).

La precisión de las coordenadas obtenidas en superficie son afectadas por el tipo de efemérides que se utilice para su ajuste, existen distintos formatos de obtención, a mayor

precisión mayor será el tiempo para su difusión, los parámetros contienen información para el cálculo por interpolación de la posición y velocidad de cada uno de los satélites en una época equidistante, los datos son proporcionados por el Servicio Internacional de GNSS (IGS) en distintos conjuntos de datos, se encuentran en formato ASCII, denotado como .sp3 (Hofmann Wellenhof et al., 2008). Los tipos de efemérides se detallan en la tabla 1.

Tabla 1

Tipo de efemérides.

Tipo de Efemérides	Descripción
Transmitidas	Los archivos se proporcionan en tiempo real, poseen una precisión de 1 metro y tiempos por reloj de satélite de 5 nanosegundos, siendo las efemérides con menor precisión.
Ultrarrápidas (igu)	Los archivos son publicados 4 veces al día, (00:00, 06:00, 12:00 18:00 horas en tiempo UTC), alcanzan precisiones para orbitas y reloj del satélite de 3 cm y 150 picosegundos respectivamente.
Rápidas (igr)	Son archivos que se publican diariamente a las 17:00 horas tiempo UTC, los parámetros de orbitas y relojes de satélites poseen precisiones de 2.5 cm 75 picosegundos respectivamente
Precisas (igs)	Archivos más consistentes y de mayor calidad, son publicadas entre 12 y 18 días, después del final de la semana de solución

Nota. Recuperado de Comparativa de diferentes tipos de efemérides GNSS en cálculo de grandes líneas base con Magnet Office, por Pou Peña, 2016.

Constelaciones GNSS

La señal de los GNSS es transmitida en distintas frecuencias de radio, específicas para cada sistema de navegación, su arquitectura y funcionamiento varía según la constelación de posicionamiento, en la actualidad existen cuatro sistemas: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, (Petrovski, 2014), cada una se detalla a continuación en la tabla 2.

Tabla 2*Tipo de constelaciones GNSS.*

Constelación	Segmento espacial	Señal de transmisión	Descripción del servicio
GPS	El Sistema GPS (Global Positioning System) implementado por Estados Unidos, está constituido por 24 satélites, distribuidos en 6 planos orbitales, 4 satélites en cada órbita, a una altura de 20 200 km sobre la Tierra, el diseño y posicionamiento de la constelación permite una cobertura mínima de 5 satélites visibles. (Mendizabal et al., 2009).	Cuenta con una frecuencia fundamental de 10.23 MHz, de la cual, se derivan dos portadoras en la banda L de radiofrecuencia: L1 y L2 con frecuencias de 1575.42 MHz y 1227.6 MHz respectivamente. Sobre las portadoras se modula dos formas de código pseudoaleatorio: C/A y P, además de un mensaje de navegación. Los códigos de navegación utilizan el acceso múltiple por división de código AC-DM. (Manuel, 2012).	Servicio de posicionamiento estándar (SPS) es de uso libre para aplicaciones civiles, la posición es establecida por la señal de adquisición aproximada C/A. Servicio de posicionamiento preciso (PPS), exclusivo de uso militar a través de la señal codificada P (Y). (Mendizabal et al., 2009).

Constelación	Segmento espacial	Señal de transmisión	Descripción del servicio
GLONASS	El sistema GLONASS (Global Orbiting Navigation Satellite System) implementado por Rusia, está distribuido uniformemente en 3 planos orbitales, 8 satélites en cada órbita, a una altura aproximada de 19 100 km, 21 satélites se encuentran activos y los 3 restantes son repuestos activos en órbita. (Hofmann Wellenhof et al., 2008)	Su frecuencia fundamental se establece a los 0.511 MHz en la banda L, se asignan dos frecuencias de radio, las portadoras G1 y G2, poseen códigos de rango: C/A y P. Ambas frecuencias poseen el mensaje de navegación D. El código implementa la técnica de acceso múltiple por división de frecuencia FDMA. (Sanz Subirana et al., 2013).	Servicio de posicionamiento estándar (SPS) de uso abierto y gratuito para los usuarios a nivel global. Servicio de posicionamiento preciso (PPS), específico para el uso militar y personal civil autorizado. La señal P no se encuentra encriptada y puede ser descifrada, sin embargo, no se recomienda su uso, debido a cambios aleatorios del código. (Sanz Subirana et al., 2013).

Constelación	Segmento espacial	Señal de transmisión	Descripción del servicio
BeiDou	<p>Sistema de navegación de la República de China, cuenta con una cobertura de 30 satélites, distribuido en 3 planos orbitales: 24 MEO, 3 GEO, 3 IGSO. Los satélites de la órbita geosíncrona inclinada IGSO y geoestacionarios GEO se encuentra a una altura de 35 786 km, a diferencia de los satélites en el plano orbital terrestre medio con una altura de 21 520 km. (García Bahón, 2017).</p>	<p>Transmite su señal por medio de la banda L, en tres frecuencias distintas B1 (1561.098 MHz), B2 (1207.14 MHz) y B3 (1268.52 MHz), los códigos emitidos se basan en acceso múltiple por división de código ACDM, en las frecuencias B1 y B2 cada una poseen códigos B-I y B-Q, distinguiendo la transmisión para uso abierto y autorizado respectivamente. (Sanz Subirana et al., 2013).</p>	<p>Los servicios proporcionados son de acceso abierto para los usuarios y otros solo para personal autorizado, el rendimiento de servicios y espacios en sus funciones, garantizan la transmisión de la señal de forma continua y estable para un posicionamiento global, de navegación y sincronización, BeiDou permite la compatibilidad e interoperabilidad con distintos sistemas de navegación. (Chengqi, 2012).</p>

Constelación	Segmento espacial	Señal de transmisión	Descripción del servicio
Galileo	<p>Sistema de navegación desarrollado por parte de la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Comisión Europea, comprende un total de 30 satélites, 27 operativos y 3 en reserva, ubicados a 23 600 km sobre la superficie terrestre, con una cobertura mínima de 6 satélites (Mendizabal et al., 2009).</p>	<p>Todos los satélites de Galileo transmiten a la misma frecuencia, con señales diferentes mediante el acceso múltiple por división de código CDMA, la constelación proporciona 10 señales de navegación, con distintas bandas de frecuencia: E1 (1 575.420 MHz); E6 (1 278.750 MHz); E5a (176.450 MHz); E5b (1 207.140 MHz)</p> <p>Las señales poseen canales de datos (incluyen información de navegación) y canales pilotos. (Sanz Subirana et al., 2013).</p>	<p>Los servicios que se ponen a disposición tienen el uso específico para el sector civil, los fondos destinados para el estudio y ejecución de Galileo no pertenece al área de defensa de los países miembros, los servicios se especifican en 6 señales dedicadas a:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 para servicios civiles (OS) 1 para seguridad y la vida (SoL), 2 para servicios comerciales (CS) 2 para servicios públicos regulados (PRS). <p>(Mendizabal et al., 2009).</p>

Fuentes de error

La transmisión de la señal GNSS hasta los receptores en tierra, están expuestos a distintas fuentes de error, afectando directamente su precisión, las medidas de código y fase presentan interferencia por ruidos aleatorios y errores sistemáticos, los últimos pueden ser corregidos o minimizados dependiendo de las características de los equipos y la metodología para la determinar el posicionamiento, los errores son relativos y se pueden presentar en los satélites, la propagación de la señal en el medio y el receptor, ver tabla 3. (Berné Valero et al., 2014).

Tabla 3

Errores a consideración en un posicionamiento GNSS.

Fuente de error	Tipo de error	Error estimado
Satélite	Variaciones de las Orbitas	Depende de la calidad de efemérides transmitidas
	Relojes internos (osciladores)	± 2 m
	Geometría de los satélites (DOP)	-
Propagación de la señal	Retrasos Troposféricos	± 2.5 m (en condiciones óptimas)
	Retraso Ionosférico	± 5 m (en condiciones óptimas)
	Multipath	± 1 m

Fuente de error	Tipo de error	Error estimado
Propagación de la señal	Pérdida de ciclos	-
	Reloj interno (osciladores)	± 2 m
Receptor	Error en las coordenadas referencia	Depende de la calidad de la coordenada conocida

Nota. Recuperado de Aplicación de sistemas GNSS y SIG a infraestructuras de transporte. estudio sobre conducción naturalista, por Balsa Barreiro, 2014.

Existen distintas técnicas que mejoran la precisión de las observaciones, la mayoría de los errores se eliminan con métodos de posicionamiento, que permiten al usuario tener correcciones absolutas, relativas o diferenciales a través de los sistemas GNSS y de aumento, utilizando la señal por códigos o fases de portadora, en otros casos se puede desarrollar modelos específicos que mitiguen los errores (Berné Valero et al., 2014).

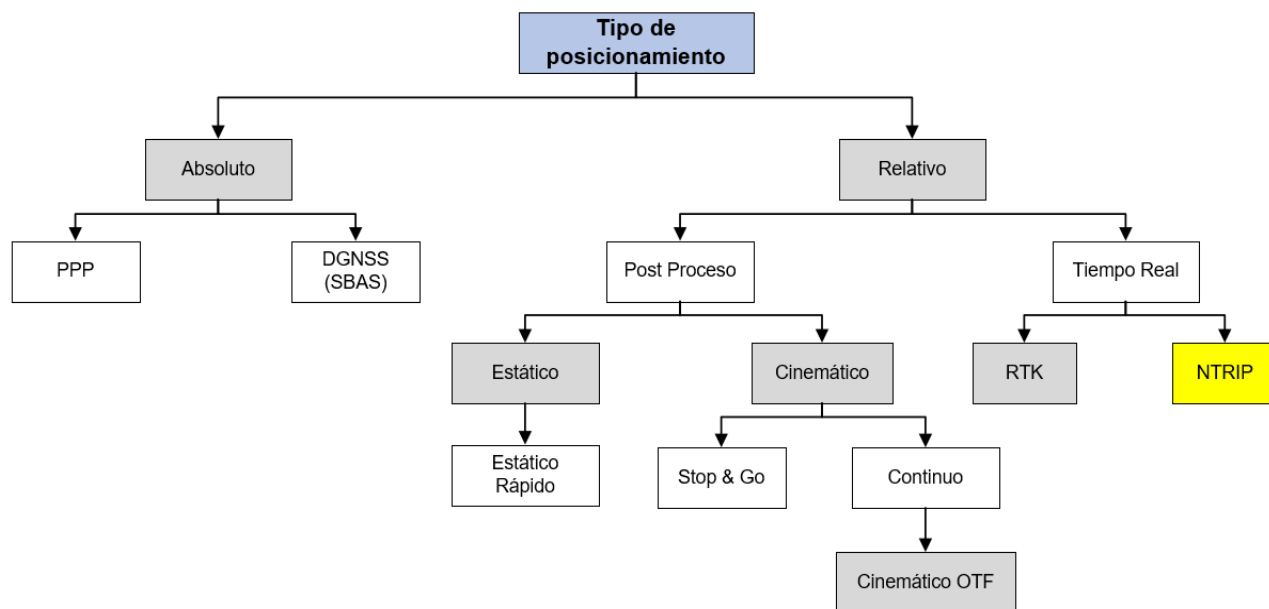
Métodos de Posicionamiento

Las técnicas de posicionamiento son utilizadas según la precisión que se requiera por parte del usuario, los equipos GNSS comprenden distintas metodologías para la obtención de coordenadas, las mismas se distinguen por procesos de planificación, observación y cálculos que garanticen los resultados esperados, las técnicas GNSS empleadas adoptan combinaciones por características de la señal (Código o Fase Portadora) y los aspectos (Absoluto - Relativo; Estático - Cinemática; Tiempo Real - Post proceso). (Junta de Andalucía, 2011). Los principales tipos de posicionamiento se detallan en la figura 5, cada metodología

dependerá de las condiciones de los equipos GNSS, la tabla 4 indica las presiones de código y fase portadora para posicionamiento relativo.

Figura 5

Técnicas de posicionamiento equipos GNSS.



Nota. Adaptado de Procesos: Observación y procesamiento GNSS, por Junta de Andalucía, 2011.

Tabla 4

Precisiones alcanzadas para los métodos de rastreo.

Fase de la Portadora - Relativo		Código - Relativo	
Método	Precisión estimada	Método	Precisión estimada
Estático	5 mm ± 1 ppm	Estático	30 - 50 cm
Estático rápido	5 - 10 mm ± 1 ppm	Cinemático	50 - 100 cm
Stop & Go	10 - 20 mm ± 1 ppm		
Continuo	10 - 20 mm ± 1 ppm		

Nota. Adaptado de Implementación de la tecnología NTRIP en dispositivos móviles navegadores, mediante una aplicación, para obtener coordenadas GPS con mejor precisión en tiempo real, por Sánchez et al., 2010, citado en Silva Villacrés, 2014.

Posicionamiento Preciso de Puntos PPP

Es una técnica de posicionamiento GNSS, que utiliza los datos de órbitas y estado del reloj de los satélites, por medio de los modelos matemáticos obtenidos de las combinaciones entre mediciones de código y fase de las observaciones, además incluyen las correcciones de la antena y su variación del centro de fase. El proceso no necesita trabajar simultáneamente con las observaciones en la solución de las ambigüedades, como son los métodos de posicionamiento tradicionales (Leandro & Santos, 2006).

El método de PPP se puede utilizar para analizar los datos estáticos y de navegación en tiempo real. El principal problema que presenta es la pérdida GNSS para realizar la corrección,

incrementando el tiempo de solución y disminuye la precisión. Por lo cual es recomendado utilizar en entornos abiertos y lejos de edificaciones (Berné Valero et al., 2014).

Estático Rápido

En un método de posicionamiento diferencial utilizado en equipos GNSS, se necesita poco tiempo para la captura de observaciones, registra en un intervalo de tiempo a cada segundo, estos se someten a post-procesamiento con la finalidad de obtener precisiones inferiores al centímetro. La técnica se puede emplear para levantamientos topográficos a detalle con un gran número de puntos en campo, siendo eficientes a cortas distancias de diferencias (Cardozo & Arenas, 2016).

Se requiere un mínimo de cuatro satelitales para resolver las ambigüedades enteras y evitar la pérdida de señal al momento del desplazamiento de un punto a otro. El receptor base debe estar encendido durante todo el levantamiento incluido los desplazamientos. El tiempo de rastreo de puede ver afectado dependiendo el número de satélites disponibles y del indicador Position Precision Dilution PDOP (Cardozo & Arenas, 2016).

La eficacia de la técnica dependerá de que las líneas de base se encuentren a cortas distancia (< 20 km) y el tiempo de ocupación de la observación depende del número y la geometría de los satélites visibles (ver figura 6). El tiempo de registro de receptor por lo general varía entre 10 y 30 minutos con una frecuencia de muestreo de datos entre 1 a 60 segundos dependiendo de la configuración deseada en el proyecto (Leica Geosystems, 2000). El método es fácil y rápido, con precisiones finales de $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$, siendo ideal para puntos de control o levantamientos en pequeñas distancias (Department of Natural Resources WA., 2004).

Figura 6

Tiempos de observación para longitudes de referencia.

<i>Nº de satélites GDOP <= 8</i>	<i>Longitud de la línea base</i>	<i>Tiempo de observación DIA</i>	<i>Tiempo de observación NOCHE</i>
<i>ESTAT. RAPIDO</i>			
<i>4 ó 5</i>	<i>menos de 5 Km.</i>	<i>de 5 a 10 min.</i>	<i>5 min.</i>
<i>4 ó 5</i>	<i>de 5 a 10 Km.</i>	<i>de 10 a 20 min.</i>	<i>de 5 a 10 min.</i>
<i>4 ó 5</i>	<i>de 10 a 15 Km.</i>	<i>alrededor de 30</i>	<i>de 5 a 20 min.</i>
<i>ESTATICO</i>			
<i>4 ó 5</i>	<i>de 15 a 30 Km.</i>	<i>de 1 a 2 horas</i>	<i>1 hora</i>
<i>4 ó 5</i>	<i>más de 30 Km.</i>	<i>de 2 a 3 horas</i>	<i>2 horas</i>

Nota. Recuperado de General Guide to Static and Rapid-Static de Leica Geosystems, 2000.

Transporte en red de RTCM a través del Protocolo de Internet NTRIP

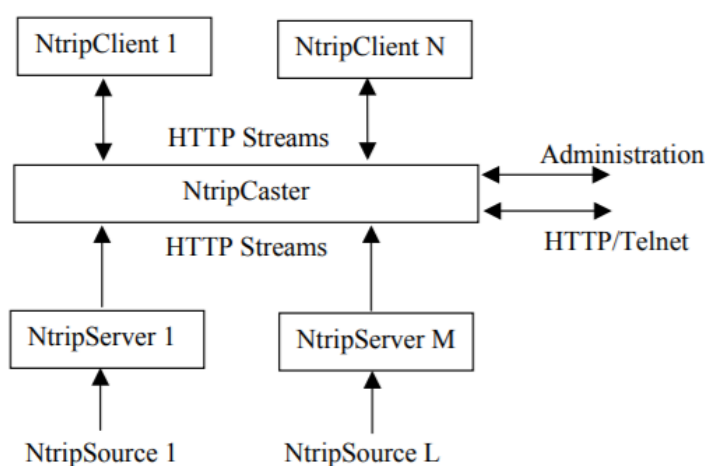
El protocolo NTRIP, por sus siglas en inglés Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, se desarrolló en el 2004 por la Agencia Federal Alemana de Cartografía y Geodesia BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie) y la Universidad de Dortmund, Alemania, su funcionamiento se basa en las correcciones GNSS calculadas por las estaciones de monitoreo continuo, transmitidas en tiempo real vía internet (stream) hacia los receptores fijos o móviles, el intercambio de datos o flujos de datos se configuran mediante HTTP permitiendo el intercambio de información que se encuentra empaquetada en el formato estándar RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services), las observaciones finales son las correcciones diferenciales de los valores conocidos y observados (Berné Valero et al., 2014).

HTTP (HyperText Transfer Protocol) permite la transmisión de información en línea a través de una conexión TCP/IP, desarrollado principalmente para el tráfico masivo, establece una relación servicio - cliente donde el lenguaje de comunicación debe ser el mismo en ambas partes. TCP/IP son métodos que permiten el transporte de los paquetes de información (fragmentos de datos), donde, TCP (Protocolo de control de transmisión) controla el flujo de los paquetes, e IP (Protocolo de Internet) se encarga del enrutamiento de los paquetes, TCP/IP se define por 4 capas, cada una presenta una interfaz: Application, Transport, Network y Link (Peterzon, 2004).

El rastreo de observaciones y generación de la corrección diferencial se realiza en las estaciones de monitoreo continuo, son enviadas a un servidor IP, que a su vez permite la comunicación con los usuarios, la arquitectura NTRIP posee un sistema de 4 componentes: Ntrip Source, Ntrip Server, Ntrip Caster, Ntrip Client (ver figura 7) (BKG, 2004).

Figura 7

Sistema de transmisión NTRIP.



Nota. Recuperado de Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, por BKG, 2004.

Ntrip Source

Corresponde las estaciones de monitoreo continuo o Mount-Point, encargadas de establecer el rastreo con las constelaciones GNSS de forma permanente, la base posee coordenadas de alta precisión que son comparadas con los valores de observación, se establecen los cálculos de correcciones diferenciales DGNSS y RTK, únicas de cada estación, que son empaquetados en formato RTCM y transmitidas vía HTTP a la siguiente fase del sistema (Peterzon, 2004).

Ntrip Server

Software responsable de recibir y transmitir las correcciones en formato RTCM entre el Source y Caster, previamente se define el Mount-Point de interés para la recepción de datos, Ntrip Server permite la visualización de estaciones habilitadas en una “lista fuente” para el servicio de recepción, la selección se configura a través del protocolo HTTP y la conexión del flujo de datos con TCP/IP (BKG, 2004).

Ntrip Caster

Comprende el servidor HTTP capaz de ser el centro de conexión para la difusión del flujo de datos entre el Ntrip Server y Client, permite la conexión de varios dispositivos en un mismo instante de tiempo mediante el protocolo TCP/IP que se comunican por el puerto de acceso para el sistema, coordina las solicitudes y respuestas HTTP referentes a la transmisión de datos (Peterzon, 2004).

Administra distintas estaciones de monitoreo de la red GNSS, cada Mount-Point se encuentra registrado en el Caster con un identificador único, monitorea la calidad e integridad de los datos y autentifica el acceso de los usuarios y claves registradas, las observaciones crudas y corregidas son transmitidas a velocidad desde 32 kbps hasta 128 kbps.

- Correcciones DGNSS (≈ 0.5 kbps por flujo de datos)
 - Correcciones RTK (≈ 5 kbit / s por flujo de datos)
 - Datos del receptor GNSS sin procesar (≈ 5 kbit / s por flujo de datos)
- (Lenz, 2004).

Ntrip Client

Permite la conexión TCP a la dirección IP del Ntrip Caster, especificando el puerto de acceso para la identificación de los procesos solicitados de los mensajes RTCM, la recepción del protocolo NTRIP con los equipos de rastreo requiere de un registro y solicitud de acceso previos para su uso. La vinculación con los usuarios indica un listado de Mount-Point que se encuentran a disposición por el Caster para aplicar las correcciones de base o rover (Berné Valero et al., 2014).

El acceso a internet dependerá de las características en hardware y software de los equipos receptores y controladoras GNSS que posean arquitectura NTRIP, adicional, los dispositivos celulares disponen de tecnología, en su mayoría GSM/GPRS y otros con EDGE o UMTS, capaz de soportar los streams de corrección transmitidas por el Caster, que pueden establecer una conexión entre los receptores GNSS y Smartphones (teléfonos inteligentes) (Pietro Márquez, 2007).

Formato de intercambio de información

Formato RTCM

La Comisión Técnica de Radio para Servicios Marítimos (RTCM) se fundó en 1947 como un Comité Asesor del Departamento de Estado de EE. UU. Las fuertes demandas de

DGPS en tiempo real llevaron al establecimiento del Comité Especial 104 de Sistemas Diferenciales de Navegación por Satélite Global RTCM (RTCM SC 104) con el fin de estandarizar un formato estándar de la industria para los mensajes de corrección. El formato actual se conoce como RTCM versión 2x y se ha actualizado a la versión 3.x. Debido a una estructura de formato ineficiente, la versión 2.x de RTCM requiere un ancho de banda relativamente alto (Heo et al., 2009a).

La versión 2.3 de RTCM ha sido adoptada por todos los receptores comerciales y todavía se usa ampliamente para operaciones DGPS o RTK de base única (ver tabla 5). Sin embargo, existen limitaciones con RTCM SC104 versión 2.3. En primer lugar, cada palabra contiene datos de 24 bits y 6 bits de paridad. Esta estructura de palabra de 30 bits desperdicia ancho de banda debido a una codificación ineficaz de los mensajes. En segundo lugar, el cálculo de paridad incluye bits de la palabra anterior. Como resultado, cada mensaje no es independiente de una palabra a la siguiente. Finalmente, el esquema RTCM versión 2.3 no es lo suficientemente flexible para adaptarse a nuevas señales como el GPS L2C y L5, y otros sistemas GNSS futuros como GALILEO y Compas. Además, los nuevos conceptos de red-RTK no pudieron implementarse utilizando el formato RTCM versión 2.3 (Silva Villacrés, 2014).

Tabla 5

Estructura del mensaje RTCM versión 2.3.

Número del mensaje	Contenido
1	Corrección diferencial de GPS (código CA)
3	Parámetros de las estaciones de referencia GNSS
5	Estado de la constelación de GPS
10	Correcciones diferenciales del código P

Número del mensaje	Contenido
11	Correcciones de la señal L1, L2 y código CA
15	Mensaje de retardo Ionosférico
18	Portadoras de fase RTK no corregidas
19	Pseudodistancias RTK sin corrección
20	Corrección RTK fase
21	Corrección RTK de códigos
23	Modelo de la antena de estación de referencia
24	Puntos de referencia de la antena (ARP)
31	Corrección diferencial de GLONASS
32	Parámetros la estación de referencia de GLONASS
33	Estado de la constelación de GLONASS
37	Compensación de tiempo del sistema GNSS

Nota. Adaptado de Implementación de la tecnología NTRIP en dispositivos móviles navegadores, mediante una aplicación, para obtener coordenadas GPS con mejor precisión en tiempo real, por Silva Villacrés, 2014.

RTCM SC-104 introdujo un nuevo estándar conocido como RTCM SC104 versión 3.0 para superar estos inconvenientes. Por lo tanto, la versión 3.0 de RTCM está diseñada para mejorar las operaciones RTK y admitir redes RTK. Su estructura mejorada beneficia las operaciones RTK debido al uso eficiente del ancho de banda durante la transmisión. La versión 3.0 de RTCM abordó las limitaciones anteriores reestructurando el formato (ver tabla 6). Todos los mensajes RTCM 3.0 comienzan con una secuencia fija de 8 bits seguida de 6 bits

reservados. La longitud de cada mensaje es variable y depende del tipo de mensaje. La estructura de los mensajes RTCM 3.0 se indica en la tabla 7 (Heo et al., 2009b).

Tabla 6

Estructura del mensaje RTCM versión 3.0.

Grupo	Sub-Grupo	Mensaje
Observaciones	GPS L1	1001
		1002
	GPS L1/L2	1003
		1004
	GLONASS L1	1009
		1010
	GLONASS L1/L2	1011
		1012
Coordenadas de la estación	Puntos de referencia de la antena (ARP)	1005
	ARP + altura de la antena	1006
Descripción de la antena	Modelo de la antena (ID)	1007
	ID + número de serie	1008
Correcciones de Red (RTK)	Datos de la estación auxiliar de red	1014
	Diferencias de corrección ionosférica de GPS	1015
	Diferencias de corrección geométrica de GPS	1016

Grupo	Sub-Grupo	Mensaje
Correcciones de Red (RTK)	Diferencias de corrección ionosférica y geométrica combinada de GPS	1017
	Parámetros del sistema	1013
Información de	GPS Ephemerides	1019
operaciones	GLONASS Ephemerides	1020
auxiliares	GALILEO (F/NAV) Ephemerides	1045
	GALILEO (I/NAV) Ephemerides	1046

Nota. Adaptado de International standard GNSS real-time data formats and protocols, por Heo et al., 2009b.

Formato NMEA

Las sentencias NMEA presenta un formato estándar 0183 desarrollado por Asociación Nacional de Electrónica Marina (NMEA), la cual define la estructura de señalización, protocolo de transmisión y formatos de sentencias específicas de cada dispositivo, registrando la información de la posición, altura, números de satélites, entre otros (ver tabla 7). El envío de los datos se realiza de un solo sentido, desde un único emisor a uno o varios receptores. (Riba et al., 2016).

Tabla 7*Mensaje GGA – Información de Posicionamiento.*

Nombre	Ejemplo	Unidad	Descripción
Id del mensaje	\$GPGGA	-	Cabecera del mensaje
Tiempo UTC	161333.487	-	hhmmss.ss
Latitud	3452.2456		ggmm.mmmm
Indicador N/S	S	-	N = Norte o S = Sur
Longitud	12786.5436	-	gggmm.mmmm
Indicador E/W	W	-	E = Este o W = Oeste
Funcionamiento del dispositivo	1		1 = Simple GPS
Satélites en uso	4	-	Rango entre 0 a 12
HDOP	1.0	-	Dilución Horizontal de la Posición
MSL Altitud	251.0	Metros	Altitud de la antena Sobre / Bajo el Nivel Medio del Mar (Geoide)
Texto MSL Altitud (Unidad)	M	-	

Nombre	Ejemplo	Unidad	Descripción
Separación Geoidal	32	Metros	Separación Geoidal (diferencia entre elipsoide y nivel del mar intermedio, si es negativo el geoide está bajo el elipsoide).
Texto Separación Geoidal (Unidad)	M	-	
Tiempo de la última corrección diferencial		Segundos	Intervalo en segundos desde la última actualización de una estación de referencial diferencial.
ID de la estación diferencial	00	-	
Checksum	*31	-	Suma de comprobación
<CR><LF>		-	Fin del mensaje

Nota. Recuperado de Cálculos de Posicionamiento Global usando protocolo NMEA 0183 y Google Earth, por Godínez R, 2010.

Estándar Nacional para la Precisión de Datos Espaciales NSSDA

El estándar NSSDA, por sus siglas en inglés National Standard for Spatial Data Accuracy, fue desarrollado por la Federal Geographic Data Committee en EE. UU, es un método estadístico que permite estimar la precisión posicional de puntos de control para

cartografía y datos geoespaciales digitales, a través del error cuadrático medio RMSE, que es la raíz cuadrada del promedio del conjunto de diferencias cuadradas entre los valores de las coordenadas medidas y el valor de las coordenadas obtenidas de una fuente independiente, siendo puntos georeferenciados que presentan una mayor precisión (FGDC, 1998).

El método se basa en asumir la normalidad de los datos de error observados, sin embargo, no proporciona una guía para la verificación de su hipótesis, ya que su resultado se ve reflejado en un valor, dependerá del usuario analizar si los datos obtenidos son satisfactorios para su propósito, esto se puede realizar a través de una base estadística que hace un contraste de hipótesis donde se establece una regla de aceptación o rechazo (Ariza-López et al., 2018).

El NSSDA recomienda un nivel de confianza del 95% para una muestra de al menos 20 puntos, es decir, que el 95% de las posiciones en el conjunto de datos observados tendrán un error con respecto a la verdadera posición del suelo que será igual o menor que el valor de precisión informada, haciendo que el punto no supere el umbral indicado en las especificaciones del producto; la precisión refleja el valor de incertidumbre presente en los datos analizados, la exactitud se informa en unidades de distancias terrestres (FGDC, 1998).

La precisión horizontal se comprueba comparando las coordenadas planimétricas XY de las observaciones y los datos conocidos, estableciendo la ecuación del error cuadrático medio RMSE para XY.

$$RMSE_X = \sqrt{\frac{\sum (X_{ob,i} - X_{v,i})^2}{n}} \quad (1)$$

$$RMSE_Y = \sqrt{\frac{\sum (Y_{o,i} - Y_{v,i})^2}{n}} \quad (2)$$

Donde:

$X_{ob,i}$, $Y_{ob,i}$: Coordenadas del i-ésimo punto de control de los datos de observación a evaluar.

$X_{v,i}$, $Y_{v,i}$: Coordenadas del i-ésimo punto de control de los datos obtenidos de una fuente independiente con mayor precisión.

n : Número total de observaciones de los puntos de control muestreados.

