



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES
Y REDES**

**“EVALUAR LA CAPACIDAD DE DISTRIBUCIÓN DE
CORRECCIONES GNSS EN TIEMPO REAL DEL CASTER
NACIONAL Y EXPERIMENTAL BASADO EN NTRIP”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTORA: ADRIANA BELÉN SEGURA BERMEO

DIRECTORA: Ing. Mayra Alejandra Oñate Andino

Riobamba – Ecuador

2019

© 2019, Adriana Belén Segura Bermeo

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

Yo, ADRIANA BELEN SEGURA BERMEO, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor (a) asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 18 de noviembre de 2019

Adriana Belén Segura Bermeo

060462970-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUAR LA CAPACIDAD DE DISTRIBUCIÓN DE CORRECCIONES GNSS EN TIEMPO REAL DEL CASTER NACIONAL Y EXPERIMENTAL BASADO EN NTRIP**, realizado por la señorita **ADRIANA BELEN SEGURA BERMEO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

ING. PATRICIO ROMERO.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ING. MAYRA ALEJANDRA OÑATE
ANDINO.
**DIRECTOR/A DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

ING. MÓNICA ANDREA ZABALA
HARO. M.Sc
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a mis padres que me han apoyado siempre y por sobre todas las cosas, a mis hermanos, que mediante el ejemplo me han enseñado a luchar por alcanzar mis metas.

A mi esposo por brindarme palabras de aliento, confianza y perseverancia. Al motor de mi vida, mi hijo Dylan Said, que es mi motivación e inspiración para perseverar y culminar esta etapa, y seguir luchando por metas futuras.

Adriana

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por llenarme de sabiduría, fortaleza y conocimiento en todo momento y ante toda circunstancia, a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional y por inculcar en mí, buenos valores y principios, a mi esposo y a mi hijo Dylan Said por estar junto a mí en momentos difíciles y no dejarme desfallecer ante ningún obstáculo.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a los docentes de la Carrera de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes por todos los conocimientos impartidos durante la etapa de vida estudiantil, siendo un aporte para mi preparación ética, académica y profesional.

Adriana

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY	xviii

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. <i>Sistematización del problema</i>	2
1.3. Justificación teórica	2
1.4. Justificación aplicativa	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. <i>Objetivos generales</i>	4
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Global Navigation Satellite System (GNSS)	6
2.1.1. <i>Funcionamiento y componentes de un sistema GNSS</i>	7
2.1.2. <i>Términos empleados en sistemas GNSS</i>	8
2.1.2.1. <i>Posicionamiento</i>	8

2.1.2.2.	<i>Localización</i>	8
2.1.2.3.	<i>Navegación</i>	9
2.1.3.	<i>Prestaciones de los actuales sistemas GNSS</i>	9
2.1.4.	<i>Aplicaciones GNSS</i>	10
2.1.5.	<i>Clasificación de los sistemas GNSS</i>	11
2.1.5.1.	<i>Global Positioning System (GPS)</i>	11
2.1.5.2.	<i>GLONASS</i>	12
2.1.5.3.	<i>GALILEO</i>	12
2.2.	Global Positioning System (GPS)	13
2.2.1.	<i>Arquitectura del sistema GPS</i>	14
2.2.1.1.	<i>Segmento espacial</i>	14
2.2.1.2.	<i>Segmento de control</i>	15
2.2.1.3.	<i>Segmento de Usuario</i>	16
2.2.2.	<i>Señal GPS</i>	17
2.2.3.	<i>Errores en el posicionamiento con GPS</i>	18
2.2.3.1.	<i>Errores en parámetros orbitales de los satelites</i>	19
2.2.3.2.	<i>Error en el reloj satelital</i>	19
2.2.3.3.	<i>Error multipath</i>	19
2.2.3.4.	<i>Error producido por la ionósfera</i>	20
2.2.3.5.	<i>Error producido por la troposfera</i>	20
2.2.3.6.	<i>Selective Available (SA)</i>	21
2.3.	Correcciones Diferenciales	21
2.3.1.	<i>Diferencial de GPS (DGPS)</i>	21
2.3.1.1.	<i>Correcciones en Postproceso</i>	23
2.3.1.2.	<i>Correcciones en Tiempo Real RTK</i>	23
2.4.	Formatos de transmisión-recepción flujos de datos	23
2.4.1.	<i>Formato de trasmisión RTCM</i>	24
2.4.1.1.	<i>Trama RTCM</i>	25
2.4.1.2.	<i>RTCM 2.3</i>	26
2.4.1.3.	<i>RTCM 3.0</i>	27
2.5.	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)	27
2.5.1.	<i>Protocolo NTRIP</i>	27
2.5.2.	<i>Trasporte de datos RTCM mediante TCP/IP</i>	28
2.5.2.1.	<i>Capa de Aplicación</i>	29
2.5.3.	<i>Elementos de NTRIP</i>	29
2.5.3.1.	<i>NTRIP Sources</i>	30
2.5.3.2.	<i>NTRIP Server</i>	30

2.5.3.3.	<i>NTRIP Caster</i>	30
2.5.3.4.	<i>NTRIP Client</i>	31
2.5.4.	<i>Ventajas de NTRIP</i>	31
2.5.5.	<i>Limitantes de NTRIP</i>	31
2.5.5.1.	<i>Ancho de Banda</i>	32
2.5.5.2.	<i>Cobertura Celular</i>	33
2.6.	Caster Principal IGM – Caster Experimental ESPOCH	33
2.7.	SIRGAS	34
2.7.1.	<i>SIRGAS-RT con NTRIP</i>	34
2.8.	Software	36
2.8.1.	<i>Visual Studio Code (VSC)</i>	36
2.8.2.	<i>Lenguajes de programación</i>	36
2.8.2.1.	<i>Python</i>	36
2.8.2.2.	<i>HiperText Markup Language (HTML) y Cascading Style Sheets (CSS)</i>	37
2.8.2.3.	<i>HyperText Preprocessor (PHP)</i>	37
2.8.3.	XAMPP	38
2.8.4.	<i>Servidor SMTP de Google</i>	39

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	41
3.1.	Metodología de la investigación	41
3.1.1.	<i>Tipo de investigación</i>	41
3.1.2.	<i>Métodos de investigación</i>	41
3.1.3.	<i>Técnicas de investigación</i>	42
3.2.	Instituto Geográfico Militar (IGM)	42
3.3.	Escuela de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes	42
3.4.	Fases de desarrollo	43
3.4.1.	<i>Fase 1: Creación del portal web</i>	43
3.4.1.1.	<i>Configuración de XAMPP</i>	44
3.4.1.2.	<i>Diseño de las páginas del Portal web</i>	45
3.4.2.	<i>Fase 2: Aplicación IGM ESPOCH NTRIP</i>	50
3.4.2.1.	<i>Instalación de requerimientos de Python</i>	50
3.4.2.2.	<i>Diagrama de bloques de la aplicación</i>	50

3.4.2.3.	<i>Detalle de las pestañas de la aplicación</i>	52
----------	---	----

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE RESULTADOS	56
4.1.	Escenario de análisis 1.....	56
4.1.1.	<i>Pestaña para el Detalle de Consumo</i>	57
4.1.2.	<i>Pestaña para la estadística de Consumo por Estación</i>	58
4.1.3.	<i>Pestaña para la estadística de Consumo por Usuario</i>	60
4.1.4.	<i>Pestaña Resumen General.....</i>	61
4.2.	Escenario de análisis 2.....	63
4.2.1.	<i>Mediciones de campo del IGM.....</i>	63
4.2.2.	<i>Monitoreo de datos en el servidor Caster.....</i>	64
4.2.3.	<i>Valores medio y mínimo para el usuario foec2 en el mes de Agosto.....</i>	67
4.2.3.1.	<i>Valor Medio de ancho de banda y de uso de datos por conexión</i>	68
4.2.3.2.	<i>Valor mínimo: AB de una de los intentos de conexión. Con el tiempo de conexión....</i>	70
4.2.4.	<i>Valor medio y mínimo para la estación FOEC1 en el mes de Agosto</i>	70
4.2.4.1.	<i>Valor medio de operación</i>	70
4.2.4.2.	<i>Valor mínimo de operación</i>	71
4.3.	Estadísticas mensuales del servidor Caster	72
	CONCLUSIONES.....	74
	RECOMENDACIONES.....	76
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Comparación entre las características de GPS y GLONASS	12
Tabla 2-2:	Comparación entre GPS y DGPS en función de las fuentes de error	22
Tabla 3-2:	Información de cada versión RTCM	24
Tabla 4-2:	Transferencia de datos según formato RTCM.....	25
Tabla 5-2:	Requisitos del servidor SMTP de Gmail	39
Tabla 1-3:	Coordenadas de las estaciones GNSS del sistema NTRIP	48
Tabla 1-4:	Estadística de la pestaña Detalla de Consumo.....	57
Tabla 2-4:	Información del usuario <i>foec2</i>	65
Tabla 3-4:	Valores de <i>foec2</i> para el mes de agosto	68
Tabla 4-4:	Valor mínimo de ancho de banda de conexión.....	70
Tabla 5-4:	Valores de <i>FOEC</i> para el mes de Agosto	71
Tabla 6-4:	Valor mínimo de operación de estación	71
Tabla 7-4:	Datos trasferidos por el servidor Caster	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2.	Funcionamiento de un sistema GNSS	7
Figura 2-2.	Principales áreas de aplicación de un sistema GNSS	11
Figura 3-2.	Segmentos GPS	14
Figura 4-2.	Segmento espacial GPS.....	15
Figura 5-2.	Segmento de control GPS	16
Figura 6-2.	Estructura señal portadora GPS.....	17
Figura 7-2.	Estructura señal portadora GPS.....	18
Figura 8-2.	Efecto multipath	19
Figura 9-2.	Efecto de la ionósfera y la tropósfera	20
Figura 10-2.	Diferencial de GPS.....	22
Figura 11-2.	Formato de trama RTCM2.3	26
Figura 12-2.	Formato del encabezado de la trama RTCM2.3.....	26
Figura 13-2.	Formato de trama RTCM3.0	27
Figura 14-2.	Esquema de NTRIP	28
Figura 15-2.	Capas del protocolo TCP/IP	29
Figura 16-2.	Arquitectura NTRIP	30
Figura 17-2.	Estructura del Sistema NTRIP-IGM y ESPOCH	33
Figura 18-2.	Mapa de Estaciones Tiempo Real de Sudamérica.....	35
Figura 1-3.	Creación de archivos para el portal web.	44
Figura 2-3.	Ventana de control de XAMPP	45
Figura 3-3.	Index del portal web.....	46
Figura 4-3.	Página para el Registro de usuarios.....	47
Figura 5-3.	Correo recibido con la información del registro	47
Figura 6-3.	Página de estaciones en tiempo real-Ecuador	49
Figura 7-3.	Página Acerca de.....	49
Figura 8-3.	Diagrama de bloques de la aplicación.....	51
Figura 9-3.	Pestaña Detalle de Consumo	53
Figura 10-3.	Pestaña Consumo por Estación	53
Figura 11-3.	Pestaña Consumo por Usuario	54
Figura 12-3.	Pestaña Resumen General	54
Figura 13-3.	Pestaña Acerca de.....	55
Figura 1-3.	Estadística de Detalle de Consumo	57
Figura 2-4.	Estadística de Consumo por Estación	59
Figura 3-4.	Estadística de Consumo por Usuario.....	61

Figura 4-4.	Estadística general del servidor Caster.....	62
Figura 5-4.	Informe de mediciones de campo realizadas por el IGM.....	64
Figura 6-4.	Información registrada en el archivo <i>ntripcaster.log</i> del trabajo de campo del IGM.....	66
Figura 7-4.	Información filtrada mediante la aplicación del trabajo de campo del IGM.....	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4.	Anchos de banda de tres usuarios	58
Gráfico 2-4.	Ancho de banda consumido estación.....	59
Gráfico 3-4.	Consumo de datos por usuario.....	60
Gráfico 4-4.	Anchos de banda por conexión de usuario <i>foex2</i>	65
Gráfico 5-4.	Anchos de banda del usuario <i>foec2</i> para agosto.	69
Gráfico 6-4.	Ancho de banda por usuarios de la Estación FOEC en el mes de agosto	71
Gráfico 7-4.	Anchos de banda mensual.....	72

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-4:	BW para el usuario <i>foec2</i>	67
Ecuación 2-4:	BW promedio por conexión usuario <i>foec2</i>	68
Ecuación 3-4:	Promedio de datos por conexión usuario <i>foec2</i>	68
Ecuación 4-4:	BW promedio de cada usuario para la estación <i>FOEC</i>	70

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Instalación de XAMPP
- ANEXO B:** Configuración de puertos en caso de que no se inicie el módulo APACHE
- ANEXO C:** Instalación del editor de texto Visual Studio Code (VSC)
- ANEXO D:** Añadir reCaptcha a un sitio web
- ANEXO E:** Script PHP para el envío de los datos del formulario al correo
- ANEXO F:** Configuración del servidor SMTP de Google
- ANEXO G:** Inserción del mapa con las estaciones mediante MyMaps de Gmail
- ANEXO H:** Instalación de Python 3.7
- ANEXO I:** Instalación de requerimientos para la ejecución del código en Python
- ANEXO J:** Funciones necesarias para la aplicación

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se evaluó la capacidad de distribución de correcciones GNSS en tiempo real del servidor Caster principal y Experimental del sistema de Red de transporte de Datos RTCM mediante Internet (NTRIP) en Ecuador. Posee dos fases, en la primera se crea un medio de interacción entre Caster-usuario para la difusión de datos, para lo cual se creó un portal web para que los usuarios accedan al Caster, para obtener los datos de correcciones de posicionamiento en tiempo real, deberán realizar un registro, para que se le asigne un usuario y contraseña de uso personal. En la segunda fase se desarrolló una aplicación mediante la cual se realiza una valoración de la capacidad de distribución de datos por parte del servidor, es decir se obtiene información de consumos de datos, anchos de banda (BW), usuarios, conexiones, estaciones, etc., también se realiza un análisis desde el punto de vista del usuario, que debe tener acceso a Internet mediante una red móvil para conectarse al Caster, por lo tanto se tiene un valor estimado de uso de datos móviles cuando se realizan actividades de mediciones mediante NTRIP. El procesamiento de la información del archivo .log del Caster, hasta el 19 de septiembre del 2019 ha tenido 4712 conexiones, 2.2 Gbytes de datos trasferidos en 1310 horas, 42 minutos y 54 segundos, un BW promedio de 500 bytes/seg. Se concluye que se provee soporte técnico al personal del Instituto Geográfico Militar (IGM), como caso particular se analizó las actividades de medición del 2 de agosto del 2019, las cuales fueron verificadas mediante la aplicación con el procesamiento de la información del archivo .log del servidor Caster. Se recomienda continuar realizando pruebas con la aplicación, de modo que se ejecuten optimizaciones para mejorar su funcionamiento.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TELECOMUNICACIONES>, <SISTEMA DE NAVEGACIÓN GLOBAL POR SATÉLITE>, <SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)>, <SISTEMA DE CORRECCIÓN DE ERRORES>, <CORRECCIÓN DE ERRORES EN TIEMPO REAL>, <COMUNICACIONES MÓVILES>, <DATOS RTCM>



SUMMARY

In this titling work, it was evaluated the ability to distribute GNSS corrections in real time from the main and Experimental Caster server of the RTCM Data Transport Network system via Internet (NTRIP) in Ecuador. It has two phases, in the first one, a means of interaction between Caster-user is created for the dissemination of data, for which a web portal was created for users to access the Caster, to obtain the data of positioning corrections in real time, a registration must be made, to be assigned a username and password for personal use. In the second phase an application was developed through which an assessment of the capacity of data distribution by the server is performed, that is, information is obtained from data consumption, bandwidths (BW), users, connections, stations, etc., an analysis is also carried out from the user's point of view, which must have access to the Internet through a mobile network to connect to the Caster, therefore there is an estimated value of mobile data use when measuring activities are performed through NTRIP. The processing of the information of the .log file of the Caster, until September 19th, 2019 has had 4712 connections, 2.2 Gbytes of data transferred in 1310 hours, 42 minutes and 54 seconds, an average BW of 500 bytes / sec. It is concluded that technical support is provided to the personnel of the Military Geographical Institute (IGM), as a particular case, the measurement activities of August 2nd, 2019 were analyzed, which were verified through the application with the information processing of the .log file of the Caster server. It is recommended to continue testing with the application, so that optimizations are executed to improve its operation.

KEY WORDS: <TECHNOLOGY, AND ENGINEERING SCIENCES>, <TELECOMMUNICATIONS>, <GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM>, <GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)>, <ERROR CORRECTION SYSTEM>, < ERROR CORRECTION IN REAL TIME> MOBILE COMMUNICATIONS>, <RTCM DATA>



CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Introducción

GNSS (Global Navigation Satellite System), es una tecnología de información geográfica formada por un conjunto de sistema de navegación por satélite, estos sistemas brindan información de posicionamiento geoespacial, fue creada por una de las Instituciones que forman parte de las Naciones Unidas, la ICAO (del inglés International Civil Aviation Organization). Uno de los sistemas GNSS es el GPS (Global Positioning System), mismo que en principio tuvo fines militares ya que fue desarrollada por el ejército de EEUU en los años 70's. (Olmedillas, 2012)

Durante el tiempo se han desarrollado varios sistemas de posicionamiento, como LORAN, TRANSIT entre otros, estos sistemas presentaban limitantes en cuanto a precisión de la posición, los servicios de GPS van enfocados a dos ámbitos el privado (militar) con mayor precisión y el de uso civil con menor precisión (aproximadamente 25m), posteriormente para tratar de reducir este valor de precisión alto se desarrolla DGPS (Differential GPS) que proporciona un error de precisión de hasta 1m, gracias al creciente auge en cuanto a los servicios que provee el Internet, se logró optimizar este valor mediante la implementación de la tecnología NTRIP que proporciona valores de hasta 10 centímetros de precisión.

El uso de NTRIP (Networked Transport of RTCM vía Internet Protocol) nos permite realizar correcciones de posicionamiento en tiempo real, mediante el envío de datos GNSS basados en el protocolo de HTTP a receptores móviles o estáticos a través de Internet. El desarrollo de esta nueva técnica fue llevado a cabo por la BKG (Federal Agency for Cartography and Geodesy) junto con la Universidad de Dortmund y Trimble Terrasat GmbH.

En Latinoamérica, SIRGAS es el sistema de georeferenciación de América Latina, dentro de este se encuentra el grupo de Investigación SIRGAS-RT que se encarga del estudio del Sistema NTRIP para la región y que posee un servidor Caster experimental en la Universidad Nacional de Rosario en Argentina, el cual proporciona la transmisión de datos y servicios GNSS en

tiempo real enmarcados en SIRGAS, el cual ha sido establecido como estándar en Latinoamérica. (SIRGAS-RT, 2019).

Debido a esto, en Ecuador se desarrolla la infraestructura para la transmisión de datos GNSS y análisis del rendimiento del servidor Caster que transmite dichas correcciones.

1.2. Formulación del problema

¿Es necesario evaluar la capacidad de conexión y transmisión del servidor Caster para la conexión de usuarios finales?

1.2.1. Sistematización del problema

- ¿Cuáles son los parámetros que permitan evaluar el rendimiento de un sistema basado en HTTP, mensajes RTCM y transmisión por Internet?
- ¿Es necesario evaluar parámetros específicos de un sistema de comunicación para determinar su rendimiento?
- ¿Se debería analizar cuál es el valor máximo de error en la observación de GPS con corrección y sin corrección?
- ¿Se debe publicar los datos de corrección a través de un medio público de acceso?

1.3. Justificación teórica

SIRGAS es el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas, provee el soporte necesario para el desarrollo y combinación de todo tipo de actividades prácticas y científicas relacionadas con la determinación precisa de coordenadas, navegación, investigación en geociencias y aplicaciones multidisciplinarias. Dentro de SIRGAS se creó el grupo SIRGAS-TR, el cual tiene por objetivo evaluar la capacidad de distribución de correcciones GNSS en tiempo real y otros datos concordantes mediante NTRIP (Networked Transport of RTCM vía Internet Protocol) o herramientas similares. Las principales actividades han estado concentradas

en establecer un inventario de las posibilidades tecnológicas (protocolos, software, hardware, infraestructura geodésica y de telecomunicaciones, etc.) disponibles para aplicaciones GNSS en tiempo real en los países del área SIRGAS; incluyendo estudios de factibilidad para la instalación de los Caster nacionales o regionales como soporte básico para el desarrollo de aplicaciones de este tipo. (SIRGAS-RT, 2019)

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se han realizado varios trabajos de investigación acerca de implementaciones de sistemas basados en NTRIP, como por ejemplo el trabajo de titulación de Andrés Carranza y José Reyes con el tema Análisis e Implementación de Diferencial de GPS en tiempo real a través de la Tecnología NTRIP para la EERSA dirigido por la Ingeniera Mónica Zabala, en el cual después de realizar varias pruebas en varios sectores de la ciudad de Riobamba y con el formato de transmisión RTCM 2.3 se obtuvieron resultados óptimos en cuanto a correcciones de posicionamiento usando la tecnología NTRIP. (Carranza y Reyes, 2017)

Mediante convenio, en Enero del presente año se realizó la instalación de un Servidor CASTER en la ciudad de Quito, en el IGM (Instituto Geofísico Militar), como réplica de un Caster experimental implementado en la ciudad de Riobamba en la ESPOCH para fines investigativos (Zabala, 2018). Cabe recalcar la gran importancia que tiene la implementación de este tipo de servicios para instituciones gubernamentales responsables de la georeferenciación a nivel nacional para de esta manera incluir al país dentro de la infraestructura de posicionamiento en tiempo real de América Latina administrado por SIRGAS.