El error horizontal de cada punto de control (i) se define como:

$$Error\ Horizontal_i = (X_{ob,i} - X_{v,i})^2 + (Y_{ob,i} - Y_{v,i})^2 \quad (3)$$

Entonces el RMSE Horizontal

$$RMSE_H = \sqrt{\frac{\sum[(X_{ob,i} - X_{v,i})^2 + (Y_{ob,i} - Y_{v,i})^2]}{n}} \quad (4)$$

$$RMSE_H = \sqrt{(RMSE_X)^2 + (RMSE_Y)^2} \quad (5)$$

La NSSDA se presentan dos casos para el cálculo de la precisión horizontal: cuando $RMSE_X$ es igual a $RMSE_Y$ o $RMSE_X$ es diferente de $RMSE_Y$

Caso 1: $RMSE_X = RMSE_Y$

Entonces:

$$RMSE_H = \sqrt{2 * (RMSE_X)^2} = \sqrt{2 * (RMSE_Y)^2} \quad (6)$$

$$RMSE_H = 1.4142 * RMSE_X = 1.4142 * RMSE_Y \quad (7)$$

Si el error es normalmente distribuido e independiente en cada componente X, Y y error, el factor 2.4477 se utiliza para calcular la precisión horizontal al nivel de confianza del 95%, Entonces la $Precisión_H$, según la NSSDA (FGDC, 1998), se calculará mediante la ecuación:

$$Precisión_H = 2.4477 * RMSE_X = 2.4477 * RMSE_Y \quad (8)$$

$$Precisión_H = \frac{2.4477 * RMSE_H}{1.4142} \quad (9)$$

$$Precisión_H = 1.7308 * RMSE_H \quad (10)$$

Caso 2: $RMSE_X \neq RMSE_Y$

Si $\frac{RMSE_{min}}{RMSE_{max}}$ se encuentra entre 0.6 y 1.0 el error estándar circular (al 39.35% de confianza) puede aproximarse a $0.5 * (RMSE_X + RMSE_Y)$, si el error se distribuye normalmente y es independiente en cada componente X, Y y error, el valor de precisión según a NSSDA (FGDC, 1998), puede aproximarse de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Precisión_H = \sim 2.4477 * 0.5 * (RMSE_X + RMSE_Y) \quad (11)$$

BNC, BKG Ntrip Client

Es una aplicación que permite recopilar, decodificar, convertir y procesar los flujos de datos GNSS en tiempo real, a través de la conexión del protocolo NTRIP. Fue desarrollado por la Agencia Federal de Cartografía y Geodesia (BKG), la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) y el Servicio GNSS Internacional (IGS). Además, cuenta con funciones de post-procesamiento. Es un código abierto disponible para todo el público, compatible para varios sistemas operativos como Windows, Linux y Mac OS X entre otros. El programa cuenta una

interfaz gráfica y de línea de comandos disponible para la interpretación del usuario (Weber et al., 2016).

Dentro de sus funciones principales presenta la capacidad de decodificar los datos de observación registrados en formato RTCM 3.X, correcciones de reloj y órbita para la transmisión de efemérides a través de un puerto IP, realizar el Posicionamiento Preciso de Puntos (PPP) en tiempo real y calcular los retrasos de la ruta cenital troposférica, con el fin de determinar las posiciones del equipo GNSS, por medio del procesamiento simultáneo de los distintos flujos de corrección (Weber et al., 2016).

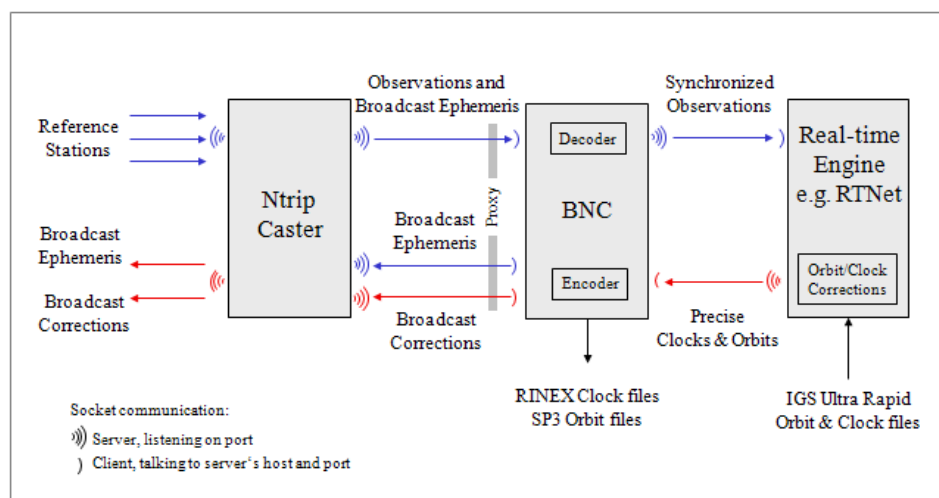
Estructura de los Flujo de datos BNC

El programa BKG Ntrip Client (BNC) tiene la capacidad de trabajar con diferentes flujos de datos para la corrección de posición. La transmisión en tiempo real utiliza distintos puertos de conexión para protocolo Ntrip, entre ellos se tiene TCP / RTP o UDP, protocolo simple TCP / IP o enlaces de comunicación en serie. Los datos de transmisión contienen las observaciones, efemérides, errores de reloj / órbita de satélite o sentencias NMEA (Federal Agency for Cartography and Geodesy, 2013).

La Figura 8 presenta el diagrama de flujo que realiza el programa BNC en base a un receptor GNSS en tiempo real con la estimación de orbitas y relojes precisos. Se indica el caso de la corrección con los formatos RTCM Versión 3.0 y almacenados en un Ntrip Broadcaster.

Figura 8

Diagrama de flujo BNC para la corrección de observaciones en base al receptor GNSS



Nota. Recuperado de BKG Ntrip Client (BNC) Version 3.0, por Federal Agency for Cartography and Geodesy, 2013.

Dispositivos móviles

Son equipos de manipulación única, que me permite realizar tareas y dar soluciones a los problemas presentados en la vida cotidiana del usuario. Ayuda a realizar actividades susceptibles para mejorar el conocimiento, condiciones del desarrollo, elaborados de manera más accesibles y amigables para los diferentes grupos vulnerables (Fombona et al., 2012).

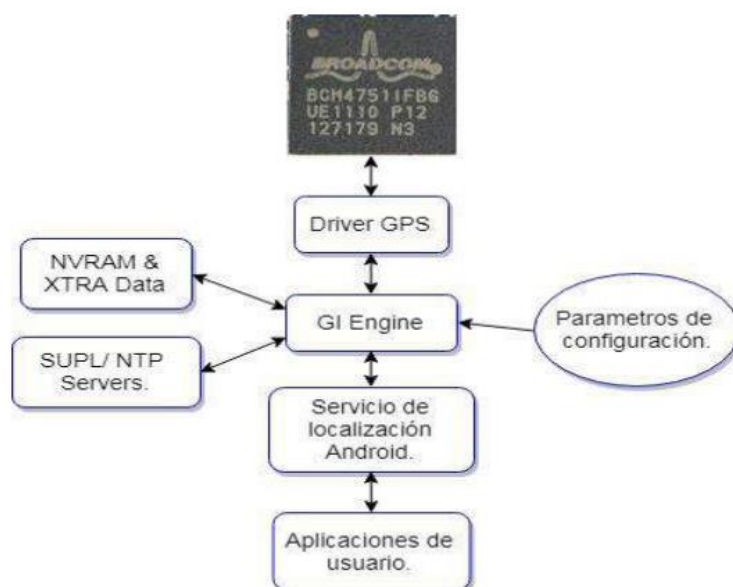
Además, se desarrolla cada día nuevos teléfonos inteligentes (smartphones), que incorpora funciones avanzadas de mensajería, acceso a Internet móvil, pantalla táctil u otros dispositivos de entrada de datos, captura de imágenes fijas y en movimiento, reproducción de documentos digitales, posicionamiento GPS, acceso a redes inalámbricas entre otras. Estos equipos incorporan sistemas operativos tales como iOS (iPhone) y Android de las más reconocidos (Baz et al., 2011).

Chip Receptor móvil

Una de las principales características para el posicionamiento y navegación de los dispositivos móviles es el Chip GPS (ver figura 9), que tienen la capacidad de rastrear diferentes constelaciones como GPS, GLONASS, GALILEO y BEIDO debido a los nuevos avances tecnológicos, además integran mapas base para lograr ubicar espacialmente al usuario (Sagñay & Freire, 2018).

Figura 9

Arquitectura interna del Chip GPS del dispositivo móvil.



Nota. Recuperado de Estructura del GPS en Android, por Latorre, 2012.

Los cinco elementos que intervienen para obtener la ubicación se detallan en la siguiente lista (Latorre, 2012).

- Chip: Es el hardware del receptor GPS conformado por un oscilador y una antena, que permite captar la información de los satélites, además, son elaborados para optimizar la batería del dispositivo.
- Driver: Es la conexión directa del chip GPS al sistema operativo Android del equipo, a través de las APIs de menor nivel, que tiene como finalidad enviar la información del receptor al lenguaje de programación.
- GL Engine: Este apartado se encarga de procesar los datos de ubicación almacenados en el código fuente del sistema en formatos .xml o .conf, para suministrar información necesaria sobre la posición a las antenas cercanas según la operadora de red que cuenta el usuario y las almacena en la memoria RAM.
- Servicios de Localización: Es el conjunto de herramientas que son programadas en lenguaje JAVA, utilizadas por el sistema Android para administrar distintos aspectos del chip GPS como el Location Manager, que otorga los permisos necesarios para que una determinada aplicación utilice la información necesaria del registro de observaciones mediante API's propias de Android.
- Aplicaciones: El desarrollo de las aplicaciones permite facilitar el registro, visualización e interpretación de la localización del usuario, aplicaciones previamente instaladas como Google Maps, GPS status, GPS test entre otras, utilizan los datos de posicionamiento para proporcionar al usuario la información requerida.

Sistema Operativo

Es el programa o conjunto de programas que se encargan de gestionar los procesos generales de un código de programación para la interacción con el usuario. (Molina et al., 2012). En el caso de los dispositivos móviles es considerado como el programa principal y

capaz de administrar todos sus recursos para ser utilizados de manera eficiente, cómoda y sin interrupciones, (Polanco et al., 2011).

Sistema Android

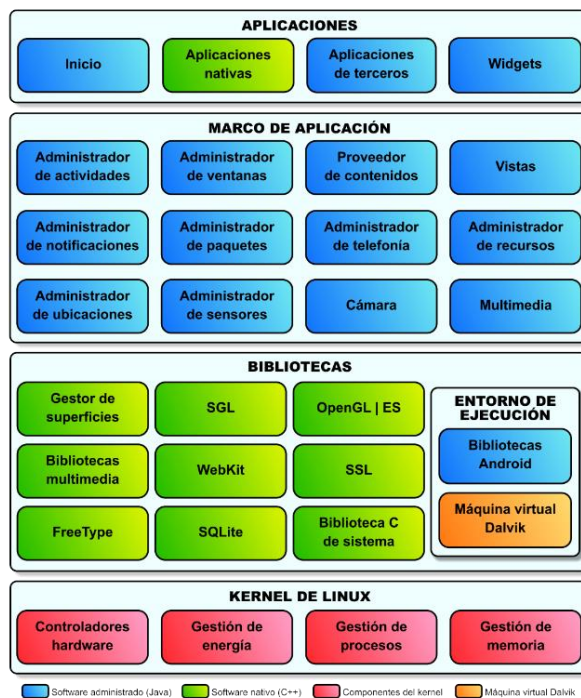
Es un sistema operativo de código libre diseñado para dispositivos, que permite desarrollar un número ilimitado de aplicaciones para teléfonos inteligentes, tabletas, entre otros. Fundada por el grupo Open Handset Alliance, conformados por varios fabricantes, desarrolladores de hardware y software, como : Google, Samsung, HTC, Dell, Xiaomi entre otras, obteniendo una gran compatibilidad de las aplicaciones en distintos dispositivos (Vanegas, 2012).

Arquitectura Android

El diseño de la arquitectura de Android está formado por varias capas que facilitan al desarrollo de aplicaciones. Además, esta distribución permite acceder los diferentes niveles y permisos de capas para el uso de los componentes hardware de los dispositivos. Cada una de las capas, utiliza elementos de la capa inferior para realizar sus funciones. La figura 10 representa un diagrama de la arquitectura de Android con sus respectivas capas, funciones y jerarquización de los niveles de programación disponible en el sistema Android (Android Developers, 2020).

Figura 10

Arquitectura del Sistema Operativo Android.



Nota. Recuperado de Arquitectura de la plataforma, por Android Developers, 2020.

Bibliotecas de Android

Es la configuración y funciones nativas del dispositivo, que se encuentran ubicada por encima del Kernel, establecidas normalmente por el fabricante, que también se encarga de instalarlas en el terminal antes de ponerlo a la venta. Entre las principales bibliotecas tenemos al gestor de superficies (pantalla), diseño gráfico de gráficos SGL (2D), OpenGL (3D), reproductor multimedia, navegador web, base de datos relacionales (SQLite) y de ejecución de aplicaciones (libc) dentro del código fuente (Vico, 2011).

Plataforma Java

Java es un lenguaje de programación desarrollado por Sun Microsystems, uno de los más populares y utilizados en la actualidad, cuenta con un diseño compacto y compatible que permite ejecutar en diversas plataformas con sistemas operativos como Windows, Android, Mac OS, Linux, entre otros (ver figura 11), mediante el servicio de Java Runtime Environment (Mazón Olivo et al., 2015).

Figura 11

Compatibilidad de java mediante JRE.



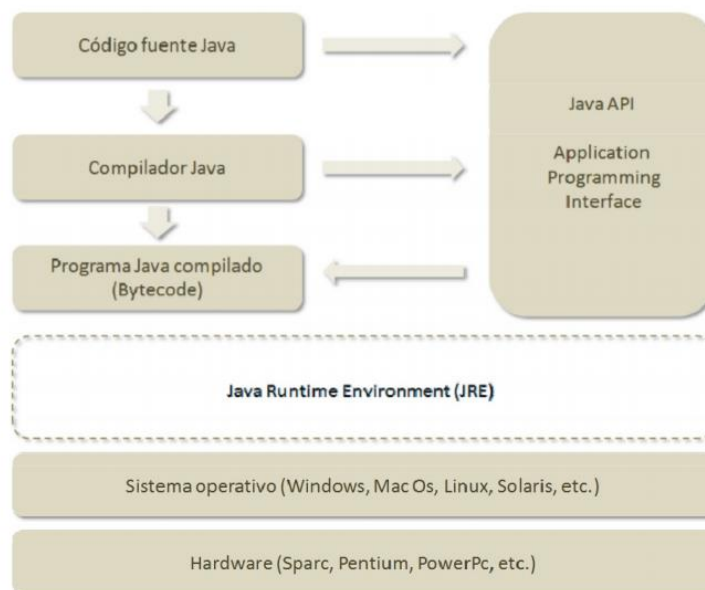
Nota. Recuperado de Fundamentos de Programación en Java, por Martínez, 2002a.

Además, es conocida como una plataforma, entorno de ejecución y conjunto de librerías, que permiten el desarrollo de las aplicaciones dentro de un sistema operativo. Las principales librerías utilizadas son conocidas como Application Programming Interface (Java API). La plataforma Java se conforma por el código fuente, el compilador, los programas compilados en Bytecode, el entorno de ejecución (JRE) y la máquina virtual (JVM) (ver figura

12), obteniendo una interfaz sencilla y compatible para los diferentes dispositivos. (Martínez, 2002b).

Figura 12

Composición de la plataforma Java.



Nota. Recuperado de Fundamentos de Programación en Java, por Martínez, 2002a.

Sistema de Información Geográfica SIG

Es un sistema conformado por hardware, software, base de datos espaciales y usuarios, que permite capturar, almacenar, administrar y analizar información digital, así como realizar gráficos y mapas. Analiza la ubicación espacial y organiza la información en visualizaciones mediante capas vectoriales y ráster, con el fin de representar, planificar, gestionar y distribuir el territorio o recursos (Pucha Cofrep et al., 2017).

Base de Datos Geográfica GDB

Es conjunto de datos espaciales interrelacionados y georreferenciados, de tal manera que permiten el análisis y la gestión del territorio dentro de aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Además, una BDG se utiliza de soporte para la implantación de servicios geográficos. La información se almacena como atributos o características del elemento gráficamente representado su contenido y es la base fundamental en elaboración de productos cartográficos (Bravo & Montenegro, 2011)

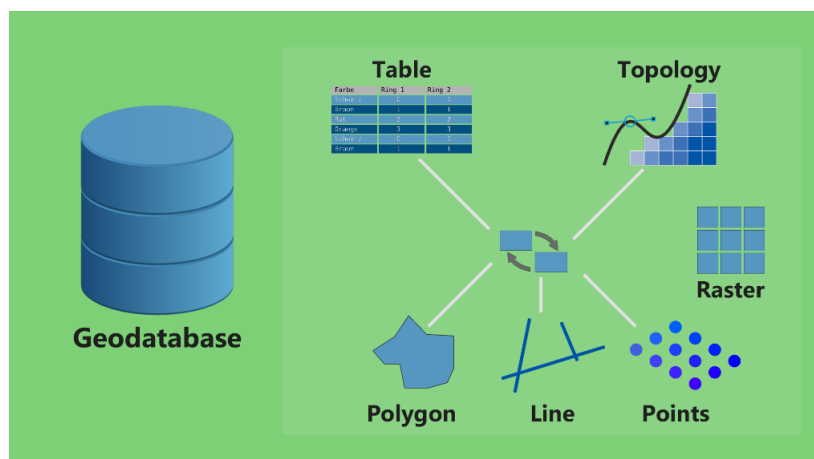
Con la integración de una GDB se obtiene una mayor eficiencia en la recolección, codificación y salida de datos, mejora el acceso y obtención de resultados. Se presenta distintos modelos para el almacenamiento de datos, donde el modelo relacional es el más aplicado, se basa en un esquema de tablas permitiendo una mayor comprensión y facilidad para el análisis y consulta de los datos. Las tablas están compuestas por un número de entidades representadas en las filas, así como los campos que se identifican en las columnas, obteniendo una mejor estructura y acceso de la información. (Morales, 2021).

Geodatabase de ArcGIS

Es el formato predeterminado de los datos geospaciales que se utiliza para administración y generación de mapas geográficos, se encuentra conformado por tablas, clases de entidades, ráster y atributos, además , los elementos SIG avanzados integran el comportamiento, reglas para la integridad espacial y herramientas (ver figura 13) con la finalidad de ejecutar diversas relaciones espaciales con las entidades (ArcGIS Desktop, 2022).

Figura 13

Contenido de la Geodatabase.



Nota. Recuperado de Arquitectura de una Geodatabase, por ArcGIS Desktop, 2022.

Los formatos estándar para un elemento geográfico se representan como ráster y tipo vector, en el primero de ellos se define una grilla o una malla, donde cada retícula contiene la información alfanumérica asociada que representa las características de una superficie geográfica (Pucha Cofrep et al., 2017). En segundo caso, el formato vectorial representado por medio de pares ordenados de coordenadas para el caso de un punto, una línea conformada por dos pares de coordenadas, un polígono como una serie de líneas y finalmente los límites para representar el área como un polígono. (ArcGIS, 2022).

Redes en ArcGIS

Conjunto de elementos almacenados en un sistema de datos estructurados, se constituyen a partir de entidades de origen con geometría sencilla de puntos y líneas conectados entre sí, sus componentes principales se basan en nodos y ejes, lo que permite

modelar distintos tipos de redes, las principales se pueden agrupar como redes geométricas y de transporte (Esri, 2019).

Redes Geométricas

Se representan por flujos e intercambios al interior de un sistema relacional, la información se almacena a través de una geodatabase, conectados topológicamente entre cada entidad que forman parte de la red, se considera geométrica por la exactitud espacial en su diseño para el comportamiento de la red, entre ellas se encuentran redes de distribución de agua, gas petróleo o electricidad, donde se puede administrar y controlar el flujo a través de reglas previamente establecidas que permiten el control total de la red, es decir, poseen una estructura rígida referente al desplazamiento o políticas de circulación pero son flexibles para la construcción de su diseño y conectividad (Esri, 2019).

Redes de Transporte

Las redes de transporte o dataset de red, representan modelos característicos de circulación vehicular dentro de un área establecida, la capacidad de desplazamiento al interior de la red es totalmente libre, es decir, el usuario tiene la elección de movilizarse en el entorno que considere mejor sea conveniente, con la opción de escoger una ruta optima, siempre que se consideren las reglas de conducción o límites de desplazamiento, como: semáforos, calles unidireccionales o cierre de vías, entre otras variables. El diseño de red se puede generar dentro de una geodatabase (Esri, 2021b).

Los principales reguladores básicos de una red están determinados por el tiempo y distancia que los elementos tardan en desplazarse de un lugar a otro, ambos permiten medir y estimar el movimiento de un objeto, siendo cada uno completamente diferente para un posterior

análisis, los criterios que se consideren serán en función del tipo de proyecto a estudiar (Esri, 2021b).

Distancia

El criterio de distancia permite trazar la ruta más corta de un punto a otro, el programa se encarga de calcular la distancia euclidiana a partir del punto de origen y el punto de destino, (los valores de cálculo serán más fiables si se incorporan coordenadas en Z, que permite una representación real del terreno y su topografía), lo que el programa escoge accesos principales o alternativos de menor distancia, por lo cual, el usuario puede movilizarse de una forma rápida y oportuna dentro de una red vial, estos modelos no son complejos por lo que sus atributos presentan información básica de la infraestructura de cada eje vial (Esri, 2021b).

Tiempo

Los criterios de tiempo presentan un modelo más fiable de evaluación dentro de una red interna, son más complejos por las variables que interviene para el comportamiento al momento de desplazarse, la cantidad de factores asociados permiten un cálculo más preciso en el tiempo de viaje, las relaciones principales se dan por la densificación infraestructuras vial y las velocidades establecidas de desplazamiento (Esri, 2021b).

ArcGIS Online

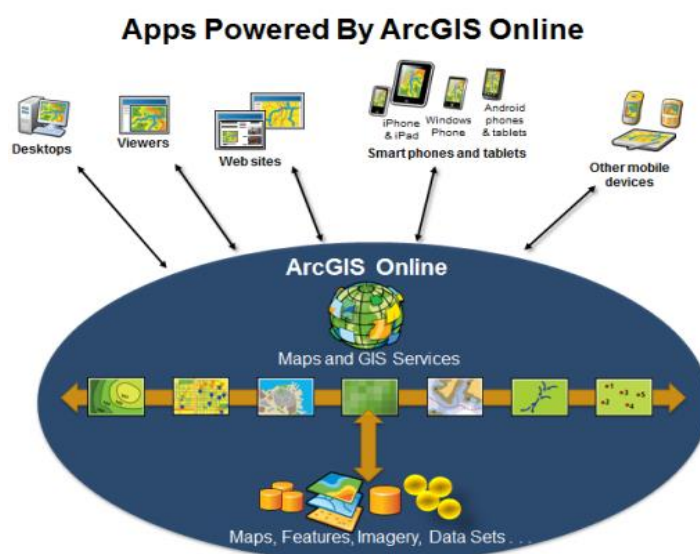
Es un servidor web diseñado por Esri, se base en la tecnología “cloud “en forma de nube, lo que permite el acceso remoto a las herramientas, base de datos y procesos a través del internet (ver figura 14), permite la facilidad y rapidez de elaboración y visualización de mapas almacenados en el servidor, disponible para el uso individual o para organizaciones, por

medio de una suscripción. (Esri, 2021a), cuenta con servicio y plantillas predeterminadas para elaborar story maps, aplicaciones móviles, mapas web y escenas 3D (Esri, 2010).

Los productos de generados de ArcGIS Online se utilizan para el desarrollo de una gran variedad de aplicaciones como: visualizadores Web, app en dispositivos móviles, para Windows entre otras. Además, los nuevos usuarios pueden utilizar capas existentes de información para la elaboración de nuevos mapas, planos y bosquejos con mayor facilidad (Esri, 2010).

Figura 14

Estructura de ArcGIS online.



Nota. Recuperado de Introducción a las aplicaciones ArcGIS Online, por Esri, 2010.

Mapas web

Es un sistema interactivo que permite, difundir, actualizar y presentar la información geográficos en tiempo real y en formatos vectoriales e imágenes ráster a través del intercambio

de información del servidor web con la extensión HTTP (Campos Vargas et al., 2011). Su principal función es la visualización de los datos geoespaciales almacenadas en una Base de Datos geográfica (GDB), además, integran un mapa base, un conjunto de capas de datos, una extensión y herramientas de navegación para el desplazamiento panorámico, centrado y zoom. En general, los mapas base en conjunto con las capas están alojados y se comparten a través de ArcGIS Online (ArcGis Desktop, 2021).

Modelo del servidor web Cliente-Servidor

Los modelos de servidores web más utilizados son los que presentan una arquitectura cliente-servidor, ya que permite el intercambio del usuario con el servidor, donde, el cliente se puede interpretar como una aplicación que solicita acceso remoto a la información, desde el inicio de ejecución del usuario hasta que finalice la sesión, mientras que, el servidor se integra por el conjunto de computadoras o equipos de almacenamiento, que se encuentran en espera de la solicitud de los clientes de forma remota para ofrecer un servicio definido y eficiente (Santiago, 2015).

CAPITULO III

Metodología

Estructura Geodatabase

La generación de una geodatabase permite almacenar datos numéricos, lógicos y alfanumérico relacionados a cada entidad o elemento, facilitando el orden y administración de la información geográfica por medio tablas que detallan las clases de entidades y atributos; la base de datos guarda la información en carpetas de archivos con extensión .gdb; para su diseño y estructura se realizó a través del software ArcGIS Pro 2.8.0.

La geodatabase se encuentra georeferenciada en el sistema de coordenadas WGS84 con proyección UTM Zona 17S, asignando el nombre "UFA_ESPE_CAMPUS_MATRIZ", su estructura clasifica la información en 7 Feature Dataset, ver tabla 8.

La información digitalizada se obtiene a partir de una ortofoto del año 2019 del campus ESPE con un tamaño del pixel sobre el terreno cada 5 cm (GSD), a una escala del fotograma 1:5 000 permitiendo conseguir productos cartográficos a escala 1:1 000, que facilitan la representación a gran detalle de la información cartográfica para cada elemento identificado y catalogado; a continuación se describen los Feature Class contenidos en cada Feature Dataset de la geodatabase, representando las entidades geométricas básicas: puntos, líneas y polígonos, ver tabla 8.

Tabla 8*Estructura de la Geodatabase UFA_ESPE_CAMPUS_MATRIZ.*

Estructura	Feature Class	Feature Dataset
Cartografía base		Acera_a
		Cuneta_a
		Escalinata_a
		Isla_Seguridad_a
	MOVILIDAD_ACCESIBILIDAD	Parqueadero_a
		Parterre_a
		Paso_Peatonal_a
		Rompe_Velocidad_a
		Vía_a
		Barrera_a
	Barrera_Control_Vehicular_a	
	Barrera_Control_Vehicular_I	
OBSTACULOS	Maceta_a	
	Monumento_a	
	Poste_p	
	Señalética_p	

Estructura	Feature Class	Feature Dataset
Cartografía base	INFRAESTRUCTURA	Cerca_a
		Cubierta_a
		Edificio_a
		Gasolinera_a
		Sistema_Electrico_a
		Torre_Agua_a
	Tribuna_a	
	ÁREAS_VERDES	Bosque_a
		Cancha_a
		Espacio_Verde_a
Jardín_a		
Parque_a		
Entidades espaciales de referencia	ETIQUETAS	Áreas_Verdes_p
		Cancha_p
		Edificio_p
		Parqueadero_p
Network Dataset	RUTAS_OPTIMAS	Acera_l
		Referencias_p
		Puntos_Control_p
		Movilidad_Peatonal_ND
		Movilidad_Peatonal_ND_Junction

Los campos de cada entidad fueron estructurados en base a información de la Secretaría Nacional de Planificación SENPLADES, según el Catálogo Nacional de Objetos Geográficos versión 2.0, con la finalidad de tener una orientación de referencia para modificar y adaptar los campos de interés a la geodatabase UFA_ESPE_CAMPUS_MATRIZ, la información se encuentra ordenada por, categoría, tipo de geometría, nombre, descripción del campo y dominios de interés, (ver anexo A), la información proporcionada hace referencia a los elementos empelados para la cartografía base, los Feature Dataset de ETIQUETAS y RUTAS_OPTIMAS a pesar de estar contenidos en la GDB, no están referidos a estándares.

El Feature Dataset ETIQUESTAS fue creado para reconocer de forma más sencilla los elementos almacenados en el Web Map información que se proporciona en la sección de “Diseño del Visualizador Web”, los campos AREAS_VERDES, INFRAESTRUCTURA, MOVIDAD_ACCESIBILIDAD, OBTACULOS representan la cartografía detallada del campus que se implementa dentro del visualizador web. La categoría RUTAS_OPTIMAS se creó para el diseño la red de movilidad peatonal.

Diseño de los segmentos de rutas

Para el diseño de la red de movilidad peatonal se creó el Feature Dataset RUTAS_OPTIMAS, donde se alojarán las entidades que conforman la estructura base de la red de transporte, en el Feature Class Acera_I se digitalizó todos los caminos principales y alternos dentro del campus incluyendo caminos preestablecidos en espacios recreativos y áreas verdes.

La estructura de la información en el Feature Class Acera_I, describe los campos que permiten condicionar y priorizar los accesos de interés para personas con discapacidad visual, (ver tabla 9).

Tabla 9

Estructura y composición de atributos del Feature Class Acera_I.

Atributos		Descripción	Tipo de datos	Unidad	Extensión
Nombre	Código				
Shape	Shape	Atributo por defecto especifica la geometría de la entidad.	Geometría	-	-
Shape_Length	Shape_Length	Atributo por defecto, indica la longitud de cada entidad.	Doble	-	-
T_altura	T_Zlev	Indica el final de segmento para la diferencia de elevación entre de calles.	Entero corto	-	-
F_altura	F_Zlev	Indica el inicio de segmento para la diferencia de elevación entre de calles.	Entero corto	-	-
Camino	Ar_Pedest	Especifica los segmentos de accesos seguro e inseguro.	Texto	-	1

Atributos		Descripción	Tipo de datos	Unidad	Extensión
Nombre	Código				
Clases	Func_Class	Clasifica los accesos de acuerdo con su importancia y uso.	Texto	-	1
Tipo de accesos	Road_Des	Describe cada segmento como una representación descriptiva del elemento en superficie.	Texto	-	80
Nombres	Nam	Nombre de los Accesos principales.	Texto	-	250
Tiempo	Time	Velocidad promedio que toma cruzar cada segmento.	Doble	Minutos	-
Zona	Zn	Asigna el nombre de zona representativa a un conjunto de accesos cercanos.	Texto	-	100
Lenguaje	Leng	Indica el idioma que se describen los atributos del campo Nombre.	Texto	-	2

Atributos	Descripción	Descripción	Tipo de datos	Unidad	Extensión
Nombre	Código				
Rampa	Ar_Ramp	Categoriza los segmentos identificados como rampas.	Texto	-	1

Creación del Network Dataset

Para el diseño de una red de tránsito base, se crea un Network dataset como plantilla, se asignó el nombre MOVILIDAD_PEATONAL_ND, de manera automática se crea un nuevo Feature Class MOVILIDAD_PEATONAL_ND_Junctions, que representa los nodos entre cada segmento que conforma la red, los elementos creados son alojados dentro de Feature Dataset.

La configuración de Network Dataset se lo hace a través de la herramienta Catalog, donde se despliega un nuevo panel de configuración, que se estructura por 4 secciones principales: general (general), configuración de fuente (source settings), tráfico (traffic), atributos de viaje (travel attributes), y direcciones (directions), a continuación, se detallan las opciones que se utilizaron para el diseño y creación de la red.

En la categoría Sources Setting, se agregan los Feature Class que representan la estructura base, para los ejes y nodos, adicional se debe seleccionar la conectividad vertical con los atributos F_altura y T_altura para los segmentos de red.

En Atributos de Viaje, se asignan las categorías de costo, restricción, descripción y jerarquía, para configurar un modelo de viaje con factores que condicionen la movilidad de la red. La opción de costo o impedancia permite calcular la mejor ruta entre dos puntos, por lo que se consideró los costos por tiempo y distancia, parámetros mínimos y obligatorios para el

desarrollo de la red; para el caso de la distancia se escoge el atributo “Shape” que dispone de información geométrica de cada segmento, medido en metros; para costos por tiempo se estableció una velocidad promedio de 50 m/min (se considera el tiempo que tarda una persona en cruzar una distancia conocida), se asignó la información en el atributo “Time” que se calcula a través de la ecuación 12.

$$\text{Shape_Lenght} * 0,02 \quad (12)$$

La categoría Restricción, permite priorizar, ignorar o prohibir espacios de interés que sean poco seguros o tengan importancia para su uso. Se crearon las restricciones: “Limitación Accesos” y “Rampas”, el primero establece la condición de prohibición para su uso, cabe aclarar que los accesos peatonales dentro del campus no presentan problemas en su diseño o condiciones, pero se limitan los espacios poco frecuentes, lo que de ser necesarios cruzar, el programa tomara los segmentos de interés para el trazado de la rutas optimas; la opción “Rampa”, se crea para priorizar los accesos de personas con discapacidad, estos se establecen como preferencia frecuente, donde el programa considera estas características para el trazado de las rutas.

En la opción Descriptores, permite a los atributos asignados definir las características de la red y especificar qué elementos deben ser tomados en cuenta en los segmentos identificados; las condiciones que se mencionan en este campo no influyen en los costes para el trazado de la ruta, se genera un descriptor “Tipo de Accesos” a través del atributo “Road_Des”, que describe los segmentos como una representación de la realidad en el entorno del diseño de la red, con categorías como: ubicación, gradas, rampa, parterre, cruce vial y sendero.

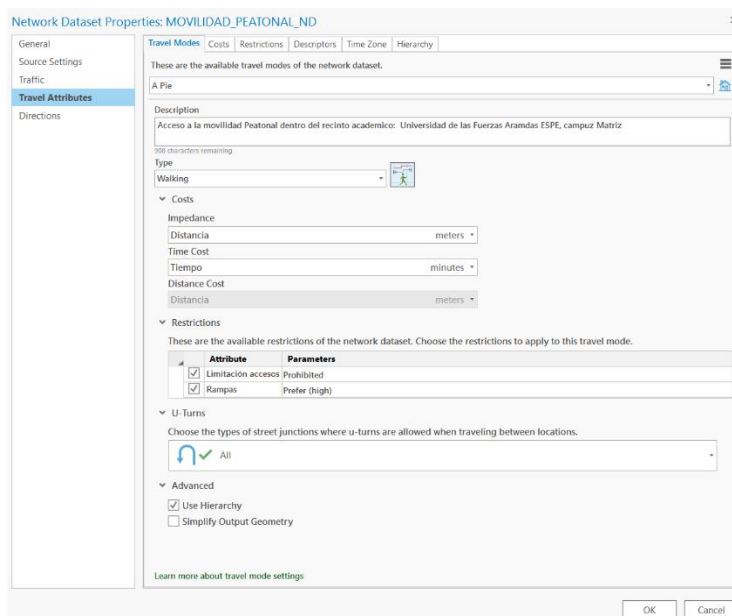
La opción Jerarquía, asigna un orden a los elementos de la red, para los niveles se clasifica 3 categorías (primarias, secundarias y locales), permite al programa priorizar los

segmentos de primer orden, teniendo un nivel ascendente o descendente, según los puntos de partida y destino que se encuentran posicionados al interior de la red, se determinó los accesos de mayor, media y menor frecuencia peatonal como primarios, secundarios y locales respectivamente.

Una vez configurado los parámetros que conforman la estructura base de red, se crea el modelo de viaje (Travel Model) como movilidad peatonal, por lo que la red se diseñó para el uso de la comunidad universitaria, y en especial énfasis para personas con discapacidad visual, considerando una impedancia por distancia y costo por tiempos, se asignan las restricciones previamente generadas, y se selecciona los tipos de cruces en los que se permiten los cambios de sentido cuando se viaja entre ubicaciones junto con los niveles de jerarquía (ver figura 15).

Figura 15

Parámetros de costo y viaje para el modelo de viaje.

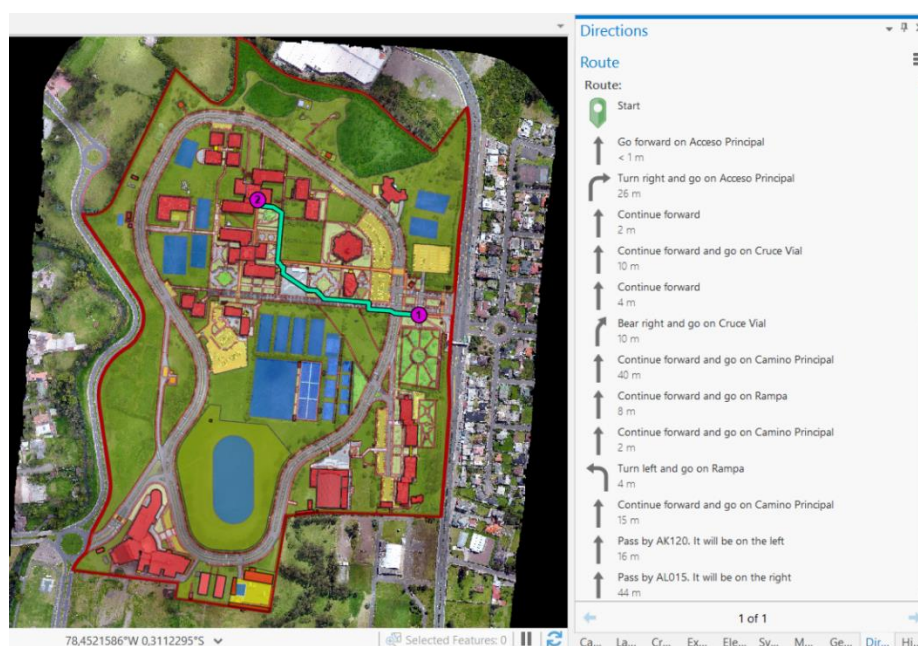


Una vez configurado el diseño base de red, se debe implementar el direccionamiento para la asistencia guiada al usuario, si se desea un mejor detalle de los elementos presentes

en los caminos, se deben especificar entidades con las que se pueden referenciar, para eso, se optó por la asignación de nombres en los principales accesos, junto con la descripción del tipo de accesos que notifique al usuario con anticipación al destino, además, se creó un nuevo Feature Class Referencia_ p el cual agrupa entidades representativas dentro del campus, que sirven como hitos espaciales, describen el entorno del usuario y su desplazamiento, estableciendo un rango de 50 metros de alcance a los segmentos (ver figura 16).

Figura 16

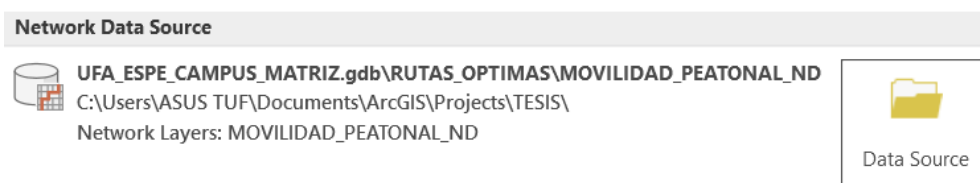
Representación de rutas peatonales y direcciones



Al finalizar el proceso de diseño para el dataset de red, se almacena la información y se ejecuta dentro de la opción Build Network Dataset, obteniendo un producto que establece la estructura de red MOVILIDAD_PEATONAL_ND, (ver figura 17), junto con la creación de los nodos que se alojan en el Feature Class MOVILDAD_PEATONAL_ND_Junctions, los cuales representa la conexión entre cada segmento, la red de transporte se crea y puede ser utilizada dentro de las herramientas Network Analysis.

Figura 17

Elemento Network Dataset MOVILIDAD_PEATONAL_ND.



Selección del dispositivo móvil

Se utilizó un teléfono celular con sistema operativo Android, integrado con un receptor GPS para el rastreo y registro de actividades GNSS. Una de las funciones exclusivas para las aplicaciones de Android es el reconocimiento y lectura de la ubicación actual del usuario por medio de sus APIs, permite el acceso por medio del GPS desde sus librerías (software development kit o SDK) de forma sencilla y clara, donde se solicita al programa la información necesaria de las coordenadas y su posterior uso en la corrección.

En el presente estudio, se utilizó los dispositivos Xiaomi Poco F3 (gama alta), y Huawei Mate 20 Lite (gama media), en la tabla 10 se describe las características de hardware y software de cada celular.

Tabla 10

Características del celular Xiaomi Poco F3 y Huawei Mate 20 Lite.

Característica	Xiaomi Poco F3	Huawei Mate 20 Lite
Sistema Operativo	Android 11	Android 8.1
Sensores	Acelerómetro	Acelerómetro
	Proximidad	Proximidad

Característica	Xiaomi Poco F3	Huawei Mate 20 Lite
	Luz ambiente	
Sensores	Giroscopio Brújula digital	Luz ambiente
Procesador	Qualcomm® Snapdragon™ 870	Hisilicon Kirin 710 octa-core
	GPS: L1 + L5	
	GLONASS: G1	GPS: L1
Navegación	Galileo: E1 + E5a BeiDou: B1I + B2a NavIC	GLONASS: G1
Capacidad de Red	2G, 3G,4G,5G	2G, 3G,4G
Conectividad	LTE, Dual nanoSIM, NFC, Bluetooth 5.1, WiFi 6	Dual nanoSIM, Bluetooth 4.2, NFC Wi-Fi 802.11

Nota. Recuperado de Características técnicas Xiaomi Poco F3 por SMARTGSM, 2022b, y Características técnicas Huawei Mate 20 Lite por SMARTGSM, 2022a.

El software del equipo Xiaomi Poco F3 integra un procesador Snapdragon™ 870 de 3.2 GHz que permite la ejecución rápida y eficaz de las aplicación y navegación por medio del internet, el hardware del celular cuenta una antena wifi 6 permitiendo velocidades de transferencia de hasta 1,7 Gb/s vía internet, batería de 4520 mAh, a diferencia del celular Huawei Mate 20 Lite, cuenta con un procesador Hisilicon Kirin 710 octa-core de 2.2 GHz, un

chip GPS BMC Hi1710, antena wifi 802.11 con velocidades de transferencia de hasta 600 Mb/s vía internet y una batería de 3750 mAh. (ver figura18).

Figura 18

Dispositivos móviles de gama alta y gama media.



Nota. Recuperado de Características técnicas Xiaomi Poco F3 por SMARTGSM, 2022b, y Características técnicas Huawei Mate 20 Lite por SMARTGSM, 2022a.

Cobertura de Internet fijo

Se consideró la cobertura de internet del campus matriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, administrada por la Unidad Tecnológica de la Información y Comunicación UTIC, en la cual se detalla una cobertura total de internet dentro de la infraestructura con un cableado estructurado para puntos de acceso LAN, adicional la cobertura de red wifi tiene puntos de acceso en los siguientes espacios edificados:

- Bloques: A, B, C, D, G y H, en los cual se incluye los departamentos y oficinas académicas ubicados en los descansos entre pisos, auditorios y pasillos.
- Biblioteca
- Centro de Educación Continua

- Edificio Administrativo
- Departamento de Ciencias de la Actividad Física y Recreación
- Instalaciones internas del Coliseo
- Hangares del CICTE
- Residencia Universitaria

Se toma en cuenta la cobertura de internet de las redes públicas disponibles con una velocidad simétrica de 1.8 Gbps, la capacidad varía de acuerdo con la ubicación del usuario respecto a los puntos wifi y la cantidad de equipos conectados.

Los espacios abiertos al interior campus cuentan con baja calidad de cobertura, casi nula, debido a que los espacios físicos de internet solo fueron diseñados para zonas con infraestructura consolidada y en espacios con mayor demanda de conexión. Se considera el uso de datos móviles para el funcionamiento del aplicativo de navegación.

Cobertura de telefonía celular

Los mapas de cobertura celular, indican el alcance de la tecnología de red para el uso de datos en telefonía móvil disponibles a nivel nacional (2G, 3G, 4G LTE), los mapas se basan en simulaciones generadas a partir de modelos de propagación, los cuales, tienden a ser afectados por el tipo de terreno, tipo obstáculos (naturales o artificiales), bandas de frecuencia, cantidad de comunicaciones concurrentes, condiciones climáticas, características propias del equipo, entre otros aspectos, en tal razón, los mapas de cobertura deben ser considerados como referenciales, donde el usuario puede experimentar niveles de señal o disponibilidad del servicio distintos a los indicados (ver tabla 12). Cada cobertura esta categorizada por tres niveles (Alto, Medio, Bajo), medidos en decibelio-milivatio (dBm) (ver tabla 11).

Tabla 11

Nivel de cobertura para telefonía celular.


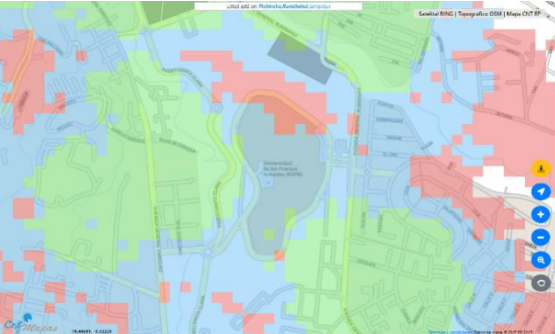
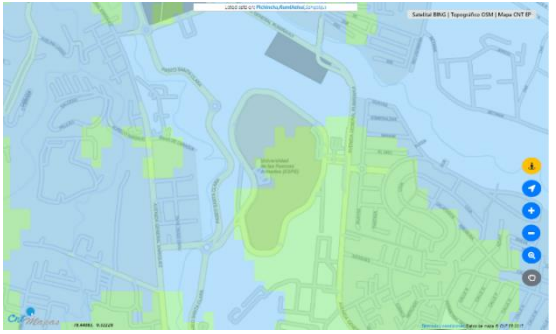
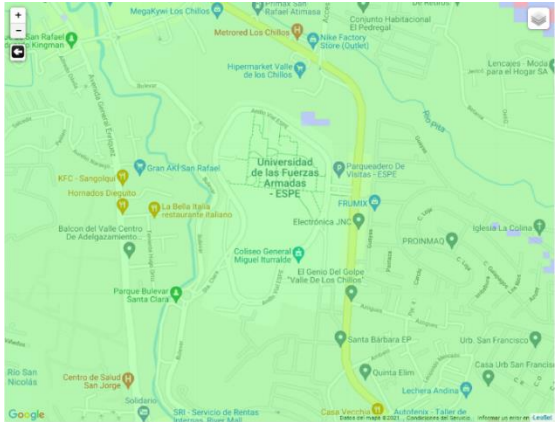
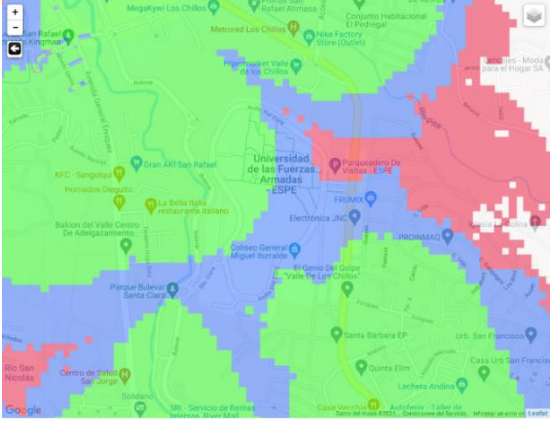
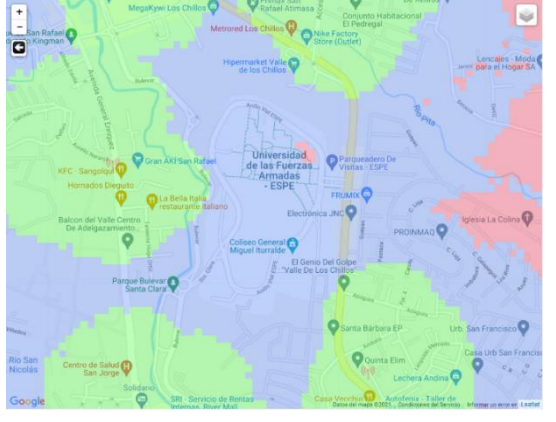
Velocidad	Alto	Medio	Bajo
2G 114 kbps	Cobertura \geq - 85 dBm	-95 \leq Cobertura < -85 dBm	Cobertura < -95 dBm
	Nivel de señal adecuado para uso en interiores y exteriores, a una baja velocidad.	Nivel de señal adecuado para uso en exteriores. No se garantiza la prestación del servicio de datos.	Nivel de señal baja, no se garantiza la prestación del servicio de datos.
3G 2 Mbps	Cobertura \geq - 85 dBm	-95 \leq Cobertura < -85 dBm	Cobertura < -95 dBm
	Nivel de señal adecuado para uso en interiores y exteriores, con velocidad de navegación superior a la tecnología 2G.	Nivel de señal adecuado para uso en exteriores, no se garantiza la prestación del servicio de datos.	Nivel de señal baja, no se garantiza la prestación del servicio de datos.
4G <i>movimiento</i> LTE 1 Gbps <i>estático</i>	Cobertura \geq -100 dBm	-120 \leq Cobertura < -100 dBm	Cobertura < -120 dBm
	Nivel de señal adecuado para uso en interiores y exteriores, con velocidad de navegación superior a la tecnología 3G.	Nivel de señal adecuado para uso en exteriores, se recomienda configurar el equipo a 3G.	No se garantizar la prestación del servicio de datos, se recomienda configurar el equipo a 3G.

Nota. Recuperado de los Visores geográficos de cobertura celular, por Claro, 2022; CNT, 2019;

Movistar, 2021; Tuenti, 2021

Tabla 12

Mapas de cobertura para telefonía celular.

Telefonía	2G	3G	4G LTE
CNT			
Claro			

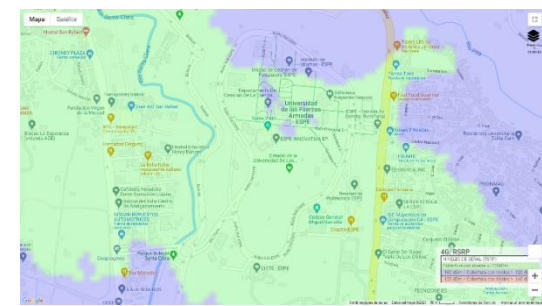
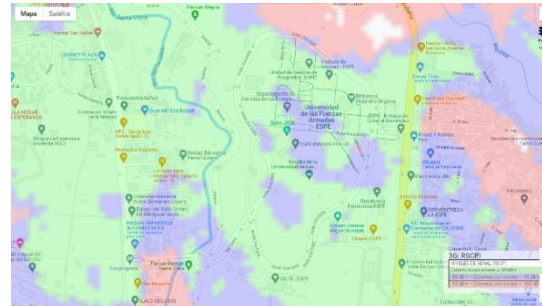
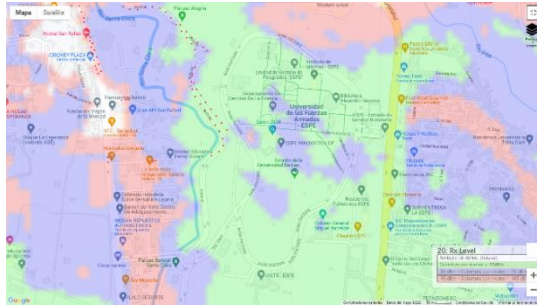
Telefonía

2G

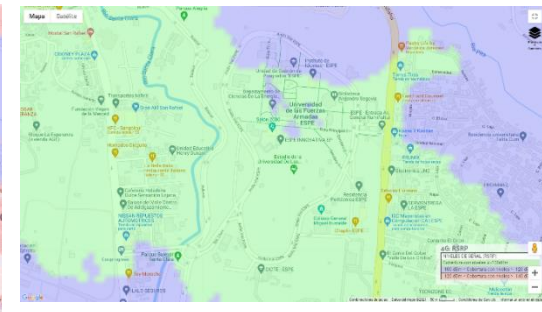
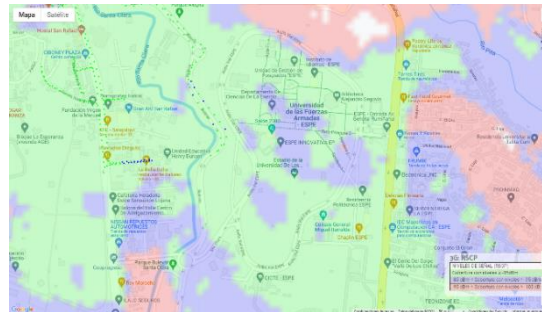
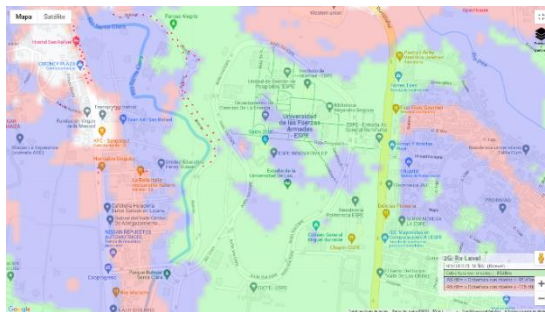
3G

4G LTE

Movistar



Tuenti



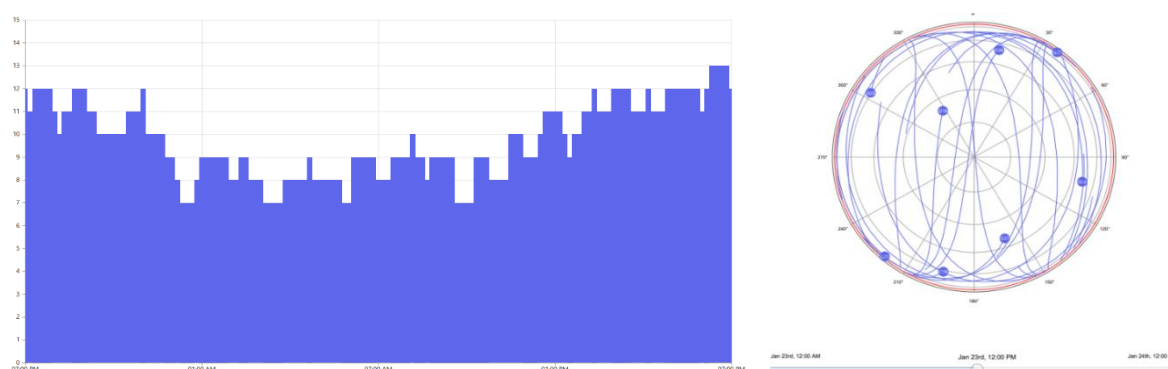
Nota. Recuperado de los Visores geográficos de cobertura celular, por Claro, 2022; CNT, 2019; Movistar, 2021; Tuenti, 2021.

Cobertura GNSS

Conocer el comportamiento de cada constelación GNSS (GPS, GLONASS, Galileo y BeiDou) pretende dar un cuadro informativo de la cantidad de satélites que se encuentran a disposición para el rastreo óptimo del celular y el correcto uso de la aplicación y su navegación; con fecha domingo 23 de enero del 2022, se realizó el proceso de medición, estableciendo una cobertura de aprovechamiento de 24 horas, y una máscara de elevación a 10° . El análisis descriptivo se lo realizó con la cantidad de satélites o SV (space vehicle) disponibles rastreados con intervalos de 10 minutos.

Figura 19

Cobertura constelación GPS en un lapso de 24 horas, con corte a las 12:00 pm.

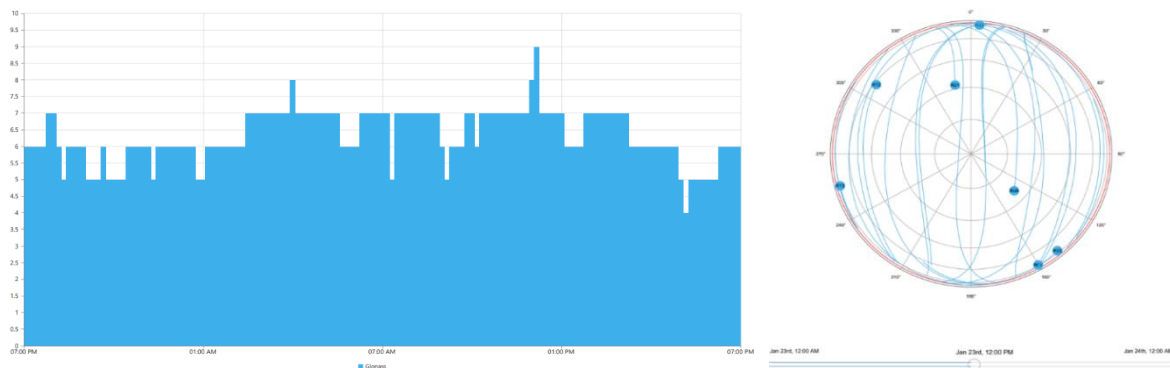


Nota. Recuperado de GNSS Mission planning, por Navmatix, 2021.

Para la constelación GPS se estiman promedios de 10 SV en un rastreo de 24 horas, con picos máximos y mínimos de 13 y 7 satélites respectivamente, estos varían en función del tiempo de rastreo. En la figura 19, se indica 8 satélites visibles y su comportamiento para las 12:00 pm, hora local Quito (tiempo UTC 17:00).

Figura 20

Cobertura constelación GLONASS en un lapso de 24 horas, con corte a las 12:00 pm.

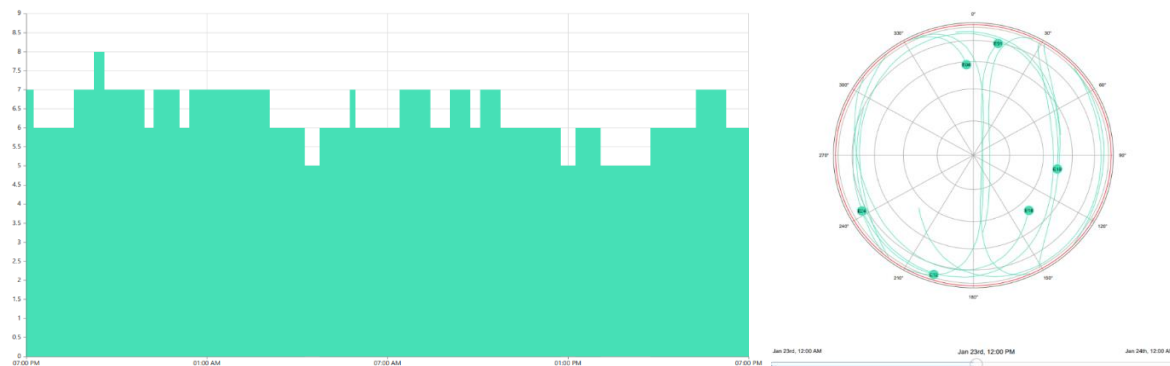


Nota. Recuperado de GNSS Mission planning, por Navmatix, 2021.

Para la constelación GLONASS se estiman promedios de 6 SV en un rastreo de 24 horas, con picos máximos y mínimos de 9 y 5 satélites respectivamente, estos varían en función del tiempo de rastreo. En la figura 20, se indica 7 satélites visibles y su comportamiento para las 12:00 pm, hora local Quito (tiempo UTC 17:00).

Figura 21

Cobertura constelación Galileo en un lapso de 24 horas, con corte a las 12:00 pm.

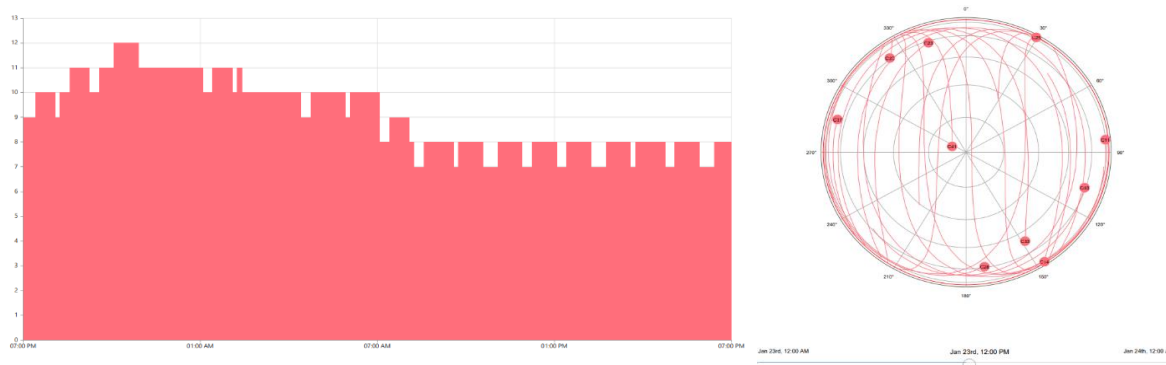


Nota. Recuperado de GNSS Mission planning, por Navmatix, 2021.

Para la constelación Galileo se estiman promedios de 7 SV en un rastreo de 24 horas, con picos máximos y mínimos de 10 y 5 satélites respectivamente, estos varían en función del tiempo de rastreo. En la figura 21, se indica 6 satélites visibles y su comportamiento para las 12:00 pm, hora local Quito (tiempo UTC 17:00).

Figura 22

Cobertura constelación BeiDou en un lapso de 24 horas, con corte a las 12:00 pm.



Nota. Recuperado de GNSS Mission planning, por Navmatix, 2021.

Para la constelación BeiDou se estiman promedios de 9 SV en un rastreo de 24 horas, con picos máximos y mínimos de 12 y 7 satélites respectivamente, estos varían en función del tiempo de rastreo. En la figura 22, se indica 10 satélites visibles y su comportamiento para las 12:00 pm, hora local Quito (tiempo UTC 17:00).