El sistema NTRIP es un protocolo de nivel de aplicación, el cual realiza la transmisión de datos a través de Internet mediante el protocolo de transferencia de hipertexto HTTP, va a tener una arquitectura de un sistema de comunicación TCP/IP, por lo tanto un sistema NTRIP se va a ver afectado por problemas propios de este sistema, como son: el ancho de banda, latencia, y en el en el caso de utilizar la conexión por red móvil dependerá de la cobertura celular y los problemas que implica este sistema como cambio de celda, ruido e interferencias (Zabala, 2018, p.2). Debido a esto se hace necesaria la evaluación de la capacidad de distribución de correcciones GNSS en tiempo real del Caster nacional y experimental basado en NTRIP.

1.4. Justificación aplicativa

El desarrollo de este proyecto tiene como objetivo principal realizar una evaluación acerca del rendimiento del NTRIP Caster en un sistema de transporte de datos RTCM a través de Internet,

en la Figura 1 se tiene enmarcado en un bloque el Caster principal que se encuentra en el IGM en la ciudad de Quito y el Caster de Backup que se encuentra en la ESPOCH en la ciudad de Riobamba, a partir de estos se tendrá la distribución de los streams HTTP hacia los NTRIP Clients los cuales deben tener obligatoriamente acceso a Internet, ya sea mediante el uso de datos móviles o mediante WI-FI.

NTRIP al hacer uso de estos dos tipos de sistemas de comunicación, su rendimiento se va a ver afectado por varios parámetros como la cobertura, consumo de datos, ancho de banda, latencia, jitter, capacidad de respuesta del NTRIP Caster (disponibilidad), en este proyecto se realiza el análisis de estos parámetros y una posterior comparación entre operadoras móviles del país para que el IGM adquiera los chips de los equipos de medición de la operadora que mejor se ajuste a sus necesidades y requerimientos que faciliten la obtención de datos de corrección de posicionamiento en tiempo real.

Mediante el desarrollo de una página web o GeoPortal se pretende emular el servicio de acceso a este servidor de Instituciones como SIRGAS que presenta en su sitio web a través de la Universidad de Rosario, de esta manera se permitirá bajo registro individual el acceso a estos datos de corrección en tiempo real, con esto se busca realizar un aporte para la inclusión del país dentro de la infraestructura de posicionamiento en tiempo real de América Latina administrado por SIRGAS.

1.5. Objetivos

1.5.1. *Objetivos generales*

Evaluar la capacidad de distribución de correcciones GNSS en tiempo real del Caster nacional y experimental basado en NTRIP.

1.5.2. *Objetivos específicos*

- Obtener la información necesaria mediante investigación acerca del funcionamiento del sistema NTRIP.
- Identificar los parámetros de valoración de rendimiento durante la transmisión de correcciones entre Caster y Usuario

- Estandarizar los valores medios y mínimos de operación de los parámetros del sistema de comunicación que incluye precisión.
- Desarrollar interfaz web para publicación, registro y acceso de datos GNSS.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Global Navigation Satellite System (GNSS)

El ser humano desde sus orígenes ha tenido la necesidad de recordar lugares por donde transita, conocer una ruta para llegar a un determinado destino o simplemente su ubicación. A través del tiempo se han ido empleando varios métodos y tecnologías de posicionamiento para solventar esta necesidad, de modo que inicialmente se emplearon elementos de la naturaleza como marcas en árboles o piedras, montañas, o algún elemento característico de la zona. (Olmedillas, 2012, p.17)

Con la incursión de los navegantes se emplean factores como la posición de las estrellas, el sol y la luna junto a varios instrumentos mecánicos para medir distancias y así obtener puntos de referencia, aunque con poca precisión. A mediados del siglo XX, los métodos de posicionamiento tienen un avance importante, debido a la utilización de ondas de radio y estaciones terrestres transmisoras y receptoras, que proporcionan cobertura solo en una determinada zona geográfica. Al no tener una cobertura global con estos métodos, surgen los métodos de posicionamiento basados en satélites, GNSS. (Olmedillas, 2012, pp.18-30)

GNSS enmarca a todos los Sistemas de Navegación por Satélite y está formado por una constelación de entre 21 y 30 satélites que emiten señales desde el espacio con datos de posicionamiento y temporización que serán empleados por los receptores para la determinación de ubicación de manera continua e independientemente del número de usuarios y condiciones atmosféricas que se tenga. (Berné Valero et al., 2014, p.32)

El sistema GNSS mantiene una cobertura mundial, y emplean la banda L del espectro radioeléctrico para emitir las señales desde los satélites. Los sistemas GNSS más representativos y que se encuentran actualmente funcionales son: el GPS de los Estados Unidos, GLONASS de la Federación de Rusia y GALILEO como contribución a la evolución de GNSS por la Unión Europea. (Olmedillas, 2012, p.32)

En secciones posteriores se describen de manera general las constelaciones más representativas de GNSS que se mencionaron anteriormente, excepto la constelación GPS, la cual se explicará detalladamente, ya que el sistema de posicionamiento GPS que es frecuentemente empleado en nuestra región hace uso de esta constelación y el desarrollo de este trabajo se deriva de este sistema de posicionamiento.

2.1.1. *Funcionamiento y componentes de un sistema GNSS*

El funcionamiento de este tipo de sistemas consiste en la obtención de la distancia entre un emisor, en este caso el satélite, y un receptor, la cual se verá afectada por la velocidad de la luz y el tiempo que tarda una señal radioeléctrica en recorrer el trayecto emisor-receptor, con el propósito de conocer la posición de un receptor en cualquier punto de la Tierra. (Priego de los Santos, 2015, p.137)

El receptor de un sistema GNSS puede conocer su posición en la Tierra si este recibe la señal de al menos tres satélites de una constelación, que transmitirán continuamente su posición y el tiempo actual. García (2008, pp.) manifiesta que un sistema GNSS tiene una estructura compuesta por tres segmentos: segmento espacial, segmento de control y segmento de usuario, como se observa en la Figura1-2.

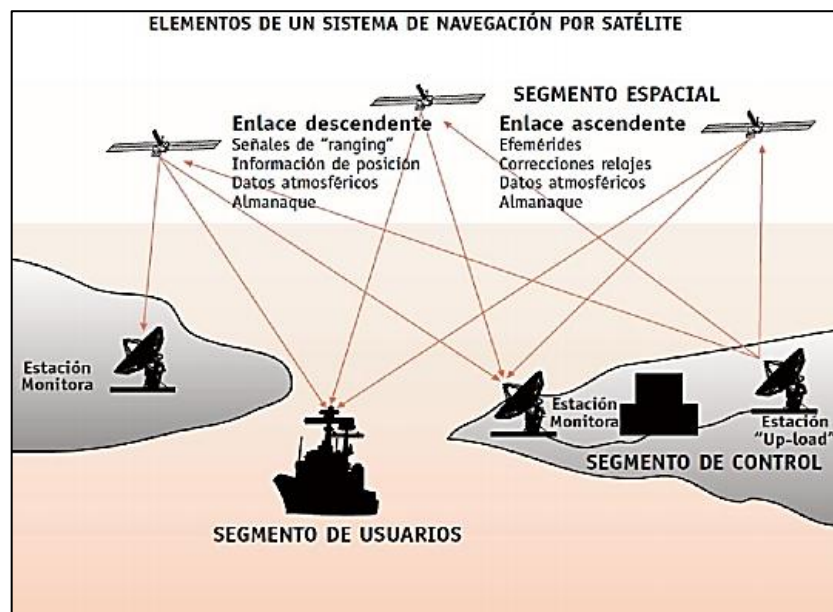


Figura 1-2. Funcionamiento de un sistema GNSS

Fuente: (Martínez Tébar, 2013)

García (2008) define de la siguiente manera a los segmentos de un sistema GNSS:

- **Segmento espacial:** se encuentran los satélites o sistemas, envía la señal que se recibe en los segmentos de control y usuario.
- **Segmento de control:** formado por las antenas GNSS y receptores multifrecuencia, recibe la señal del segmento espacial, monitoriza y actualiza información como la corrección y control de las orbitas de los satélites, relojes y osciladores.
- **Segmento de usuario:** recibe información procedente del segmento espacial y calcula la posición y tiempo con precisión.

2.1.2. Términos empleados en sistemas GNSS

En un sistema GNSS frecuentemente se emplean términos como el posicionamiento, la localización y la navegación, los cuales son aplicados para explicar el funcionamiento de estos sistemas y para lograr comprender GNSS correctamente es necesario conocer la definición adecuada de cada uno de estos términos.

2.1.2.1. Posicionamiento

Se refiere a la ubicación de un objeto, entendida como una serie de coordenadas geográficas, los sistemas de posicionamiento dan las coordenadas en las que se encuentra un dispositivo en un sistema de coordenadas establecido, de modo que se puedan realizar acciones como recibir y enviar información del centro de control para saber cómo desplazarnos para llegar a un sitio en base a nuestra posición en el mapa. (Botella y Muñoz, 2011, pp.275-276)

2.1.2.2. Localización

Tanto la localización y el posicionamiento son términos muy cercanos que no deben confundirse. La localización provee la ubicación en el mundo pero con respecto a elementos referenciados geográficamente, como carreteras, lagos, accidentes orográficos, etc. Por lo tanto la localización requiere de sistemas de posicionamiento y de datos geográficos de referencia, de ahí nace el término servicios basados de localización. (Botella y Muñoz, 2011, p.277)

En el caso de GPS, nos posiciona más no nos localiza, es decir conoceremos nuestra posición pero no conoceremos si estamos en una carretera o en un país determinado, pues harán falta datos geográficos para poder localizarnos.

2.1.2.3. *Navegación*

Consiste en trasladarse de un punto de origen a un destino del territorio, mediante la guía de una ruta, por mar, tierra o aire. Los sistemas de posicionamiento son indispensables para la navegación, para lo cual se requiere también conocer la ruta, la dirección y sentido del movimiento, además de la red de vías de transporte. Por lo tanto para ofrecer servicios de navegación se emplea tanto la posición o la localización. (Botella y Muñoz, 2011)

2.1.3. *Prestaciones de los actuales sistemas GNSS*

Botella y Muñoz (2011) establecen las siguientes prestaciones básicas que un sistema GNSS debe proveer a los usuarios:

- **Precisión:** debe proporcionar un posicionamiento espacial y temporal preciso
- **Disponibilidad:** debe garantizar su funcionamiento normal durante un porcentaje de tiempo muy elevado, debido a esto se introducen satélites redundantes a la constelación, para garantizar su funcionamiento en el caso de que algún satélite falle.
- **Cobertura:** cualquier sistema GNSS debe tener una constelación de satélites suficiente que garantice su funcionamiento en cualquier parte del planeta.
- **Continuidad de servicio:** concepto enfocado al servicio prestado por el GPS, puesto que el Gobierno Norteamericano podría apagar en sus satélites la señal civil que estos proveen, terminando o interrumpiendo su servicio.
- **Integridad:** es un aspecto fundamental en la navegación, los satélites deben transmitir información fiable y no errónea mientras se esté haciendo uso de los servicios GNSS. (Botella y Muñoz, 2011)

2.1.4. *Aplicaciones GNSS*

Olmedillas (2013) menciona que las diferentes constelaciones de satélites GNSS, emiten constantemente señales de posicionamiento hacia la superficie de la Tierra, cuya información se puede utilizar de diferentes formas y poniendo a disposición diversas áreas de aplicación, ver Figura 2-2:

- **Aplicaciones de carácter científico:** captura de datos cartográficos, geodesia y topografía, sincronización de relojes, estudio de la ionosfera y la troposfera.
- **Aplicaciones de carácter gubernamental y militar:** gestión de cuerpos de seguridad, gestión de equipos de trabajo en caso de emergencias, descubrimiento de carreteras afectadas, guiado de misiles y de armamento en general, guiados de vehículos aéreos no tripulados, gestión de recursos humanos en el campo de batalla.
- **Aplicaciones en el sector marítimo:** para el seguimiento del tráfico y de la navegación marítima, maniobras en puertos, seguimientos de flotas de barcos y de contenedores, navegación de precisión en canales y ríos, búsquedas y rescate en alta mar.
- **Aplicaciones en el sector terrestre:** como los SIT, los LBS.
- **Aplicaciones en el sector aeronáutico y espacial:** como el transporte aéreo comercial en las fases críticas de vuelo, control y guiado en tierra de aeronaves, servicios aéreos de rescate.
- **Aplicaciones creativas:** aplicaciones para combatir el cambio climático, seguimiento de animales, guiado de personas ciegas, seguimiento de niños en un parque, seguimiento de personas con Alzheimer, protección de mujeres víctimas de la violencia doméstica.
- **Terminales avanzados con sistemas GNSS:** en el mercado se dispone de varios terminales electrónicos como smartphones, tablets, etc., los cuales integran receptores GNSS.

Valero (2014) establece una gráfica estadística que se muestra en la Figura 2-2, en la que podemos observar de manera muy resumida las diversas áreas de aplicación a nivel mundial de un sistema GNSS.

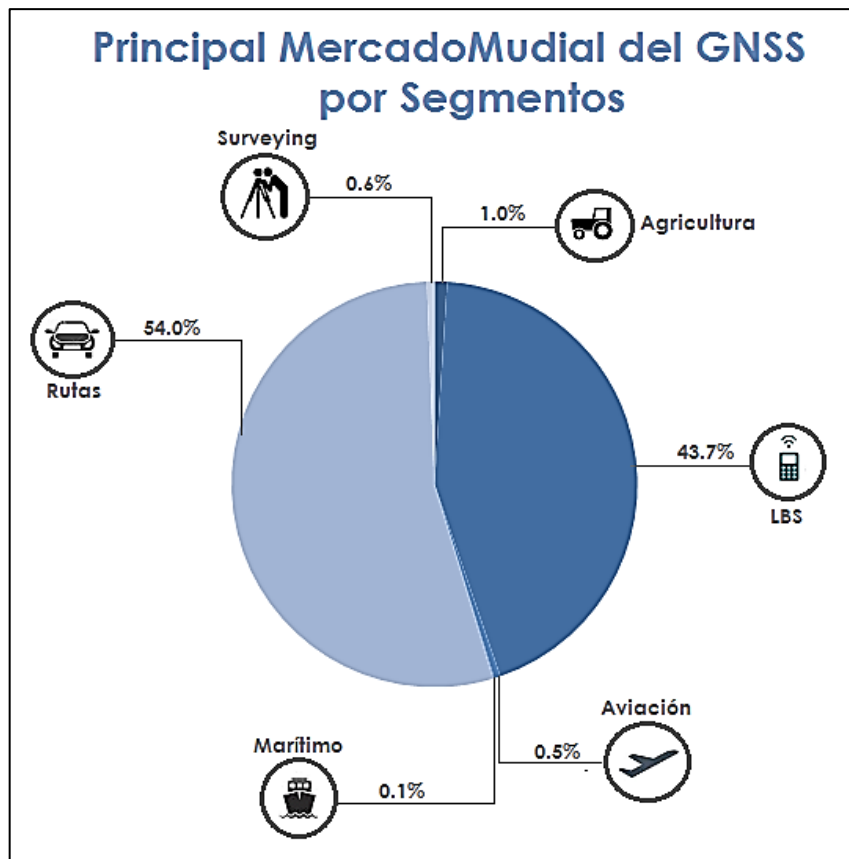


Figura 2-2. Principales áreas de aplicación de un sistema GNSS

Fuente: (Berné Valero et al. 2014)

2.1.5. Clasificación de los sistemas GNSS

Los sistemas GNSS se clasifican en base varias constelaciones que han sido implantadas por varios países, se tiene: GPS (americano) y GLONASS (ruso), hay proyectos de despliegue de más constelaciones, como el proyecto Galileo (europeo) o el proyecto COMPASS (chino). (Botella y Muñoz, 2011, p.279)

2.1.5.1. Global Positioning System (GPS)

El sistema de posicionamiento global (GPS), se desarrolló en 1973 por el Ministerio de Defensa de los Estados Unidos para proporcionar señales de posicionamiento, navegación e información de tiempos a receptores ubicados en el paralelo 70°N y 7°S (norte de Noruega y la Antártida), provee servicios militares y civiles. (Botella y Muñoz, 2011)

2.1.5.2. *GLONASS*

GLONASS es otro de los sistemas GNSS, fue desarrollado en los años 70, paralelamente al GPS y por lo tanto su funcionamiento y características son muy similares a las de este sistema, es decir determinar la posición en cualquier lugar del globo terrestre. GLONASS fue operado y desplegado por las Fuerzas Militares Rusas y está formada por 24 satélites (21 activos y 3 de reserva) y distribuidos en 3 planos orbitales inclinados 64.8°, en cada orbita se sitúan 8 satélites y su radio es de 25510 Km. (Reuter, 2008)

2.1.5.3. *GALILEO*

En 1999, los países que integran la Unión Europea (UE) comenzaron a gestionar el proyecto GALILEO, consistente en una nueva constelación de satélites enteramente europea, que constituye un sistema europeo de navegación por satélite independiente, bajo control europeo. GALILEO, a diferencia de GPS y GLONASS, está bajo control civil y será totalmente compatible e interoperable con otros sistemas GNSS. (Berné Valero et al., 2014)

En la Tabla 1-2 se realiza un análisis de varios parámetros que establecen el funcionamiento de los sistemas de navegación mencionados.

Tabla 1-2: Comparación entre las características de GPS y GLONASS

PARÁMETROS	GPS	GLONASS	GALILEO
Nº de satélites	27	24	30
Nº Satélites operativos/de reserva	24/3	21/3	27/3
Nº de planos orbitales	6	3	3
Satélites por plano orbital	4	8	9
Inclinación orbital	55°	64,8°	56°
Altitud orbital	20180 Km	19100 Km	23222 Km
Periodo orbital	11h58min	11h15min	14h5min
Disponibilidad selectiva	SI	NO	NO

Fuente: (Berné Valero et al. 2014, p.120)

Realizado por: Segura Adriana, 2019

En nuestra región es más frecuente el uso del sistema de posicionamiento GPS que el de GLONASS o GALILEO, entre las diferencias de los sistemas (ver Tabla 1-2) se tiene el número de órbitas, en GPS se tiene 6 y 3 en GLONASS, por lo tanto en este último se tendrá más

satélites que siguen la misma órbita y los sistemas que empleen solo GLONASS tendrán complicaciones al tratar de conectarse a satélites disponibles en la misma zona y afectar a la precisión de las medidas.