Permiso al acceso del servicio NTRIP

Para poder obtener el acceso al servicio, es necesario registrar una cuenta en la página oficial del IGM; <http://www.geoportallgm.gob.ec/ntrip/public/register>, donde el usuario y contraseña se trabajará para toda aplicación (ver figura 23), utilizando el software BNC como intermediaria.

La información de corrección se lo trasmite mediante el servidor caster principal ubicado en el Instituto Geográfico Militar (IGM), y el servidor caster backup de la administrado por la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH, facilitando el flujo del stream RTCM de cada una de las estaciones de monitoreo continuo y permitiendo la conexión de los usuarios de la comunidad GNSS en tiempo real a nivel nacional.

Figura 23

Registro del servicio NTRIP.

Registro de usuarios para el acceso al servicio NTRIP

Nombre

Correo electrónico

Confirmar correo electrónico

País

Tipo de institución

Institución

Pregunta 1 ¿Tiene un receptor apto para recibir correcciones diferenciales en formato RTCM?

Pregunta 2 ¿De cuántas frecuencias es su receptor?

Pregunta 3 ¿Con qué fin utilizará el servicio?

Licencia de uso

LICENCIA Y POLÍTICAS DE USO DEL SERVICIO DE CORRECCIONES DIFERENCIALES MEDIANTE EL PROTOCOLO NTRIP

Apreciado Usuario:

El IGM solicita al usuario de esta página, que lea detallada y detenidamente las condiciones de uso (denominada en adelante como: Condiciones de Uso y la política de privacidad de la descarga de información), antes de iniciar su utilización. Si el usuario no está de acuerdo con estas Condiciones de Uso o con cualquier disposición de la Política de Privacidad, le sugerimos que se abstenga de acceder o descargar la información.

Las presentes condiciones generales vinculan a cualquier persona natural o jurídica que haga uso, rehíso y/o transformación de los datos y la información descargada en este sitio web.

El Instituto Geográfico Militar, como proveedor del servicio Ntrip, no se hace

No soy un robot reCAPTCHA Privacidad · Condiciones

Lectura de coordenadas formato RTCM

La lectura de los formatos RTCM para corrección diferencial, están disponibles en las versiones 2.3 y 3.0, por parte del IGM, las características de cada versión es la integración de nuevas constelaciones GNSS, como es el caso de Galileo y BeiDou (RTCM 3.0), que permitan obtener solución de coordenadas con mayor precisión de los que brinda actualmente GPS-GLONASS.

A continuación, se describe los mensajes que brinda cada uno de los formatos de transmisión RTCM: observaciones EPEC, efemérides IGS y datos de corrección del BKG, estaciones de interés que permiten el ajuste de los datos de rastreo, (ver tabla 13).

Tabla 13

Descripción de los mensajes en formatos RTCM.

Mount Point	Formato	Número	Nombre	Descripción
		1	Correcciones de GPS diferencial	Envía correcciones de código de estilo DGPS para GPS.
		3	Parámetros de la estación de referencia GNSS	Ubicación de la estación base de referencia GPS, expresada en términos ECEF (Earth Centered, Earth Fixed).
EPEC2	RTCM 2.3	18	Fases de portadora no corregidas de RTK	Envía observaciones de fase de portadora de GPS no corregidas desde una estación base local para su uso en filtros de navegación RTK.
		19	Pseudorangos no corregidos RTK	Envía observaciones de pseudorangos GPS sin corregir desde una estación base local para uso en filtros de navegación RTK.

Mount Point	Formato	Número	Nombre	Descripción
EPEC2	RTCM 2.3	22	Parámetros extendidos de la estación de referencia	Proporciona precisiones adicionales con respecto a la ubicación del formato de antena de la estación base de referencia.
			Observables RTK GPS L1 y L2 extendidos	Tipo de mensaje de observación más común, con contenido L1 / L2 / SNR (Relación señal-ruido), con fase y ambigüedades.
			Estación de referencia RTK estacionaria	Este mensaje incluye la ubicación ECEF de la antena en coordenadas XYZ, se proporciona la altura sobre el valor ARP (Antenna Reference Point)
			Descripción de antena y número de serie	Identifica detalles específicos del modelo y número de serie de la antena, con un ID de estación.
EPEC3	RTCM 3.0	1012	Observables L1 y L2 GLONASS RTK extendidos	Mensaje de observación más común para GLONASS, con contenido L1 / L2 / SNR, con fase y ambigüedades.

Mount Point	Formato	Número	Nombre	Descripción
IGS03	RTCM 3.1	1057(60)	Corrección de órbita GPS SSR	Contiene errores / desviaciones orbitales para el ajusté de las efemérides de transmisión.
		1058(10)	Corrección de reloj GPS SSR	Contiene el error / desviación del reloj para el ajusté de las efemérides de transmisión.
		1063(60)	Corrección de órbita SSR GLONASS	Contiene errores / desviaciones orbitales para el ajusté de las efemérides de transmisión.
		1064(10)	Corrección de reloj SSR GLONASS	Contiene el error / desviación del reloj para el ajusté de las efemérides de transmisión.
		1240(60)	Corrección de órbita SSR Galileo	Contiene errores / desviaciones orbitales para el ajusté de las efemérides de transmisión.
		1241	Corrección de reloj SSR Galileo	Contiene el error / desviación del reloj para el ajusté de las efemérides de transmisión.
		1258	Corrección de órbita SSR BeiDou	Contiene errores / desviaciones orbitales para el ajusté de las efemérides de transmisión.

Mount Point	Formato	Número	Nombre	Descripción
IGS03	RTCM 3.1	1259	Corrección de reloj SSR BeiDou	Contiene el error / desviación del reloj para el ajusté de las efemérides de transmisión.
			1019	Efemérides GPS
BCEP0 0BKG0	RTCM 3.3	1020	Efemérides GLONASS	Envía las órbitas de difusión para GLONASS en un formato de producto escalar XYZ (uno por satélite).
		1042	Efemérides satelitales BeiDou	Envía las órbitas de transmisión para el sistema BeiDou (uno por satélite).
		1043	Efemérides SBAS.	Envía las órbitas de transmisión para los SBAS (uno por satélite).
		1044	Efemérides QZSS	Envía las órbitas de difusión para QZSS en formato Kepler (uno por satélite)
		1045	Efemérides Galileo F / NAV.	Envía los datos orbitales Galileo F/NAV (uno por satélite).
		1046	Efemérides Galileo I / NAV	Envía los datos orbitales de Galileo I/NAV (uno por satélite).

Nota. Recuperado de RTCM 2 y 3 Message List, por SNIP, 2017a, 2017b.

Implementación del mapa base en un Visualizador Web

Importación de la GDB en ArcGIS Online

Una vez estructurada la GDB a través de ArcGIS Pro se carga la información al sitio web de la plataforma ESRI en ArcGIS Online, previamente se debe tener una cuenta habilitada por parte de una organización y contar con privilegios o roles de publicador, mismos que son otorgados por los administradores de la organización “Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”.

Para importar la GDB UFA_ESPE_CAMPUS_MATRIZ, se almacena en formato comprimido .zip y con extensión original .gdb, la información contenida es considerada como geodatabase de archivos, por lo que su estructura representa una colección de ficheros en una carpeta donde se puede almacenar, administrar y consultar los tipos de datos espaciales y no espaciales, (ver figura 24).

Figura 24

Exportación de la Geodatabase en ArcGIS Online.

Nuevo elemento
✕

Archivo

UFA_ESPE_CAMPUS_MATRIZ.gdb.zip

Tipo de elemento

Shapefile

Formato de almacenamiento de datos vectoriales para almacenar la ubicación, la forma y los atributos de las entidades geográficas. Un shapefile se almacena en un conjunto de archivos relacionados y contiene una clase de entidad.

¿Cómo desea agregar este shapefile?

Agregar UFA_ESPE_CAMPUS_MATRIZ.gdb.zip y crear una capa de entidades alojada

Un shapefile con información de ubicación es el origen de una capa alojada que se muestra como puntos en un mapa. El shapefile sin información de ubicación se muestra como una tabla que se puede visualizar, representar gráficamente y unir con otras capas.

Agregar solo UFA_ESPE_CAMPUS_MATRIZ.gdb.zip

Agregar shapefile sin publicar. El archivo puede ser compartido y descargado por otros usuarios o puede publicarse más tarde.

Atrás

Cancelar
Siguiente

La información es almacenada en dos extensiones del archivo GDB como File Geodatabase y Feature Layer (alojado), el primero hace referencia a un archivo de descarga para trabajar desde el software SIG y el segundo permite la visualización y edición de los elementos contenidos solo para el creador del contenido y la organización (ver figura 25), la manipulación del contenido se puede configurar dependiendo de las necesidades del usuario y los términos de publicación, el acceso para la visualización de los elementos contenidos en la GDB se abrirán como entidades individuales dentro del visualizador predeterminado “Map Viewer Classic” o “Map Viewer”.

Figura 25

Alojamiento de la Geodatabase UFA_ESPE_CAMPUS_MATRIZ.

The screenshot displays the ArcGIS metadata page for a Feature Layer. At the top, a blue navigation bar contains the layer name 'UFA_ESPE_CAMPUS_MATRIZ_gdb' and several tabs: 'Información general' (selected), 'Datos', 'Visualización', 'Uso', and 'Avanzada'. Below the navigation bar, the left side features a thumbnail of a map with a legend, a star icon for 'Agregar a favoritos', and a 'Descripción' section with a placeholder text 'Agregue una descripción detallada del elemento.'. The right side of the page contains a list of actions, each in a blue button with a dropdown arrow: 'Abrir en Map Viewer Classic', 'Abrir en el visor de escenas', 'Abrir en ArcGIS Desktop', 'Publicar', 'Crear capa de vista', 'Exportar datos', 'Actualizar datos', and 'Compartir'. There are also 'Editar' links next to the description and action buttons.

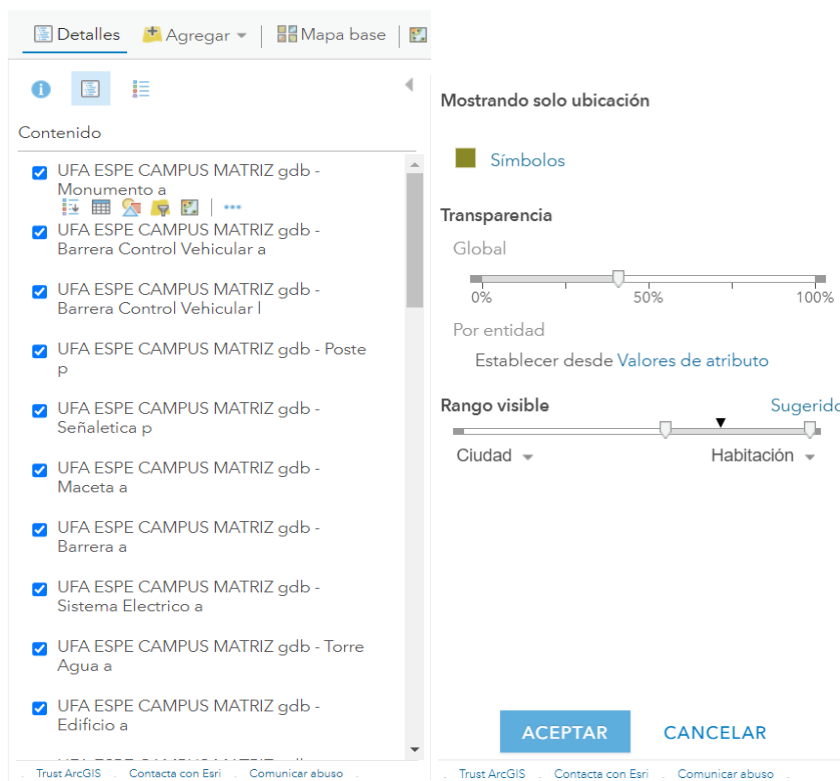
Presentación del mapa base

Para la configuración y presentación de las entidades alojadas, se abre la interfaz de “Map Viewer Classic” o “Map Viewer”, (ver figura 26), que permite la conceptualización del mapa, y la edición de las opciones principales como: nivel de transparencia, escala de visualización por cada elemento y el tipo de estilo para su representación en la cartografía, permitiendo una visualización amigable para los usuarios, con información pertinente y de fácil entendimiento. Para la representación y generalización de cada elemento se importó de forma

directa el Feature Dataset ETIQUETAS, de tal manera, se previene la saturación de información visual en el mapa base.

Figura 26

Edición de los Feature Class de la Geodatabase.



La información es almacenada en una nueva entidad con categoría “Web Map”, El proceso permite exclusivamente la edición y publicación para miembros de la comunidad ArcGIS.

Almacenamiento en el Visualizador Web

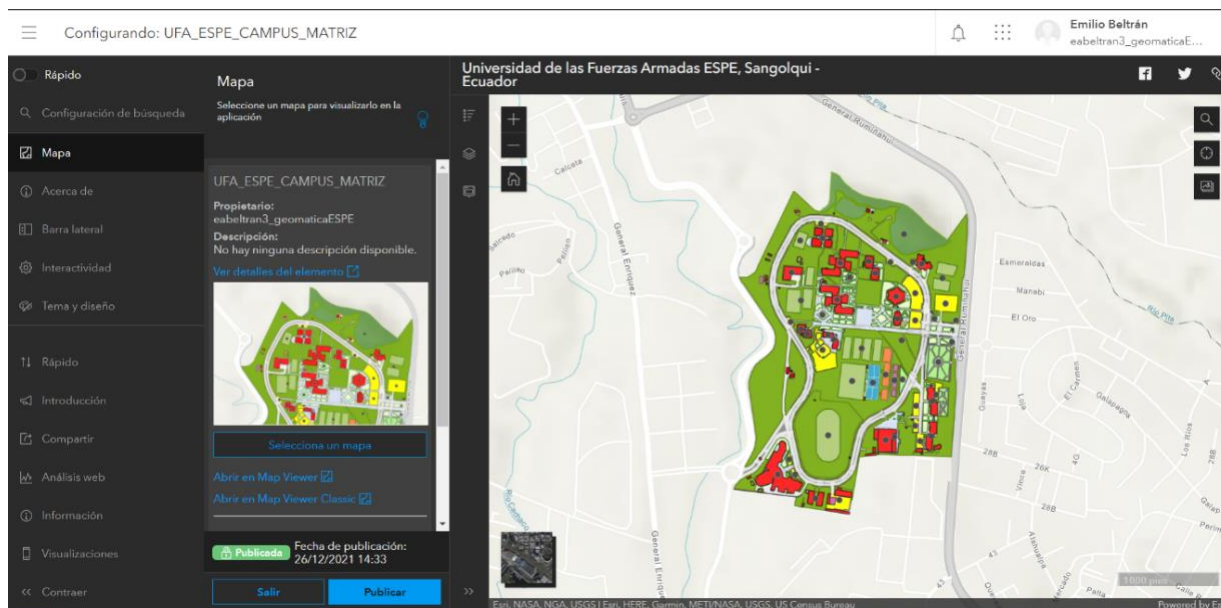
El proceso para la cartografía base de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE se completa a través de su publicación dentro una aplicación, con acceso de visualización público,

independiente de poseer cuenta dentro de la comunidad ESRI, para eso, se creó una aplicación con la herramienta Instant Apps, facilitando la experiencia del mapa y centrándose en la información de cada entidad. El diseño de sitio web se basa en una interfaz de partida para la preselección de plantillas predeterminadas contenidas en una galería, cada una presenta características específicas de edición, dependiendo del interés para la publicación.

Se escogió la opción de plantilla “Barra Lateral” la cual incluye un conjunto de herramientas para la interacción de datos y su posterior actualización, comparte información de los elementos de cada entidad, describiendo su leyenda, información contenida de cada tabla y la activación o no de los elementos de representación cartográfica. El mapa UFA_ESPE_CAPUS_MATRIZ es anclado como visualizador predeterminado al abrir el sitio web donde se indica una breve descripción y utilidad; la plataforma cuenta con herramientas de posicionamiento del usuario, cambios de mapa base, opciones zoom, navegación, escala de representación, captura de pantalla, entre otras, (ver figura 27).

Figura 27

Configuración del Instant Apps para el visualizador Web.

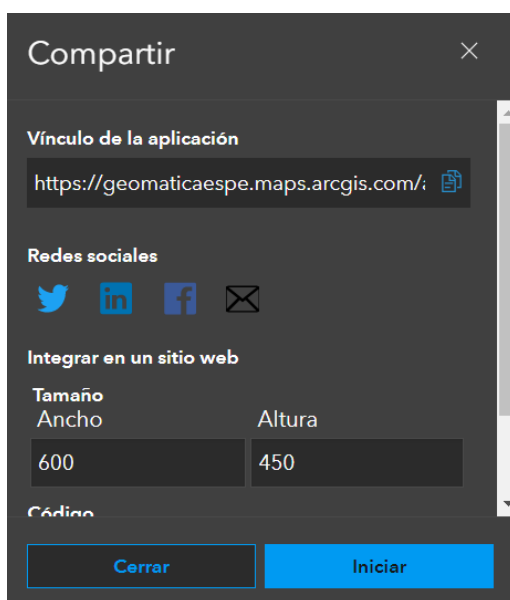


Una vez establecidas las modificaciones y presentación del diseño, se publica la aplicación, se debe tener en cuenta que para una visualización de libre acceso la configuración de la aplicación debe estar habilitada en la categoría “Publico” (ver figura 28), a continuación, se presenta el enlace del sitio: “Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolqui - Ecuador”

<https://geomatिकासpe.maps.arcgis.com/apps/instant/sidebar/index.html?appid=5c322b0c147a46bc81def3b6e600d4ee>

Figura 28

Enlace abierto para acceso al visualizador Web.



Generación de corrección GNSS

Receptor Base

La EPEC es una Estación GNSS de Monitoreo Continuo de marca Trimble NETR5, la cual genera información en sentencias NMEA y correcciones mediante mensajes RTCM en

diferentes versiones y en cada segundo o instante de tiempo “t”, dicha información es la necesaria para aplicación del BNC para obtener el valor de corrección de las tres componentes cartesianas (ΔX , ΔY , ΔZ), datos necesarios para mejorar la precisión en la navegación del dispositivo móvil.

El receptor de referencia Trimble NetR9 soporta un amplio rango de señales satelitales (ver figura 29), es capaz de rastrear señales de las constelaciones GPS, GLONASS, Galileo y BeiDou. Con sus 440 canales, el NetR9 tiene capacidad de acomodar señales adicionales a medida para que se encuentren disponibles (Trimble Navigation Limited, 2011). Hasta la fecha de realización del proyecto la EMC - EPEC está configurada para registrar las señales de las constelaciones de GPS y GLONAS.

Figura 29

Estación de monitoreo continuo EPEC.



Nota. Recuperado de Ficha técnica descriptiva de la Estación ESPE-EPEC, por CEPGE, 2016.

Acceso del servicio IGS en BNC

Antes de conectarse a los flujos de datos GNSS y productos utilizados en la aplicación BNC, es necesario registrarse en la página <https://register.rtcn-ntrip.org/cgi-bin/registration.cgi>, llenar los campos solicitados (ver figura 30), la organización emitirá un mensaje de confirmación que le habilite el uso de los servicios, permitiendo acceder a los datos en tiempo real emitidos por Emisora IGS-IP Ntrip (igs-ip.net) y los Productos IGS Ntrip Broadcaster (products.igs-ip.net), a través del puerto 2101.

Figura 30

Registro del servicio BNC.

Family Name*:	<input type="text"/>	First Name*:	<input type="text"/>
Organiz./Agency*:	<input type="text"/>		
Organization Type*:	Please select an Organization Type. <input type="button" value="v"/>		
Country*:	Please select a country. <input type="button" value="v"/>		
E-Mail*:	<input type="text"/>		
User-Name*:	<input type="text"/>	Password*:	<input type="text"/>
Application*:	Your application, detailed specification <input type="text"/>		
Fields with an * must be filled!			

Proceso de PPP en BNC

Conexión a los streams

Una vez registrado a las páginas previamente indicadas, se inicia la conexión al equipo por medio del usuario, contraseña, caster y puerto respectivo de cada agencia. El IGM proporciona el servicio de NTRIP, los cuales son totalmente compatibles con la técnica de posicionamiento en tiempo real, y generan los Stream de Correcciones Diferenciales, bajo el estándar RTCM versión 2.3 y 3.0, donde, se trabajará con la versión de 3.0 asignado con el nombre de EPEC3 (ver figura 31), para la transmisión del formato RTCM de la estación continua localizada dentro del Campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en Sangolquí, la cual, permite el uso eficiente de la corrección diferencial con NTRIP, debido a que el área de estudio se encuentra dentro del límite recomendado para su aplicación (<20 km).

Figura 31

Selección y conexión al Stream de la EPEC.

The screenshot shows the 'Add Streams from Caster' window in the BKG Ntrip Client. A table lists various NTRIP streams with columns for mountpoint, identifier, format, format-details, carrier, system, network, country, lat, long, nmea, iolutor, generator, compress, auth, fee, bitrate, and misc. The 'EPEC3' stream is selected and highlighted in blue.

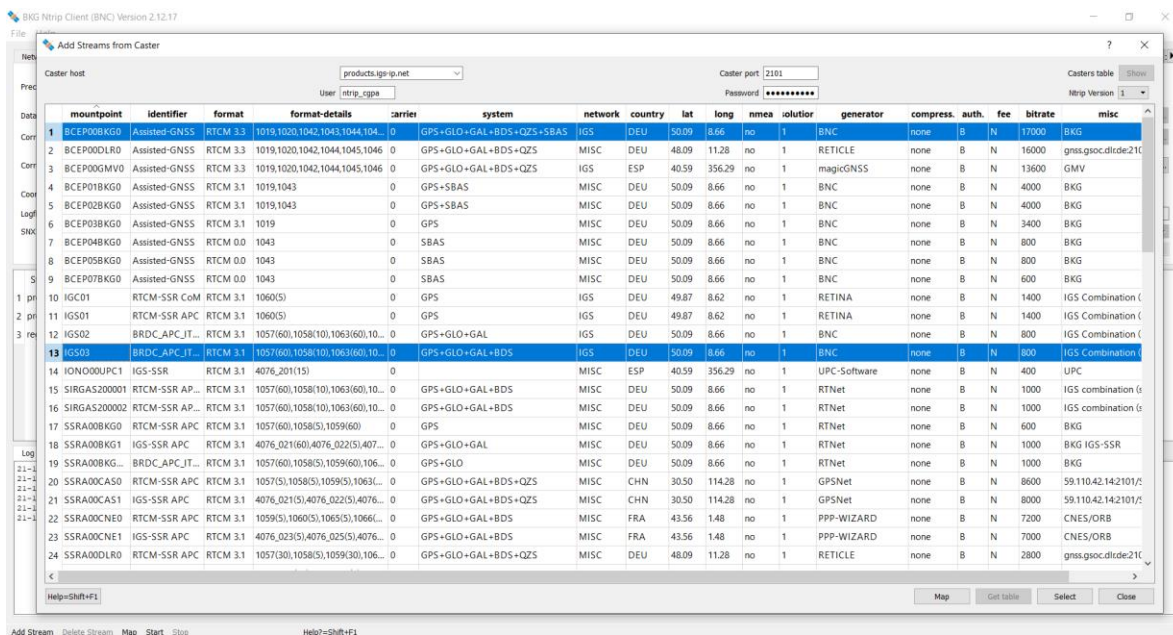
mountpoint	Identifier	format	format-details	carrier	system	network	country	lat	long	nmea	iolutor	generator	compress	auth	fee	bitrate	misc
10	CUEC3	RTCM 3.0	1004(1),1006(60),1008(60),101...	2	GPS-GLO	REGME-4P	ECU	-02.88	-79.00	no	0	Trimble NetR9	none	B	N	5700	REGME_Ecuador
11	CXEC2	RTCM 2.3	1113(60),18(1),19(1),22(60)	2	GPS-GLO	REGME-4P	ECU	-00.94	-78.61	no	0	Trimble NetR9	none	B	N	5700	REGME_Ecuador
12	CXEC3	RTCM 2.3	1004(1),1006(60),1008(60),101...	2	GPS-GLO	REGME-4P	ECU	-00.94	-78.61	no	0	Trimble NetR9	none	B	N	5700	REGME_Ecuador
13	DPEC2	RTCM 2.3	1113(60),18(1),19(1),22(60)	2	GPS-GLO	REGME-4P	ECU	-02.71	-80.30	no	0	Trimble NetR9	none	B	N	5700	REGME_Ecuador
14	DPEC3	RTCM 2.3	1004(1),1006(60),1008(60),101...	2	GPS-GLO	REGME-4P	ECU	-02.71	-80.30	no	0	Trimble NetR9	none	B	N	5700	REGME_Ecuador
15	ECEC2	RTCM 2.3	1113(60),18(1),19(1),22(60)	2	GPS-GLO	REGME-4P	ECU	-00.27	-79.45	no	0	Trimble NetR9	none	B	N	5700	REGME_Ecuador
16	ECEC3	RTCM 2.3	1004(1),1006(60),1008(60),101...	2	GPS-GLO	REGME-4P	ECU	-00.27	-79.45	no	0	Trimble NetR9	none	B	N	5700	REGME_Ecuador
17	EFEC2	RTCM 2.3	1113(60),18(1),19(1),22(60)	2	GPS-GLO	REGME-4P	ECU	-00.31	-78.45	no	0	Trimble NetR9	none	B	N	5700	REGME_Ecuador
18	EPEC3	RTCM 3.0	1004(1),1006(60),1008(60),101...	2	GPS-GLO	REGME-4P	ECU	-00.31	-78.45	no	0	Trimble NetR9	none	B	N	5700	REGME_Ecuador
19	EFEC2	RTCM 2.3	1113(60),18(1),19(1),22(60)	2	GPS-GLO	REGME-4P	ECU	-01.67	-78.65	no	0	Trimble NetR9	none	B	N	5700	REGME_Ecuador
20	EFEC3	RTCM 3.0	1004(1),1006(60),1008(60),101...	2	GPS-GLO	REGME-4P	ECU	-01.67	-78.65	no	0	Trimble NetR9	none	B	N	5700	REGME_Ecuador
31	EFEC2	RTCM 2.3	1113(60),18(1),19(1),22(60)	2	GPS-GLO	REGME-4P	ECU	00.00	-79.62	no	0	Trimble NetR9	none	B	N	5700	REGME_Ecuador

Mediante el Servicio GNSS Internacional (IGS) se obtiene el posicionamiento y corrección GNSS en tiempo real a través del caster products.igs-ip.net, se trabajó con los stream de BCEP00BKG0 e IGS03, que cuentan con la información en formato RTCM 3.0 (ver figura 32). Los datos permiten monitorear las deformaciones, la rotación y determinar las

órbitas de satélites, el monitoreo de la ionósfera y mediciones de vapor de agua en la atmósfera.

Figura 32

Selección y conexión al Stream de corrección del IGS.



Configuración PPP

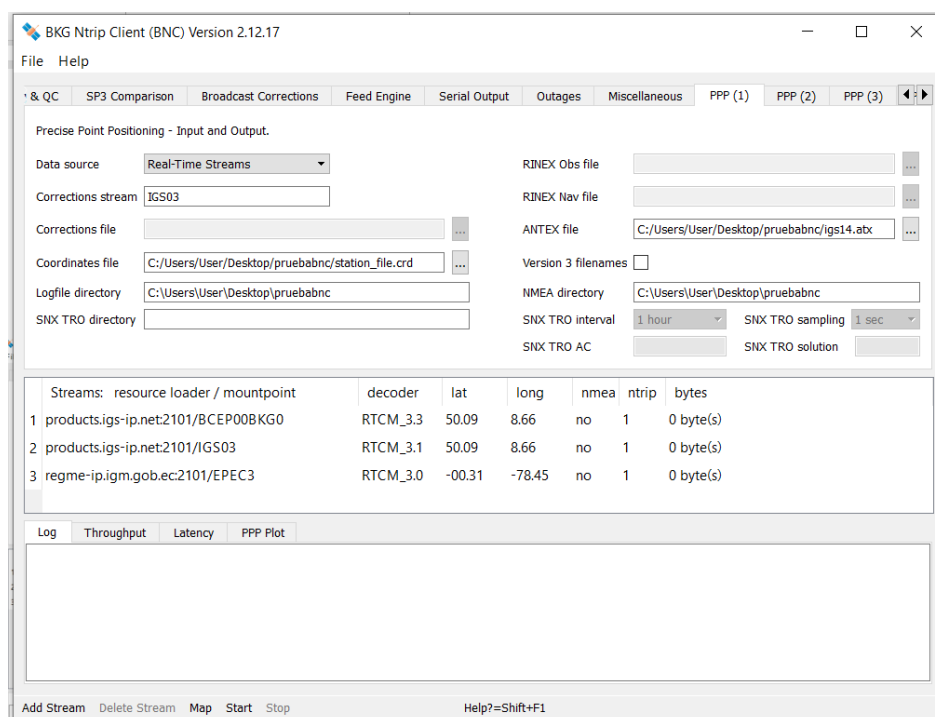
El ajuste de posicionamiento de punto preciso PPP a través del software BNC, se lo realiza en cuatro fases que se integran entre sí, mismas que se usan para leer, corregir y almacenar la información de la estación EPEC en base al caster del IGS, los procesos de cada fase se encuentran habilitados en cada pestaña de la plataforma BNC que se describen a continuación.

Entrada y Salida de la información PPP 1

La primera ventana ofrece opciones para especificar los flujos y archivos de entrada y salida requeridos por BNC para tiempo real o post-procesamiento de PPP, para satisfacer el ajuste se deben llenar los campos establecidos en la interfaz (ver figura 33).

Figura 33

Configuración del proceso PPP 1.



La Fuente de datos (Data Source), para el procesamiento de los datos de navegación se trabaja con la entrada de "Flujos en tiempo real" una vez que se hayan establecido las conexiones a los servicios de NTRIP.

La Secuencias de Corrección (Corrections stream), se establece la conexión de IGS03, la cual es compatible con el marco de referencia ITR 14. Esto requiere extraer secuencias de

observación GNSS, mensajes de Efemérides de difusión y una secuencia que contenga correcciones. Las transmisiones se recibirán con el RTCM Versión 3.

El Archivo ANTEX (ANTEX file) se obtiene por medio del centro de análisis IGS en https://cddis.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/GNSS/GNSS_product_holdings.html, página oficial de descarga para formatos de antenas GNSS, el archivo contiene correcciones absolutas del centro de fase para antenas de satélite y receptor GNSS en formato .atx, es necesario ingresar la ruta completa de la ubicación del archivo ANTEX para corregir las observaciones en PPP, desplazamientos y variaciones del centro de fase de la antena.

En Archivos de Coordenadas (Coordinates file) registra el nombre de la estación o ID (EPEC3), las coordenadas a priori o conocidas obtenidas del portal SIRGAS, seguido por los componentes de excentricidad Norte / Este / Altura del ARP, nombre de la antena y el receptor utilizado (ver figura 34). Los registros del archivo con un signo de exclamación "!" al inicio de cada fila o los registros en blanco se entenderán como líneas de comentario y no serán consideradas para el análisis.

Figura 34

Archivo de coordenadas de la EPEC3, formato CRD.

```
!
! Station      X[m]          Y[m]          Z[m] North[m]  EAST[m]  UP[m]  Antenna-----Radom Receiver
! -----
EPEC3 1277936.90192 -6251278.07054 -34832.36938  0.0000  0.0000  0.0000 TRM59800.00  SCIS TRIMBLE NETR9
```

El Directorio de Archivos de Registros (Logfile directory), almacenan los resultados esenciales de PPP que se indican en la pestaña de "Registro" (Log) en la parte inferior de la ventana principal de BNC (ver figura 35). Los siguientes valores se presentan en un intervalo de tiempo aproximado de un segundo, cada fila informa el resultado de una época, en el siguiente orden:

1. Tiempo UTC (aa-mm-dd hh: mm: ss)
2. Tiempo en hora GPS (aaaa-mm-dd_hh: mm: ss)
3. Posición XYZ derivada en (m)
4. Desplazamiento Norte, Este y Altura en comparación con la coordenada introducida.
5. Retardo troposférico estimado (m)

Figura 35

Registro del proceso PPP en tiempo real.

```

...
15-10-21 13:23:38 2015-10-21_13:23:38.000 CUT07 X = -2364337.4505 Y = 4870285.6269
↳ Z = -3360809.6481 NEU: -0.0046 -0.0006 +0.0306 TRP: +2.4018 +0.1006
15-10-21 13:23:39 2015-10-21_13:23:39.000 CUT07 X = -2364337.4468 Y = 4870285.6244
↳ Z = -3360809.6453 NEU: -0.0043 -0.0029 +0.0258 TRP: +2.4018 +0.0993
15-10-21 13:23:40 2015-10-21_13:23:40.000 CUT07 X = -2364337.4455 Y = 4870285.6215
↳ Z = -3360809.6466 NEU: -0.0070 -0.0027 +0.0238 TRP: +2.4018 +0.0978

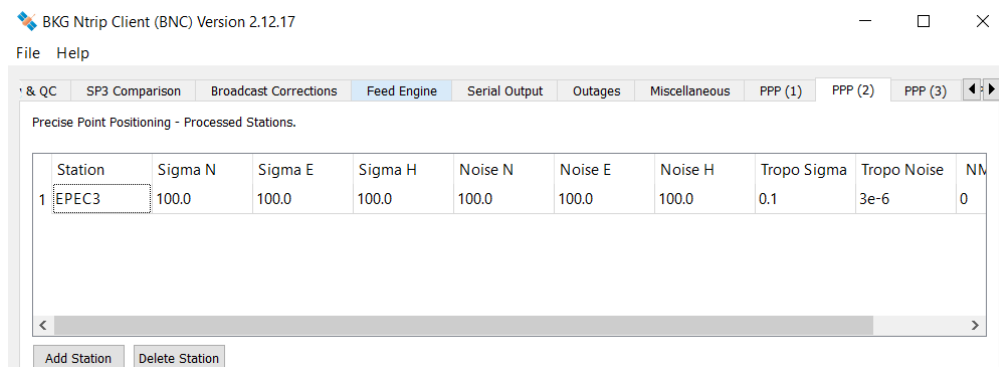
```

Estaciones Procesadas PPP2

Se ingresan los parámetros específicos para cada proceso o hilo PPP, se pueden introducir sigmas individuales para coordenadas a priori y un ruido para variaciones de coordenadas a lo largo del tiempo, además, se puede especificar un sigma para las estimaciones de la troposfera basadas en modelos y el ruido correspondiente para las variaciones de la troposfera en el caso de contar con un modelo local. En el estudio se seleccionó la estación EPEC con los valores predeterminados de la aplicación para realizar el proceso PPP (ver figura 36), por lo que no se cuenta con un modelo local troposférico y de ruido.

Figura 36

Ingreso de la estación EPEC3 para el procesamiento.



Opciones de Procesamiento PPP 3

BNC permite usar varias opciones de Procesamiento de Posicionamiento de Puntos según la capacidad del receptor involucrado y la aplicación que se desea realizar, se puede introducir sigmas específicos para observaciones de código y fase, así como para coordenadas a priori y estimaciones de la troposfera. La intención de este panel es especificar las opciones de procesamiento generales que se aplicarán a todos los subprocessos PPP en un trabajo BNC, los parámetros descritos en la tabla 14, son necesarios para la obtención de resultados.

Tabla 14

Parámetros estándar para el proceso de PPP 3 en BNC.

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción
Sigma C1	2.0	m	Importancia o contribución de las observaciones del código C1, si sigma C1 se acerca a 0

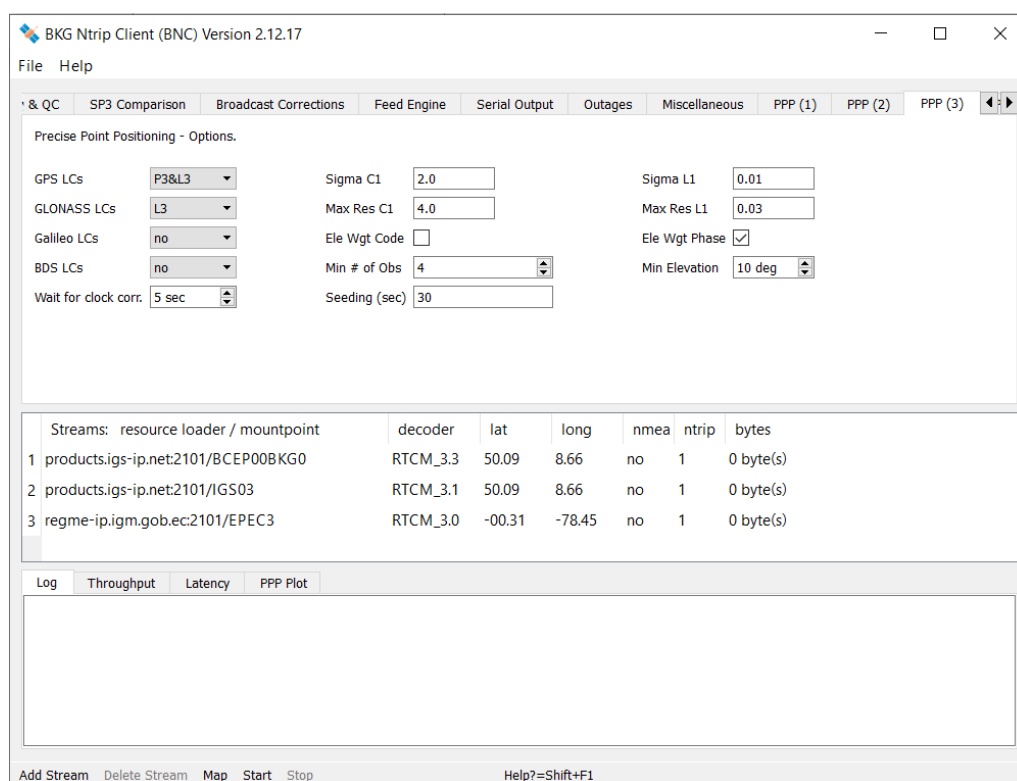
Parámetro	Valor	Unidad	Descripción
Sigma L1	0.01	m	Importancia o contribución de las observaciones de la fase L1, si sigma L1 se acerca a 0
Max res C1	4.0	m	Máximo residuo de observaciones del código C1.
Max res L1	0.03	m	Máximo residuo de observaciones de fase L1.
Ele Wigt	Phase	-	Ponderación dependiente de la elevación para las observaciones de fase.
Min # of Obs	4	-	Número mínimo de observaciones que desea utilizar para el proceso (época)
Min elevation	10	grd (°)	Ángulo mínimo de elevación del satélite a considerar.
Wait for clock corr.	5	seg	Tiempo mínimo de espera de las correcciones de reloj.
Seeding	30	seg	Tiempo mínimo de espera para la inicialización del proceso.

Se especifica las Combinaciones Lineales (GNSS - LCs), de observaciones libres de ionosfera en las que se desea realizar las resoluciones de la ambigüedad, la especificación debe realizarse según el sistema GNSS ("GPS LC", "GLONASS LC", "Galileo LC", "BDS LC"). Al Seleccionar "P3" o "L3" se solicita al software BNC que utilice datos de código u observaciones de fase respectivamente.

La estación EPEC no cuenta con la configuración de rastreo y almacenamiento de observaciones para todos los sistemas GNSS, se condiciona el rastreo y procesamiento solo para GPS y GLONASS, por lo que se deshabilitan las constelaciones de Galileo y BeiDou en el análisis del BNC, dentro de los campos seleccionados, se asignan los parámetros para su aplicación. La información de cada valor establecido según (Weber et al., 2016) en la cual se detalla cada parámetro de las opciones de procesamiento en la ventana PPP 3 (ver figura 37).

Figura 37

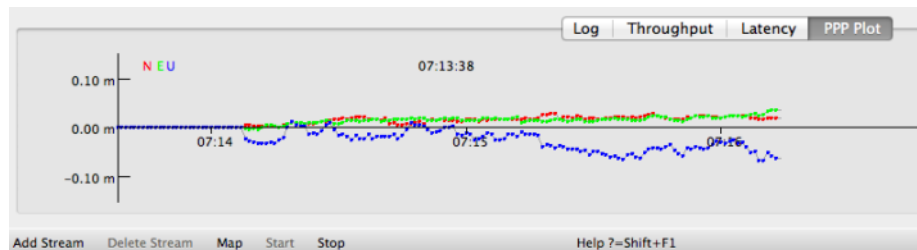
Configuración del proceso PPP 3.



Una vez establecidas las configuraciones para las correcciones en PPP, se da inicio al rastreo de las observaciones, en la figura 38, se indica la variación de las coordenadas enu en un periodo de tiempo, a partir de 30 segundos aproximados de haber inicializado el rastreo.

Figura 38

Registro y variación con inicialización de 30 seg.



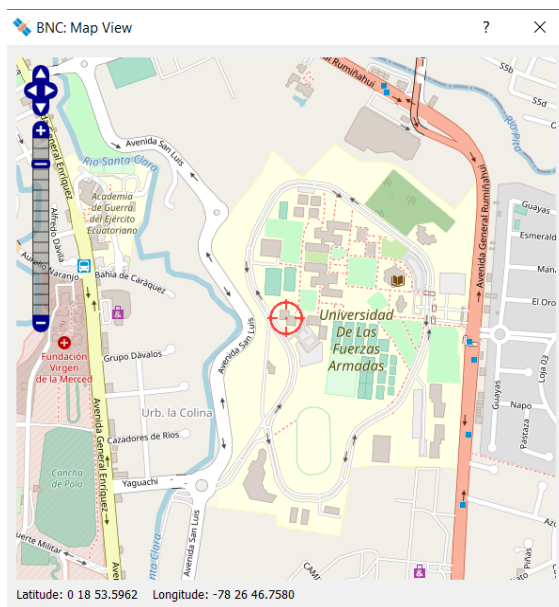
Parcelas PPP 4

Una vez iniciado el proceso de PPP, se podrá visualizar la posición de la estación base definida por medio de su ID para el análisis, a través de un visualizador web conectado con OpenStreetMap (OMS), las principales propiedades son: color y tamaño de los puntos que indican la posición del receptor, con un rango de 0 a 10, donde el valor 0 representa la no visualización del punto marcado (ver figura 39).

La velocidad de post-procesamiento especifica la capacidad de representación del punto según corresponda los cálculos del ajuste por PPP con las observaciones de los "Archivo RINEX".

Figura 39

Posición de la estación EPEC en el BNC.



Vector de Error

Se establece la diferencia entre la estación de monitoreo continuo EPEC con coordenadas conocidas, y las coordenadas observadas ajustadas a través del protocolo de corrección NTRIP, para un instante de tiempo t , por lo que, permite generar los componentes ΔX , ΔY , ΔZ (ver ecuación 13). Los deltas de cada componente se conocen como vector de error (ver figura 40), (Silva Villacrés, 2014).

$$\Delta = X_{C/Inst} - X_{Base} \quad (13)$$

Donde:

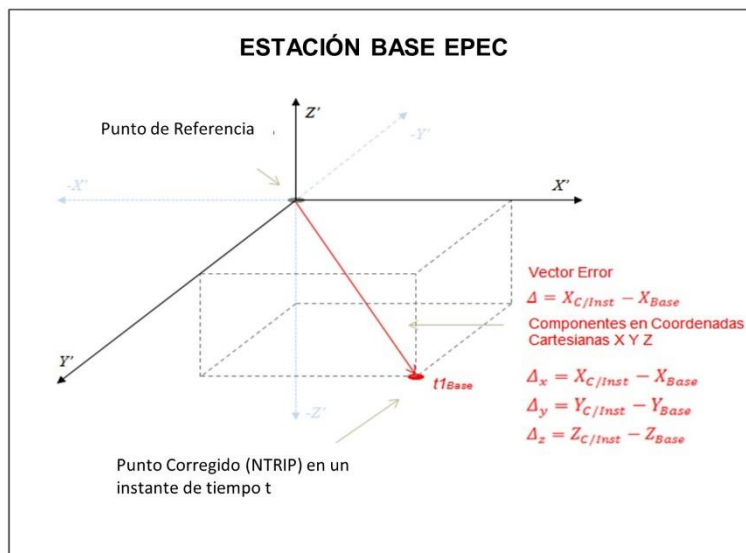
Δ : variación en los componentes ΔX , ΔY , ΔZ

$X_{C/Inst}$: Coordenadas ajustadas de los datos de observación de la EMC EPEC, para un instante de tiempo t

X_{Base} : Coordenada de referencia conocida EMC EPEC

Figura 40

Componentes del vector error para la estación de monitoreo continuo EPEC.



Nota. Adaptado de Implementación de la tecnología NTRIP en dispositivos móviles navegadores, mediante una aplicación, para obtener coordenadas GPS con mejor precisión y en tiempo real, por Silva Villacrés, 2014.

Aplicación del Vector error

Los parámetros que se toman en cuenta para el uso de la corrección diferencial por posición en los dispositivos móviles son: el rango de tolerancia menor a 20 km, igual o semejante número de satélites rastreados y establecer el mismo tiempo UTC de los registros para la estación y el celular. Si se cumplen los parámetros, se calcula la coordenada corregida por medio de la diferencia entre la coordenada observada y los deltas de variación ΔX , ΔY , ΔZ (ver ecuación 14,15,16).

$$X_{\text{corregido}} = X_{\text{Observado}} - \Delta_X \quad (14)$$

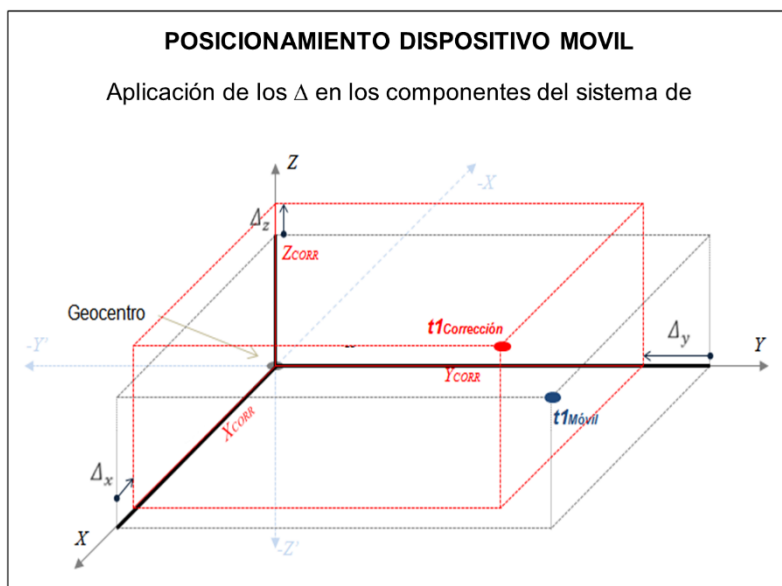
$$Y_{\text{corregido}} = Y_{\text{Observado}} - \Delta_Y \quad (15)$$

$$Z_{\text{corregido}} = Z_{\text{Observado}} - \Delta_Z \quad (16)$$

Las correcciones se establecen en el sistema de coordenadas cartesiano por la facilidad de representación del vector error (ver figura 41), una vez se ajusten los valores en $X_{\text{corregido}}$, $Y_{\text{corregido}}$, $Z_{\text{corregido}}$ del celular, estas retornan al sistema de coordenadas geográficas para la lectura y navegación del usuario en el dispositivo móvil.

Figura 41

Aplicación del vector error para la corrección de observaciones del dispositivo móvil.

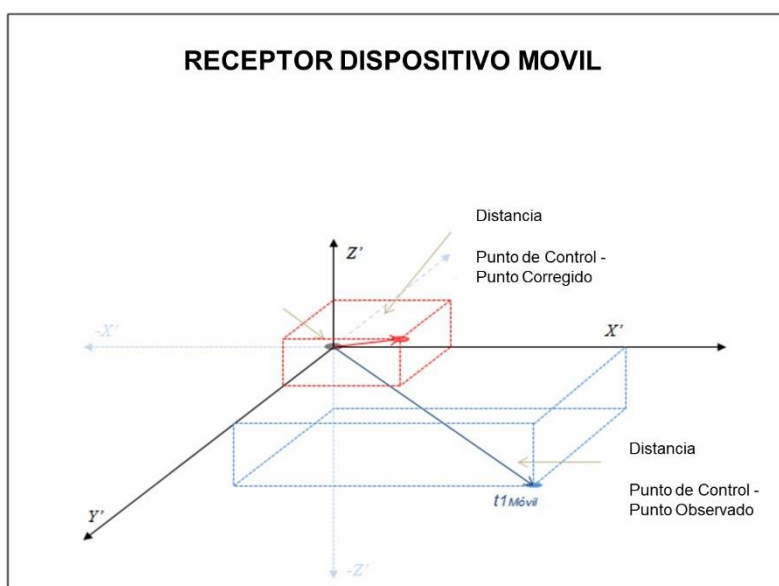


Nota. Adaptado de Implementación de la tecnología NTRIP en dispositivos móviles navegadores, mediante una aplicación, para obtener coordenadas GPS con mejor precisión y en tiempo real, por Silva Villacrés, 2014.

Se determinó las distancias horizontales para los datos observados y corregidos del dispositivo móvil para un mismo instante de tiempo con respecto a los puntos de control de referencia, luego se comparó las distancias obtenidas, para analizar el comportamiento de los deltas de corrección (ver figura 42).

Figura 42

Comparación de los vectores de distancia para los datos de observados y corregidos.



Nota. Adaptado de Implementación de la tecnología NTRIP en dispositivos móviles navegadores, mediante una aplicación, para obtener coordenadas GPS con mejor precisión y en tiempo real, por Silva Villacrés, 2014.

Diseño de la aplicación móvil

El código fuente de la aplicación móvil se desarrolló en la plataforma Android Studio, que permite una compilación rápida, confiable y compatible para todos los dispositivos con sistema operativo Android, además, permite ejecutar, evaluar y corregir la aplicación en tiempo real.

El diseño del lenguaje de programación de la aplicación se elaboró en formato JAVA, con el fin de obtener un código portable para distintas plataformas y sistemas operativos. Por otra parte, tiene la capacidad y facilidad de trabajar con interfaz de programación de aplicaciones (APIs), XML/HTML, conexiones de bases de datos, entre otras (ver tabla 15), requeridas para la estructura y funcionamiento de la aplicación (ver anexo B).

Tabla 15

Recursos utilizados para la programación.

Tipo	Información	Proveedor	Descripción
API	Ubicación Actual	Android	Proporciona las coordenadas geográficas de la posición del usuario e información adicional para el formato NMEA
API	Conexión y permisos	Android	Solicita los permisos del uso del GPS, necesarios para la correcta ejecución de la aplicación
API	Cálculos	Android	Paquete de operaciones matemáticas para realizar la corrección con la información del NTRIP.
API	Lectura	Node.JS	Genera la lectura del contenido seleccionado de los archivos almacenados en la aplicación.

Tipo	Información	Proveedor	Descripción
API	Network Analyst	ArcGIS Online	Elabora el diseño de rutas óptimas, obtención de direcciones y cálculos del tiempo de desplazamiento
HTML	GDB Campus	ArcGIS Online	Conexión con el enlace de la GDB almacenada en el servidor de ArcGIS Online para su posterior Visualización
HTML	Mapa Base	Google	Conexión a la información del mapa base de Google
HTML	Corrección Ntrip	Autor	Conexión local (local host) para enviar la información obtenida del BNC enlazada al NTRIP.
Base de Datos	Lugares de destino	Autor	Información de las categorías y subcategorías para el menú de destinos convertida en formato .java
Base de Datos	Obstáculos	Autor	Información de los rangos en base a la ubicación de los obstáculos convertida en formato .java

Ajuste de los puntos de control GCP

Planificación puntos de control

La muestra asignada para el posicionamiento de puntos de control del campus matriz consta de un total de 30 GCP (ver anexo C), el número de puntos muestreados en el proyecto se consideró según la norma NSSDA, donde se recomienda un mínimo de 20 puntos para la utilización del método de validación.

Los puntos se densificaron en el área de interés, con mayor concentración en las zonas edificadas del campus, con el propósito de validar la digitalización de cartografía base y la identificación de los puntos de destino para la aplicación de navegación, como se indica en la figura 43.

Figura 43

Estación Base y Puntos de control GCP.



Se utilizó dos antenas GNSS integradas, marca Trimble R8-S, configurando la Base y Rover con el método de posicionamiento Estático Rápido, los parámetros establecidos para rastreo de datos de cada antena se detalla en la tabla 16.

Tabla 16

Configuración de las antenas GNSS Trimble R8-S.

Campo	Base	Rover
Intervalo de registro	5 seg	5 seg
Tiempo total de registro	12: 53: 40	00:15:00 por punto
Mascara de elevación	10°	10°
Constelaciones rastreadas	GPS, GLONASS	GPS, GLONASS
Advertencia PDOP	≤4	≤4
Método de Antena (Altura)	Centro del Tope Protector	Base del soporte de la Antena

El rastreo de datos se realizó en dos días de trabajo con un total de 4 sesiones para la Base y Rover, adicional se descargó información de la estación de monitoreo continuo (EMC) EPEC, ubicada al interior de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, perteneciente a la REGME del IGM y esta a su vez forma parte del Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur SIRGAS.

Procesamiento de los archivos de observación

Para el ajuste de coordenadas en post-procesamiento se utilizó los archivos de observación de la antena base Trimble, los de la EMC EPEC y efemérides; el formato de

observación se encuentran con extensión .T02 (archivo exclusivo de Trimble) y las efemérides rápidas (igr) con extensión .sp3, obtenidas través del portal Crustal Dynamics Data Information System CDDIS, en la semana y días GPS: igr21875 y igr21876; de la misma forma, los archivos de observación de la estación se encuentran disponibles en el Geoportal del IGM con nombres EPEC344 y EPEC345 indicando el número del día del año en el cual se realizó el levantamiento de información.

El ajuste de los puntos observados se realizó a través del software comercial Trimble Business Center (TBC) versión 2.5, configurando la plantilla del proyecto para el primer proceso correspondiente al ajuste de la base en relación con la EMC, colocando como punto de "Control de Calidad" a EPEC siendo la estación conocida, para lo cual, las coordenadas asignadas se obtuvieron del portal SIRGAS, en soluciones semanales SIRGAS-CON, para la semana GPS 2183 con marco de referencia IGS14, (ver tabla 17); los criterios de aceptación para la precisión horizontal se colocó como indicador 0.005 m + 1.0 ppm y fallido 0.010 m + 2.0 ppm, de la misma manera la precisión vertical en indicador 0.010 m + 2.0 ppm y fallido 0.020 m + 4.0 ppm, además la tolerancia en horizontal y vertical se asignó 0.070 m y 0,050 m respectivamente, la que permite indicar la comparación entre las coordenadas conocidas y calculadas.

Tabla 17

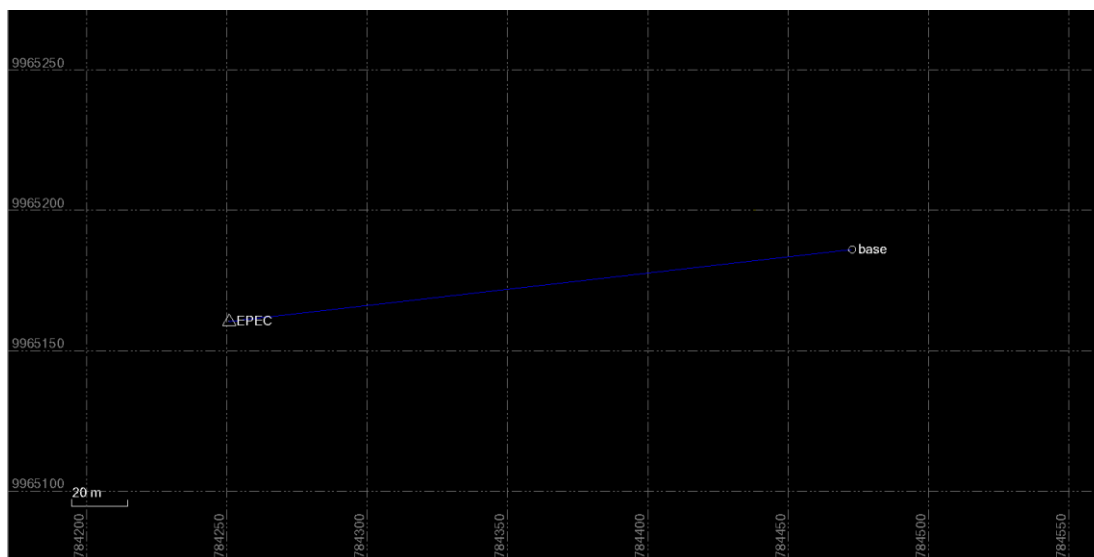
Coordenadas Fijas EPEC - SIRGAS.

Coordenadas semanales SIRGAS						
	Cartesianas			Geográficas		
X	1277936.90192	m		Longitud	78°26'46.76360" W	
Y	-6251278.07054	m		Latitud	00°18'53.60212" S	
Z	-34832.36938	m		Altura Elipsoidal	2522.9743	m

Con los parámetros previamente configurados, los archivos requeridos para el procesamiento se importan a la plantilla de trabajo, y automáticamente se generan líneas base entre ambos puntos (ver figura 44).

Figura 44

Formación de la línea base EPEC-Base.



Una vez finalizado el procesamiento del vector EPEC-Base, se genera el informe línea base, y se indican las precisiones de cada una de las sesiones ajustadas a nivel milimétrico donde, se acepta la solución y se genera el informe de lista de puntos (ver anexo D), que será utilizado como punto conocido para el procesamiento de los GCP.

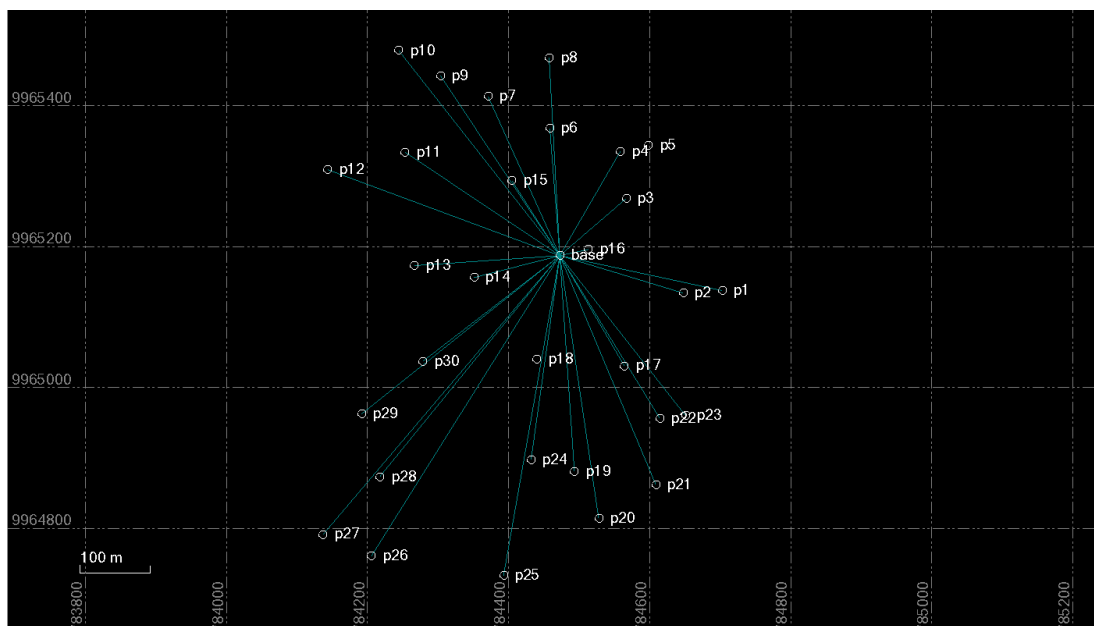
Densificación de puntos de control

Una vez ajustada las coordenadas del punto base, se procede a repetir el proceso anterior pero enfocado al ajuste de los GCP, la importación de los archivos de procesamiento serán las efemérides rápidas, los datos de observación Base y Rover, considerando a la base como punto conocido asignando el “Control de Calidad” con las coordenadas corregidas

obtenida del informe de lista de puntos (ver anexo D), en la figura 45, se visualizan las líneas base generadas para los 30 GCP en relación a la estación base.

Figura 45

Formación de líneas base Base-GCP.



A diferencia del ajuste anterior, los criterios de aceptación varían para los puntos densificados; referente a la precisión horizontal se colocó como indicador $0.100\text{m} + 1.0\text{ ppm}$ y fallido $0.200\text{ m} + 2.0\text{ ppm}$, de la misma manera la precisión vertical en indicador $0.200\text{ m} + 2.0\text{ ppm}$ y fallido $0.400\text{ m} + 4.0\text{ ppm}$, adicional, para la tolerancia se asignan los valores anteriores, en horizontal y vertical 0.070 m y 0.050 m respectivamente.

Si los datos ajustados cumplen con la precisión requerida se aceptan los resultados, caso contrario, se corrigen los desfases de tiempo presentes en cada satélite para cada punto, y se repite el procesamiento hasta aceptar la corrección, se descargan los informes de procesamiento para líneas base y lista de puntos.

Registro de observaciones de los dispositivos móviles

Las observaciones se realizaron en base a los 30 puntos de control (GCP) para el análisis estadístico de las medidas de tendencia central y dispersión. Los celulares de gama alta, Xiaomi Poco F3, y gama media, Huawei Mate 20 Lite, se utilizaron para comparar el error de precisión de cada dispositivo, evaluando la calidad de los datos para los métodos de posicionamiento estático y navegación.