Una noticia publicada en la página oficial de la BBC, en el ámbito comercial, la mayoría de dispositivos tecnológicos cuentan con servicios para GPS y pocas compañías como Apple, Sony y HTC hacen uso de chips GLONASS en sus productos.(Cómo funciona GLONASS y por qué el sistema de navegación ruso no tiene el éxito del GPS estadounidense, Navegación 2019)

2.2. Global Positioning System (GPS)

El sistema GPS tuvo su origen en el campo militar en los Estados Unidos en el año de 1960, pero no fue hasta el año de 1973 cuando el Departamento de Defensa del mismo país fusiona varios sistemas GNSS y desarrolla NAVSTAR GPS. (Correia, 2002)

EL sistema GPS es una constelación de al menos 24 satélites, este sistema es de propiedad de los Estados Unidos y permite determinar la posición y tiempo de un objeto en cualquier lugar en la Tierra y bajo cualquier condición climatológica, en cuanto a la precisión, a través de tiempo se han ido desarrollando métodos de corrección para que el margen de error de precisión sea menor. (Official U.S. government information about the GPS, Navegación 2019)

El sistema de posicionamiento global tuvo inicialmente como objetivo principal el campo militar, el cual posee una precisión de 30 centímetros. Luego se habilitó el uso civil de GPS, pero el nivel de precisión no era tan bueno ya que la calidad de la señal GPS era degradada por un factor denominado Selective Availability (S/A). A partir del año 2000 el Gobierno americano autoriza la desactivación de la SA en el uso civil, permitiendo así el acceso a los servicios de calidad estándar con una precisión que varía entre 15 a 20 metros. (Olmedillas, 2012, p.18-35)

Además de la S/A, la precisión de las medidas de GPS son afectadas por parámetros como los retrasos de propagación debido al paso de las señales por la ionosfera, relojes de los satélites, errores en el posicionamiento orbital de los satélites, etc. (Berné Valero et al. 2014, p.103)

2.2.1. *Arquitectura del sistema GPS*

La arquitectura de GPS se puede observar en la Figura 3-2 la cual consta de tres segmentos: segmento espacial formado por los satélites GPS, segmento de control formado por las instalaciones en Tierra necesarias para dar soporte a la constelación GPS y el segmento de usuario que lo conforman los equipos receptores que reciben la señal de los satélites, empleada para posicionarse o navegar. (Berné Valero et al., 2014)

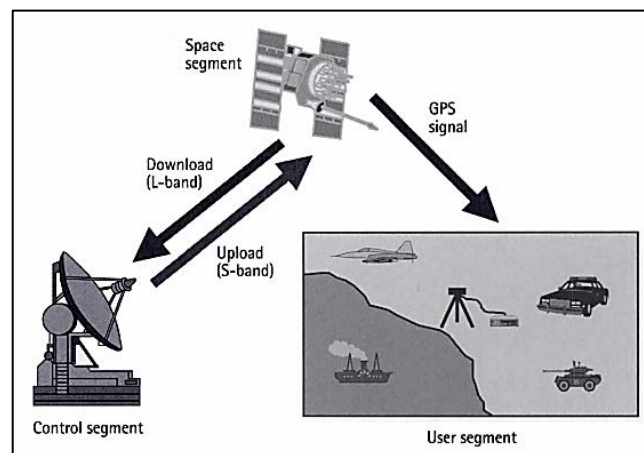


Figura 3-2. Segmentos GPS

Fuente: (El-Rabbany, 2002)

2.2.1.1. *Segmento espacial*

Este segmento está formado por una constelación de satélites que transmiten señales de radio a los usuarios. En los últimos años la Fuerza Aérea de los Estados Unidos mantiene garantiza los servicios de GPS mediante la disponibilidad ininterrumpida su constelación. (Official U.S. government information about the GPS , Navegación 2019)

Distribución de los satélites GPS

Los satélites de GPS vuelan en órbita terrestre media (MEO) a una altitud de aproximadamente 20,200 km; cada satélite rodea la Tierra dos veces al día, se organizan en seis planos orbitales igualmente espaciados que rodean la Tierra e inclinados 55°, en cada órbita se encuentran ubicados 4 satélites, esta distribución garantiza que los usuarios puedan ver al menos cuatro satélites desde cualquier punto del planeta, ver Figura 4-2. (Berné Valero et al., 2019, pp. 114)

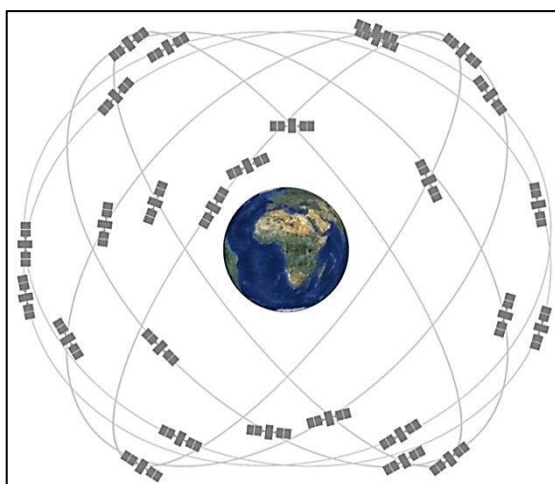


Figura 4-2. Segmento espacial GPS

Fuente: (Official U.S. government information about the GPS, Navegación2019)

Inicialmente eran mínimo 24 los satélites GPS que constituyen la línea base para mantener la cobertura en todo el planeta. En junio del 2011, la Fuerza Aérea completó con éxito una expansión en la constelación de GPS, tres de los 24 slots o posiciones orbitales de los satélites se reposicionaron, logrando la inserción de tres satélites adicionales que forman parte de la línea base de la constelación para tener una cobertura mejor en la mayor parte del mundo, por lo tanto la constelación GPS en la actualidad está formada por 27 satélites, existen satélites adicionales que son empleados en caso de que la Fuerza Aérea de los Estados Unidos realice reparaciones o retire de servicio a alguno de los satélites. (Official U.S. government information about the GPS, Navegación 2019)

Los satélites de GPS poseen unas antenas emisoras de señal que trabajan en la banda L del espectro , y una antena emisora receptora para su control desde Tierra, que trabaja en la banda S. (Berné Valero et al., 2014)

2.2.1.2. *Segmento de control*

Este segmento consiste en una red global de instalaciones terrestres encargadas de rastrear y dar soporte a la constelación GPS, están distribuidas por la superficie del planeta, como se observa en la Figura 5-2. Este Segmento de Control Operacional (OCS) está formado por la estación principal de control (MCS), una estación de control maestra suplente, 12 antenas de mando y control (CCS) y 16 estaciones de monitoreo (RTS). (Berné Valero et al., 2014).

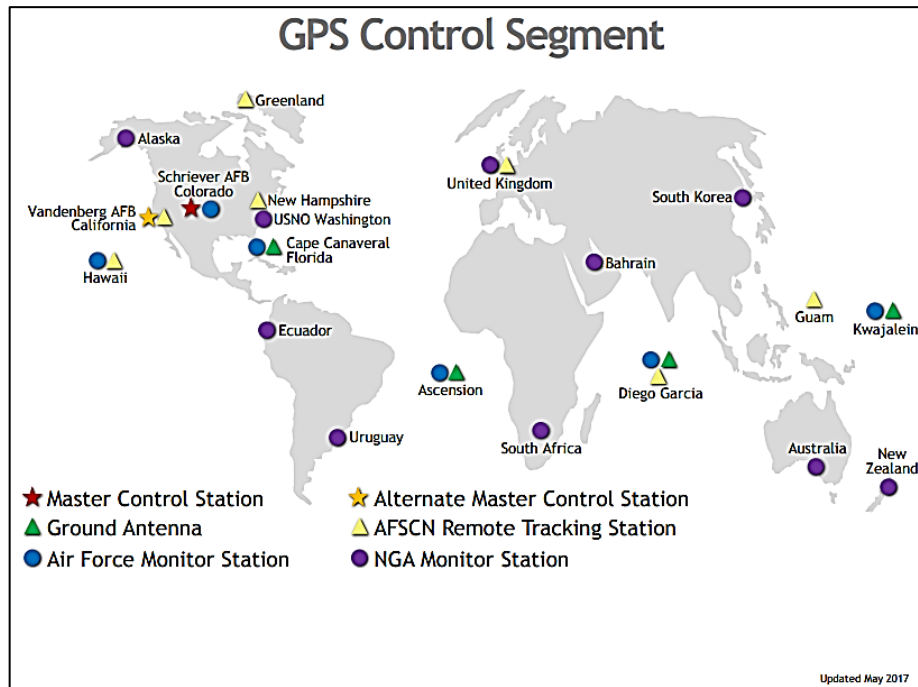


Figura 5-2. Segmento de control GPS
Fuente: (GPS, 2019)

Estación de control Master (MCS): estación principal situada en la Falcon Air Force Base, en Colorado Springs, Estados Unidos, constituye el centro general de control del sistema GPS, recibe toda información captada por las estaciones de monitoreo para calcular la ubicación exacta de los satélites, se encarga de realizar mantenimientos en los satélites para detectar cualquier fallo en el sistema y aplicar medidas correctivas y asegurar el funcionamiento normal de la constelación GPS. (Correia, 2002)

Estaciones de monitoreo (RTS): captan las señales emitidas por los satélites, acumulan los mensajes recibidos y transmiten toda la información recogida a la estación principal.

2.2.1.3. *Segmento de Usuario*

Consiste en los diferentes equipos receptores de GPS, cuya función principal es recibir las señales emitidas por los satélites visibles para luego procesarlas y calcular su posición tridimensional y la hora exacta.

2.2.2. Señal GPS

Los satélites de la constelación GPS, como se aprecia en la Figura 6-2, emiten tres señales: la portadora, el código PRN (código de ruido pseudoaleatorio) y el mensaje de navegación. En cuanto a la señal portadora se tiene 3 de la banda L, la L1 a la frecuencia de 1575,42 MHz, la L2 a la frecuencia de 1227,60 MHz y la L5 a la frecuencia de 1176,45 MHz. Al tener dos frecuencias diferentes, tanto para L1 y L2, se tendrá también dos retardos diferentes, lo cual permitirá realizar una comparación de sus retardos y conocer así el retardo ionosférico. (Berné Valero et al., 2014, pp.138-148)

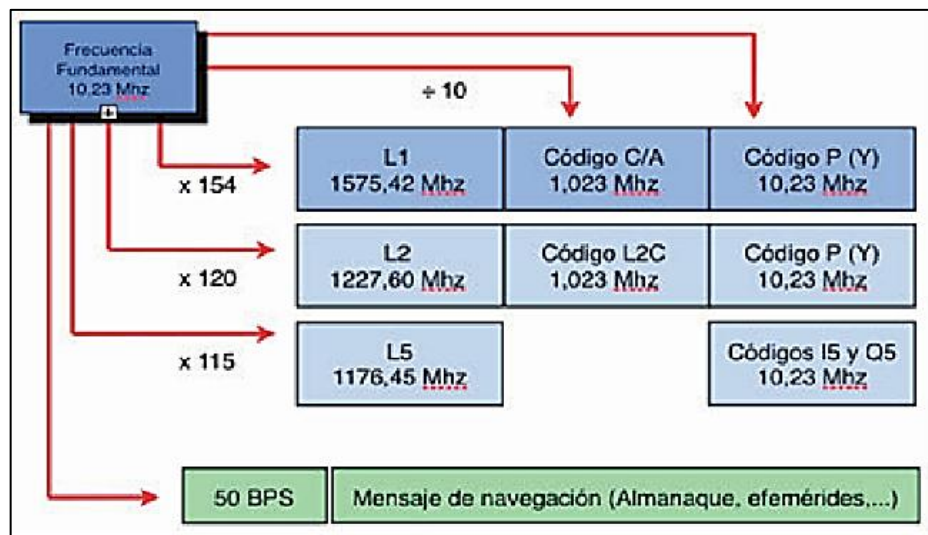


Figura 6-2. Estructura señal portadora GPS

Fuente: (Berné Valero et al., 2014)

L1: todos los satélites la transmiten, contiene el código de adquisición aproximada C/A (Coarse/Adquisition) y el código P (Precision Code), L1 proporciona servicio de posicionamiento y de tiempo SPS (Standard Positioning Service) para usos civiles.

L2: todos los satélites la transmiten, contiene el código P, exclusivamente es de uso militar y de tiempo PPS (Precise Positioning Service), cuya administración la poseen los americanos.

L5: se propone esta señal con fines civiles de salvaguardia de vida (SoL)

Cada satélite GPS genera un código C/A diferente y por lo tanto un ruido PRN distinto, con la finalidad de que el receptor logre identificar a cada satélite, para poder hacer uso de las señales se debe conocer el código tanto en el satélite como en el receptor.

(Berné Valero et al., 2014) Los satélites reciben desde el segmento control en tierra y mediante la banda S, un mensaje que contiene información de parámetros orbitales, el estado del reloj y otros datos temporales, este mensaje es reenviado desde el satélite por medio del mensaje de navegación con información como: información sobre la sincronización de tiempos, estado del satélite, parámetros para calcular las correcciones al reloj, efemérides, correcciones a la señal por retardos atmosféricos, almanaque, información que permite al usuario calcular coordenadas del satélite, mensajes especiales y mensajes de uso militar

2.2.3. Errores en el posicionamiento con GPS

En un sistema GPS se han desarrollado varios métodos para mejorar la precisión del sistema, a pesar de esto, en toda medición con GPS aparecen varios factores que producen errores que no pueden ser completamente eliminados. Según su procedencia se pueden clasificar en tres grupos: los asociados al satélite, con el medio de propagación y con el receptor, como se ilustra en la Figura 7-2. Dentro de la clasificación de errores, específicamente tenemos: los errores en parámetros orbitales de los satélites, error en el reloj satelital, error multipath, error producido por la ionósfera, error producido por la troposfera y Selective Available (SA), estos se ilustran en la Figura 7-2. (Berné Valero et al., 2019, p. 241)



Figura 7-2. Estructura señal portadora GPS
Fuente: (Berné Valero, Garrido Villén y Capilla, 2019)

Pacha R. (2010, p.8) ,mensiona que hay errores cuya magnitud puede ser calculada y por lo tanto su efecto eliminado, errores de este tipo se los conoce como sistemáticos. Por otro lado tenemos los errores accidentales o no sistemáticos, lo cuales a pesar de que se eliminen las equivocaciones y los errores sistematicos, su efecto no podrá ser eliminado, solo se minimizará.

2.2.3.1. Errores en parámetros orbitales de los satélites

Las coordenadas de los satélites se pueden determinar a partir de las efemérides transmitidas en el mensaje de navegación que se han obtenido a partir de observaciones desde tierra, para luego incluirlo en el mensaje del satélite, el error orbital es la diferencia entre la posición de las efemérides calculadas y la posición de dicho satélite. Este error puede ser modelado y los valores para corregir estos errores vienen en el mensaje de navegación. (Berné Valero et al., 2014, p.179)

2.2.3.2. Error en el reloj satelital

La medición de tiempo exacta en un sistema GPS es fundamental, los errores de este tipo se producen debido a la falta de sincronización de los relojes de los satélites y los receptores, provocando errores en el posicionamiento. Si el error en el reloj satelital es grande será fácil de detectar, pero si es pequeño, denominados “errores de receptor”, serán difíciles de detectar y pueden producir imprecisión de algunas décimas de metro. (Pachas, 2010, pp.8-9)

2.2.3.3. Error multipath

Al emitir la señal desde el satélite, ésta llegará al receptor por varios caminos, a lo que se denomina multipath, se produce principalmente por superficies reflectantes cerca del receptor. Como se observa en la Figura 8-2, el receptor GPS recibe dos señales, una directa y una indirecta (reflejada). (Herrera Olmo, 2016)

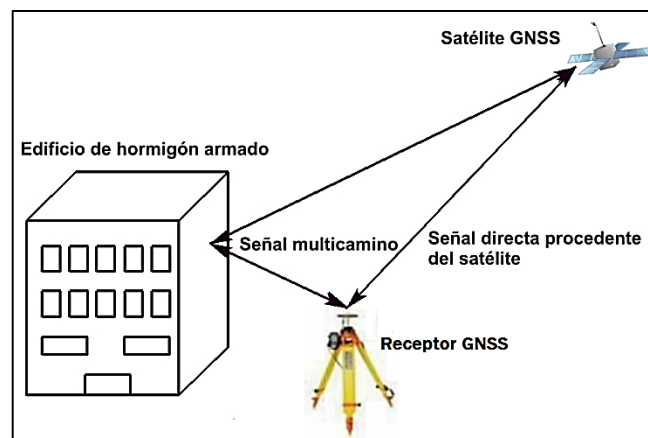


Figura 8-2. Efecto multipath
Fuente: (Berné Valero et al., 2014, pp.187)

El error multipath puede inducir errores en los pseudorngos alcanzando valores hasta de varios metros, algunos investigadores han reportado errores cercanos a los 10 metros, esta fuente de error representa un serio problema en el posicionamiento GPS. (Pachas, 2010, p.5)

2.2.3.4. Error producido por la ionósfera

La ionosfera está formada por una capa de partículas cargadas eléctricamente que modifican la velocidad de las señales de radio que la atraviesan, provocando un retardo en la señal GPS al pasar por esta capa, la misma dependerá de la hora del día, la latitud y los efectos de la actividad solar. Ver Figura-9.1. (Pozo Ruz et al., 2000, p.4)

2.2.3.5. Error producido por la troposfera

La tropósfera es la capa más baja de la atmósfera, al igual que el error producido por la capa de la ionósfera, la capa de la tropósfera produce un efecto de retardo de la señal emitida por el satélite, ver Figura 9-2. El retraso dependerá de las condiciones atmosféricas como temperatura, presión y humedad, como su efecto es dependiente del tiempo de viaje de la señal por este medio y no de la frecuencia, el empleo de equipos de doble frecuencia no ayuda a minimizar su efecto. (Pachas, 2010, p.5)

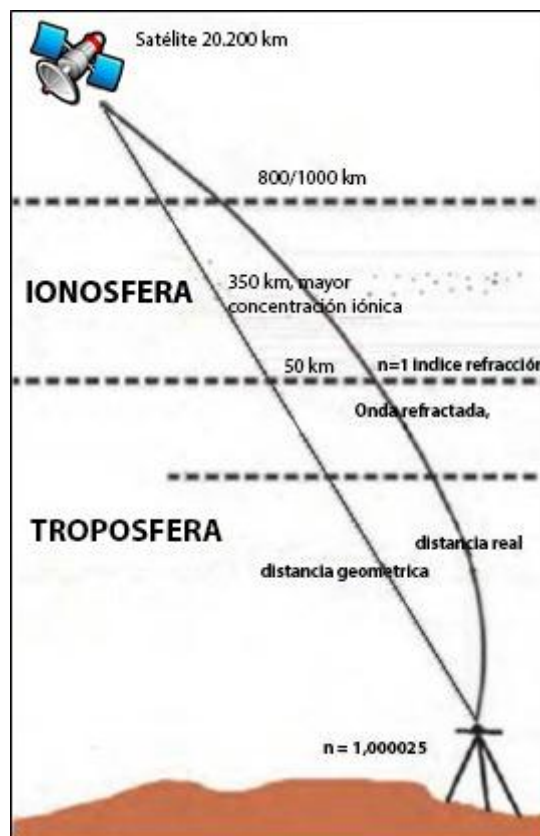


Figura 9-2. Efecto de la ionósfera y la tropósfera
Fuente: (Berné Valero et al., 2019)

Para tratar los errores inducidos por la atmósfera (ionósfera y tropósfera), se puede realizar una comparación de la velocidad relativa entre dos señales a dos frecuencias diferentes, emplear este método de doble frecuencia es muy sofisticada y solo es posible en receptores GPS muy avanzados.

2.2.3.6. *Selective Available (SA)*

Consiste en una alteración o manipulación intencionada de la señal que los satélites de la constelación GPS envían a los usuarios en su mensaje de navegación, se trata de una manipulación en el estado del reloj y en los parámetros orbitales, de forma que los errores serán distintos en cada satélite. Trabajando con posicionamiento relativo o diferencial se puede eliminar este error. (Berné Valero et al., 2014, p.183)

2.3. **Correcciones Diferenciales**

Las diferentes fuentes de error limitan la precisión calculada por los receptores GPS, la aplicación de técnicas de correcciones diferenciales en el cálculo de posicionamiento es posible eliminar casi totalmente la influencia de los errores inducidos voluntariamente o producidos por la señal GNSS. (Berné Valero et al., 2019, p.483)

2.3.1. *Diferencial de GPS (DGPS)*

Valero (2019, p.484) menciona que sistema de corrección diferencial DGPS (ver Figura 10-2), es una aumentación del GPS basada en estaciones terrestres que mejoran su precisión e integridad para los usuarios, DGPS emplea: una estación de referencia cuya posición es conocida y el receptor móvil. La estación de referencia determina su posición a partir de las señales GPS, las compara con su posición conocida y calcula las diferencias que vendrían a ser las correcciones que deben aplicarse a los resultados obtenidos a partir de los satélites, para que ambas posiciones coincidan. (Berné Valero et al., 2019, pp.484).

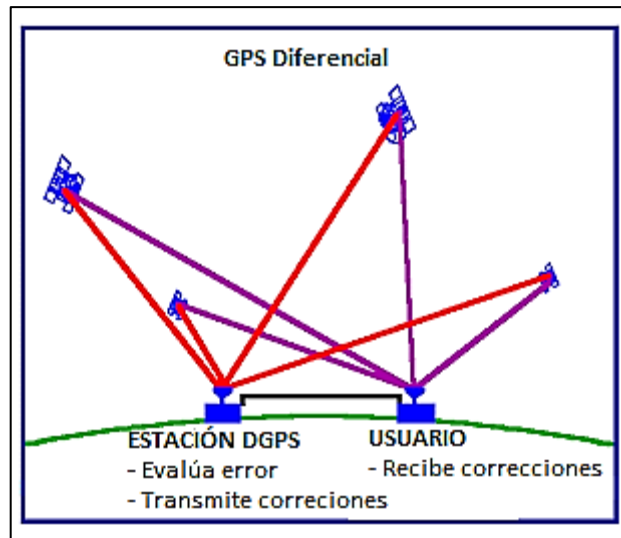


Figura 10-2. Diferencial de GPS
Fuente: (Fallas, 2002)

Pachas (2010, p.2) define que el grado de precisión que se desea alcanzar depende de la forma en que se realicen las correcciones, es decir, ya sea en tiempo real o en postproceso. En la Tabla 2-2 se muestra el margen de error en base a cada una de sus fuentes, tanto para GPS como para el DGPS.

Tabla 2-2: Comparación entre GPS y DGPS en función de las fuentes de error

Fuente	GPS (metros)	DGPS (metros)
Error del satélite	1.5	0
Errores Orbitales	2.5	0
Ionósfera	5.0	0.4
Tropósfera	0.5	0.2
Ruido en el Receptor	0.3	0.3
Disponibilidad Selectiva	30	0
Exactitud Promedio de Precisión		
Horizontal	50	1.3
Vertical	78	2.0
3D	93	2.8

Fuente: (Vazquéz Castaño, 2014, p.32)

Realizado por: Segura Adriana, 2019

De la Tabla 2-2 se concluye que al aplicar técnicas diferenciales al sistema GPS estándar, el nivel de error en función a sus diferentes fuentes disminuye, e incluso en algunos casos se elimina completamente.