Posicionamiento Estático

Para el registro de datos se comparó los dispositivos móviles en un mismo instante de tiempo (ver figura 46), mediante la aplicación GPS TEST, para observaciones de posicionamiento estático, (ver tabla 18), por lo cual se establecen las mismas condiciones externas y rastreo de satélites.

Figura 46

Registro de posicionamiento estático de los dispositivos móviles.



Tabla 18

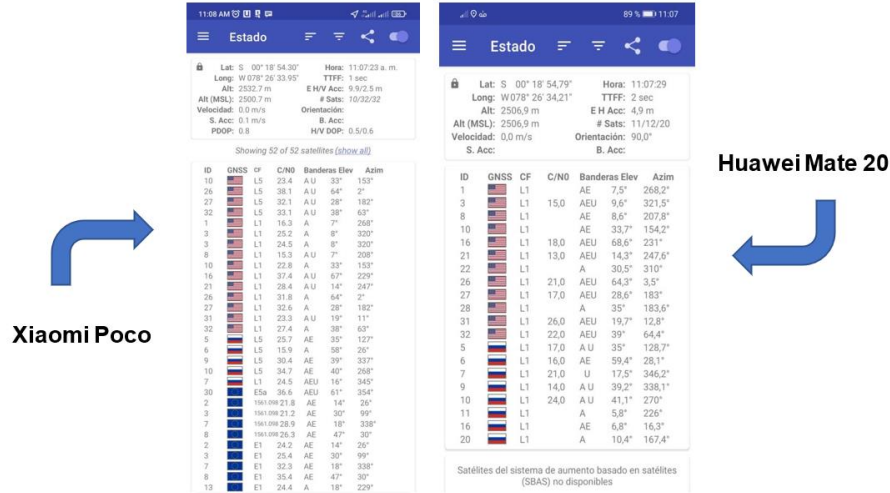
Parámetros de registro de datos en los dispositivos móviles.

Campo	Xiaomi Poco F3	Huawei Mate 20 lite
Intervalo de registro	1 seg	1 seg
Tiempo total de registro	5 min/punto	5 min/punto
Mascara de elevación	10°	10°
Constelaciones rastreadas	GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou	GPS, GLONASS
Antena (Altura)	Centro del dispositivo	Centro del dispositivo

El GPS TEST trabaja con señales de una y doble frecuencia compatibles en dispositivos móviles con Android 8.0 o superior, permite almacenar la información de posicionamiento en formato NMEA, con un intervalo de actualización de 1 segundo, además indica la información de los satélites en uso de cada constelación, frecuencia y fuerza de las señales que se utilizan para determinar la ubicación, (ver figura 47).

Figura 47

Registro de observaciones en GPS TEST y almacenamiento del formato NMEA.



Navegación

El registro de datos se lo realizó para un solo instante de tiempo, almacenando la información del último punto una vez finalizado el recorrido, previamente se condiciono los dispositivos para un rastreo continuo (ver figura 48). El archivo se almacena en formato NMEA con sentencias GGA.

Figura 48

Registro de navegación en los dispositivos móviles.

**Precisión horizontal**

Para el cálculo de la exactitud posicional horizontal se aplica la metodología de la NSSDA, (ver Capítulo II, apartado Estándar Nacional para la Precisión de Datos Espaciales) que compara los valores observados y los corregidos del dispositivo móvil, respecto a los 30 puntos de control planteados en el proyecto. Las coordenadas cartesianas son transformadas a un sistema de coordenadas locales topocéntricas con componentes Este, Norte y Altura (enu), que permiten una representación más real sobre el terreno, la variación de los componentes se representa gráficamente en términos de distancia horizontal para los datos corregidos de navegación, a diferencia del método estático, donde solo se consideró las observaciones crudas.

CAPITULO IV

Análisis de Resultados

Aplicación de movilidad

El diseño de la interfaz describe las opciones de funcionamiento para las secciones de inicio, ubicación y configuración, donde se despliega una pantalla de bienvenida para iniciar los servicios navegación (ver figura 49).

Figura 49

Aplicación Movilidad ESPE.

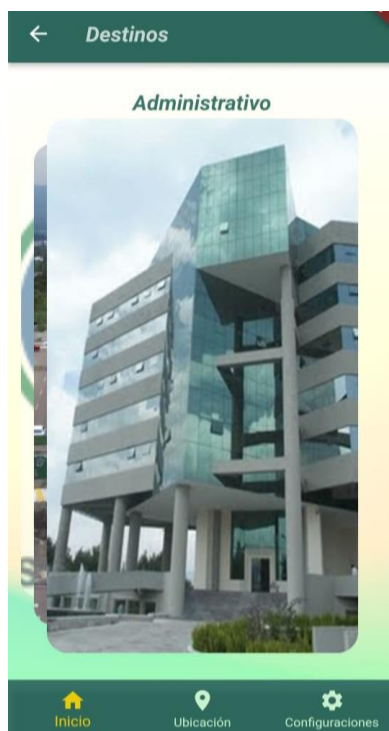


A continuación, se despliega el menú de inicio con las opciones de selección de destino, considerando un desplazamiento horizontal en formato carrusel de bucle infinito para la

categorías y subcategorías (ver figura), incluyendo un asistente de voz que lee las opciones de destino con el funcionamiento touch, donde se condiciona la lectura (un solo toque) y se permite el acceso a los subprocesos de destino (dos toques).

Figura 50

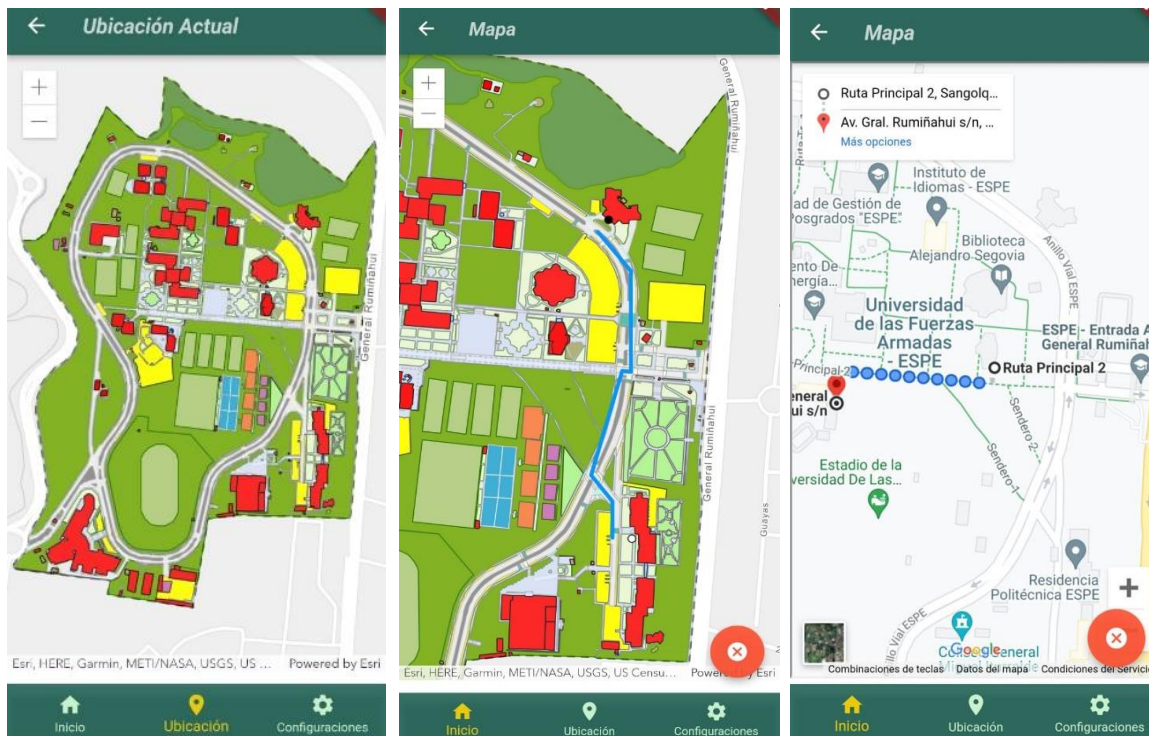
Despliegue menú de destinos.



Una vez seleccionado el punto de destino se despliega un mapa base, implementado por el servicio de ArcGIS Online, estableciendo las rutas con las marcas de partida y llegada en función de las distancias más cercanas, a través del servicio de navegación, que cuenta con un asistente de voz que guía al usuario para los recorridos, cambios de dirección y especificación de puntos espaciales de referencia (ver figura 51).

Figura 51

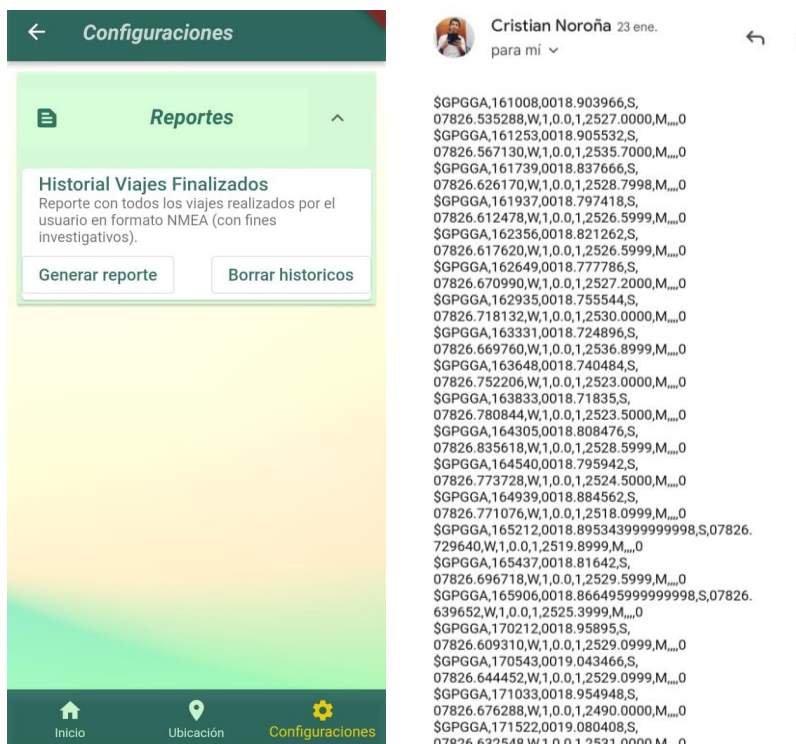
Despliegue del mapa base y rutas de navegación.



En la ventana Configuraciones, se presenta la opción para generar el reporte de navegación que registran la última coordenada observada al momento de finalizar el recorrido, la información es almacenada en formato NMEA con sentencias GGA, enviadas a través de un correo electrónico. El registro de observaciones tiene como propósito identificar el último punto de interés del usuario y el análisis para el comportamiento de los datos de navegación referente a los puntos de control establecidos para la evaluación de la exactitud posicional de los dispositivos (ver figura 52).

Figura 52

Registro de reporte NMEA en navegación.



Una vez finalizado el diseño y conceptualización de la aplicación, se evaluó las características de la interfaz, con el interés de conocer el funcionamiento óptimo de navegación y la capacidad de respuesta de los servicios integrados, sin considerar los servicios de accesibilidad (Talkback) que se encuentran por defecto en los dispositivos Android. Los parámetros de evaluación se detallan en la tabla 19.

Tabla 19

Parámetros de evaluación para el uso de la aplicación de navegación.

Parámetro	Xiaomi Poco F3	Huawei Mate 20 Lite
Servicio de datos móviles	Claro	CNT
Tiempo de uso	12 h	12 h
Datos consumidos	300 Mb	200 Mb
Consumo de batería	20 %	30 %
Distancia Recorrida	4 km	4 km
Tiempo de carga del mapa base	8 seg	10 seg
Velocidad de actualización de la ruta	10 seg	10 seg
Latencia de corrección	3 seg	4 seg

Posicionamiento Estático

Los resultados obtenidos de las coordenadas rastreadas con los celulares Xiaomi Poco F3 (gama alta) y Huawei Mate 20 Lite (gama media) en un lapso de 5 minutos, se compararon sobre los puntos de control establecidos en los espacios de interés dentro del campus matriz, el comportamiento de los datos se describe en coordenadas topocéntricas referidas a la estación de monitoreo continuo EPEC, para los puntos de control y las observaciones de rastreo (ver anexo E), comparando la dispersión en cada uno de sus componentes: Este, Norte y Altura.

PS Xiaomi Poco F3

Para el cálculo de los promedios de las observaciones, se eliminaron los errores groseros que se presentan en la inicialización del rastreo hasta evidenciar un comportamiento estable dentro de los lapsos de observación, se estableció una media de 3 segundos iniciales que no fueron considerados para el análisis (ver tabla 20).

Tabla 20

Promedio de los puntos de observación Xiaomi, coordenadas topocéntricas.

Punto	Coordenadas Conocidas			Coordenadas Observadas			Diferencias		
	e (m)	n (m)	u (m)	e (m)	n (m)	u (m)	Δe (m)	Δn (m)	Δu (m)
p01	-23.332	452.466	1.701	-17.735	451.402	10.332	5.596	-1.064	8.631
p02	-26.503	397.342	3.474	-20.995	396.440	10.227	5.507	-0.902	6.753
p03	106.610	316.658	0.609	109.566	316.016	8.133	2.956	-0.642	7.524
p04	173.467	308.701	-0.140	176.549	307.115	6.001	3.082	-1.586	6.141
p05	182.695	348.840	-1.327	186.663	347.896	8.754	3.968	-0.944	10.082
p06	207.631	207.747	2.131	209.539	207.912	17.940	1.908	0.164	15.810
p07	251.610	119.720	1.888	252.193	116.498	10.951	0.584	-3.222	9.063
p08	307.048	207.271	9.598	308.433	205.333	15.979	1.385	-1.938	6.381
p09	280.762	52.694	-2.559	283.524	50.249	3.467	2.762	-2.445	6.026
p10	317.156	-5.434	-5.497	318.789	-5.324	-2.592	1.633	0.110	2.905
p11	173.148	3.317	-4.129	173.561	1.904	-4.858	0.413	-1.412	-0.729
p12	149.182	-106.654	-8.357	152.808	-106.559	-6.233	3.626	0.095	2.124
p13	12.249	15.448	-9.244	16.484	14.733	-5.939	4.235	-0.715	3.305

Punto	Coordenadas Conocidas			Coordenadas Observadas			Diferencias		
	e (m)	n (m)	u (m)	e (m)	n (m)	u (m)	Δe (m)	Δn (m)	Δu (m)
p14	-4.102	100.154	-6.332	-3.938	97.257	-3.055	0.164	-2.897	3.277
p15	133.299	153.389	-0.533	134.040	150.951	2.054	0.742	-2.438	2.588
p16	35.530	261.201	0.589	38.069	259.216	5.498	2.540	-1.984	4.909
p17	-128.697	313.019	4.024	-129.596	311.637	2.578	-0.900	-1.383	-1.447
p18	-120.648	189.704	-3.036	-118.290	189.285	-4.405	2.357	-0.419	-1.369
p19	-280.105	243.289	4.286	-276.923	239.700	12.147	3.181	-3.589	7.861
p20	-346.901	275.729	4.519	-344.488	271.731	3.733	2.414	-3.998	-0.786
p21	-299.241	357.999	10.989	-295.254	356.721	11.131	3.987	-1.277	0.142
p22	-205.571	364.918	7.604	-201.293	367.341	5.137	4.278	2.424	-2.467
p23	-200.462	400.578	7.543	-197.347	397.560	8.128	3.115	-3.018	0.585
p24	-262.841	179.964	-0.338	-262.034	180.501	-5.534	0.807	0.537	-5.196
p25	-428.091	141.525	-1.421	-423.820	137.856	-1.033	4.271	-3.668	0.388
p26	-400.274	-45.569	-1.886	-396.496	-47.799	-2.207	3.778	-2.230	-0.321
p27	-369.629	-114.028	-8.576	-366.477	-111.048	7.635	3.153	2.979	16.211
p28	-288.230	-33.235	-6.276	-282.944	-37.032	2.666	5.286	-3.797	8.942
p29	-199.440	-58.465	-10.952	-197.262	-58.375	-10.388	2.178	0.089	0.564
p30	-125.295	28.634	-10.461	-122.883	24.907	-4.293	2.412	-3.727	6.168

La figura 53 representa el desplazamiento para cada componente observado en comparación con los puntos de control conocidos.

Figura 53

Variación de las observaciones Estático - Xiaomi.

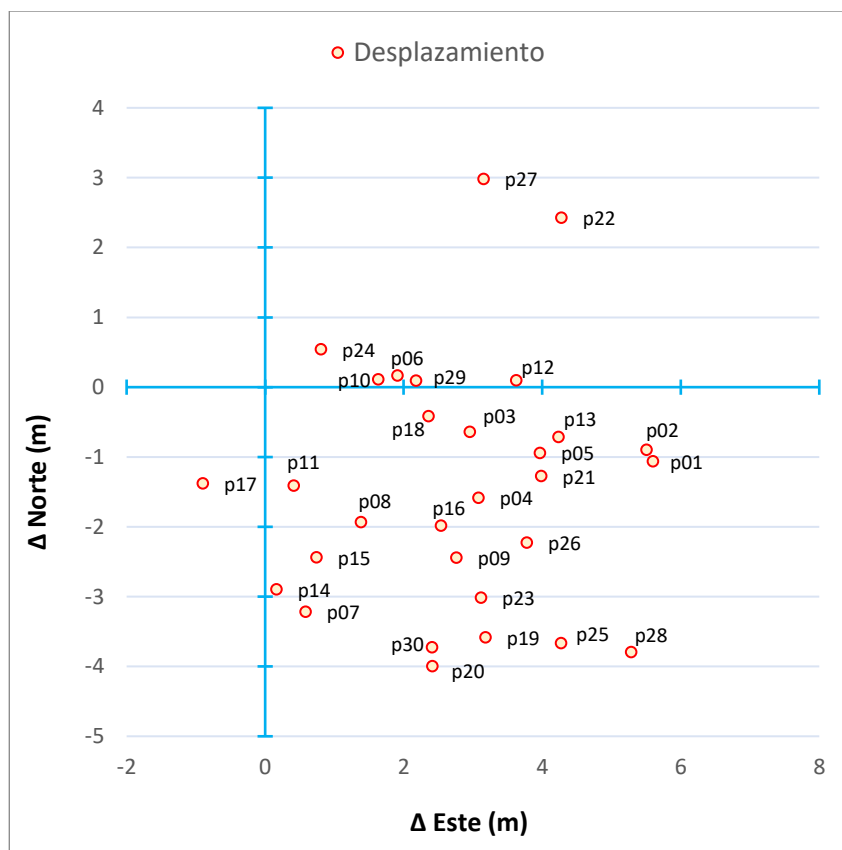


Tabla 21

Análisis descriptivo estadístico del posicionamiento estático - Xiaomi.

Parámetros	Δe	Δn	Δu	D. Horizontal
Media (m)	2.714	-1.430	4.136	3.607
Varianza (m ²)	2.565	2.962	25.309	1.926
Des. Estándar (m)	± 1.602	±1.721	± 5.031	± 1.388
Máximo (m)	5.596	2.979	16.211	6.509
Mínimo (m)	-0.900	-3.998	-5.196	0.969

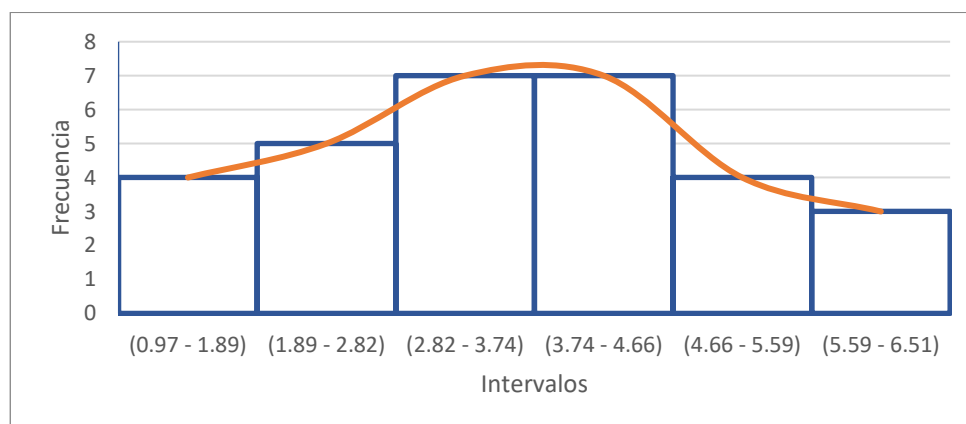
Parámetros	Δe	Δn	Δu	D. Horizontal
Rango (m)	6.496	6.977	21.407	5.539
C. Asimetría	-0.198	0.576	0.535	0.008
C. Curtosis	-0.504	0.085	-0.045	-0.778

Para cada delta de los componentes topocéntricos (Δe , Δn , Δu) se tiene una media de 2.71, -1.43 y 4.14 respectivamente, con una desviación estándar alrededor de ± 1.7 m para Este y Norte, a diferencia de la altura que presenta una desviación estándar cercana a los 5 m, los valores máximos y mínimos de cada componente indican el grado de desplazamiento respecto al punto conocido (ver tabla 21).

Sin embargo, la distancia horizontal (DH) describe de manera más representativa las coordenadas observadas, con una media de 3.60 m, una desviación estándar ± 1.39 m, y un rango de 5.54 metros, la distribución de la probabilidad de datos respecto a la DH indican una distribución simétrica (distribución normal) con un valor de 0.008, junto con el coeficiente de curtosis de -0.778, donde, se presenta una menor concentración de datos en torno a la media (ver figura 54).

Figura 54

Distribución de los datos agrupados, Distancia Horizontal – Xiaomi.



El análisis de los datos respecto a la distancia horizontal no presentan una tendencia marcada en su distribución, en consecuencia, se describe de manera individual las distancias con picos máximos y mínimos de los promedios de datos observados para el método de posicionamiento estático.

Punto 28 - Entrada Estadio Principal

Con una distancia horizontal de 6.50 m, el punto de observación representa valores atípicos, con mayor desplazamiento en Δu que perjudican a la media del grupo de datos observados. La tabla 22, indica el análisis descriptivo estadístico del punto 28.

Tabla 22

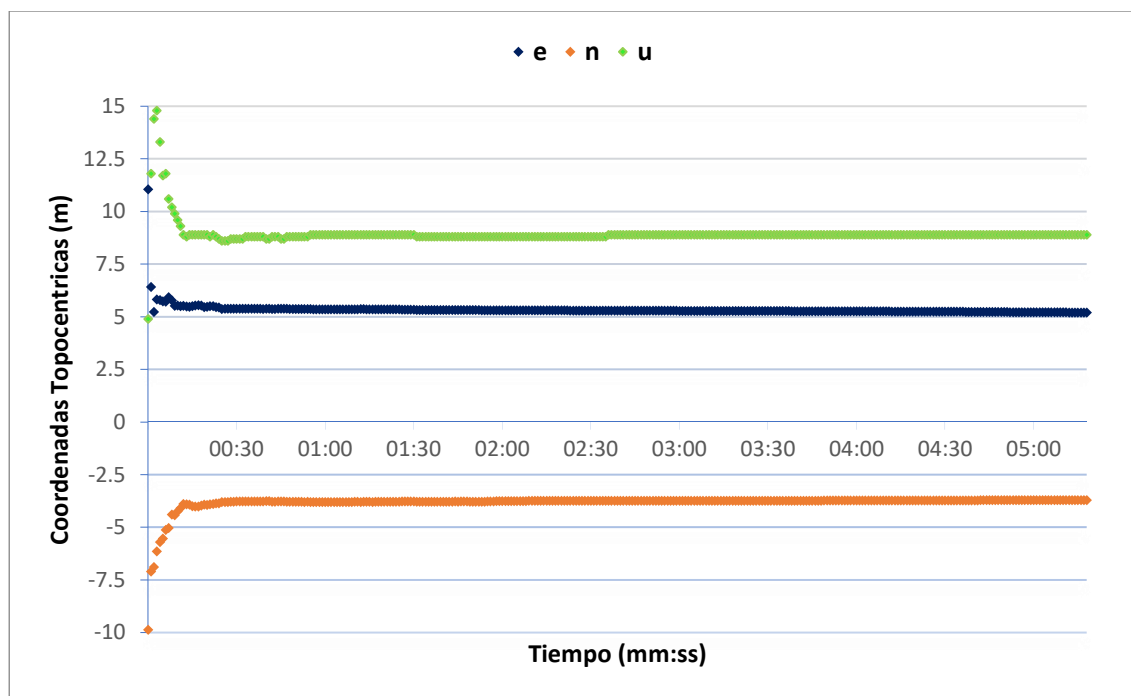
Análisis descriptivo estadístico del posicionamiento estático P28 - Xiaomi.

Parámetros	P28		
	Δe	Δn	Δu
Media (m)	5.286	-3.797	8.942
Varianza (m²)	0.013	0.101	0.303
Des. Estándar (m)	± 0.114	± 0.318	± 0.550
Máximo (m)	6.403	-3.683	14.795
Mínimo (m)	5.162	-7.106	8.595
Rango (m)	1.241	3.423	6.201

Las condiciones de rastreo fueron afectadas por la cubierta de árboles frondosos cercanas al punto de control, ubicado en la intersección entre la entrada principal del estadio y el anillo vial, la figura 55 indica el tiempo de rastreo, donde, su inicialización presenta errores groseros de hasta los 15 m, mismos que son descartados, porque no representa la capacidad de precisión del celular, los datos se estabilizaron después de los 8 segundos de inicialización.

Figura 55

Entrada Estadio Principal, Observaciones Xiaomi GCP 28.



La tabla 22 indica el análisis descriptivo para cada variación del componente Δe , Δn , Δu , en tiempo inicial de rastreo UTC 22:15:50 (hora local 17:15:50), con una media de 5.29, -3.797, -8.942 m respectivamente, siendo la desviación estándar un valor despreciable; los rangos varían entre 1.24, 3.42 y 6.20 m, las observaciones se mantienen constantes en función del tiempo, sin embargo, las condiciones externas donde se realiza las mediciones afectan significativamente al rastreo del dispositivo móvil.

Punto 24 - Entrada Alterna Estadio Principal

Con una distancia horizontal de 0.97 m, el punto de observación representa el menor desplazamiento respecto al punto de control. La tabla 23, indica el análisis descriptivo estadístico del punto 24.

Tabla 23

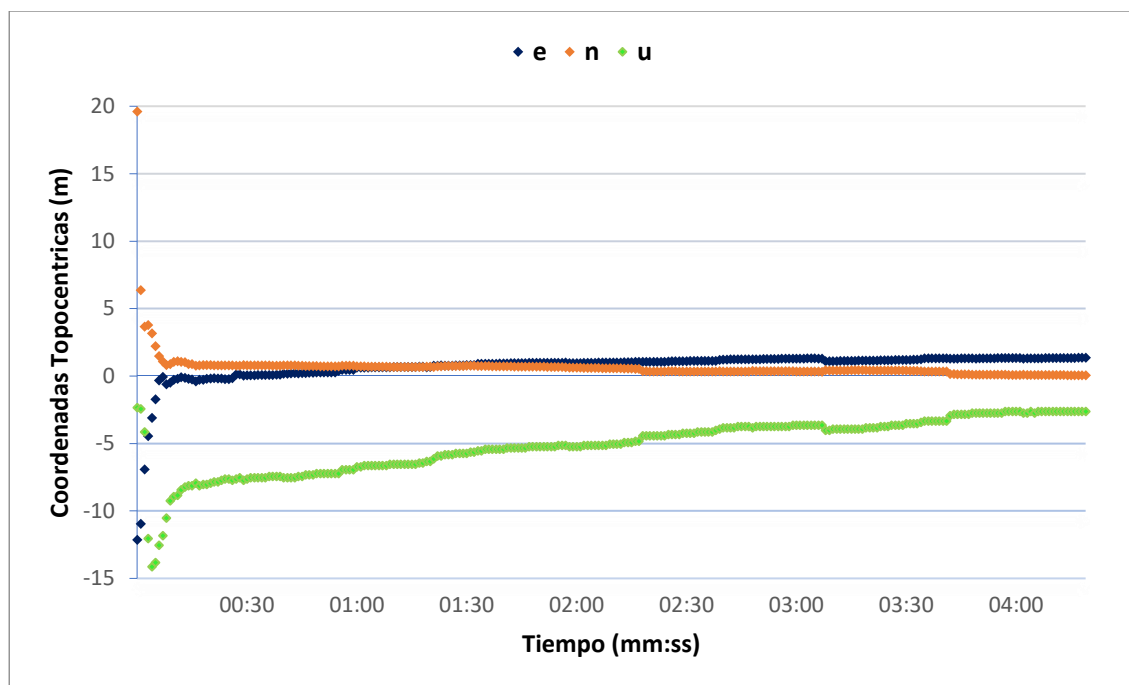
Análisis descriptivo estadístico del posicionamiento estático P24 - Xiaomi.

Parámetros	P24		
	Δe	Δn	Δu
Media (m)	0.807	0.537	-5.196
Varianza (m²)	0.427	0.144	4.227
Des. Estándar (m)	± 0.654	± 0.380	± 2.056
Máximo (m)	1.344	3.759	-2.644
Mínimo (m)	-4.469	0.048	-14.145
Rango (m)	5.813	3.711	11.501

Las condiciones de rastreo optimas se presentaron para espacios abiertos, lejos de cualquier tipo de infraestructura representativa que afecte la señal, el punto se localiza en la intersección del camino peatonal y la entrada alterna del estadio, la figura 56 indica el tiempo de rastreo, donde su inicialización presenta errores groseros de hasta 20 m, mismos que son descartados, porque no representa la capacidad de precisión del celular, además, se observó una estabilización de los componentes Este y Norte después de los 6 segundos de inicialización.

Figura 56

Entrada Alterna Estadio Principal, Observaciones Xiaomi GCP 24.



La tabla 23 indica el análisis descriptivo para cada variación del componente Δe , Δn , Δu , en tiempo inicial de rastreo UTC 21:38:17 (hora local 16:38:17), sus componentes en Este y Norte presentan una media cercana a cero de 0.8 y 0.53 m, y una desviación estándar 0.42 y 0.14 m respectivamente, a diferencia de la Altura (Δu) que se encuentra desplazada a una media de -5.19 m con desviación estándar de ± 2.05 , los rangos varían entre 5.81, 3.71 y 11.50 m, las observaciones Este y Norte se mantienen constantes mientras que, la altura presenta una tendencia de mejora en función del tiempo.

PS Huawei Mate 20 Lite

Para el cálculo de los promedios de las observaciones, se eliminaron los errores groseros que se presentan en la inicialización del rastreo hasta evidenciar un comportamiento

estable dentro de los lapsos de observación, se estableció una media de 6 segundos iniciales que no fueron considerados para el análisis (ver tabla 24).

Tabla 24

Promedio de los puntos de observación Huawei, coordenadas topocéntricas.

Punto	Coordenadas Conocidas			Coordenadas Observadas			Diferencias		
	e (m)	n (m)	u (m)	e (m)	n (m)	u (m)	e (m)	n (m)	u (m)
p01	-23.332	452.466	1.701	-19.537	452.706	5.183	3.795	0.240	3.482
p02	-26.503	397.342	3.474	-29.925	392.352	-16.126	-3.423	-4.990	-19.599
p03	106.610	316.658	0.609	106.135	308.645	6.037	-0.474	-8.013	5.428
p04	173.467	308.701	-0.140	171.584	304.933	6.818	-1.883	-3.768	6.958
p05	182.695	348.840	-1.327	183.198	348.353	0.015	0.503	-0.487	1.343
p06	207.631	207.747	2.131	208.641	209.348	-2.375	1.011	1.601	-4.505
p07	251.610	119.720	1.888	238.785	115.954	-1.983	-12.825	-3.766	-3.871
p08	307.048	207.271	9.598	307.319	207.990	14.167	0.271	0.719	4.568
p09	280.762	52.694	-2.559	283.678	46.574	6.915	2.916	-6.121	9.474
p10	317.156	-5.434	-5.497	319.628	-9.664	-11.886	2.472	-4.230	-6.389
p11	173.148	3.317	-4.129	171.772	6.294	-21.019	-1.376	2.978	-16.890
p12	149.182	-106.654	-8.357	146.142	-105.621	-22.553	-3.040	1.033	-14.197
p13	12.249	15.448	-9.244	16.610	21.756	-1.221	4.361	6.308	8.023
p14	-4.102	100.154	-6.332	-5.958	100.771	-3.461	-1.856	0.616	2.872
p15	133.299	153.389	-0.533	131.008	154.992	0.830	-2.290	1.603	1.364
p16	35.530	261.201	0.589	30.730	256.305	1.422	-4.799	-4.896	0.833
p17	-128.697	313.019	4.024	-118.799	329.451	-18.128	9.897	16.432	-22.152

Punto	Coordenadas Conocidas			Coordenadas Observadas			Diferencias		
	e (m)	n (m)	u (m)	e (m)	n (m)	u (m)	e (m)	n (m)	u (m)
p18	-120.648	189.704	-3.036	-119.895	182.065	-0.878	0.753	-7.639	2.158
p19	-280.105	243.289	4.286	-275.682	248.509	28.967	4.423	5.220	24.681
p20	-346.901	275.729	4.519	-350.300	278.357	29.298	-3.399	2.628	24.779
p21	-299.241	357.999	10.989	-298.176	354.491	30.445	1.064	-3.508	19.456
p22	-205.571	364.918	7.604	-201.202	361.334	27.859	4.369	-3.584	20.255
p23	-200.462	400.578	7.543	-201.032	396.024	9.796	-0.570	-4.554	2.253
p24	-262.841	179.964	-0.338	-264.436	188.931	-8.515	-1.595	8.967	-8.177
p25	-428.091	141.525	-1.421	-418.749	141.232	7.426	9.341	-0.293	8.846
p26	-400.274	-45.569	-1.886	-408.056	-43.258	4.677	-7.782	2.311	6.563
p27	-369.629	-114.028	-8.576	-357.723	-105.620	-22.039	11.906	8.408	-13.463
p28	-288.230	-33.235	-6.276	-286.559	-38.432	-10.278	1.671	-5.197	-4.002
p29	-199.440	-58.465	-10.952	-190.690	-55.692	-22.804	8.750	2.772	-11.851
p30	-125.295	28.634	-10.461	-121.579	27.847	-15.236	3.716	-0.787	-4.775

La figura 57 representa el desplazamiento para cada componente observado en comparación con los puntos de control conocidos.

Figura 57

Variación de las observaciones Estático - Huawei.

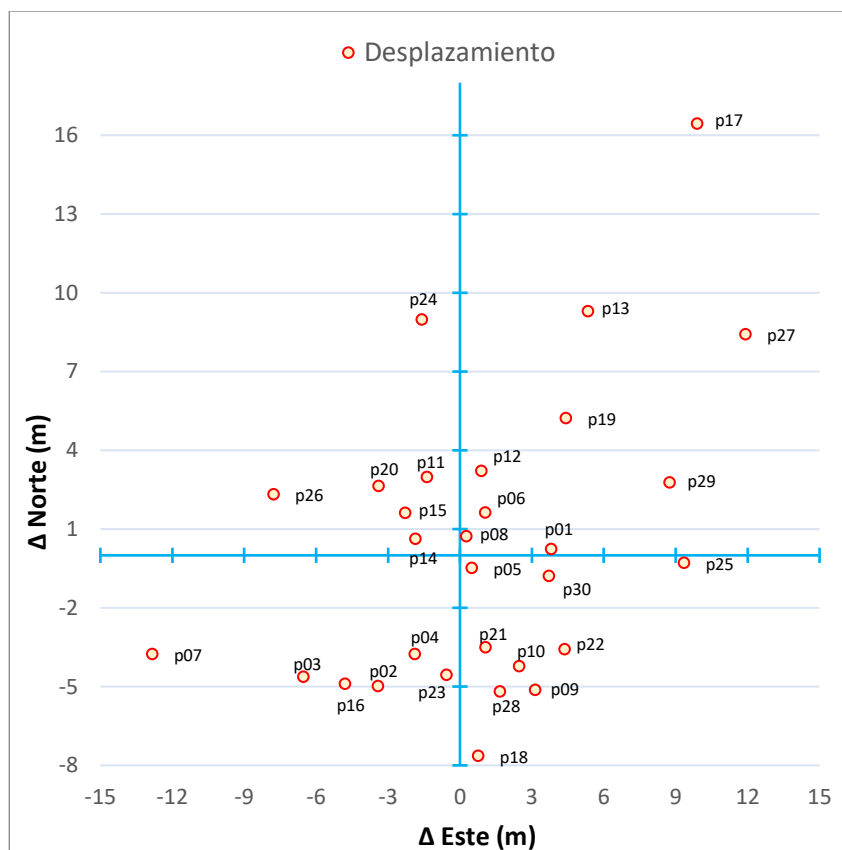


Tabla 25

Análisis descriptivo estadístico del posicionamiento estático - Huawei.

Parámetros	Δe	Δn	Δu	D. Horizontal
Media (m)	0.863	0.0001	0.782	6.258
Varianza (m ²)	26.177	28.436	142.248	16.191
Des. Estándar (m)	± 5.116	± 5.333	± 11.927	± 4.024
Máximo (m)	11.906	16.432	24.779	19.182
Mínimo (m)	-12.824	-8.013	-22.152	0.700
Rango (m)	24.731	24.445	46.931	18.482

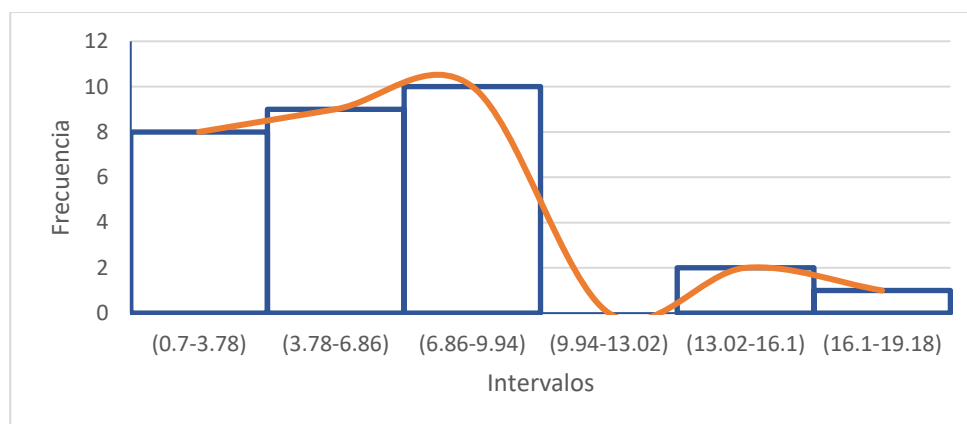
Parámetros	Δe	Δn	Δu	D. Horizontal
C. Asimetría	-0.084	0.944	0.150	0.663
C. Curtosis	0.604	1.091	-0.340	-0.501

Para cada delta de los componentes topocéntricos Δe , Δn , Δu se indica una media de 0.86, 0.00 y 0.78 m respectivamente, con una desviación estándar mayor a los 5 m para Este y Norte, a diferencia de la altura que presenta una desviación estándar cercana a los 12 m, los valores máximos y mínimos de cada componente indican el grado de desplazamiento respecto al punto conocido (ver tabla 25).

Sin embargo, la distancia horizontal (DH) describe de manera más representativa las coordenadas observadas, con una media de 6.26 m, una desviación estándar ± 4.02 m, y un rango de 18.48 metros, la distribución de la probabilidad de datos respecto a la DH indican una asimetría moderada con un valor de 0.66 con un sesgo positivo hacia la izquierda, junto con el coeficiente de curtosis de -0.5, donde, los datos se encuentran agrupados alrededor de la media (ver figura 58).

Figura 58

Distribución de los datos agrupados, Distancia Horizontal - Huawei.



El análisis de los datos respecto a la distancia horizontal no presenta una tendencia marcada en su distribución, en consecuencia, se describe de manera individual las distancias con picos máximos y mínimos de los promedios de datos observados para el método de posicionamiento estático.

Punto 17 - Parque de Calistenia

Con una distancia horizontal de 19.182 m el punto de observación representa valores atípicos, con mayor desplazamiento en su componente Norte que perjudican a la media del grupo de datos observados. La tabla 26 indica el análisis descriptivo estadístico del punto 17.

Tabla 26

Análisis descriptivo estadístico del posicionamiento estático p17 - Huawei.

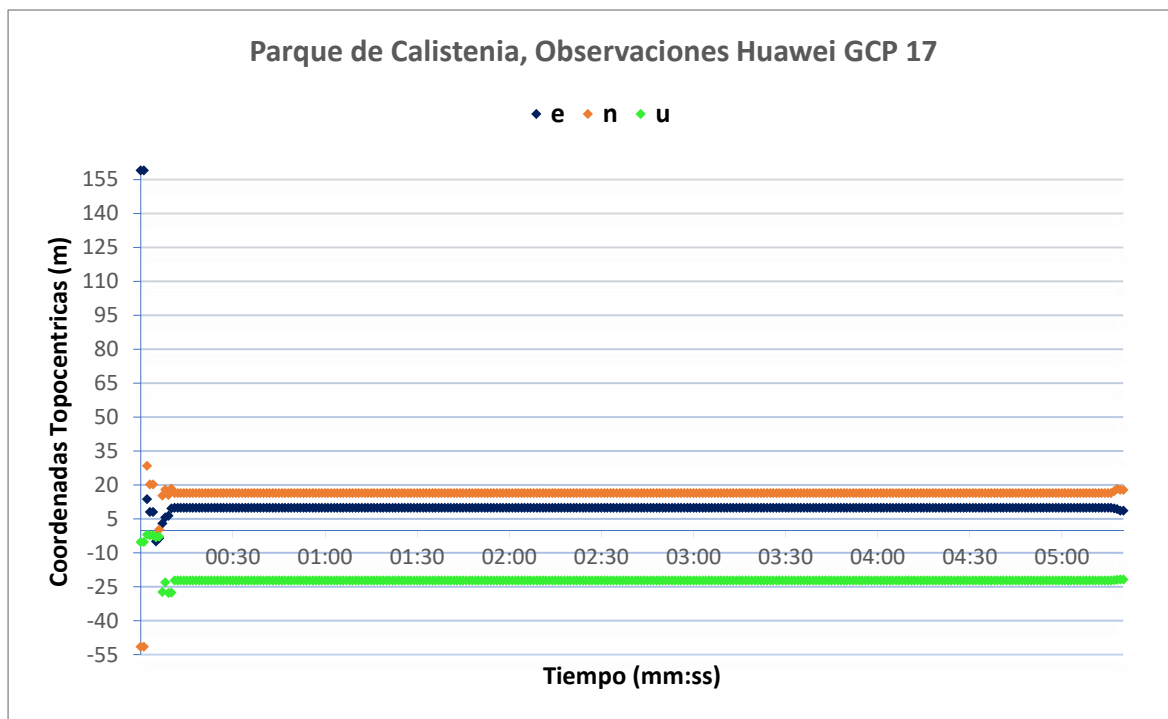
Parámetros	P17		
	Δe	Δn	Δu
Media (m)	9.897	16.433	-22.151
Varianza (m²)	0.012	0.028	0.002
Des. Estándar (m)	± 0.108	± 0.167	± 0.040
Máximo (m)	9.908	18.271	-21.710
Mínimo (m)	8.617	16.414	-22.156
Rango (m)	1.291	1.856	0.445

Las condiciones de rastreo fueron afectadas por la cubierta de árboles frondosos cercanas al punto de control, ubicado en la intersección entre el sendero principal del área deportiva y el anillo vial, la figura 59 indica el tiempo de rastreo, donde, su inicialización presenta errores groseros, los primeros valores son descartados, mismos que no representa la

capacidad de precisión del celular, los datos se estabilizaron después de los 10 segundos de inicialización.

Figura 59

Parque de Calistenia, Observaciones Huawei GCP 17.



La tabla 26 indica el análisis descriptivo para cada variación del componente Δe , Δn , Δu , en tiempo inicial de rastreo UTC 20:20:35 (hora local 15:20:35), con una media de 9.89, 16.43, -22.15 m respectivamente, siendo la desviación estándar un valor despreciable; los rangos varían entre 1.29, 1.85, 0.45 m, las observaciones se mantienen constantes en función del tiempo, sin embargo, las condiciones externas donde se realiza las mediciones afectan significativamente al dispositivo de rastreo móvil.

Punto 05 - Sistema Integrado de Salud

Con una distancia horizontal de 0.700 m, el punto de observación representa el menor desplazamiento respecto al punto de control. La tabla 27 indica el análisis descriptivo estadístico del punto 05.

Tabla 27

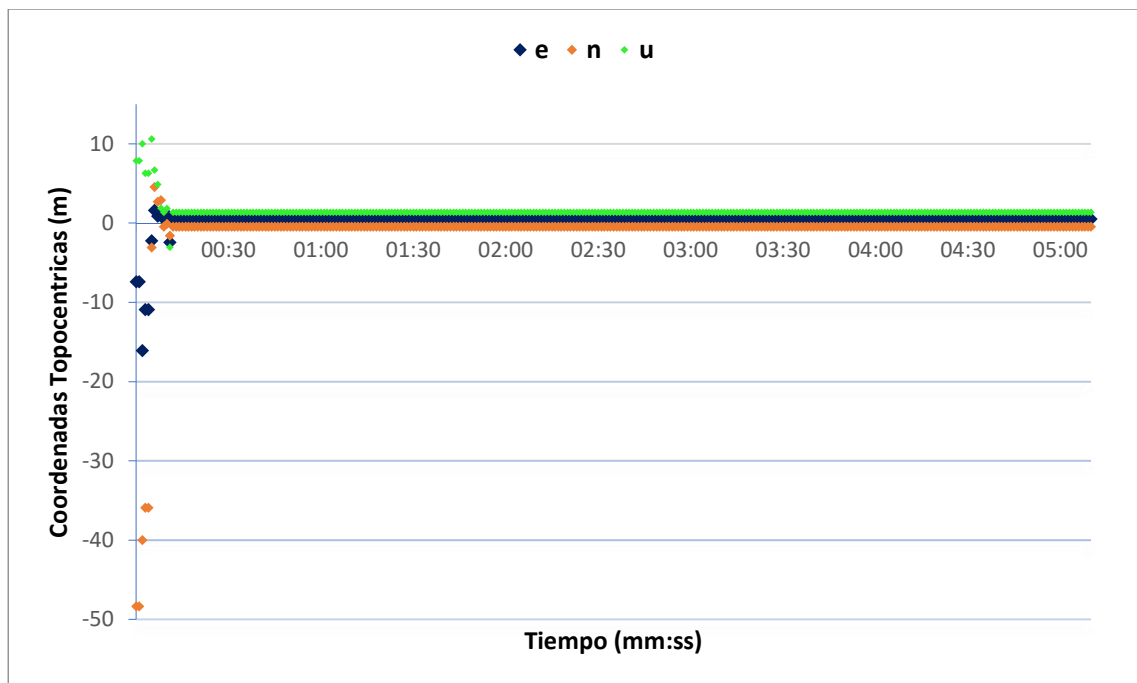
Análisis descriptivo estadístico del posicionamiento estático p05 - Huawei.

Parámetros	P05		
	Δe	Δn	Δu
Media (m)	0.503	-0.487	1.343
Varianza (m²)	0.001	0.016	0.0003
Des. Estándar (m)	± 0.035	± 0.126	± 0.017
Máximo (m)	0.873	-0.476	1.344
Mínimo (m)	0.135	-1.961	1.080
Rango (m)	0.738	1.485	0.265

Las condiciones de rastreo optimas se presentaron para espacios abiertos, a pesar de encontrarse infraestructura cercana al GCP, esta no contaba con una construcción vertical representativa que afecte la señal, el punto se localiza en el camino peatonal sentido sur del Sistema Integrado de Salud. La figura 60 indica el tiempo de rastreo, donde su inicialización presenta errores groseros, los primeros valores son descartados, mismos que no representa la capacidad de precisión del celular, los datos se estabilizaron después de los 12 segundos de inicialización.

Figura 60

Sistema Integrado de Salud, Observaciones Huawei GCP 05.



La tabla 27 indica el análisis descriptivo para cada variación del componente Δe , Δn , Δu , en tiempo inicial de rastreo UTC 16:46:36 (hora local 11:46:36), sus componentes en Este y Norte presentan una media cercana a cero, a diferencia de la Altura que se encuentra desplazada a una media de 1.34 m, con desviación estándar cercana a cero para enu, los rangos varían entre 0.74, 1.49, 0.27 m, las observaciones se mantienen constantes en función del tiempo.

Navegación

El ajuste de las observaciones se realizó para los datos de navegación, los que fueron registrados al finalizar el recorrido hasta el punto de control. El tiempo de registro de los datos referente a la estación EPEC se realizó el 23 de enero del 2022 con un tiempo de rastreo de 3

horas, que permite la comparación entre los puntos observados y los ajustados aplicando el vector de corrección para el posicionamiento de los dispositivos móviles (ver tabla 28, 31).

NAV Xiaomi Poco F3

Tabla 28

Coordenadas corregidas para los datos de navegación - Xiaomi.

Puntos	Datos Crudos		Vector de Corrección		Datos Corregidos	
	e	n	Δe	Δn	e_c	n_c
p01	-19.5384	453.0667	0.1626	0.3784	-19.701	452.6883
p02	-22.4256	393.9683	0.1544	0.3139	-22.58	393.6544
p03	109.6345	316.2649	0.2153	-0.1788	109.4192	316.4437
p04	176.8978	309.8005	0.211	-0.1768	176.6868	309.9773
p05	187.4619	349.5457	0.1799	-0.0624	187.282	349.6081
p06	213.0922	201.2003	0.1858	-0.1181	212.9064	201.3184
p07	254.0985	113.7034	0.2136	-0.1618	253.8849	113.8652
p08	311.4762	207.1799	0.206	-0.1763	311.2702	207.3562
p09	281.8634	50.4603	0.2067	-0.1918	281.6567	50.6521
p10	321.0113	-4.8419	0.1913	-0.1925	320.82	-4.6494
p11	177.6683	2.5858	0.1367	-0.1694	177.5316	2.7552
p12	152.8879	-106.5704	0.1592	-0.1831	152.7287	-106.3873
p13	16.2356	15.4372	0.1173	-0.1549	16.1183	15.5921
p14	-3.6425	92.3441	0.1018	-0.1427	-3.7443	92.4868
p15	134.0110	150.9776	0.0928	-0.1223	133.9182	151.0999
p16	38.0846	259.2344	0.0839	-0.1091	38.0007	259.3435

Puntos	Datos Crudos		Vector de Corrección		Datos Corregidos	
	e	n	Δe	Δn	e_c	n_c
p17	-124.9578	311.1584	0.0827	-0.1009	-125.0405	311.2593
p18	-113.5302	191.3655	0.0705	-0.1016	-113.6007	191.4671
p19	-276.7263	250.4558	0.0649	-0.0951	-276.7912	250.5509
p20	-341.0398	267.0480	0.0544	-0.1119	-341.0942	267.1599
p21	-297.1135	363.0872	0.0579	-0.1158	-297.1714	363.203
p22	-201.1298	369.2564	0.0596	-0.1186	-201.1894	369.375
p23	-196.2293	397.1528	0.0384	-0.1491	-196.2677	397.3019
p24	-260.0229	185.1526	0.024	-0.1563	-260.0469	185.3089
p25	-424.9325	141.4323	0.0255	-0.1591	-424.958	141.5914
p26	-396.4905	-47.7979	0.0241	-0.172	-396.5146	-47.6259
p27	-362.6487	-111.1220	0.0227	-0.1767	-362.6714	-110.9453
p28	-280.4318	-31.5687	0.0259	-0.1801	-280.4577	-31.3886
p29	-197.0178	-58.1844	0.0242	-0.1756	-197.042	-58.0088
p30	-120.4666	30.0150	0.0305	-0.1691	-120.4971	30.1841

La tabla 29 indica el análisis descriptivo de la variación para los componentes Este y Norte de las observaciones crudas y corregidas respecto a cada punto de control.

Tabla 29

Análisis descriptivo estadístico de navegación para la variación de los componentes – Xiaomi.

Parámetros	Variación Datos Observados		Variación Datos Corregidos	
	Δe	Δn	Δe_c	Δn_c
Media (m)	-3.835	0.504	-3.728	0.389
Varianza (m²)	2.865	13.204	2.920	13.268
Des. Estándar (m)	± 1.693	± 3.634	± 1.709	± 3.643
Máximo (m)	-0.459	8.681	-0.357	8.569
Mínimo (m)	-7.798	-7.167	-7.772	-7.262
Rango (m)	7.339	15.848	7.415	15.831

La variación entre los datos observados y corregidos presentan similitudes en el análisis descriptivo, las medias ajustadas son desplazada -0.107 y 0.115 m para Este y Norte respectivamente, la desviación estándar para cada componente no tiene un cambio significativo entre ambas condiciones, los valores máximos y mínimos se consideraron como indicadores del desplazamiento que sufrió cada componente de forma independiente. Para la representación de la dispersión horizontal se indica en la tabla 30.

Tabla 30

Análisis descriptivo estadístico de navegación para la dispersión horizontal - Xiaomi.

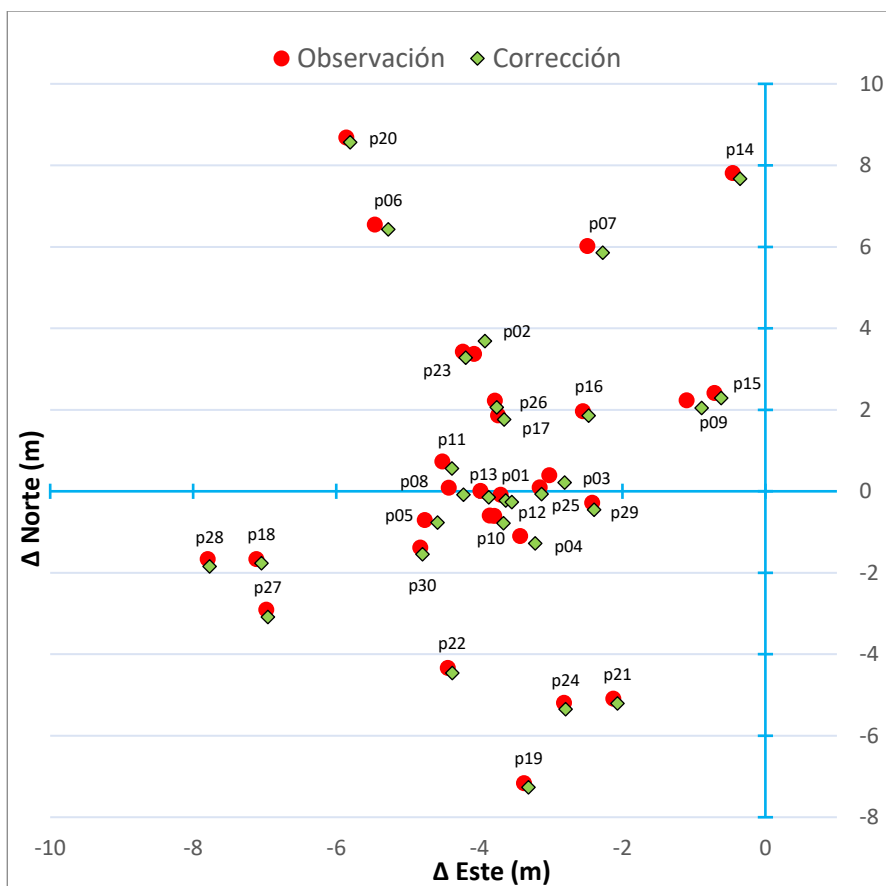
Parámetros	Dispersión Horizontal	
	Datos Observados	Datos Corregidos
Media (m)	5.193	5.103
Varianza (m²)	4.061	4.192
Des. Estándar (m)	± 2.015	± 2.047

Parámetros	Dispersión Horizontal	
	Datos	Datos
	Observados	Corregidos
Máximo (m)	10.475	10.351
Mínimo (m)	2.438	2.230
Rango (m)	8.036	8.122
C. Variación	0.388	0.401

El análisis descriptivo para la dispersión horizontal entre los datos observados y corregidos, no presentan un cambio relevante para el comportamiento de los resultados; las medias tienen una diferencia de desplazamiento de 0.09 m, la desviación estándar presenta un incremento del 0.03 m, relacionando la disminución del rango en un 0.12 m, la dispersión de los datos corregidos se ven afectados con una variación del 40.1% en comparación de las observaciones con un 38.8%. La figura 61 indica la diferencia entre las observaciones y sus correcciones.

Figura 61

Variación de las Observaciones de Navegación Xiaomi.



NAV Huawei Mate 20 Lite

Tabla 31

Coordenadas corregidas para los datos de navegación – Huawei.

Punto	Datos Crudos		Vector de Corrección		Datos Corregidos	
	e	n	Δe	Δn	e_c	n_c
p01	-29.0406	459.8048	0.1626	0.3784	-29.2032	459.4264
p02	-25.368	393.645	0.152	0.3451	-25.52	393.2999
p03	114.9183	314.5665	0.1924	-0.1157	114.7259	314.6822
p04	175.36	309.7553	0.2102	-0.1691	175.1498	309.9244
p05	183.0813	351.26	0.1896	-0.0967	182.8917	351.3567

Punto	Datos Crudos		Vector de Corrección		Datos Corregidos	
	e	n	Δe	Δn	e_c	n_c
p06	210.9352	211.6236	0.1953	-0.116	210.7399	211.7396
p07	253.5785	125.6183	0.2141	-0.1553	253.3644	125.7736
p08	313.7111	207.6372	0.2091	-0.1689	313.502	207.8061
p09	285.5138	49.3245	0.203	-0.1867	285.3108	49.5112
p10	321.0333	-4.8867	0.184	-0.1855	320.8493	-4.7012
p11	170.659	1.0601	0.1389	-0.1764	170.5201	1.2365
p12	158.2363	-106.5931	0.1534	-0.1802	158.0829	-106.4129
p13	19.0896	18.9452	0.1067	-0.1646	18.9829	19.1098
p14	-4.1071	95.5622	0.1039	-0.1564	-4.211	95.7186
p15	134.6414	147.5232	0.0967	-0.1218	134.5447	147.645
p16	36.9434	266.8371	0.0861	-0.1136	36.8573	266.9507
p17	-124.7918	312.0389	0.0875	-0.092	-124.8793	312.1309
p18	-116.0418	186.6447	0.062	-0.1087	-116.1038	186.7534
p19	-276.6044	241.5908	0.0759	0.0759	-276.6803	241.6836
p20	-342.3451	269.9879	0.0614	-0.1151	-342.4065	270.103
p21	-299.1931	350.5033	0.0496	-0.1245	-299.2427	350.6278
p22	-204.2827	356.428	0.0518	-0.127	-204.3345	356.555
p23	-196.0745	403.6005	0.0442	-0.1425	-196.1187	403.743
p24	-262.2795	175.3412	0.0338	-0.149	-262.3133	175.4902
p25	-428.1075	141.5544	0.0332	-0.1539	-428.1407	141.7083
p26	-398.2837	-49.1086	0.0239	-0.1671	-398.3076	-48.9415
p27	-363.5385	-108.575	0.0251	-0.182	-363.5636	-108.393

Punto	Datos Crudos		Vector de Corrección		Datos Corregidos	
	e	n	Δe	Δn	e	n
p28	-283.3626	-39.0294	0.0211	-0.18	-283.3837	-38.8494
p29	-197.6338	-58.6522	0.0245	-0.1747	-197.6583	-58.4775
p30	-118.5305	27.6425	0.0305	-0.1691	-118.561	27.8116

La tabla 32 indica el análisis descriptivo de la variación para los componentes Este y Norte de las observaciones crudas y corregidas respecto a cada punto de control.

Tabla 32

Análisis descriptivo estadístico de navegación para la variación de los componentes – Huawei.

Parámetros	Variación Datos Observados		Variación Datos Corregidos	
	Δe	Δn	Δe_c	Δn_c
Media (m)	-2.903	0.842	-2.796	0.730
Varianza (m²)	9.795	16.852	9.791	16.699
Des. Estándar (m)	± 3.130	± 4.105	± 3.129	± 4.086
Máximo (m)	5.709	8.490	5.872	8.363
Mínimo (m)	-9.054	-7.339	-8.901	-6.960
Rango (m)	14.763	15.828	14.773	15.323

La variación entre los datos observados y corregidos presentan similitudes en el análisis descriptivo, las medias ajustadas son desplazada 0.107 y -0.112 m para Este y Norte respectivamente, la desviación estándar para cada componente no tiene un cambio significativo entre ambas condiciones, los valores máximos y mínimos se consideraron como indicadores del desplazamiento que sufrió cada componente de forma independiente. Para la representación de la dispersión horizontal se indica la tabla 33.