2.3.1.1. *Correcciones en Postproceso*

Las correcciones realizadas mediante un postproceso se limitan a que las posiciones requeridas, serán obtenidas mediante un posterior cálculo que se realizará en gabinete, es decir los datos brutos almacenados en los receptores GPS y se procesaran en un software apropiado y así obtener las coordenadas de los puntos posicionados. (Pachas, 2010, pp.12)

Es importante tomar en cuenta la distancia que separa a la estación permanente o de referencia del receptor remoto ya que si llega a ser mayor de 100Km aproximadamente se producirá una pérdida de precisión. (Huerta et al., 2005)

2.3.1.2. *Correcciones en Tiempo Real RTK*

Las correcciones en tiempo real o Real Time Kinematic (RTK) proveen las posiciones precisas del receptor móvil en el momento de relevamiento, es decir, en tiempo real. Esto es posible debido a la colocación de uno o varios receptores GNSS en una posición geográfica de coordenadas conocidas y mediante la medida de observables se identifican errores en la estación permanente y móvil. Los errores son modelados en la recepción de la señal y generan un modelo de correcciones, esta información es transmitida al receptor móvil para que corrija sus observables en base a esta información. (Berné Valero et al., 2019)

Para la transmisión de los datos en tiempo real entre la base y el móvil, es importante disponer de dos factores importantes: un enlace como por ejemplo: radio-módem, satélite de comunicaciones, internet, entre otras; y un formato de transmisión de datos que puede ser: formatos propietarios de cada fabricante (marca comercial) o el formato RTCM-SC 104 (Radio Technical Commission for Maritime Services, Special Committee 104) en sus distintas versiones 2.x y 3.x. (Suárez Silva et al., 2013, p.169)

2.4. Formatos de transmisión-recepción flujos de datos

Uno de los principales elementos del sistema diferencial es el modo de enviar las correcciones desde la estación de referencia o de control a los usuarios o equipos rovers, debido a esto hay que definir un formato de transmisión (RTCM) y el sistema de comunicación (Internet) para el envío de datos y correcciones. Los formatos hacen referencia a la forma de codificar la información, para ser almacenada y transmitida. RTCM es un formato de entrada y salida de información en receptores, empleado en la transmisión de correcciones GNSS. (Weber, 2006, pp.3)

2.4.1. *Formato de transmisión RTCM*

Es un formato estándar desarrollado por la RTCM¹, el cual contiene un conjunto de recomendaciones para la transmisión de correcciones diferenciales a los usuarios del sistema GPS, de modo que todos los receptores que pueden trabajar en modo diferencial, aceptan correcciones en formato RTCM. (RTCM, 2010)

Los actuales sistemas GNSS y la evolución de la aplicación diferencial han llevado a cabo la evolución de los formatos de transmisión con la creación de algunas versiones, en 1990 a 2001 las versiones: RTCM 2.0, RTCM 2.1, RTCM 2.2, RTCM 2.3 y en 2004, RTCM 3.0 y RTCM 3.1.

En la Tabla 3-2 se observa las versiones de RTCM y la información que se incluye en cada una de estas, la diferencia entre una y otra versión radica en van incrementando el número de mensajes de transmite y por ende provee más información al usuario.

Tabla 3-2: Información de cada versión RTCM

Versión RTCM	Información que incluye
RTCM 2.1	Liberado en 1993 Correcciones de código y fase Mensajes RTK Precisión centimétrica
RTCM 2.2	Publicada en Enero de 1998 Incluye soporte para el sistema de navegación satelital ruso (GLONASS)
RTCM 2.3	Publicada en el 2001 Añade datos de antena y coordenadas de estación de referencia Diseñado para enviar datos vía UHF
RTCM 3.0	Publicada en 2004 Reducción de uso de ancho de banda (paquetes de información más pequeños)

¹ RTCM: Comisión Técnica de Radio para Servicios Marítimos es una organización científica, profesional y educativa internacional sin fines de lucro. Los miembros de RTCM son organizaciones no gubernamentales y gubernamentales. Aunque comenzó en 1947 como un comité asesor del gobierno de los EE. UU., actualmente es una organización independiente. (Radio Technical Commission for Maritime Services - RTCM, Navegación 2019)

	Precisión centimétrica
	Mensaje de constelación, redes RTK y GNSS

Fuente: (Berné Valero et al., 2019, p. 495)

Realizado por: Segura Adriana, 2019

Las versiones del formato RTCM más conocidas son las 2.1 y 3.0, donde se diferencian principalmente en la cantidad de mensajes que pueden contener. (Tierra y Alvarez, 2011, pp.4).

2.4.1.1. Trama RTCM

En la trama RTCM, cada registro de datos contiene varios tipos de mensajes, formados por una cabecera y un cuerpo. La cabecera contiene el tipo de mensaje, el identificador de la estación de referencia, la hora a la que fue generada la corrección (Z count), el número de secuencia, la longitud del mensaje y la estado de la estación de referencia. El cuerpo contiene los datos correspondientes a cada tipo de datos. (Berné Valero et al., 2014)

La información que se envía referente a observables y correcciones se envía por separado para cada uno de los satélites visibles en la estación, puesto que no se sabe los que puede visualizar el receptor móvil, por lo tanto el ancho de banda consumible depende del número de satélites. (Berné Valero et al., 2014).

Euskadi (2014) establece que, al igual que cualquier información que se encuentra en Internet este formato tiene un tamaño de dato, el cual se puede representar en términos de velocidad de descarga (ver Tabla 4-2).

Tabla 4-2: Transferencia de datos según formato RTCM

Transferencia de datos según el formato RTCM (bits/seg)			
	6 satélites	9 satélites	12 satélites
RTCM 2.3	3900	5400	7000
RTCM 3.0 (Con bits de Star & Stop)	2500	3000	3550
RTCM 3.0 (Sin bits de Star & Stop)	2000	2400	2800

Fuente: (Euskadi, 2014)

Realizado por: Segura Adriana, 2019

2.4.1.2. *RTCM 2.3*

La versión 2.3 surge en Agosto del 2001, en la Figura 11-2 se muestra el formato de la trama para la versión 2.3, la cual está formada por varias palabras de 30 bits, las dos primeras pertenecen al encabezado, y el resto de palabras corresponden al mensaje de navegación. (Chan y Baciu, 2012)

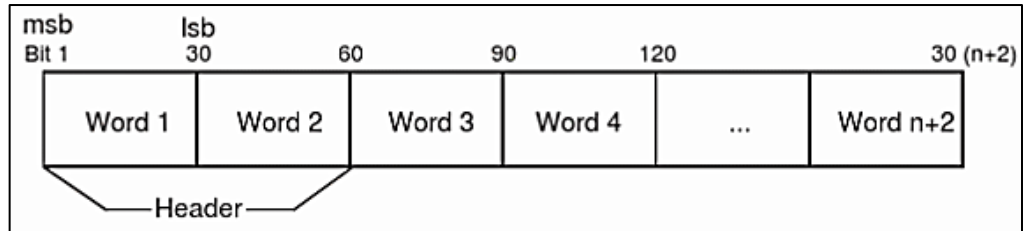


Figura 11-2. Formato de trama RTCM2.3

Fuente: (Chan y Baciu, 2012)

En cuanto al encabezado, en el Figura 12-2 se presenta los diferentes campos que se incluyen en este. En la primera palabra se tiene el preámbulo, el ID de la trama que representa el tipo de mensaje, el ID de la estación que es el número de identificador de la estación de referencia en tierra. La segunda palabra se tiene el Modified Z-count que representa el tiempo de referencia para el mensaje.(Chan y Baciu, 2012)

El número de secuencia contiene el número de trama actual utilizada para controlar la sincronización de las tramas. La longitud de la trama almacena la longitud de la siguiente trama, esto debido a que el número de palabras de la trama depende del tipo de mensaje y el número de satélites visibles, el campo del estado de la estación contiene información acerca de que si funciona correctamente o no la estación de referencia. En las dos palabras se tiene 6 bits de paridad para verificar errores. (Chan y Baciu, 2012)

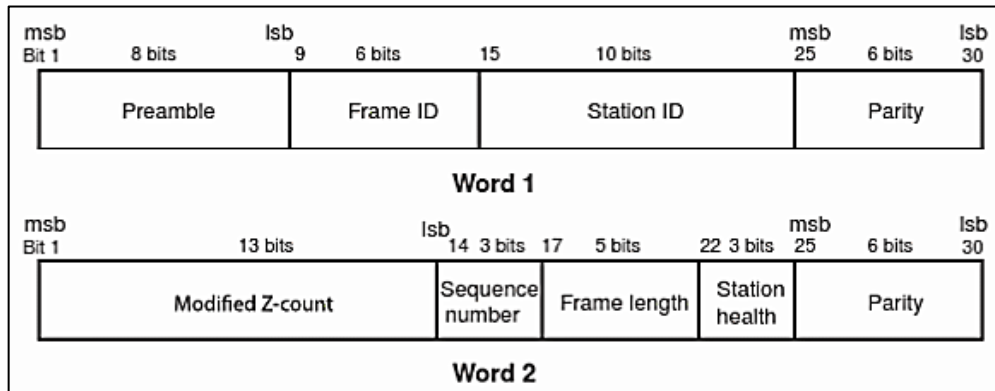


Figura 12-2. Formato del encabezado de la trama RTCM2.3

Fuente: (Chan y Baciu, 2012)

2.4.1.3. *RTCM 3.0*

Este formato se publicó en febrero del 2014, en la Figura 13-2, consta de un preámbulo para indicar el punto de inicio del mensaje, un campo de 6 bits reservados para usos futuros, la longitud del mensaje constante y un mensaje de longitud variable ente 0-1023 bytes, y por último los bits de paridad para el control de redundancia cíclica. (Chan y Baciú, 2012)

Preamble	Reserved	Message length	Message in variable length	Cyclic redundancy check
8 bits	6 bits	10 bits	0 - 1,023 bytes	24 bits

Figura 13-2. Formato de trama RTCM3.0

Fuente: (Chan y Baciú, 2012)

2.5. **Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)**

Una de las desventajas de realizar mediciones en tiempo real o RTK, es la distancia entre la estación de referencia y el rover. Al emplear un enlace radio como medio para la transmisión de correcciones GPS, el sistema se verá afectado por la distancia que exista entre la estación de referencia y el rover, debido a que, a medida que la distancia entre estos dos puntos aumente, la calidad de la señal se degradará por los efectos de propagación y el error en las medidas obtenidas será mayor. Debido a esto y al auge en los últimos años del uso del Internet en las redes móviles de comunicación para el envío de datos, los investigadores son motivados a desarrollar una técnica usando el Internet como medio para la transmisión de correcciones RTK/DGPS que permitan el posicionamiento preciso y de navegación. (Hoyer, 2002, p.4)

2.5.1. **Protocolo NTRIP**

NTRIP es un protocolo desarrollado por el BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, igs.bkg.bund.de/) junto con la universidad de Dortmund, está basado en HTTP /1.1(Hyper Text Transfer Protocol version 1.1) ya que permite transmitir flujos de datos de correcciones diferenciales en formato RTCM, desde una fuente hacia receptores fijos o móviles conectados a Internet mediante redes: GSM, GPRS, UTMS y . (Berné Valero et al., 2014, p.365)

El protocolo NTRIP pertenece a la capa de aplicación del modelo TCP/IP. El flujo de datos de correcciones de posicionamiento es enviado a un servidor, que hace posible el acceso a estos datos a través de una dirección IP única, ver Figura 14-2. (Silva Villacrés, 2014, p.47)

NTRIP envía datos en formato RTCM desde una estación base de monitoreo continuo, el cual abarca datos de observación de GPS y GLONASS, dependiendo de la configuración de la estación; además, contiene información de la definición y tipo de antena, coordenadas de la estación de referencia, correcciones de código y fase y, en el caso de la versión 3.0, transmite mensajes de soluciones de red, lo cual aumenta la consistencia y calidad de la información que es transmitida para el posicionamiento en tiempo real. (Carranza, Andres & Reyes, 2017, p.39)

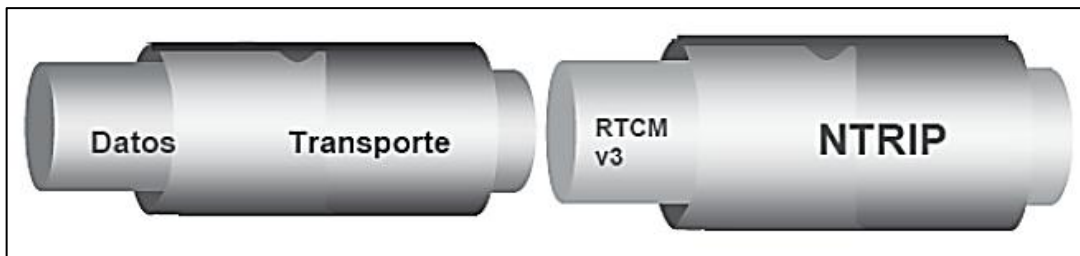


Figura 14-2. Esquema de NTRIP

Fuente: (Suárez Silva et al., 2013, p.169)

2.5.2. *Transporte de datos RTCM mediante TCP/IP*

Una vez generadas las correcciones mediante un archivo RTCM, deben ser transmitidas para que puedan ser utilizadas por el consumidor. Esto es posible mediante TCP/IP, que es un protocolo empleado para la transmisión y difusión confiable de paquetes de datos sobre redes, comúnmente empleado para la comunicación entre equipos que están conectados a Internet, está compuesto por el protocolo de Transmisión TCP (Transport Control Protocol) y el protocolo de Internet, IP (Internet Protocol). (Silva Villacrés, 2014, p.84)

TCP/IP tiene un diseño en capas, con el fin de indicar la estructura lógica de un paquete y permitiendo así la comunicación entre distintos tipos de hardware, software o medio físico de transmisión. En la Figura 15-2 podemos observar las capas que conforman el protocolo TCP/IP. Internet junto a TCP/IP han dado cabida al incremento de los Sistemas de Teléfonos Celulares, con tecnologías que nos permiten navegar en la red y recuperar cualquier información o mensajes se estén insertado en la misma, cambia completamente el panorama para el intercambio de información, y es aquí donde se crea NTRIP, o Network Transmisión of RTCM

vía IP, que en forma práctica lo podemos definir "como la recepción en un celular de las correcciones RTCM que la Base GPS, está insertando en Internet". (Márquez, 2012)

2.5.2.1. Capa de Aplicación

En esta capa se tienen protocolos que proporcionan servicios como correo electrónico (SMTP), transferencia de ficheros (FTP), conexión remota (TELNET) y otros más recientes como el protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol) y el protocolo que permite la transmisión de correcciones diferenciales en formato RTCM a través de Internet (NTRIP). Ver Figura 15-2.

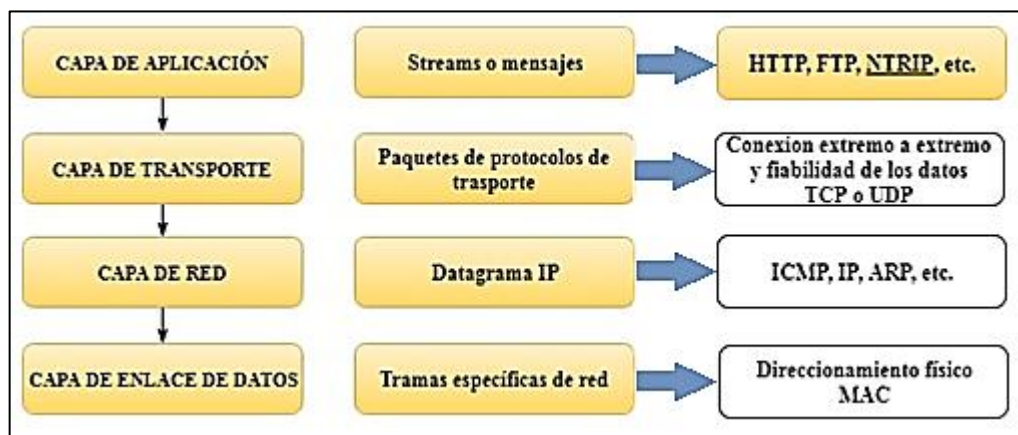


Figura 15-2. Capas del protocolo TCP/IP
Realizado por: Segura, Adriana; 2019

2.5.3. Elementos de NTRIP

En la Figura 16-2 ilustra la arquitectura del sistema NTRIP, así tenemos: NTRIP Sources o estaciones permanentes GNSS, es la fuente generadora de las correcciones diferenciales que proporciona continuamente datos GNSS como correcciones RTCM referidas a una localización determinada y un ordenador conectado a Internet. NTRIP Server, es el software que corre en el procesador del centro de control y envía correcciones en formato RTCM desde un receptor GNSS (NTRIP Source), al NtripCaster. NTRIP Clients son los receptores de datos de las distintas fuentes desde el Caster, que puede ser cualquier dispositivo que tenga GPS y acceso a Internet. (Hoyer, 2012). Posteriormente se detallan cada una de ella.

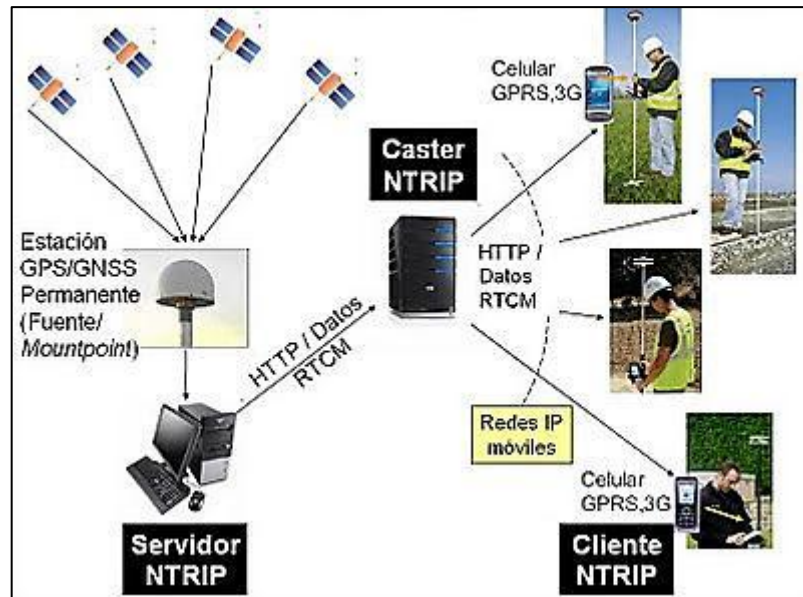


Figura 16-2. Arquitectura NTRIP
Fuente: (Ivars, 2011)

2.5.3.1. *NTRIP Sources*

Lo constituyen las estaciones de referencia que son la fuente generadora de correcciones diferenciales. Estas correcciones son transmitidas en formato RTCM y mediante flujos HTTP hacia un servidor. Cada una de las estaciones de referencia tiene un nombre identificador conocido como mountpoint. (Hoyer, 2002, pp.4-5)

2.5.3.2. *NTRIP Server*

Lo constituye un computador con acceso a Internet, en el cual se ejecuta el software que sirve de intermediario para el envío de correcciones en formato RTCM, desde el NTRIP Source al NTRIP Caster, mediante Internet. (Weber, 2006, pp.5)

2.5.3.3. *NTRIP Caster*

Es el agente transmisor, con características similares a las de un servidor HTTP que acepta mensajes de solicitud/respuesta HTTPS. Su función principal es la difusión de las correcciones GNSS a dispositivos finales. El NTRIP Caster tiene una lista de mountpoints para proveer a NTRIP Client la información adecuada como coordenadas, identificador, etc. (Hoyer, 2002, p.5)

Además, es el responsable del monitoreo de la calidad e integridad de los datos recibidos y autenticación de los clientes por asignación de usuario y contraseña, para ello es obligatorio mantener una conexión a Internet constante e ininterrumpida. (Zabala, 2018)

En la documentación oficial publicada por la Agencia Federal de Cartografía y Geodesia en su página (BKG GNSS Data Center, 2019), se menciona que el servidor NTRIP Caster se ajusta a datos de transmisión de bajo ancho de banda (50 a 500 Bytes / seg por transmisión).

2.5.3.4. *NTRIP Client*

Es el segmento final de NTRIP, lo conforman los dispositivos finales como laptops, teléfonos móviles, tablets, receptores GPS, entre otros, que dispongan de hardware y software necesario para poder recibir datos. Estos dispositivos son los receptores de los flujos HTTP transmitidos por el NTRIP Caster. En el NTRIP Caster se almacena una lista de todos los mountpoint (antenas de referencia) disponibles, mediante el software instalado en cualquiera de los dispositivos finales se tiene acceso a esta lista para poder seleccionar el mountpoint de nuestra preferencia. (Hoyer, 2012)

2.5.4. *Ventajas de NTRIP*

NTRIP provee a los usuarios coordenadas GPS en tiempo real, sin necesidad de emplear el método del post-proceso para mejorar la precisión. Gracias a la evolución de las tecnologías móviles, NTRIP puede procesar y transmitir correcciones de posicionamiento en tiempo real sin la necesidad de establecer enlaces radio. La posibilidad de distribuir o compartir datos entre muchos usuarios GNSS en el mismo tiempo independientemente de la distancia de la estación de referencia es muy importante y realza la ventaja de NTRIP con respecto a los sistemas de distribución de datos RTCM de forma clásica. (Thilantha et al., 2009)

2.5.5. *Limitantes de NTRIP*

Al igual que en los métodos convencionales GPS estático, cinemático etc., se ven afectados por diversas fuentes de error , las mediciones vía NTRIP también son afectadas por factores propios

de la técnica, como: el ancho de banda, latencia, cobertura celular y cambio de celda. (Zabala, 2018, p.2)

2.5.5.1. *Ancho de Banda*

Es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado, es expresado en bytes por segundo (b/s), kilo bytes por segundo (Kb/s), o mega bytes por segundo (Mb/s). En las redes de ordenadores, el ancho de banda a menudo se utiliza como sinónimo para la tasa de transferencia de datos como la cantidad de datos que se puedan llevar de un punto a otro en un período dado (generalmente un segundo). (Tierra y Alvarez, 2011, p.6)

En NTRIP, el ancho de banda es una limitante sumamente importante cuando se quiere utilizar Internet como medio de transmisión para correcciones en tiempo real bien sea RTK o DGPS. La comunicación vía IP consiste generalmente en una sucesión de conexiones, cada una con su propio ancho de banda y si una de estas conexiones es mucho más lenta que el resto actuará como cuello de botella retardando la comunicación y en muchos casos impidiendo la recepción o envío de los datos GNSS. (Hoyer, 2012)

Es importante que el Caster de NTRIP disponga de un ancho de banda que garantice el envío de datos según la cantidad de usuarios que se conecten al Caster ya que si no es lo suficientemente alto, congestiona la transmisión de datos haciendo imposible una buena conexión entre el Caster y el cliente/usuario, y por ende no se podrán recibir las correcciones diferenciales. Para el equipo móvil o rover se requiere un ancho de banda relativamente bajo ya que solo necesita unos cuantos Kbps. para recibir las correcciones puesto que las mismas pesan muy poco, alrededor de 0,5 Kbps. por envío para correcciones DGPS y 5 Kbps. por envío para correcciones RTK. (Lenz, 2004, citado en Hoyer, 2012, p.13)

En la mayoría de los casos se utilizan teléfonos celulares como módem para la conexión a Internet ya que actualmente ofrecen una velocidad de transmisión suficiente para la recepción de correcciones vía IP, sin embargo cuando muchas personas usan la red del proveedor del servicio celular al mismo tiempo y su capacidad se sobrecarga, otros clientes que tratan de conectarse pueden escuchar una “señal de ocupado” en lugar de poder establecer una conexión bien sea para Internet como para una simple llamada. (FCC, 2008, citado en Hoyer, 2012, p. 13)

2.5.5.2. Cobertura Celular

Los teléfonos celulares funcionan mediante ondas de radio que usan un sistema de estaciones base para la comunicación (algunas veces conocidos como “sitios de células o celdas”) que envían y reciben llamadas y las retransmiten a otras redes. Ya que los teléfonos celulares se comunican por ondas de radio, la integridad en su funcionamiento depende de varios factores como es la proximidad del teléfono a la estación base con la cual se comunica, los obstáculos físicos, ruidos e interferencias. (Tierra y Alvarez, 2011, p.6)

El ruido se refiere a señales electrónicas indeseadas que se introducen por los componentes del circuito o disturbios naturales que hacen que la comunicación se distorsione. Por ejemplo, como cualquier transmisión de radio, las señales de los teléfonos celulares pueden verse afectadas por condiciones climáticas severas, edificios muy altos u otros objetos que interfieran entre su teléfono y la estación base más cercana o antena que usa su proveedor, lo que hace imposible la transmisión de datos GNSS en tiempo real. (Hoyer, 2019)

2.6. Caster Principal IGM – Caster Experimental ESPOCH

En la Tesis de Andrés Carranza y José Reyes (2017) y en la publicación de la Ingeniera Mónica Zabala (2018), se especifica la implementación de los Caster: Experimental-ESPOCH y del Principal IGM, respectivamente, y mantienen una arquitectura como la que se observa en la Figura 17-2. Las versiones del formato RTCM disponibles en ambos Caster son la 2.3 y 3.0

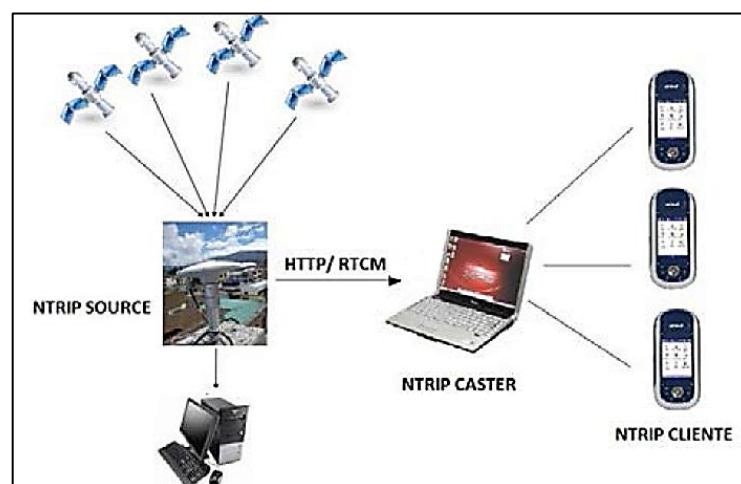


Figura 17-2. Estructura del Sistema NTRIP-IGM y ESPOCH
Fuente: (Zabala, 2018, p.2)

Los servidores Caster, tanto el principal como el experimental almacenan el registro de los usuarios que acceden a estos, mediante un archivo .log, el cual es denominado como *ntripcaster.log*, en el que se tiene del usuario información como: hora de conexión, hora de desconexión, nombre, tiempo, datos transferidos.

2.7. SIRGAS

El desarrollo de este trabajo se basa en el análisis de la distribución de correcciones diferenciales de posicionamiento mediante el sistema NTRIP, por lo tanto es importante hacer mención al organismo regional bajo el cual se rigen todas las actividades relacionadas a la georeferenciación y posicionamiento de nuestra región, este organismo es SIRGAS.

SIRGAS es el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas, es el sistema de referencia oficial en todos los países de las Américas. SIRGAS provee el soporte necesario para el desarrollo y combinación de todo tipo de actividades prácticas y científicas relacionadas con la determinación precisa de coordenadas, navegación, investigación en geociencias y aplicaciones multidisciplinarias. (SIRGAS, 2019)

Dentro de SIRGAS se creó un grupo de trabajo denominado SIRGAS-RT, dedicado a la evaluación de capacidad de distribución de correcciones GNSS en tiempo real.

2.7.1. SIRGAS-RT con NTRIP

Durante la Reunión SIRGAS 2008, celebrada en Montevideo, Uruguay, se creó dentro del Grupo de Trabajo II de SIRGAS (Ámbito Nacional), el proyecto SIRGAS en Tiempo Real (SIRGAS-RT), cuyo objetivo primario es evaluar la capacidad de distribución de correcciones GNSS en tiempo real y otros datos concordantes mediante NTRIP (Networked Transport of RTCM vía Internet Protocol) o herramientas similares. (SIRGAS-RT, 2019)

Las principales actividades han estado concentradas en establecer un inventario de las posibilidades tecnológicas (protocolos, software, hardware, infraestructura geodésica y de telecomunicaciones, etc.) disponibles para aplicaciones GNSS en tiempo real en los países del área SIRGAS; incluyendo estudios de factibilidad para la instalación de Caster nacionales o regionales como soporte básico para el desarrollo de aplicaciones de este tipo. (SIRGAS-RT, 2019)

Caster Experimental SIRGAS en la Universidad Nacional del Rosario

En el año 2012 se puso en funcionamiento el Caster SIRGAS Experimental, alojado en el Laboratorio del GGSR. (Grupo de Geodesia Satelital de Rosario, 2019). En el sitio web del GGSR, se encuentra el mapa de las de los Caster y estaciones que tienen posibilidad de transmitir datos en tiempo real en la región, ver Figura 18-2.

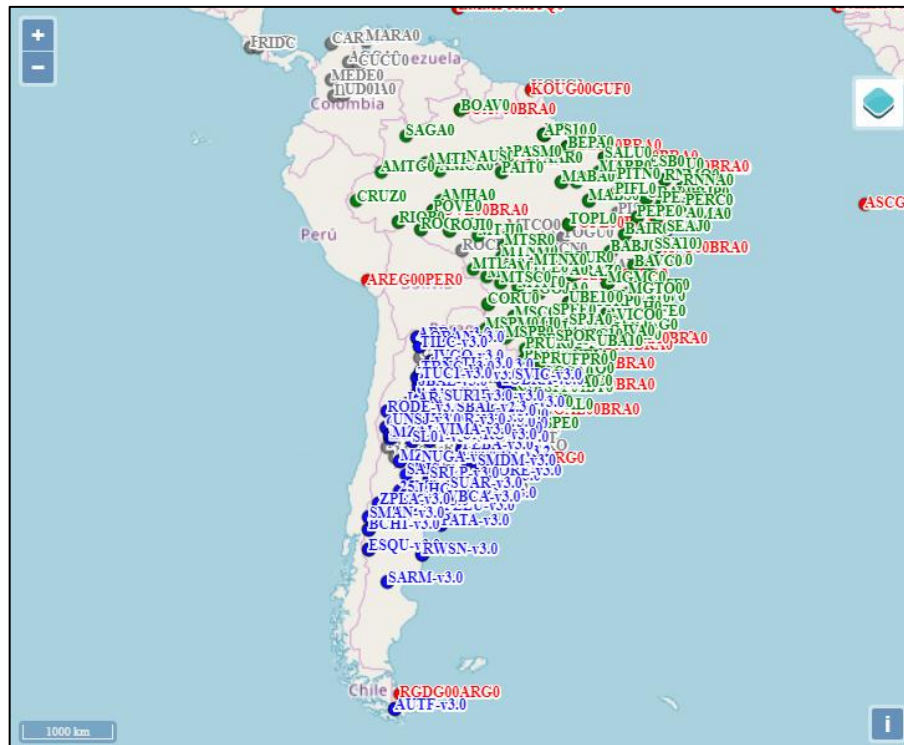


Figura 18-2. Mapa de Estaciones Tiempo Real de Sudamérica
Fuente: (Grupo de Geodesia Satelital de Rosario, 2019)

Para solicitar el libre acceso a los streams de datos GNSS en tiempo real del Caster Experimental SIRGAS, se debe realizar un registro, y en respuesta al mismo se dispone de información como el usuario, contraseña, la dirección IP del CASTER y el número de puerto. De forma paralela, para el presente trabajo se pretende realizar una interfaz web, para el registro y el acceso a datos GNSS en tiempo real mediante las estaciones disponibles en Ecuador.

2.8. Software

Para el presente trabajo se ha empleado el lenguaje de programación Python para el desarrollo del script para el procesamiento y filtrado de los datos del Caster NTRIP, mientras que para el desarrollo de la página web, se empleó HTML, PHP y Bootstrap. Para facilitar la programación se ha empleado el editor de texto Visual Studio Code.

2.8.1. *Visual Studio Code (VSC)*

Visual Studio Code es un editor de código fuente ligera pero potente que se ejecuta en su escritorio y está disponible para Windows, macOS y Linux. Viene con soporte incorporado para JavaScript, TypeScript y Node.js y tiene un abundante ecosistema de extensiones para otros lenguajes (como C ++, C #, Java, Python, PHP, Go) y tiempos de ejecución (como .NET y Unity). (Visual Studio Code, 2019)

2.8.2. *Lenguajes de programación*

2.8.2.1. *Python*

Python es un lenguaje de programación interpretado, interactivo y orientado a objetos, es administrado por Python Software Foundation y posee una licencia de código abierto. Incorpora módulos, tipificación dinámica, tipos de datos dinámicos de muy alto nivel y clases. (PYTHON, 2019)

Características

Cuevas Álvarez (2016), establece algunas características de Python como por ejemplo que es multiplataforma, es un software libre, y considera tres características principales que definen a Python: lenguaje de propósito general, interpretado y orientado a objetos. Su filosofía se basa en una sintaxis simple y limpia (lo cual facilita enormemente su lectura, mantenimiento y extensión), y en potentes y extensibles librerías. (Cuevas Álvarez, 2016)

- **Lenguaje de propósito general.** En la actualidad Python se aplica en muchos campos de muy diferente naturaleza, en gran parte debido a su flexibilidad para incorporar

código escrito en otros lenguajes y a unas bibliotecas muy potentes que le permiten extender sus capacidades fácilmente.

- **Lenguaje interpretado.** Que Python sea interpretado significa que el código que escribimos es traducido y ejecutado instrucción por instrucción mediante su intérprete, como comentamos con anterioridad. No obstante Python permite, mediante el uso de scripts, una programación similar a la de un lenguaje compilado, por lo cual podríamos decir que Python es pseudocompilado.
- **Lenguaje orientado a objetos.** Aunque Python permite también la programación funcional y la imperativa, la orientada a objetos es en la que está basada del lenguaje (por ejemplo todos los datos en Python son objetos) y la que le confiere gran potencia. Podríamos añadir más características interesantes, como el hecho de ser multiplataforma. Existen versiones para los sistemas operativos más usados en la informática personal (Windows , GNU/Linux y Mac OS X).

2.8.2.2. *HiperText Markup Language (HTML) y Cascading Style Sheets (CSS)*

HTML es un lenguaje de programación que utiliza una serie de códigos llamados etiquetas que van definiendo los elementos que componen una página web: texto, imágenes, etc. Estas etiquetas serán interpretadas por un programa navegador de Internet, que mostrará adecuadamente la página web al usuario. (Celaya Luna, 2014, p.3)

En el desarrollo de este trabajo se empleó es la versión 5 de HTML (HTML5), debido a que esta versión no se limita a ser un lenguaje de etiquetas HTML que solo permiten definir elementos básicos, sino que combina nuevas etiquetas de lenguaje HTML, propiedades de CSS3, javascript, entre otras tecnologías.

Fundamentos de CSS

CSS son hojas de estilo en cascada que poseen un lenguaje de programación muy parecido a HTML y permiten aplicar estilos a los distintos elementos de las páginas web, de modo que los títulos, listas y párrafos pueden verse igual en todas y cada una de las páginas. (Celaya Luna, 2014, p.14)

2.8.2.3. *HyperText Preprocessor (PHP)*

Es un lenguaje de código abierto para el desarrollo web y puede ser insertado en HTML, una de las principales razones de popularidad de PHP es su amplio soporte a diferentes bases de datos, este soporte facilita que los desarrolladores creen sitios sustentados en bases de datos. Cuando

se desarrolla una aplicación web, la manera más común de hacerlo es incrustar el código PHP en uno o más documentos HTML estándar, usando etiquetas o delimitadores especiales. (Vaswani, 2010)

Características

Vaswani (2010) menciona algunas características de PHP:

- **Rendimiento.** Los scripts escritos en PHP se ejecutan más rápido que los escritos en otros lenguajes de creación de scripts.
- **Portabilidad.** Está disponible para Windows, Linux y Mac y los programas escritos en PHP se pueden transportar de una plataforma a otra
- **Código libre.** PHP es un proyecto de código libre, el lenguaje es desarrollado por un grupo de programadores voluntarios distribuidos por todo el mundo, quienes ponen a disposición gratuita el código fuente a través de Internet.
- **Soporte comunitario.** Una de las mejores características de los lenguajes a los que da soporte la comunidad, como PHP, es el acceso que ofrece a la actividad e imaginación de cientos de desarrolladores ubicados en diferentes partes del mundo.
- **Soporte a aplicaciones de terceros.** Una de las fortalezas históricas de PHP ha sido su soporte a una amplia gama de diferentes bases de datos, entre las cuales se incluyen MySQL, Oracle y Microsoft SQL Server.

2.8.3. XAMPP

XAMPP es una distribución de Apache completamente gratuita y fácil de instalar que contiene MariaDB/MySQL, PHP y Perl. El paquete de instalación de XAMPP ha sido diseñado para ser increíblemente fácil de instalar y usar. XAMPP es gratuito tanto para usos comerciales como no comerciales. En caso de usarlo comercialmente, asegúrate de que cumples con las licencias de los productos incluidos en XAMPP. Actualmente XAMPP tiene instaladores para Windows, Linux y OS X. (XAMPP, 2019)

Apache: es un servidor web o servidor HTTP de código abierto para ejecutar sitios web.

MySQL: es un gestor de base de datos, tiene un alto nivel de adaptación frente a los diferentes entornos de desarrollo, permitiendo su interacción con PHP, Perl y JAVA

XAMPP convertirá a la computadora en un servidor local, por lo tanto, a medida que se vaya desarrollando o realizando cambios en el portal web los podremos ir apreciando antes de alojarlo en un hosting.

2.8.4. *Servidor SMTP de Google*

El servidor SMTP de Google-Gmail SMTP es un servicio gratuito para cualquiera que tenga una cuenta de Gmail. Se puede usar gratuitamente para enviar emails desde una aplicación o sitio, es decir enviar correos a cualquier usuario, tanto dentro como fuera de tu dominio. Para utilizar esta opción se debe realizar la autenticación con una cuenta de Gmail o G-Suite y la contraseña. (Ayuda de Administrador de G Suite, 2019)

Para usar el servidor SMTP de Gmail, se necesitan los siguientes valores:

- Servidor de Correo Saliente(SMTP): smtp.gmail.com
- Usar autenticación: Yes
- Usar conexión segura: Yes (esta puede ser TLS o SSL dependiendo del cliente de email que utilices)
- Usuario: una cuenta de Gmail, por ejemplo. usuario@gmail.com
- Contraseña: tu contraseña de Gmail.
- Puerto: 465 o 587

Requisitos del servidor SMTP de Gmail:

Se puede enviar correos a cualquier usuario, sea de una organización o no. Para utilizar esta opción, hay que autenticarse con una cuenta de Gmail o de G Suite y la contraseña. Se tiene los siguientes requisitos, (ver Tabla 5-2):

Tabla 5-2: Requisitos del servidor SMTP de Gmail

Límites de envío	Se pueden enviar hasta 2000 mensajes al día.
Filtros antispam	Es posible que los correos electrónicos que sean sospechosos se excluyan o se rechacen.
Nombre de dominio completo del servicio SMTP	smtp.gmail.com
Opciones de configuración	Puerto 465 (se requiere SSL)

	Puerto 587 (se requiere TLS).
Requisitos de autenticación	Para llevar a cabo la autenticación, se necesita tu dirección de correo electrónico completa de Gmail o de G Suite (tú@tudominio.com).

Fuente: (Ayuda de Administrador de G Suite, 2019)

Realizado por: Segura Adriana, 2019

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo se desarrollará en dos partes, primero se detalla la metodología de la investigación, es decir el tipo, los métodos y técnicas de investigación. Segundo se establecerán las fases de las que consta el desarrollo del presente trabajo en las cuales se tienen etapas secuenciales y necesarias para lograr la correcta ejecución del mismo.

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. *Tipo de investigación*

En este trabajo se realiza una investigación aplicada ya que se centra principalmente en facilitar la ejecución de actividades de control, debido a que se han identificado situaciones como: la petición de usuarios para el acceso a datos de corrección y el control de consumo del Caster, estas actividades o procesos en la actualidad son llevados a cabo de manera manual por el IGM y mediante la correcta investigación y ejecución se pretende abordar estas situaciones específicas.

3.1.2. *Métodos de investigación*

El método de investigación empleado es analítico puesto que se desglosará la información que almacena el Caster acerca de los datos transferidos a los usuarios, mediante los cuales se analiza el nivel de consumo de cada uno de ellos, de igual forma para las estaciones que están conectadas al Caster. Aplicando el método empírico se validarán los resultados estadísticos obtenidos del rendimiento del Caster.

3.1.3. *Técnicas de investigación*

Las técnicas de estudio aplicadas son: la observación para lograr identificar los parámetros que son críticos en el Caster y poder definir la información necesario para que un usuario tenga acceso a estos datos, de igual forma se deberá constatar que la información filtrada de la aplicación se la misma que la del archivo .log del Caster.

Es importante definir el perfil y las actividades de las instituciones en las que se sitúan, tanto el Caster principal, como el Caster experimental. Estas instituciones son: el Instituto Geográfico Militar (IGM) y la Escuela de Ingeniería en Electrónica Telecomunicaciones y Redes de la Facultad de Informática y Electrónica (FIE) de la ESPOCH.

3.2. Instituto Geográfico Militar (IGM)

El Instituto Geográfico Militar es la agencia cartográfica nacional de Ecuador y se encuentra en la ciudad de Quito, es la agencia responsable encargada de la planificación y control de las actividades relacionadas con la cartografía ecuatoriana en apoyo a la defensa, seguridad y desarrollo nacional. (Instituto Geográfico Militar, 2019)

Las funciones de georeferenciación del IGM, las ejecutan mediante la aplicación de la técnica estática, cuyo tiempo de demora para la eliminación de ambigüedades es de 20 minutos por coordenada.

El sistema NTRIP fue adoptado por el IGM el 2019 y cuyo Caster se encuentra operativo desde el 21 de enero del mismo año, esta técnica brinda correcciones de posicionamiento en tiempo real. En la actualidad, el registro y análisis estadístico de los datos por usuario y por estación se realiza de forma manual.

3.3. Escuela de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes

Esta escuela pertenece a la Facultad de Informática y Electrónica en la ESPOCH, dentro de la cual se encuentra alojado el Caster experimental cuya funcionalidad es paralela a la del Caster

principal del IGM, cuya operatividad inició desde noviembre del 2017. Actualmente el registro y análisis estadístico por usuario y estación se lo realiza manualmente.

En cuanto al uso de los servicios de NTRIP, el acceso a las datos del Caster principal y del experimental se tienen limitantes como: la interacción de los usuarios con los Caster para el acceso a las correcciones de posicionamiento en tiempo real y la obtención de un análisis estadístico de la información que cada uno de los Caster haya transferido.

Para cubrir la primera limitante es necesaria la creación de una interfaz web tomando como referencia la desarrollada por el grupo Grupo de Geodesia Satelital de Rosario de la Universidad Nacional de Rosario en Argentina, la cual ha sido establecida como estándar en Latinoamérica, ya que con la implementación de este servicio experimental se cumple uno de los objetivos de la Resolución SIRGAS No. 2, del 31 de octubre de 2012, sobre la infraestructura para transmisión de datos y servicios GNSS en tiempo real enmarcados en SIRGAS.

Para la solución a la segunda limitante se pretende desarrollar una aplicación que permita realizar un análisis estadístico automático de la información que se encuentra almacenada en el archivo *ntripcaster.log* en los servidores Caster.

3.4. Fases de desarrollo

La ejecución de este trabajo se divide en dos fases: la creación de un portal web de registro de usuarios para el acceso al Caster principal IGM o al Caster experimental ESPOCH y el desarrollo de un software denominado “NTRIP IGM-ESPOCH” para automatizar la obtención de las estadísticas de los datos de los Caster.

3.4.1. Fase 1: Creación del portal web

Para la creación del portal web se ha tomado como referencia el del Grupo de Geodesia Satelital de Rosario de la Universidad Nacional de Rosario en Argentina, al ser el sitio que provee actualmente a los usuarios, acceso a correcciones de posicionamiento en tiempo real. A continuación se plantean los requisitos que deberá cumplir el portal web.

Requisitos:

- Registro de usuarios mediante un formulario
- Envío de la información de usuario registrado al correo del administrador del Caster
- Visualización mediante un mapa de las estaciones GNSS disponibles.

3.4.1.1. Configuración de XAMPP

Lo primero que se debe realizar antes de desarrollar un portal web, es configurar una computadora como localhost o servidor local, de modo que se pueda ir verificando el funcionamiento del portal web, lo cual es posible mediante la aplicación XAMPP, que es un software libre y lo podemos descargar directamente de su página oficial: <https://www.apachefriends.org/es/index.html> y posteriormente instalarlo (Ver Anexo A).

En la carpeta de instalación de la aplicación XAMPP, se encuentra una carpeta denominada *htdocs*, la cual contendrá las páginas que se creen y desde aquí las ejecutará. Por lo tanto, dentro de esta carpeta se deben crear los archivos con los nombres de las páginas de las que constará el portal web, los archivos tendrán una extensión *.php*, ya que XAMPP tiene compatibilidad con PHP, ver Figura 1-3:

- index.php
- style.css
- formulario.php
- mapa.php
- acercade.php

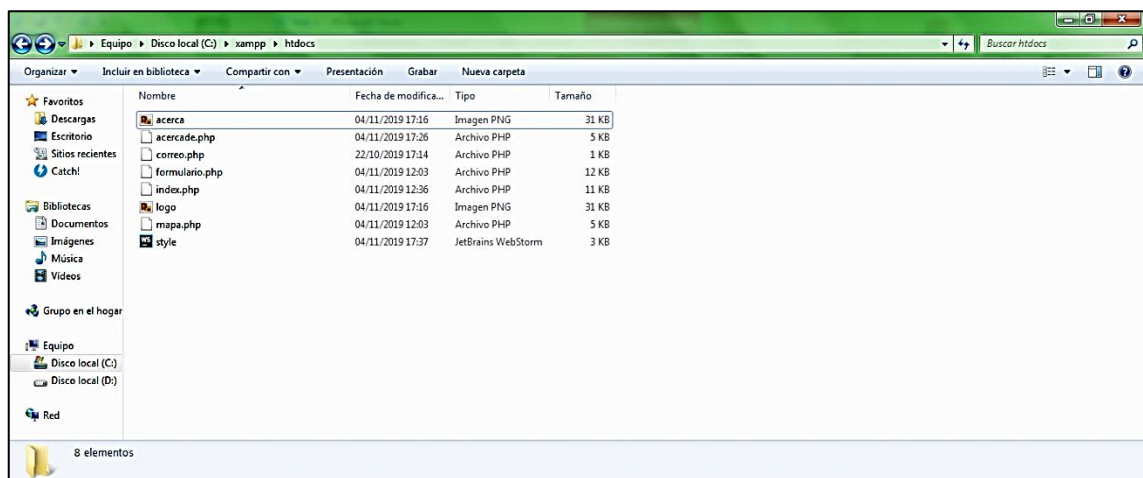


Figura 1-3. Creación de archivos para el portal web.

Realizado por: Segura Adriana, 2019

Una vez creados los archivos se debe ejecutar la ventana de control de XAMPP e iniciar los módulos de Apache, ver Imagen 2-3. Si los módulos iniciados se marcan de color verde, entonces se iniciaron correctamente, caso contrario se debe realizar configuraciones en el puerto de la aplicación (ver Anexo B).

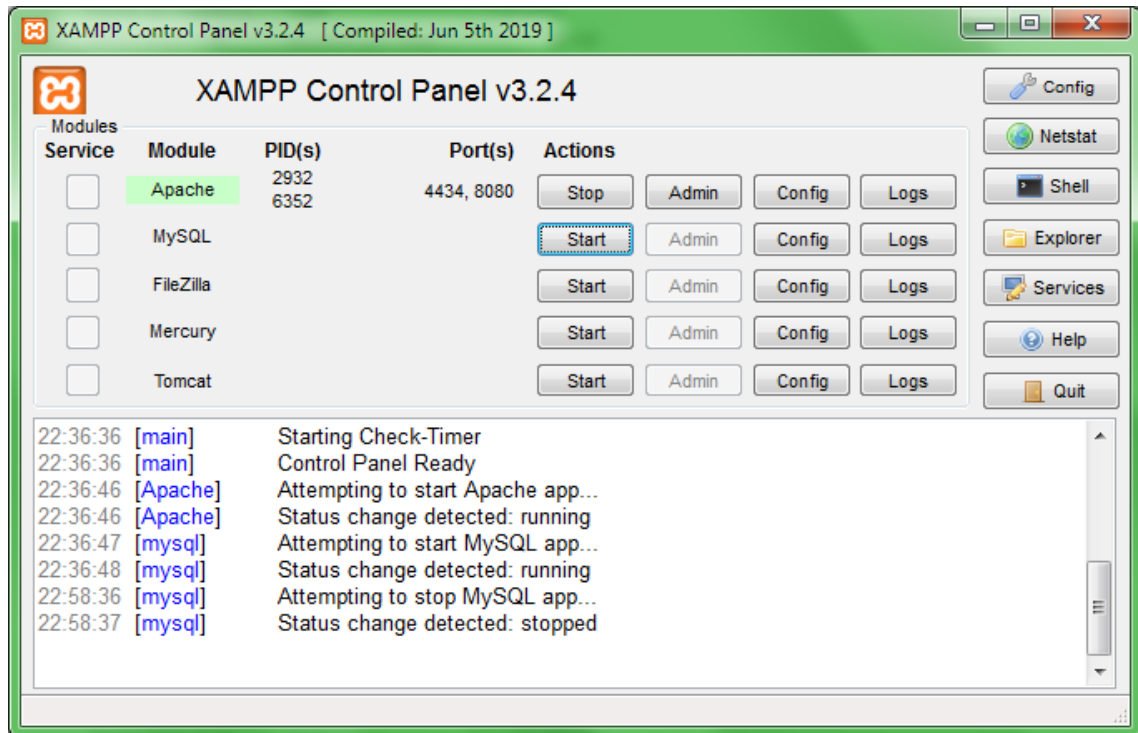


Figura 2-3. Ventana de control de XAMPP

Realizado por: Segura Adriana, 2019

3.4.1.2. Diseño de las páginas del Portal web

Todas las páginas que conforman el portal web tienen disponible un menú que se encuentra conformado por el: *logo* que direcciona al *home*, el *Registro*, el mapa con las *Estaciones en tiempo Real* y el *Acerca de*.

Index del portal web

La página inicial del portal web (ver Figura 3-3), consta del título del proyecto, y provee información general acerca de las entidades regionales y locales bajo las cuales se rigen el sistema NTRIP en Ecuador, en el caso de que se desee obtener información más detallada acerca de estas entidades se dispone del enlace para ir al sitio.

En la parte inferior del *index* se encuentra una descripción básica de la ubicación y denominación de los Caster.



Figura 3-3. Index del portal web.
Realizado por: Segura Adriana, 2019

Página para el registro de usuarios

En la Figura 4-3 se observa la estructura del formulario para el registro de usuarios que soliciten acceder a los datos de los Caster, como método de seguridad y protección de spam y descifrado de contraseñas, en el sitio se ha incorporado reCaptcha de Google, cabe recalcar que este servicio de Google es gratuito, pero se debe registrar el sitio para poder obtener las Keys para el Sitio. (Ver Anexo D)

GNSS en Tiempo Real Ecuador x REGISTRO DE USUARIO NTRIP x +

localhost:8080/formulario.php

Registro Estaciones en tiempo Real - Ecuador Acerca de

Formulario de Registro de Usuarios

Por favor, complete este formulario para solicitar libre acceso a los streams de datos GNSS en tiempo real del Caster principal IGM o del Caster Experimental ESPOCH.

Los campos marcados con * son obligatorios.

Nombre*: Nombre*

E-mail*: Correo electrónico*

Institución*: Institución*

Dirección*: Dirección*

País/Ciudad*: Ciudad o país donde reside *

Teléfono: Teléfono de Contacto

Descripción: Breve descripción de su aplicación en tiempo real

No soy un robot reCAPTCHA Privacidad - Condiciones

Enviar

NOTA: El ID de usuario y la contraseña que recibirá por correo electrónico en respuesta a su solicitud son válidos sólo para uso personal, su entrega a terceras personas no es posible. Le agradecemos mantener la confidencialidad.

Figura 4-3. Página para el Registro de usuarios

Realizado por: Segura Adriana, 2019

La información del usuario que se registró será enviada al correo del Administrador (ver Figura 5-3), para que éste realice la creación del *nombre de usuario* y de la *contraseña* en el servidor Caster, que posteriormente también se enviará al correo con el que el usuario se registró, para esto se insertar un script en php en la página *formulario.php* (ver Anexo E), y adicionalmente se debe configurar al localhost como servidor SMTP, para lo cual se hace uso del servicio gratuito de Google llamado Gmail SMTP (ver Anexo F).

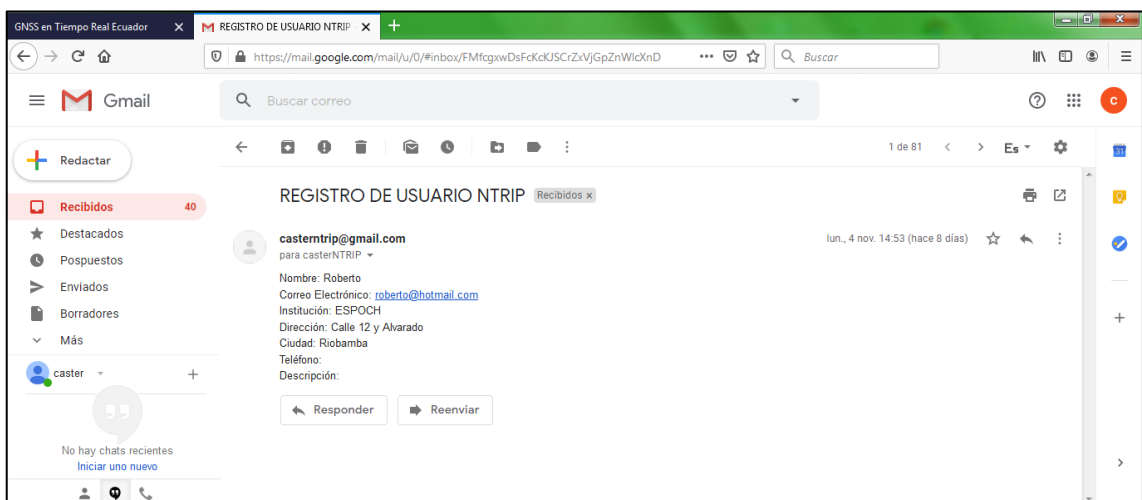


Figura 5-3. Correo recibido con la información del registro

Realizado por: Segura Adriana, 2019

Página de las Estaciones en tiempo real-Ecuador

En esta página se muestra el mapa de Ecuador con la infraestructura de las estaciones GNSS (color azul), que conforman el *source* del Sistema NTRIP, también se localizaron los Caster principal y experimental (color rojo). Este mapa personalizado se obtuvo gracias al servicio My Maps de Google (ver Anexo G).

Las coordenadas ingresadas en My Maps de cada una de las estaciones fueron tomadas en base a la resolución vigente N° IGM-2016-005-e-1 en la que se garantiza la consistencia de las nuevas coordenadas post-sismo, a partir del 17 de abril de 2016 y se pueden observar en la Tabla 1-3. También se encuentran situados el Caster Principal IGM y el Caster Experimental ESPOCH (ver Figura 5-3)

Tabla 1-3: Coordenadas de las estaciones GNSS del sistema NTRIP

ID de la Estación	Nombre	Latitud	Longitud
EREC	Riobamba	1°40'16.2142"S	78°39'4.3953"W
EPEC	Quito	0°18'53.6040"S	78°26'46.7626"W
ABEC	Ambato	1°16'6.97700"S	78°37'39.55460"W
IBEC	Ibarra	00°21'0.5674"N	78°6'56.471"W
CXEC	Cotopaxi	0°56'6.7915"S	78°36'53.4069"W
CHEC	Chaco	0°20'21.3610"S	77°48'52.0003"W
MAEC	Macas	02°18'16.5900"S	78°07'4.8574"W
LJEC	Loja	03°59'17.7352"S	79°11'54.7355"W
ONEC	Chone	0°41'50.458"S	80°6'05.4242"W
ECEC	El Carmen	0°16'18.6411"S	79°27'06.7357"W
POEC	Portoviejo	1°02'37.52293"S	80°27'14.93227"W
FOEC	FOrellana	0°27'47.9466"S	76°59'23.6963"W

Fuente: (REGME, 2019)

Realizado por: Segura Adriana, 2019

Además, al presionar sobre una de las estaciones se presenta una pequeña descripción en la que se tiene el nombre de la localidad en la que se encuentra la estación y el tipo de streams de los que disponen cada una de las estaciones, de igual forma en la ubicación de los Caster principal y experimental (ver Figura 6-3).

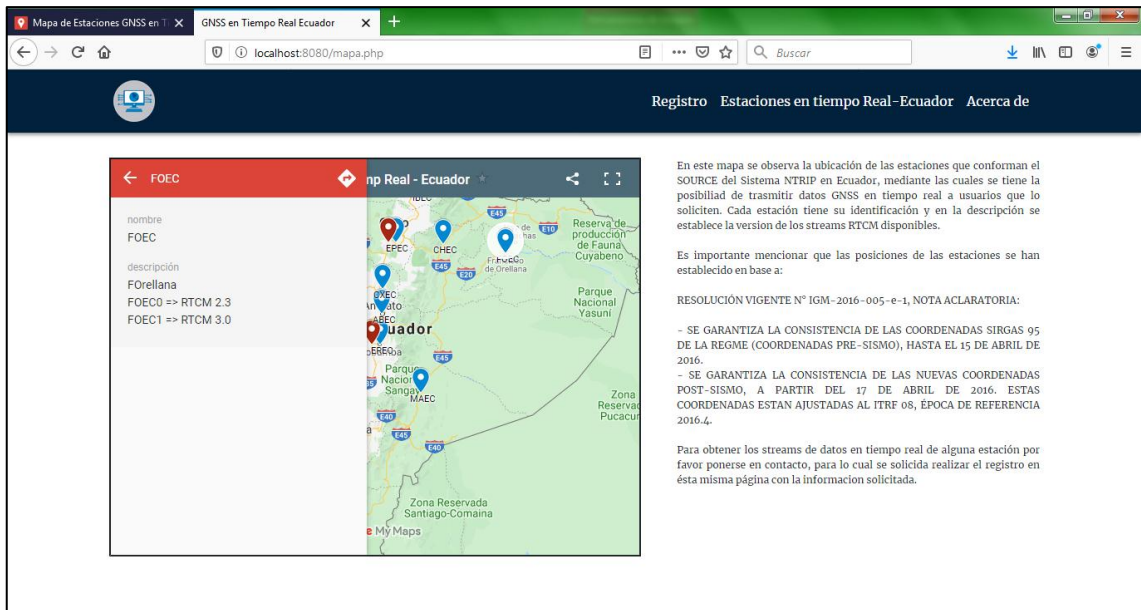


Figura 6-3. Página de estaciones en tiempo real-Ecuador
Realizado por: Segura Adriana, 2019

Página Acerca de

Es importante mencionar el propósito por el cual se desarrolló el portal web, debido a esto se establece la página *Acerca de*, en la Figura 7-3 se puede apreciar cómo está estructurada, en la sección izquierda se tiene la explicación del propósito del portal web, en la sección izquierda se colocó el logo del portal web.

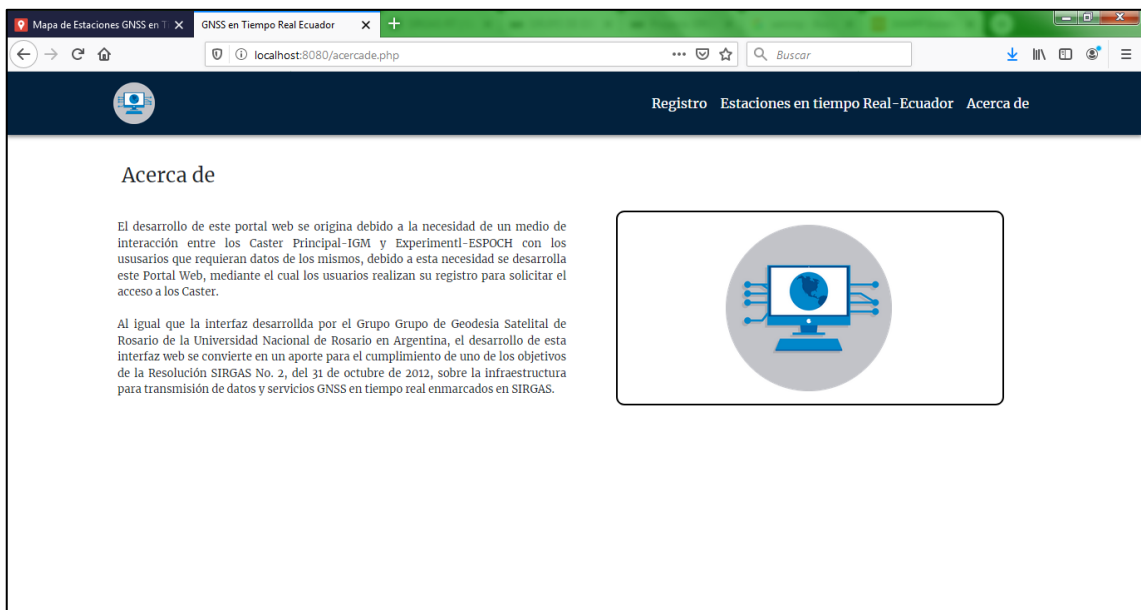


Figura 7-3. Página Acerca de
Realizado por: Segura Adriana, 2019

3.4.2. *Fase 2: Aplicación IGM ESPOCH NTRIP*

En la segunda fase se tiene el desarrollo de la aplicación para realizar el análisis estadístico de los datos del Caster, los cuales son almacenados en un archivo *.log* denominado *ntripcaster.log*. Los requisitos para la ejecución de esta fase se establecen a continuación.

Requisitos:

- Detalle de consumo
- Consumo por estación
- Consumo por usuario
- Resumen General
- Acerca de

Para lograr cumplir con los requisitos de esta fase se emplea el lenguaje de programación Python v3.7, la cual sigue una programación orientada a objetos, y a criterio personal es muy beneficioso que entre las características de Python está la de ser multiplataforma, es decir el mismo código elaborado bajo una plataforma Windows, funcionará bajo una plataforma Linux o Mac. En cuanto a la parte gráfica se emplea principalmente el módulo *Tkinter*, y para la parte estadística se emplea la librería *pandas*, las cuales facilitarán en gran medida el procesamiento de los datos del archivo *.log* del Caster.

3.4.2.1. *Instalación de requerimientos de Python*

Una vez instalada y añadida a la ruta la versión 3.7 de Python (ver Anexo H), se debe realizar la instalación de algunos requerimientos de Python que permitirán la correcta ejecución de la aplicación (ver Anexo I), para lo cual mediante la consola de comandos de Windows, ubicarse en la carpeta del proyecto y ejecutar el siguiente comando:

```
pip install -r requirements.txt
```

3.4.2.2. *Diagrama de bloques de la aplicación*

En la Figura 8-3 se observa el diagrama de bloques del desarrollo y ejecución de la aplicación NTRIP IGM-ESPOCH. (Ver Anexo J)

Python posee una programación estructurada y modular, es decir su estructura está formada por la definición de funciones, además todo debe estar correctamente indentado para evitar errores. Lo primero que se realiza es la declaración de librerías que se vayan a usar, para este caso se las principales que se emplean son la librería gráfica *Tkinter*, para realizar procesos matemáticos la librería *pandas*.

Al ejecutar un programa en Python lo primero que este hace es verificar y buscar la función *main()*, dentro de la cual se declara el objeto gráfico principal *root* que viene a ser la ventana principal, además se obtiene la geometría de la resolución de la pantalla del monitor. Se debe crear una clase que va a contener a todas las funciones creadas para este trabajo

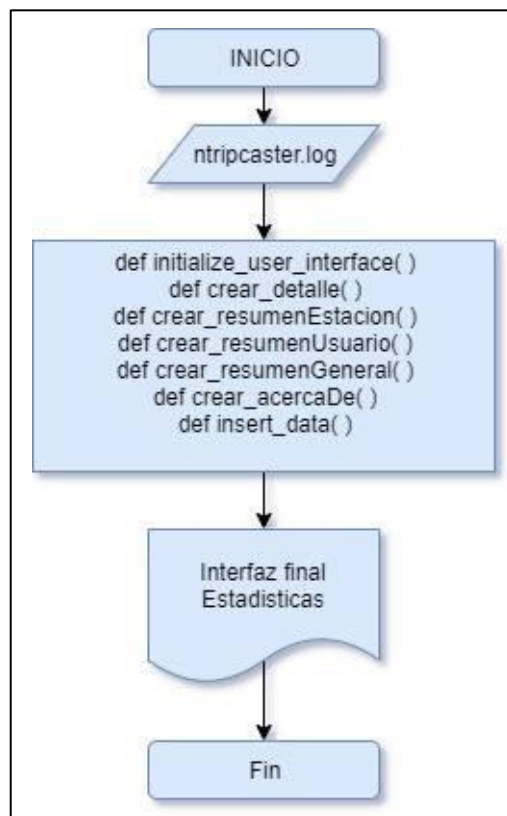


Figura 8-3. Diagrama de bloques de la aplicación
Realizado por: Segura Adriana, 2019

Función initialize_user_interface, la que se encarga de crear la ventana principal con los menús y las diferentes pestañas de la interfaz, es decir se encarga de la parte gráfica de la aplicación. Desde esta función se llamará a las otras funciones que son: *crear_detalle*, *crear_resumenEstacion*, *crear_resumenUsuario*, *crear_resumenGeneral*, *crear_acercaDe*, y también las funciones establecidas para las opciones del menú File, para abrir y procesar el archivo .log mediante la función *insert_data* y para cerrar la aplicación.

Función crear_detalle, en esta función se emplea el objeto tree de la librería Tkinter, para insertar la tabla con las columnas: Fecha Acceso, Fecha Desconexión, Estación, Cliente, Usuario, Tiempo (segundos), Transferencia (bytes), Consumo (b/s) y Conexiones.

Función crear_resumenEstacion, se emplea el objeto tree para la creación de las columnas Estación, Usuario, Tiempo (segundos), Transferencia (bytes), Consumo (b/s) y Conexiones.

Función crear_resumenUsuario, se emplea el objeto tree para la creación de las columna Usuario, Tiempo (segundos), Transferencia (bytes), Consumo (b/s) y Conexiones.

Función crear_resumenGeneral, se emplea el objeto tree para la creación de las columnas Factor, RTCM2.3, RTCM3.0 y el total.

Función crear_acercaDe, permite ingresar texto relacionado al trabajo que se realiza.

Función insert_data, en el File del menú se tiene la opción *abrir*, la cual ejecuta la función *insert_data* , mediante el objeto *askopenfilename* permite abrir el cuadro de diálogo para buscar el archivo que se va a analizar, aquí también se especifica la ruta desde la cual se empezará a buscar el archivo, también se especifica el tipo de archivo y la extensión; posteriormente se obtendrá el nombre del archivo que se va a analizar, el archivo se abrirá en modo lectura y en un objeto nuevo llamado *LOGFile* almacenará en un array cada una de las líneas del archivo .log para poder procesarlas, finalmente el archivo .log se cierra. El array con cada una de las líneas nos permitirá realizar la extracción de los datos que necesitamos analizar. Para la búsqueda de la información que se necesita se emplean índices que no permitirán saber cuándo empieza y cuando termina los datos que deseamos extraer.

El resultado final será la interfaz que permite obtener valores de datos, de consumos, de usuarios y estaciones, lo cual facilitará el análisis de los parámetros *ancho de banda, número de usuarios y tiempo de conexión*, considerados como críticos para éste servidor Caster.

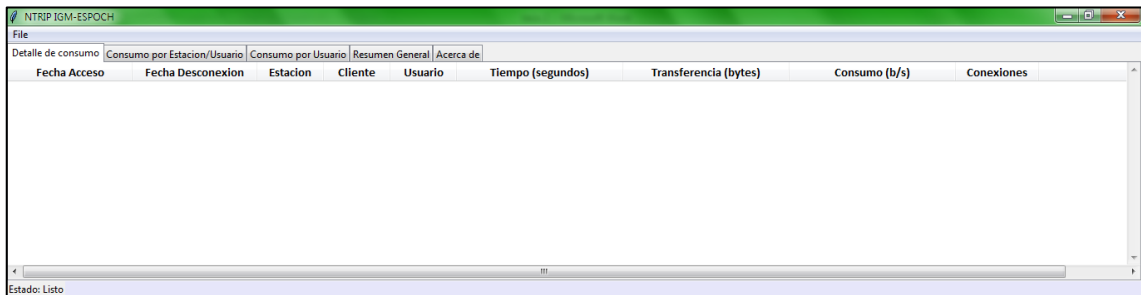
3.4.2.3. *Detalle de las pestañas de la aplicación*

Pestaña Detalle de Consumo

En esta pestaña (ver Imagen 9-3) se encuentra información acerca del consumo de todo el archivo .log, del cual se han extraído datos como: *la fecha y hora de Acceso y desconexión* del usuario, también se tiene la *estación* y la versión de datos *RTCM* que proporciona, es decir si en el nombre de la estación, el último caracter es un cero significa que el usuario obtuvo datos

RTCM en la versión 2.3, mientras que si el último caracter del nombre de la estación termina en 1 el usuario habrá obtenido datos RTCM en la versión 3.0.

También se observan datos como el *número de Cliente*, el *nombre de usuario*, el *tiempo en segundos* que el usuario ha permanecido conectado, la *transferencia de datos en bytes* que el usuario ha recibido del servidor Caster, *consumo en bytes/segundo* del usuario y el *número de conexiones* del Caster.



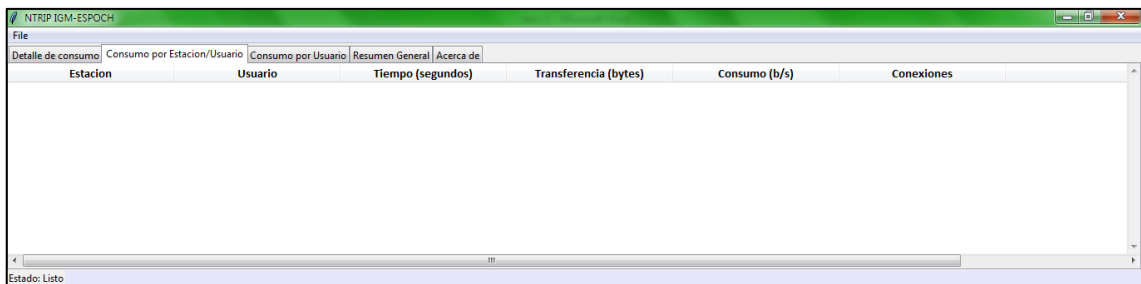
Fecha Acceso	Fecha Desconexion	Estacion	Cliente	Usuario	Tiempo (segundos)	Transferencia (bytes)	Consumo (b/s)	Conexiones
--------------	-------------------	----------	---------	---------	-------------------	-----------------------	---------------	------------

Figura 9-3. Pestaña Detalle de Consumo

Realizado por: Segura Adriana, 2019

Pestaña Consumo por Estación

En esta pestaña se pretende obtener el valor total de consumo de cada estación, debido a esto se presentan datos como: *estación* con el nombre de cada una de ellas, el nombre del *usuario* que obtuvo información de dicha estación, el *tiempo en segundos*, la *transferencia en bytes*, el *consumo en bytes/segundo* y el número de *conexiones* de cada estación (ver Figura 10-3).



Estacion	Usuario	Tiempo (segundos)	Transferencia (bytes)	Consumo (b/s)	Conexiones
----------	---------	-------------------	-----------------------	---------------	------------

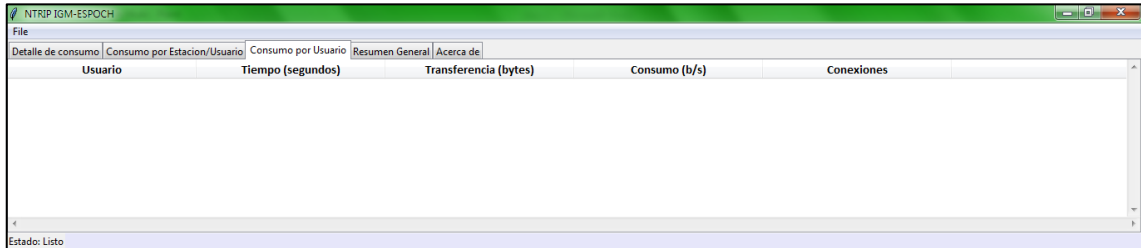
Figura 10-3. Pestaña Consumo por Estación

Realizado por: Segura Adriana, 2019

Pestaña Consumo por Usuario

En esta pestaña se establece el total de *datos transferidos en bytes* de cada usuario junto al *tiempo de conexión en segundos*, el *consumo de datos en bytes/segundo* y el número

conexiones, es decir el número de veces que el usuario se haya conectado al Caster (ver Figura 11-3)



Usuario	Tiempo (segundos)	Transferencia (bytes)	Consumo (b/s)	Conexiones
---------	-------------------	-----------------------	---------------	------------

Figura 11-3. Pestaña Consumo por Usuario
Realizado por: Segura Adriana, 2019

Pestaña Resumen General

Aquí se presentan las estadísticas del consumo del Caster, para obtener estadísticas más específicas se ha visto adecuado obtener resultados para el formato de transmisión RTCM v2.3, para la v3.0 y las generales. En la Figura 12-3 se puede apreciar esta pestaña con las columnas creadas para este análisis.



Factor	RTCM2.3	RTCM3.0	TOTAL
--------	---------	---------	-------

Figura 12-3. Pestaña Resumen General
Realizado por: Segura Adriana, 2019

Pestaña Acerca de

En esta pestaña se encuentra información teórica necesaria acerca del funcionamiento de un sistema NTRIP, lo cual será útil para comprender la importancia de este tipo de sistemas en la actualidad y por ende la importancia del desarrollo de aplicaciones como la desarrollada.

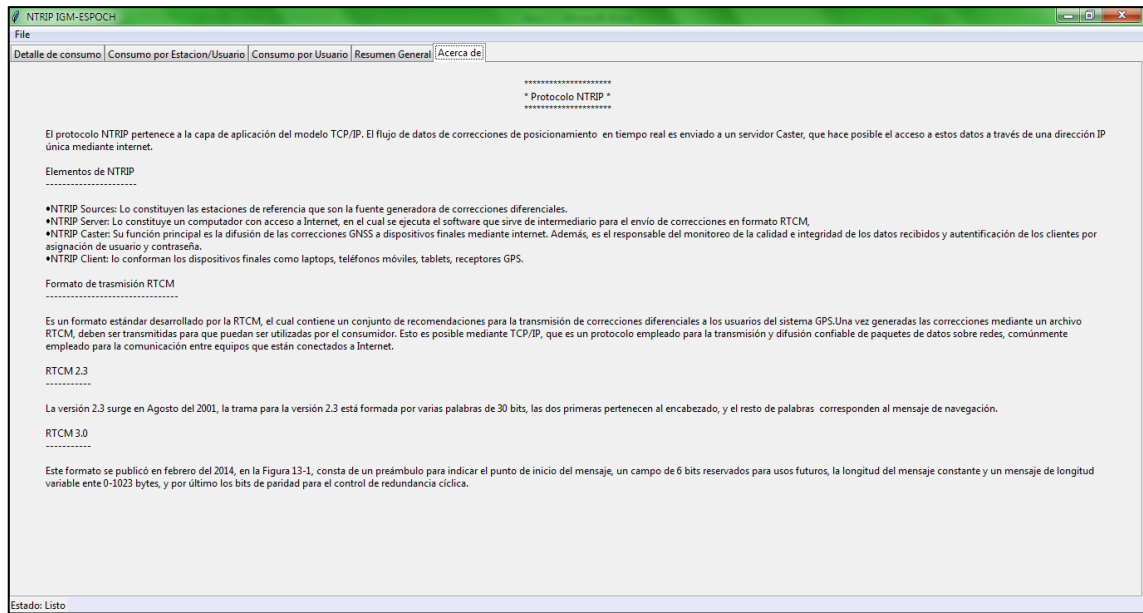


Figura 13-3. Pestaña Acerca de.
Realizado por: Segura Adriana, 2019

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE RESULTADOS

NTRIP, al ser un sistema de comunicación basado en TCP y en conjunto con la interfaz del portal web desarrollado en este trabajo, se convierte en un sistema de transmisión tradicional, con la diferencia de que este transmite información acerca de las correcciones de GPS.

Según los resultados procesados y filtrados por medio de la aplicación, se determina los parámetros del servidor Caster NTRIP, los cuales se encuentran disponibles por defecto en el archivo denominado *ntripcaster.log* proveniente del servidor Caster NTRIP y tiene información desde *21 de enero del 2019* hasta el *19 de septiembre del 2019*.

Los parámetros identificados y que son críticos para el funcionamiento y monitoreo de éste servidor Caster son los siguientes:

- Número de usuarios
- Ancho de banda
- Tiempo de conexión

En base a estos parámetros, la aplicación desarrollada filtra la información del archivo *ntripcaster.log*, previamente descargado del servidor Caster NTRIP y cargado en la aplicación.

4.1. Escenario de análisis 1

En el archivo *ntripcaster.log* del servidor Caster principal del IGM del que se realizó el análisis, registra datos de conexión desde el *21 de enero del 2019* hasta el *19 de septiembre del 2019*, lo que se identificó, en cuanto al *detalle de consumo, consumo por estación, consumo por usuario y resumen general*, se muestra a continuación.

4.1.1. Pestaña para el Detalle de Consumo

Aquí se tiene el resultado a detalle del consumo del servidor Caster, por ejemplo, en el recuadro azul (ver Figura 1-4) se tiene que el 2019-04-21 se conectaron tres usuarios (ver Tabla 1-4):

Tabla 1-4: Estadística de la pestaña Detalla de Consumo

Usuario	Acceso	Desconexión	Estación	Tiempo (segundos)	Datos (bytes)	Consumo (bytes/seg)
admin7	13:43:47	13:45:04	EPEC0	77	65661	852.7403
ibec1	14:02:39	14:09:51	IBEC1	432	144407	334.2755
cxec1	14:10:54	14:23:14	CXEX1	740	301349	407.2284

Fuente: (REGME, 2019)

Realizado por: Segura Adriana, 2019

Fecha Acceso	Fecha Desconexion	Estacion	Cliente	Usuario	Tiempo (segundos)	Transferencia (bytes)	Consumo (b/s)	Conexiones
2019-04-21 13:33:02	2019-04-21 13:38:26	EPEC0	1822	admin7	324	293,981	907.3488	4
2019-04-21 13:37:38	2019-04-21 13:38:44	EPEC0	1824	admin5	66	55,801	845.4697	2
2019-04-21 13:37:51	2019-04-21 13:38:33	EPEC0	1825	admin7	42	37,961	903.8333	3
2019-04-21 13:38:47	2019-04-21 13:40:42	EPEC0	1827	admin7	115	105,731	919.4000	3
2019-04-21 13:40:37	2019-04-21 13:42:07	EPEC0	1828	admin7	90	76,821	853.5667	2
2019-04-21 13:42:12	2019-04-21 13:44:02	EPEC0	1829	admin7	110	101,141	919.4636	3
2019-04-21 13:43:47	2019-04-21 13:45:04	EPEC0	1831	admin7	77	65,661	852.7403	2
2019-04-21 14:02:39	2019-04-21 14:09:51	IBEC1	1837	ibec1	432	144,407	334.2755	1
2019-04-21 14:10:54	2019-04-21 14:23:14	CXEC1	1841	cxec1	740	301,349	407.2284	1
2019-04-21 15:46:44	2019-04-21 15:56:29	CXEC1	1874	cxec1	585	229,495	392.2991	1
2019-04-21 15:56:43	2019-04-21 16:22:28	CXEC1	1877	cxec1	1,545	591,537	382.8718	1
2019-04-21 19:27:12	2019-04-21 20:18:22	CXEC1	1934	cxec1	3,070	1,101,230	358.7068	1
2019-04-21 22:08:31	2019-04-21 22:11:39	CXEC1	1974	cxec1	188	67,611	359.6330	1
2019-04-21 22:18:47	2019-04-21 23:03:41	CXEC1	1977	cxec1	2,694	987,883	366.6975	1
2019-04-21 23:49:21	2019-04-21 23:51:45	EPEC0	2000	admin5	144	106,115	736.9097	1
2019-04-22 10:03:07	2019-04-22 10:04:49	CXEC1	2163	cxec1	102	39,702	389.2353	1
2019-04-22 10:05:08	2019-04-22 10:08:01	CXEC1	2165	cxec1	173	68,005	393.0925	1
2019-04-22 10:08:14	2019-04-22 10:12:07	CXEC1	2166	cxec1	233	91,308	391.8798	1
2019-04-22 10:23:43	2019-04-22 10:26:31	CXEC1	18	cxec1	168	68,105	405.3869	1
2019-04-22 10:26:45	2019-04-22 10:43:26	CXEC1	20	cxec1	1,001	408,374	407.9660	1
2019-04-22 10:59:01	2019-04-22 12:02:17	CXEC1	28	cxec1	3,796	1,416,818	373.2397	1
2019-04-22 16:16:43	2019-04-22 16:19:42	EPEC0	129	admin5	179	148,851	831.5698	2
2019-04-22 16:18:58	2019-04-22 16:22:51	EPEC0	134	admin5	233	194,556	835.0043	1
2019-04-22 16:22:51	2019-04-22 16:24:46	EPEC0	141	admin5	115	88,381	768.5304	1
2019-04-23 20:44:57	2019-04-23 21:01:30	EPEC0	567	admin6	993	793,576	799.1702	2
2019-04-23 20:46:49	2019-04-24 06:53:56	EPEC0	569	admin7	36,427	29,418,696	807.6069	3
2019-04-23 21:01:54	2019-04-23 21:02:34	EPEC0	573	admin6	40	28,561	714.0250	2
2019-04-23 21:02:57	2019-04-23 22:29:09	EPEC0	575	admin6	5,198	4,214,641	810.8197	2
2019-04-23 22:29:09	2019-04-23 23:40:01	EPEC0	596	admin6	4,252	3,398,811	799.3441	2
2019-04-23 23:40:04	2019-04-24 09:17:14	EPEC0	613	admin6	34,634	28,786,706	831.1690	2

Figura 1-4. Estadística de Detalle de Consumo

Realizado por: Segura Adriana, 2019

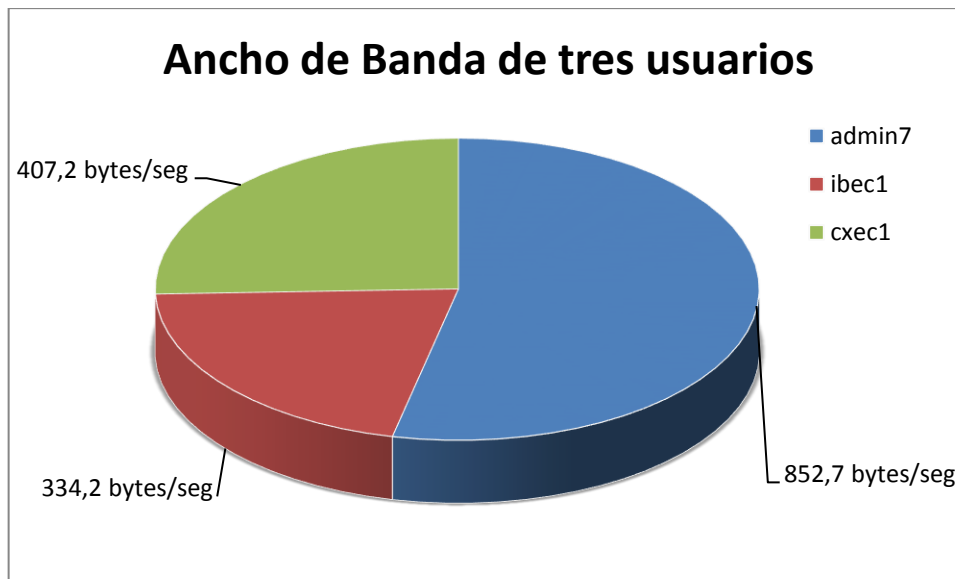


Gráfico 1-4. Anchos de banda de tres usuarios
Realizado por: Segura Adriana, 2019

4.1.2. Pestaña para la estadística de Consumo por Estación

En esta pestaña, como se puede ver en la Figura 2-4, se tiene el consumo en función de las estaciones, recordar que si el nombre de la estación termina en cero entonces se manejan datos de la versión 2.3 de RTCM, mientras que si termina en uno se tendrán datos en la versión 3.0 de RTC, del recuadro azul se puede mencionar que:

Estación *ONEC*

- Generó datos *RTCM v2.3*, a la cual se conectó el usuario *onec1* por 3 ocasiones acumulando un tiempo de 128 *seg* y una transferencia de 83598 *bytes*, lo que equivale a un consumo de 653.1094 *bytes/seg*.
- Generó datos *RTCM v3.0*, a la cual se conectaron los usuarios *onec1*, *onec2*, *poec1* y *poec2*, por lo tanto entre los cuatro usuarios se genera un total de: 95 conexiones, 27464 *seg*, 10368703 *bytes* transferidos y por lo tanto un consumo de 377.5380 *bytes/seg*.

Estación *POEC*

- Generó datos *RTCM v2.3*, a la cual se conectaron los usuarios *poec1* y *poec2*, por lo tanto entre los dos usuarios se genera un total de: 4 conexiones, 304 *seg*, 176751 *bytes* transferidos y por lo tanto un consumo de 581.4178 *bytes/seg*.
- Generó datos *RTCM v3.0*, a la cual se conectaron los usuarios *cxec1*, *onec1*, *poec1*, *poec2*, *poec3* y *poec5*, por lo tanto entre los seis usuarios se genera un total de: 127

conexiones, 38980 *seg*, 13869361 *bytes* transferidos y por lo tanto un consumo de 355.8071 *bytes/seg*.

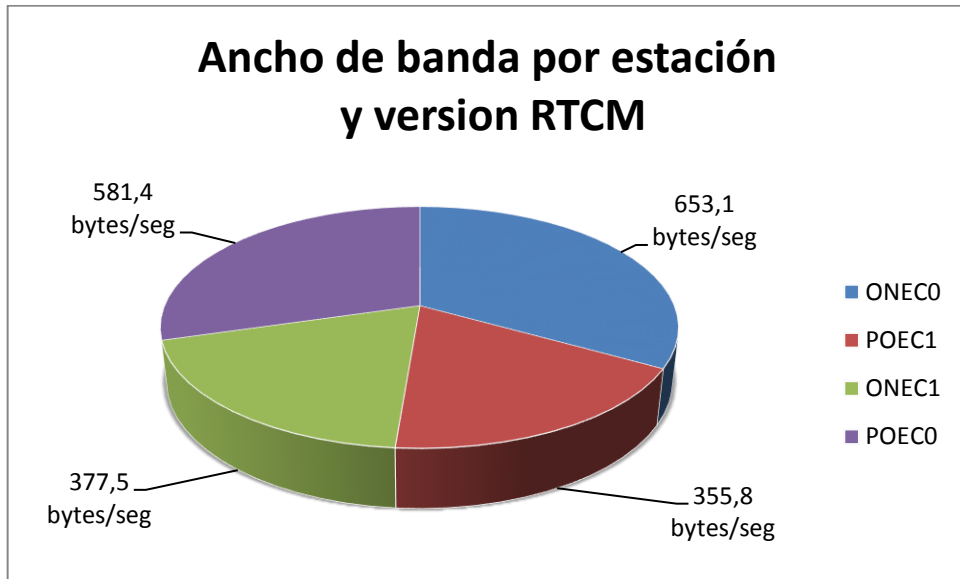


Gráfico 2-4. Ancho de banda consumido estación
Realizado por: Segura Adriana, 2019

Estacion	Usuario	Tiempo (segundos)	Transferencia (bytes)	Consumo (b/s)	Conexiones
IBEC1	(null)	744	246,634	331.4973	6
IBEC1	ibec1	1,184	377,852	319.1318	7
IBEC1	ibec2	261	77,351	296.3640	1
IBEC1	ibec3	311	112,491	361.7074	1
TOTAL IBEC1 --->		2,500	814,328	325.7312	15
LIEC0	(null)	151	5,720	37.8808	16
TOTAL LIEC0 --->		151	5,720	37.8808	16
LIEC1	(null)	17	5,043	296.6471	1
TOTAL LIEC1 --->		17	5,043	296.6471	1
MAECO	(null)	192	127,116	662.0625	1
TOTAL MAECO --->		192	127,116	662.0625	1
MAEC1	(null)	11,638	4,777,628	410.5197	284
TOTAL MAEC1 --->		11,638	4,777,628	410.5197	284
ONECO	onec1	128	83,598	653.1094	3
TOTAL ONECO --->		128	83,598	653.1094	3
ONEC1	onec1	20,587	7,884,148	382.9673	74
ONEC1	onec2	4,642	1,744,691	375.8490	16
ONEC1	poec1	1,352	434,216	321.1657	3
ONEC1	poec2	883	305,648	346.1472	2
TOTAL ONEC1 --->		27,464	10,368,703	377.5380	95
POECO	poec1	70	44,701	638.5857	1
POECO	poec2	234	132,050	564.3162	3
TOTAL POECO --->		304	176,751	581.4178	4
POEC1	caec1	2,677	946,446	353.5473	2
POEC1	onec1	2,742	974,603	355.4351	2
POEC1	poec1	11,254	3,926,891	348.9329	65
POEC1	poec2	18,026	6,050,610	368.9454	53
POEC1	poec3	3,597	1,149,448	319.5574	1
POEC1	poec5	684	221,363	323.6301	4
TOTAL POEC1 --->		38,980	13,869,361	355.8071	127

Figura 2-4. Estadística de Consumo por Estación
Realizado por: Segura Adriana, 2019

4.1.3. Pestaña para la estadística de Consumo por Usuario

En la Figura 4-3 se presentan los consumos por usuario, en el recuadro azul se tiene:

Usuario *poec2*

- Tiene un acumulado de un tiempo de conexión de 21175 *seg* con 7727174 *bytes* transferidos, con un consumo de 364.9197 *bytes/seg*, este usuario se ha conectado al servidor Caster 59 ocasiones.

Usuario *poec3*

- Tiene un acumulado de un tiempo de conexión de 3597 *seg* con 1149448 *bytes*, con un consumo de 319.5574 *bytes/seg*, este usuario se ha conectado por una ocasión.

Usuario *poec5*

- Tiene un acumulado de un tiempo de conexión de 684 *seg* con 221363 *bytes* transferidos y un consumo de 323.4189 *bytes/seg*, este usuario se ha conectado al servidor Caster 4 ocasiones.

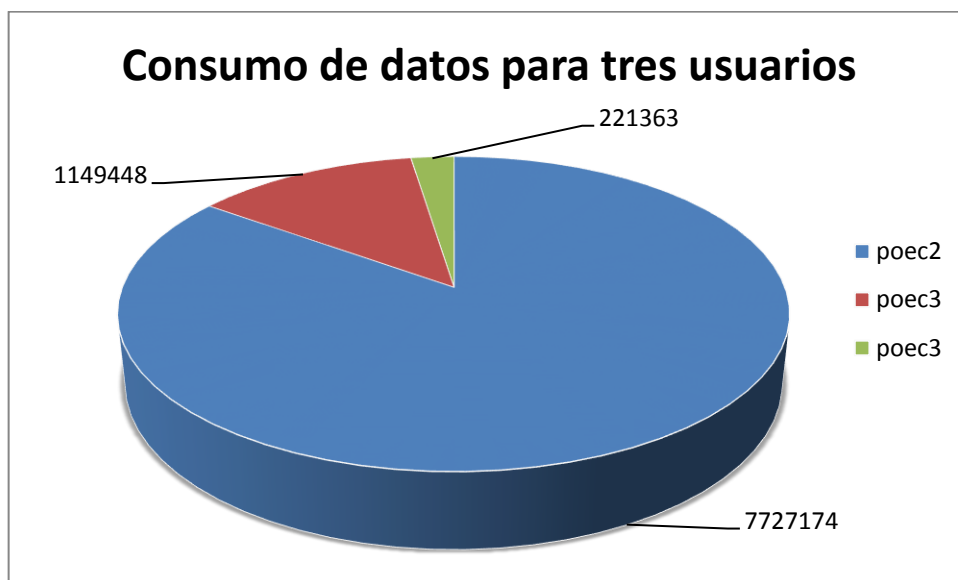


Gráfico 3-4. Consumo de datos por usuario
Realizado por: Segura Adriana, 2019

El recuadro azul (ver Figura 3-4) indica que mediante esta pestaña también se puede obtener el número total de usuarios que han accedido al servidor Caster, en este caso hasta el 19 de

septiembre del 2019 se tiene 31 usuarios, de modo que en esta pestaña se lleva un control y monitoreo del límite de la capacidad de usuarios conectados que permite el servidor Caster, para que éste funcione correcta y eficientemente.

Usuario	Tiempo (segundos)	Transferencia (bytes)	Consumo (b/s)	Conexiones
admin3	6,149	5,243,336	852.7136	25
admin4	3,909	3,771,182	964.7434	10
admin5	84,955	69,948,087	823.3546	559
admin6	431,243	362,887,963	841.4930	1,040
admin7	564,642	477,468,924	845.6135	232
admin8	15,911	14,237,840	894.8426	78
admin9	13,143	11,539,462	877.9930	201
chec2	1,537	499,979	325.2954	7
chec5	448	136,996	305.7946	3
chec7	847	265,294	313.2161	7
cxec1	18,862	6,977,756	369.9372	31
cxec2	2,245	806,426	359.2098	3
erec1	11,781	4,610,751	391.3718	51
erec10	67	21,283	317.6567	1
erec2	8,098	2,961,175	365.6674	31
erec3	7,486	2,392,621	319.6127	6
foec1	10,857	3,092,759	284.8631	65
foec2	13,616	3,728,415	273.8260	31
foec7	270	86,795	321.4630	3
ibec1	3,566	1,162,010	325.8581	15
ibec2	261	77,351	296.3640	1
ibec3	311	112,491	361.7074	1
onec1	25,578	9,733,442	380.5396	81
onec2	4,642	1,744,691	375.8490	16
poec1	12,676	4,405,808	347.5708	69
poec2	21,175	7,727,174	364.9197	59
poec3	3,597	1,149,448	319.5574	1
poec5	684	221,363	323.6301	4
TOTAL GENERAL --->	4,739,656	2,381,292,703	502.4189	4,713
TOTAL USUARIOS --->	31			

Figura 3-4. Estadística de Consumo por Usuario
Realizado por: Segura Adriana, 2019

4.1.4. Pestaña Resumen General

Esta pestaña resultará de mucha utilidad, ya que mediante ella observan los valores de consumo generales del servidor Caster, tanto para la versión 2.3 como para la versión 3.0 del formato RTCM. Se aclara que en el caso del *Consumo(b/s)*, *Estaciones* y *Usuarios*, en el *TOTAL* se tiene cero (ver Figura 4-4), ya que no se podría obtener un valor *TOTAL* real, pues hay valores que se repiten, principalmente porque un mismo usuario podría conectarse al servidor Caster para obtener datos de diferentes estaciones o diferentes versiones de RTCM.

El archivo *ntripcaster.log* del que se realizó el análisis tiene información desde el *21 de enero del 2019* hasta el *19 de septiembre del 2019*, hasta ésta fecha se obtuvo la siguiente información:

Conexiones

- 2641 conexiones para obtener datos en el formato RTCM v2.3
- 2072 conexiones para obtener datos en el formato RTCM v3.0
- Dando un total de 4713 conexiones al servidor Caster

Consumo

- Para el formato RTCM v2.3 se tiene un consumo de 684 bytes/seg
- Para el formato RTCM v3.0 se tiene un consumo de 395 bytes/seg

Estaciones

- Se tienen 11 estaciones que proveen datos en el formato RTCM v2.3 y RTCM v3.0

Tiempo

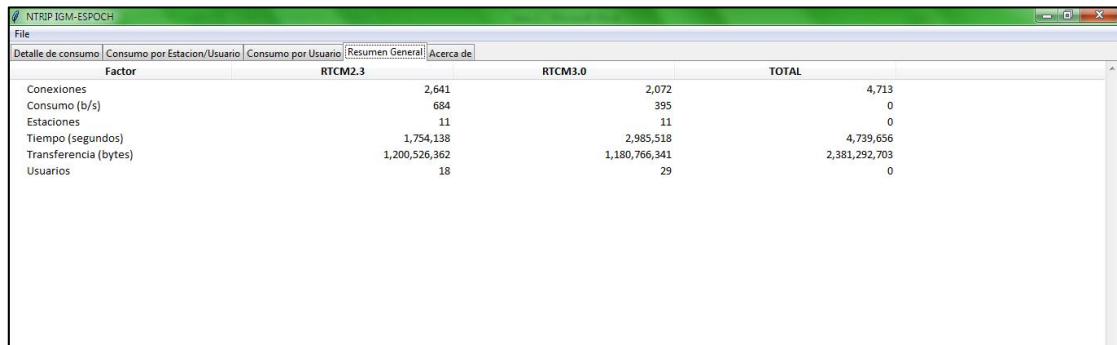
- El tiempo acumulado para RTCM v2.3 es de 1754138 seg.
- El tiempo acumulado par RTCM v3.0 es 2985518 sed.
- El tiempo total acumulado en el servidor Caster es de 4739656 seg.

Transferencia

- Para el formato RTCM v2.3 se tiene una trasferencia de 1.11 Gbytes.
- Para el formato RTCM v3.0 se tiene una trasferencia de 1.09 Gbytes.
- En el servidor Caster se registra una transferencia total de 2.21 Gbytes.

Usuarios

- De los 31 usuarios que han accedido al servidor Caster, 18 han obtenido datos en formato RTCM2.3 y 29 del formato RTCM3.0 (ver Imagen 4-3).



Factor	RTCM2.3	RTCM3.0	TOTAL
Conexiones	2,641	2,072	4,713
Consumo (b/s)	684	395	0
Estaciones	11	11	0
Tiempo (segundos)	1,754,138	2,985,518	4,739,656
Transferencia (bytes)	1,200,526,362	1,180,766,341	2,381,292,703
Usuarios	18	29	0

Figura 4-4. Estadística general del servidor Caster

Realizado por: Segura Adriana, 2019

4.2. Escenario de análisis 2

En mediciones de campo, el personal técnico del IGM realiza actividades de posicionamiento en forma estática y en tiempo real utilizando NTRIP. Las pruebas se ejecutan a la par: en el IGM en campo y en el servidor con el monitoreo y registro de estas actividades en el archivo *ntripcaster.log*.

4.2.1. Mediciones de campo del IGM

En la Figura 5-4 se puede observar el informe del trabajo de campo realizado por el personal técnico del IGM el *2 de Agosto del 2019*, en el que se tiene:

- El tiempo de medición por punto con NTRIP es de 30 seg, mientras que con Post-proceso es de *1 hora y 30 min*.
- La diferencia de error que existe del punto *Guayusa_3* medido con NTRIP respecto con la técnica de Post-proceso es de 0.006 en x, 0.012 en y y 0.014 en z.

En este informe, encerrados en recuadros azules, se verifica también la siguiente información:

- Las mediciones se realizaron el *2 de Agosto del 2019*.
- Usaron la estación *FOEC* como estación base stream para las mediciones
- Para la transmisión de datos se empleó la versión 3.0 de RTCM

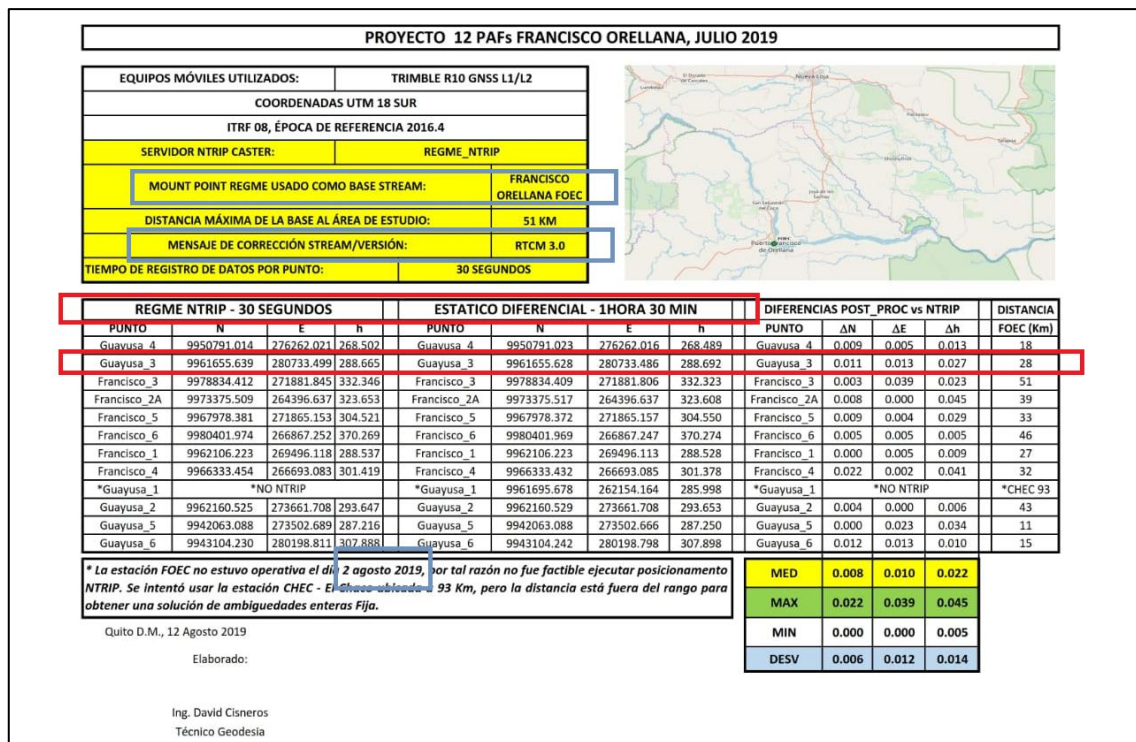


Figura 5-4. Informe de mediciones de campo realizadas por el IGM
Fuente: IGM, 2019

Esta información debe ser verificada en los datos procesados por la aplicación después de realizar el análisis del archivo *ntripcaster.log* del servidor Caster que es el archivo en donde se registran las conexiones que realizó el personal técnico del IGM, la cual será constatada en la siguiente sección.

4.2.2. Monitoreo de datos en el servidor Caster

En la Figura 6-4 tenemos la captura del archivo *ntripcaster.log*, en el mismo que se verifica el registro de acceso al servidor Caster por parte del personal técnico del IGM y se encuentran marcados en los recuadros, ingresaron mediante el usuario *foec2* y se conectó a la estación *FOEC1* por tres ocasiones, la información se muestra en la Tabla 2-4 en la que se han tomado en cuenta los valores considerados como críticos para el funcionamiento de éste servidor Caster.

Tabla 2-4. Información del usuario *foec2*

Usuario /Conexión	Fecha de acceso	Fecha de desconex.	Tiempo	Datos transferidos
foec2/primera	2019/08/02 11:10:15	2019/08/02 11:17:24	7 min y 10 seg	108553 bytes
foec2/segunda	2019/08/02 11:20:36	2019/08/02 11:25:19	4min y 44 seg	71673 bytes
foec2/tercera	2019/08/02 13:20:14	2019/08/02 13:25:22	6min y 9 seg	86460 bytes

Fuente:(ntripcaster.log, 2019)

Realizado por: Segura Adriana, 2019

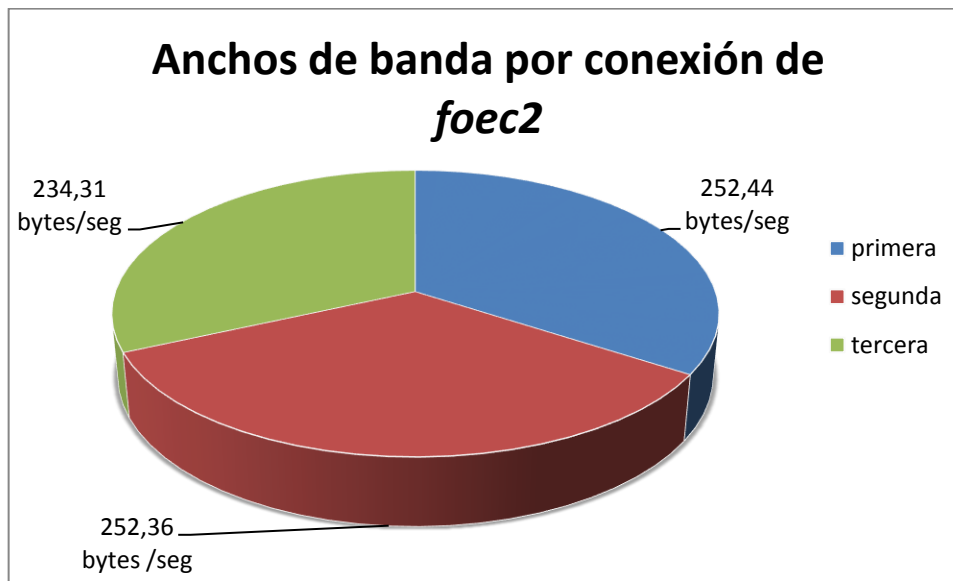


Gráfico 4-4. Anchos de banda por conexión de usuario *foex2*

Realizado por: Segura Adriana, 2019

```

"C:\Users\hp\Desktop\Python\ntpircaster.log - Notepad++
Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?
index.py [2] new.html [2] ntripcas1.log [2] ntripcaster0.log [2] ntripcaster1.log [2] sourcestable.dat [2] ntripcaster.conf [2] new.html [2] ntripcaster.log [2]
833 [02/Aug/2019:11:10:14] [2648:Connection Handler] Kicking unknown 2646 [200.85.80.95] [Socket error], connected for 1 seconds
834 [02/Aug/2019:11:10:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:10.933333KB/s Sources:21 Clients:0
835 [02/Aug/2019:11:10:15] [2649:Connection Handler] Accepted client 2647 [foec2] from [200.85.80.95] on mountpoint [/FOEC1]. 1 clients connected
836 [02/Aug/2019:11:10:35] [2650:Connection Handler] Kicking unknown 2648 [147.83.47.225] [Not authorized], connected for 0 seconds
837 [02/Aug/2019:11:11:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.083333KB/s Sources:21 Clients:1
838 [02/Aug/2019:11:12:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.100000KB/s Sources:21 Clients:1
839 [02/Aug/2019:11:13:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.083333KB/s Sources:21 Clients:1
840 [02/Aug/2019:11:14:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.066667KB/s Sources:21 Clients:1
841 [02/Aug/2019:11:14:51] [2651:Connection Handler] Kicking unknown 2649 [147.83.47.225] [Not authorized], connected for 0 seconds
842 [02/Aug/2019:11:15:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.150000KB/s Sources:21 Clients:1
843 [02/Aug/2019:11:16:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.083333KB/s Sources:21 Clients:1
844 [02/Aug/2019:11:17:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:10.950000KB/s Sources:21 Clients:1
845 [02/Aug/2019:11:17:24] [2245:Source Thread] Kicking client 2647 [foec2] [200.85.80.95] [Client signed off] [listener],
846 connected for 7 minutes and 10 seconds, 108553 bytes transferred. 0 clients connected
847 [02/Aug/2019:11:18:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:10.966667KB/s Sources:21 Clients:0
848 [02/Aug/2019:11:18:49] [2652:Connection Handler] Kicking unknown 2650 [200.85.80.95] [Sourceable transferred], connected for 0 seconds
849 [02/Aug/2019:11:19:08] [2653:Connection Handler] Kicking unknown 2651 [147.83.47.225] [Not authorized], connected for 0 seconds
850 [02/Aug/2019:11:19:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:10.883333KB/s Sources:21 Clients:0
851 [02/Aug/2019:11:20:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:10.883333KB/s Sources:21 Clients:0
852 [02/Aug/2019:11:20:28] [2654:Connection Handler] Kicking unknown 2652 [200.85.80.95] [Sourceable transferred], connected for 1 seconds
853 [02/Aug/2019:11:20:35] [2655:Connection Handler] Socket error on connection 2653
854 [02/Aug/2019:11:20:35] [2655:Connection Handler] Kicking unknown 2653 [200.85.80.95] [Socket error], connected for 1 seconds
855 [02/Aug/2019:11:20:36] [2656:