Tabla 33

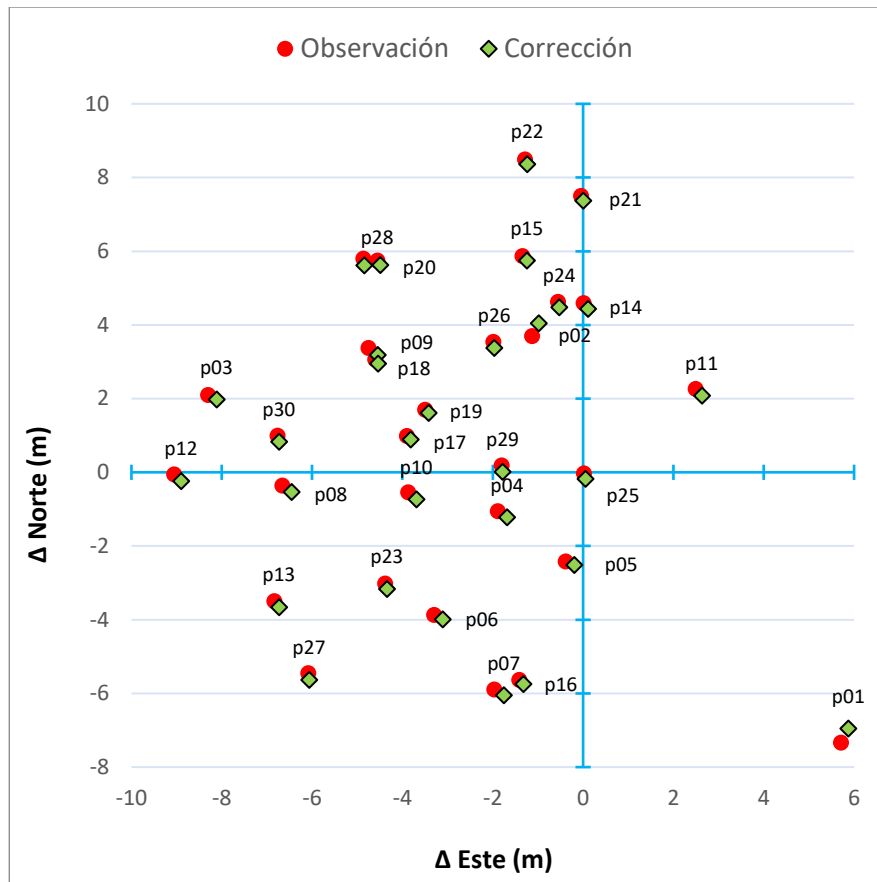
Análisis descriptivo estadístico de navegación para la dispersión horizontal – Huawei.

Parámetros	Dispersión Horizontal	
	Datos Observados	Datos Corregidos
Media (m)	5.531	5.463
Varianza (m²)	5.194	4.992
Des. Estándar (m)	± 2.279	± 2.234
Máximo (m)	9.298	9.106
Mínimo (m)	0.034	0.191
Rango (m)	9.263	8.916
C. Variación	0.412	0.409

El análisis descriptivo para la dispersión horizontal entre los datos observados y corregidos, no presentan un cambio relevante para el comportamiento de los resultados; las medias tienen una diferencia de desplazamiento de 0.068 m, la desviación estándar presenta una disminución del 0.045 m, relacionando la reducción del rango en un 0.348 m, la dispersión de los datos corregidos se ven afectados con una variación del 40.9% en comparación de las observaciones con un 41.2%. La figura 62 indica la diferencia entre las observaciones y sus correcciones.

Figura 62

Variación de las Observaciones de Navegación – Huawei.



Exactitud Posicional Horizontal

Se describe el error horizontal de cada punto (ver anexo F) para conocer la exactitud posicional horizontal, en la tabla 34 se indica la diferencia del error cuadrático medio (RMSE) para los componentes Este y Norte de las observaciones registradas por los dispositivos Xiaomi y Huawei, así como su error total (RMSE Horizontal) y sus respectivas precisiones.

Tabla 34

Precisión horizontal para datos estáticos y navegación.

	Xiaomi			Huawei		
	Estático	Navegación	N. Corrección	Estático	Navegación	N. Corrección
RMSE Este	3.1513	4.1920	4.1006	5.1887	4.2688	4.1960
RMSE Norte	2.2375	3.6685	3.6633	5.3326	4.1906	4.1511
RMSE Horizontal	3.8648	5.5705	5.4986	7.4403	5.9820	5.9024
Precisión Horizontal	6.5950	9.6201	9.5019	12.8764	10.3531	10.2157

Las observaciones del posicionamiento estático comparado para ambos celulares presentan una mejor precisión para el dispositivo Xiaomi alcanzando valores de ± 6.59 m a diferencia del celular de gama media, Huawei, presentado una precisión de menor calidad con ± 12.88 m. El error cuadrático medio en horizontal indica la comparación entre los datos conocidos y sus observaciones, siendo el RMSE H de 3.86 m y 7.44 m entre los dispositivos móviles Xiaomi y Huawei respectivamente.

Los datos de navegación en comparación a los de posicionamiento estático presentan un cambio representativo en sus precisiones; el dispositivo Xiaomi incrementa su error en 3 m aproximadamente afectando a la calidad de las observaciones, a diferencia del dispositivo Huawei que mejora la precisión, reduciendo su valor inicial en 2.5 m aproximadamente, sin embargo, la calidad de navegación predomina para el dispositivo Xiaomi Poco F3 con una precisión de 9.62 m, en comparación con los 10.35 m del celular Huawei Mate 20 Lite.

Las correcciones para las observaciones de navegación mejoran la precisión, incorporando los vectores de corrección en los dispositivos móviles, pero no indican un cambio significativo al ser comparadas con sus valores iniciales, teniendo una reducción de 0.12 y 0.14 m para los celulares Xiaomi y Huawei respectivamente.

CAPITULO V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

La implementación de la cartografía base permite representar a mayor detalle los elementos de interés y la identificación de los accesos de movilidad diseñados a través del dataset de red que integra las condiciones de prohibición y preferencia de los accesos, analizando las rutas en base a los segmentos de distancia de cada tramo, donde se toma en cuenta el direccionamiento de las rutas y la representación de entidades espaciales que permita al usuario una descripción de las áreas cercanas y la determinación de obstáculos fijos, en el cual , se estableció un rango de tolerancia con un sistema de alerta temprana.

La aplicación de movilidad peatonal para personas no videntes se diseñó con una interfaz inclusiva para el usuario, sin embargo, no se consideró el servicio de accesibilidad de los dispositivos que se integran por defecto en el sistema operativo Android (TalkBack), con el propósito de conocer la funcionalidad de la aplicación de forma independiente. Las características representativas en el desarrollo de la aplicación incorporan un lector de pantalla, navegación asistida por voz, servicio de rutas, corrección del posicionamiento en tiempo real y alerta temprana de obstáculos.

La cobertura de internet a través de datos móviles garantiza el correcto funcionamiento de la aplicación de movilidad, principal uso para la actualización y despliegue del menú de selección principal, mapas base y direccionamiento de las rutas de navegación, mismas que genera un consumo aproximado de 250 Mb para un periodo de prueba de 12 horas en funcionamiento, los datos de telefonía móvil estuvieron integrados las tarjetas SIM Claro y CNT en los celulares Xiaomi y Huawei respectivamente. Para el uso de servicio de internet por red

wifi, no cumplió con las necesidades del proyecto al presentar una baja calidad en la cobertura total para espacios abiertos de movilidad al interior del campus.

El análisis descriptivo estadístico para los puntos de observación en el posicionamiento estático establecen una media para la dispersión horizontal de 3.61 y 6.26 m, para los celulares Xiaomi Poco F3 (gama alta) y Huawei Mate 20 Lite (gama media) respectivamente, lo que refleja, una concentración de datos que se alejan de los valores de referencia o puntos de control representados en un sistema de coordenadas topocéntricas enu, el comportamiento de los datos para los componentes Este y Norte indican una dispersión aleatoria, descartando la generación de un modelo de correcciones o un patrón de errores sistemáticos para el ajuste de las observaciones en los celulares utilizados. La altura no se consideró para el presente estudio, debido a que se realizó un estudio de navegación para el plano horizontal.

Las precisiones alcanzadas en el posicionamiento estático para ambos celulares empleando la metodología de la NSSDA para la exactitud posicional, alcanzan valores a nivel métrico, debido a la capacidad de rastreo de los dispositivos móviles, en comparación, la capacidad de rastreo del celular Xiaomi Poco F3 alcanza precisiones de 6.59 m, el dispositivo proporciona una cobertura de constelaciones GNSS más amplia, integrando los sistemas de navegación GPS, GLONASS, BeiDou y Galileo, además, el chip de rastreo permite captar señales doble frecuencia L1/E1 y L5/E5, a diferencia del celular Huawei Mate 20 Lite, que posee un chip de rastreo más simple, que registra señales de una sola frecuencia L1 y una cobertura de constelaciones solo para GPS y GLONASS, alcanzado precisiones de 12.88 m, duplicando el error en la precisión determinada en comparación a los celulares de gama alta.

El registro de observaciones por navegación sin considerar el vector de corrección presenta una incertidumbre en el error de precisión para los dispositivos Xiaomi y Huawei con valores de 9.62 y 10.35 m respectivamente, en relación con el análisis de exactitud posicional para las observaciones en modo estático. Este comportamiento se ve directamente afectado

por las condiciones externas que influyen en la capacidad de rastreo del dispositivo que interfieren en la trayectoria de la señal (efecto multipath) o la pérdida de la misma, dado por elementos representativos como: infraestructuras, áreas verdes con cobertura arbórea frondosa, accesos cubiertos y obstáculos de gran dimensión cercanos al dispositivo en espacios abiertos o cerrados, además de la portabilidad del dispositivo que condiciona la variabilidad de la precisión,

Los archivos de corrección rastreados en formato .ppp obtenidos a través del protocolo NTRIP en la plataforma BNC, entregan parámetros de corrección, información de satélites, ambigüedades y los resultados de las observaciones corregidas con un intervalo de registro de un segundo, referente a la estación de monitoreo continuo EPEC. Para el proceso de corrección de las observaciones se utilizó, el tiempo UTC y las coordenadas corregidas XYZ para generar el vector error, aplicados en el dispositivo móvil para un mismo instante de tiempo, no obstante, el desplazamiento de las coordenadas con valores de ajuste no representa un cambio significativo en el valor de desplazamiento horizontal, persistiendo en la calidad de las observaciones a nivel métrico, debido a que los datos registrados en formato NMEA de los dispositivos móviles no presentan la información descriptiva necesaria para el cálculo de la corrección diferencial de las pseudodistancias en concordancia con los satélites registrados, por lo que, las coordenadas finales aplicando el vector de corrección varían a nivel centimétrico.

Recomendaciones

Se recomienda el uso de sistemas de información geográficas SIG de software libre que permita almacenar la información de la cartografía base, así como la liberación de los códigos fuente de programación, que garantice la perdurabilidad y mejora de la aplicación, así como el

aprovechamiento de sus recursos, facilitando el acceso de contribuyentes para mejorar la información representativa y relevante.

Los servicios de accesibilidad se encuentran disponibles por defecto para los dispositivos Android, mismos que permiten la interacción inclusiva con los usuarios, por lo que, se recomienda un diseño en la interfaz que sea compatible con la aplicación, la cual otorgue un aprovechamiento óptimo de sus funcionalidades (selección de destinos, cambio de mapa base y permisos de operatividad).

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE debe implementar al interior del campus espacios y lenguajes inclusivos que permita una movilidad óptima para las personas con discapacidad visual, como el diseño de caminos podo-táctiles, mantenimiento de aceras, bordes y cunetas, que se complemente con el sistema de navegación con una mayor eficacia en el resultado.

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE debe considerar la ampliación de puntos de servicio de internet para los accesos principales, y aplicaciones que son de beneficio para diferentes usuarios, garantizando la capacidad de cobertura de internet wifi.

Adquirir la autorización de los permisos del Chip GPS integrado en los equipos móviles con sistema operativo Android, con la finalidad de obtener la información más detallada de rastreo, necesaria para aplicar una corrección por medio de Pseudodistancia, que permitan generar los datos de observación y navegación en formato RINEX, semejante a la información que proporciona el protocolo NTRIP.

Por medio de programación avanzada acceder a la configuración del Kernel de los dispositivos Android, para poder seleccionar las constelaciones y determinar la posición actual del usuario, con la finalidad de representar un análisis de combinaciones entre los sistemas

GNSS, que permita evaluar la calidad de la precisión en las observaciones propias del dispositivo.

Solicitar al Instituto Geográfico Militar (IGM) generar los archivos de corrección por posición para cada delta de sus componentes (ΔX , ΔY , ΔZ) en las estaciones de monitoreo continuo que constituye la REGME, por medio del protocolo NTRIP, para evitar utilizar programas intermediarios (BNC) que retrasen el envío de los datos de corrección.

Estudiar el comportamiento de la posición para la navegación, ampliando el tamaño de la muestra y métodos de observación más representativos, en el que se analice la integración de modelo de distribución acorde a los datos, incluir modelos matemáticos y analizar posibles errores sistemáticos para la corrección por métodos de ajuste que mejoren la posición del dispositivo.

Bibliografía

Android Developers. (2020). *Arquitectura de la plataforma*. Android Developers.

<https://developer.android.com/guide/platform>

ArcGIS. (2022). *Conceptos básicos de clases de entidad.pdf*.

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/feature-class-basics.htm>

ArcGis Desktop. (2021). *Mapa Web de ArcGis*.

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/map/web-maps-and-services/what-are-web-maps-.htm>

ArcGIS Desktop. (2022). *Arquitectura de una Geodatabase*.

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/the-architecture-of-a-geodatabase.htm>

Ariza-López, F., García-Balboa, J. L., Robledo Ceballos, J., & Rodríguez-Avi, J. (2018). Guía para la evaluación de la exactitud posicional de datos espaciales. In *IPGH* (Issue 557).

<https://doi.org/10.35424/rcarto.v0i100.647>

Arroyo Vázquez, N. (2011). *Informe APEI sobre movilidad* (M. V. J. Antonio (ed.); APEI).

<http://libros.metabiblioteca.org/handle/001/192>

Balsa Barreiro, J. (2014). *APLICACIÓN DE SISTEMAS GNSS Y SIG A INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE. ESTUDIO SOBRE CONDUCCIÓN NATURALISTA* [Universidade Da

Coruña]. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/13964>

Baz, A., Ferreira, I., Álvarez, M., & García, R. (2011). *Dispositivos móviles*.

http://isa.uniovi.es/docencia/SIGC/pdf/telefonía_movil.pdf

- Berné Valero, J. L., Anquela Julián, A. B., & Garrido Villen, N. (2014). GNSS GPS: fundamentos y aplicaciones en Geomática. In Universitat Politècnica de València (Ed.), *Duke Law Journal* (1st ed., Vol. 1, Issue 1).
https://www.academia.edu/34699683/GNSS_GPS_fundamentos_y_aplicaciones_en_Geomática
- BKG. (2004). *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*. Bundesamt Für Kartographie Und Geodäsie. <https://igs.bkg.bund.de/ntrip/#ntrip-about>
- Bravo, E., & Montenegro, P. (2011). Base de Datos Geográfica - Cartográfica en el Instituto Geográfico Militar del Ecuador con software libre. *Instituto Geografico Militar*.
<http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/wp-content/uploads/2012/11/Proyecto-Base-de-Datos-Geografica-en-el-Instituto-Geografico-Militar-con-software-libre.pdf>
- Campos Vargas, M. M., Toscana Aparicio, A., Monroy Gaytán, J. F., & Reyes López, H. A. (2011). Visualizador Web de información cartográfica de amenazas naturales. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 63(1), 71–82.
<https://doi.org/10.18268/bsgm2011v63n1a6>
- Cardozo, J., & Arenas, J. (2016). Metodología para levantamientos topográficos planímetros de predios rurales. In *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*.
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3248/ArenasAcostaJenifferAlexandraCardozoRojasJuanSebastian2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carranza Carranza, A. A., & Reyes Orozco, J. A. (2017). *Análisis en Implementación de Diferencial de GPS en tiempo real a través de a tecnología NTRIP para la EERSA* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8434>
- Carvajal Barzallo, C. A. (2019). *Departamento de ciencias de la energía y mecánica*

[Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/18777/T-ESPE-039080.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CEPGE. (2016). *Ficha técnica descriptiva de la Estación ESPE-EPEC*.

<https://studylib.es/doc/4526816/ficha-técnica-descriptiva-de-la-estación-espe--epec>

Chengqi, R. (2012). Development of the BeiDou Navigation Satellite System. In L. Davis, P. Enge, & G. Gao (Eds.), *Global Navigation Satellite Systems* (pp. 17–23). The National Academies Press.

Chillagano, P. R. (2017). *Google Maps Como Herramienta De Sensibilización Vial* [Instituto Politécnico de Leiria]. [https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/2971/1/Relatório de Projeto_Patricia Chillagano.pdf](https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/2971/1/Relatório_de_Projeto_Patricia_Chillagano.pdf)

Claro. (2022). *Servicios Móviles*. <https://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios-moviles/cobertura/>

CNT. (2019). *Geoportal CNT EP*. Red Móvil CNT. <https://gis.cnt.gob.ec/appgeoportal/#>

CONADIS. (2021). *Estadísticas de Discapacidad – Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades*. Ministerio de Salud Pública.

<https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>

David, D., & Flores, C. (2020). Can we trust in our smartphone GPS for field studies?

ResearchGate, September, 17. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33389.41447>

Department of Natural Resources WA. (2004). Standards and guidelines for land surveying using global positioning system methods. *Land Survey Office, 1*, 66.

http://www.wsrn3.org/CONTENT/Reference/Reference_GPS-Guidebook-WADNR.pdf

Esri. (2010). *Introducción a las aplicaciones ArcGis Online*.

<http://todoproductividad.blogspot.mx/2010/01/introduccion-las-aplicaciones-de-los.html>

Esri. (2019). *¿Qué es la extensión ArcGIS Network Analyst?* ArcGIS Desktop.

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/what-is-network-analyst-.htm>

Esri. (2021a). *ArcGIS Online Implementación Guía*.

<https://www.esri.com/content/dam/esrisites/es-es/media/pdf/implementation-guides/implement-arcgis-online.pdf>

Esri. (2021b). *Qué es un dataset de red*. ArcGIS Pro. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/networks/what-is-network-dataset-.htm>

EUSPA. (2021). *What is GNSS?* European Union Agency for the Space Programme.

<https://www.euspa.europa.eu/european-space/eu-space-programme/what-gnss>

Federal Agency for Cartography and Geodesy. (2013). *Bkg Ntrip Client (BNC) Version 2.9*

(Issue July). <http://acc.igs.org/misc/bnchelp.pdf>

FGDC. (1998). Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3 : National Standard for Spatial Data Accuracy. In *National Spatial Data Infrastructure*.

<http://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part3/chapter3>

Fombona, J., Pascual, M., & Madeira, M. (2012). REALIDAD AUMENTADA, UNA EVOLUCIÓN DE LAS APLICACIONES DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 1133–8482(41), 197–210. <https://www.redalyc.org/pdf/368/36828247015.pdf>

Fundación Bensadoun Laurent. (2020). *Lector de pantalla: Recurso para Inclusión Laboral de Personas Ciegas o con Baja Visión*. <https://fundacionbl.org/lector-de-pantalla-recurso-para-inclusion-laboral-de-personas-ciegas-o-con-baja-vision/>

García Álvarez, D. A. (2008). *Sistema GNSS (Global Navigation Satellite System)* [Universidad

Autónoma de MMadrid].

<http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20080125DavidGarcia.pdf>

García Bahón, S. A. (2017). *Ciencia, Tecnología y sociedad: entorno global en el desarrollo del GPS* [Universidad Politécnica de Madrid]. <http://oa.upm.es/49357/>

Garita Araya, R. A. (2013). Tecnología Móvil: desarrollo de sistemas y aplicaciones para las Unidades de Información. *E-Ciencias de La Información*, 3(2), 1–14.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476848738003>

Godinez R. (2010). *Calculos de Posicionamiento Global usando protocolo NMEA 0183 y Google Earth.pdf*.

https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/electronica/2010_n25/pdf/a06.pdf

HandEyes. (n.d.). *EyeClip*. HandEyes. Retrieved August 12, 2021, from <https://handeyes.org/>

Henriquez, A., Vejarano, R., & Montes, H. (2017). OGeo: Aplicación para Ayuda en la Movilidad de Personas con Discapacidad Visual. *VIII Congreso Internacional Sobre Aplicación de Tecnologías de La Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA2017)*, October.

https://www.researchgate.net/publication/323308493_OGeo_Aplicacion_para_Ayuda_en_la_Movilidad_de_Personas_con_Discapacidad_Visual_OGeo_App_for_Mobility_Assistance_for_People_with_Visual_Disability

Heo, Y., Yan, T., & Rizos, C. (2009a). International Standard GNSS Real-Time Data Formats and Protocols. *ResearchGate*, January.

https://www.researchgate.net/publication/263937442_International_standard_GNSS_real-time_data_formats_and_protocols

Heo, Y., Yan, T., & Rizos, C. (2009b). International Standard GNSS Real-Time Data Formats and Protocols. *ResearchGate*, January.

- Hofmann Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2008). *GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. SpringerWienNewYork.
- IGM. (2020, April 26). A finales 2020, servicio de correcciones diferenciales en tiempo real, protocolo NTRIP – Inicio. *Instituto Geográfico Militar*, 1.
<http://www.geograficomilitar.gob.ec/a-finales-2020-servicio-de-correcciones-diferenciales-en-tiempo-real-protocolo-ntrip/>
- Junta de Andalucía. (2011). *NTCA 02-002: Procesos: Observación y procesamiento GNSS*.
https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/ieagen/sea/ntca/02_procesos/02002_Observacion_procesamiento.pdf
- Kaplan, E., & Hegarty, C. (2006). Understanding GPS: Principles and Applications. In J. Walker (Ed.), *Artech House* (2nd ed.). Artech House.
- Latorre, A. (2012). *Cómo está estructurado el GPS en Android*. El Android Libre.
https://www.elespanol.com/elandroidelibre/noticias-y-novedades/desarrollo-y-programacion/20121231/estructurado-gps-android/13248906_0.html
- Lazarillo. (2021). *Lazarillo App de orientación para personas ciegas y discapacidad*.
<https://lazarillo.app/es/>
- Lazzus. (2021). *Lazzus App de movilidad accesible para invidentes o personas con alta discapacidad visual*. <http://lazzus.com/es/>
- Leandro, R. F., & Santos, M. C. (2006). Wide area based precise point positioning. *Proceedings of the Institute of Navigation - 19th International Technical Meeting of the Satellite Division, ION GNSS 2006*, 4(1), 2272–2278.
<http://gauss2.gge.unb.ca/papers.pdf/iongnss2006.leandro.wappp.pdf>
- Leica Geosystems. (2000). *GPS System 500 General Guide to Static and Rapid-Static*. 2, 42.

http://webarchiv.ethz.ch/geometh-data/student/anleitungen/leicaman/gps_leica/e/GeneralGuide.pdf

Lenz, E. (2004). Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) – Application and Benefit in Modern Surveying Systems. *FIG Working Week*, 1–11.

Liege, J., & Lostalé, E. (2018). La Era De La Voz: Asistentes Virtuales Y Voice Marketing. *Kanlli*, 21. https://www.kanlli.com/wp-content/uploads/2018/09/LA_ERA_DE_LA_VOZ_ASISTENTES_VIRTUALES_Y_VOICE_MARKETING.pdf

Manuel, A. E. (2012). *Gnss: Descripción, Análisis Y Comparación Con Los Sistemas De Navegación Por Satélites* [Universidad Nacional de Cordoba]. <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/facagr/index/assoc/HASHa7ae.dir/doc.pdf>

Martínez, J. (2002a). Fundamentos de Programacion en Java [Universidad Complutense de Madrid]. In *Archivos españoles de urología* (Vol. 8, Issue 2). https://www.academia.edu/28946526/Fundamentos_de_Programacion_en_Java_Jose_Martinez_Ladron_de_Guevara

Martínez, J. (2002b). Fundamentos de Programacion en Java. In *Archivos españoles de urología* (Vol. 8, Issue 2). Universidad Complutense de Madrid.

Mazón Olivo, B., Cartuche Calva, J., & Rivas Asanza, W. (2015). Fundamentos de Programación Orientada a objetos en java. *Universidad Técnica de Malacha*, 166. https://www.researchgate.net/profile/Bertha_Mazon-Olivo/publication/318279858_Fundamentos_de_Programacion_Orientada_a_Objeto_en_Java/links/595fbc08458515a357c2e353/Fundamentos-de-Programacion-Orientada-a-Objetos-en-Java.pdf

- Mendizabal, J., Berenguer, R., & Meléndez, J. (2009). *GPS & Galileo: Dual RF Front-end Receiver and Design, Fabrication, and Test*. McGraw-Hill.
- Molina, Y., Sandoval, J., & Toledo, S. (2012). *Sistema Operativo Android: Características y funcionalidad para dispositivos móviles*. 66, 37–39.
file:///C:/Users/User/Desktop/Citas_finales/SISTEMA OPERATIVO ANDROID CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONALIDAD.pdf
- Morales, Y. A. (2021). *Desarrollo de una Aplicación Móvil con Web Map Services para líneas de Transporte Articulado, Integración de un Análisis de Accesibilidad a las paradas del Sistema Integrado Trolebús por parroquias dentro de la Zona Urbana del Distrito Metropolitano de Qu*. 157. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/24179>
- Movistar. (2021, August 31). *Mapas de cobertura móvil*. <https://www.movistar.com.ec/mapa-de-coberturas>
- Navmatix. (2021). *GNSS Mission planning*. <http://gnssmissionplanning.com/>
- OMS. (2020). Informe mundial sobre la visión. In *World health Organisation* (Vol. 214, Issue 14). <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331423/9789240000346-spa.pdf>
- Peterzon, M. (2004). *Distribution of GPS-data via Internet*.
https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/gps-och-geodetisk-matning/rapporter/lmv_rapport_2004-01_exjobb_peterzon.pdf
- Petrovski, I. (2014). GPS, GLONASS, Galileo, and BeiDou for mobile devices. In *Cambridge University Press*. Cambridge University Press.
- Pietro Márquez, A. (2007). *Ntrip Herramienta Indispensable Para La Cartografía y el Catastro*.
- Polanco, M., Taibo, B., & Luis, J. (2011). “Android” el sistema operativo de Google para dispositivos móviles. *Negotium*, 7(19), 79–96.

<https://www.redalyc.org/pdf/782/78219156004.pdf>

Pou Peña, G. (2016). *Comparativa de diferentes tipos de efemérides GNSS en cálculo de grandes líneas base con Magnet Office* [Universidad Politécnica de Madrid].

<http://oa.upm.es/39890/>

Pucha Cofrep, F., Fries, A., Cánovas García, F., & Valdivieso Oñate, F. (2017). Fundamentos de SIG | MVRPC. *ResearchGate*, July.

https://www.researchgate.net/publication/318447525_Fundamentos_de_SIG

Quito Informa. (2018, August 1). Alcalde Rodas constató avance en la instalación de 414 paradas inclusivas. *Municipio Del Distrito Metropolitano de Quito*, 1.

<http://www.quitoinforma.gob.ec/2018/08/01/alcalde-constato-avance-en-instalacion-de-414-paradas-inclusivas/>

Ramirez Guzman, E. M., & Suarez Perez, J. S. (2015). *Aplicación Para Dispositivos Móviles Con Sistema Operativo Android Para Usuarios Con Discapacidad Visual O Con Interes En Aprender La Comunicación Basada En El Sistema Braille*. [Universidad Distrital Francisco José de Caldas].

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4394/GuzmanRamirezErikaMayerli2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Riba, A. E., Damián Tejada, J., Acosta, N., & Toloza, J. M. (2016). Procesamiento de sentencias NMEA-0183 para el análisis de la geometría satelital utilizando receptores GPS de bajo costo. *XXII Congreso Argentino de Ciencias de La Computación*, 1025–1031.

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/56419/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez Córdor, A. M. (2017). *Asistente de navegación en transportes públicos para personas con discapacidad visual mediante Assisted GPS en teléfonos inteligentes*

[Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].

<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/13694/1/T-ESPE-057478.pdf>

Sagñay, J., & Freire, W. (2018). *Determinar Y Comparar La Precisión En Los Dispositivos Móviles Android De Gama Media Y Alta En Modo Sps Vs a-Gps Por La Red Móvil* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

<http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/9155/5/98T00208.pdf>

Santiago, F. (2015). *Sistemas Operativos: Fundamentos de Telemática*.

<http://sistemasoperativos.forogratis.net/t34-sistemas-operativos-embebidos>

Sanz Subirana, J., Juan Zornoza, J. M., & Hernández Pajares, M. (2013). *GNSS Data Processing* (K. Flecher (ed.); Contactivi, Vol. 1). ESA Communications.

Secretaria de Inclusión Social. (2021). *Quito, Ciudad Inclusiva*. Municipio Del Distrito Metropolitano de Quito. <https://www.quito.gob.ec/index.php/secretarias/secretaria-de-inclusion-social>

Seeber, G. (2003). *Satellite Geodesy* (Walter de Gruyter (ed.); 2nd ed.). Die Deutsche Bibliothek. <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-seeber-g-satellite-geodesy-2003.pdf>

Silva Villacrés, O. F. (2014). *Implementación de la tecnología NTRIP en dispositivos móviles navegadores, mediante una aplicación, para obtener coordenadas GPS con mejor precisión en tiempo real* [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].

<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8479>

SMARTGSM. (2022a). *Características técnicas Huawei Mate 20 Lite*.

SMARTGSM. (2022b). *Xiaomi Poco F3.pdf*. <https://www.smart-gsm.com/moviles/xiaomi-poco-f3>

SNIP. (2017a, June 11). *RTCM 2 Message List*. <https://www.use-snip.com/kb/knowledge->

base/rbcm-2-message-list/

SNIP. (2017b, June 13). *RTCM 3 Message List*. <https://www.use-snip.com/kb/knowledge-base/rbcm-3-message-list/>

Trimble Navigation Limited. (2011). RECEPTOR DE REFERENCIA DE LA SERIE TRIMBLE NetR9 GNSS. In *Siemens Jose Roman Lerma*.

Tristán, G., Arcia, A., Pérez, R., & Montes, H. (2016). Aplicación móvil para el monitoreo de personas con discapacidad visual. *ResearchGate*, 1–9.
<https://www.researchgate.net/publication/314007299>

Tuenti. (2021, August 31). *Mapa de Cobertura Tuenti Ecuador*. <https://www.tuenti.ec/mapa-de-cobertura-tuenti>

UIT. (2021). *UIT-R*. Unión Internacional de Las Telecomunicaciones. <https://www.itu.int/es/ITU-R/information/Pages/default.aspx>

Vanegas, C. A. (2012). Application Development for Android. *Revista Vínculos*, 9(2), 129–145.
<https://doi.org/10.14483/2322939X.4275>

Vico, A. (2011). *Arquitectura de Android.pdf*.
<https://columna80.wordpress.com/2011/02/17/arquitectura-de-android/>

Weber, G., Mervart, L., Sturze, A., & Stocker, D. (2016). *BKG Ntrip Client (BNC).pdf*.
Mitteilungen Des Bundesamtes Für Kartographie Und Geodäsie. <https://software.rbcm-ntrip.org/export/HEAD/ntrip/trunk/BNC/src/bnchelp.html>

Anexos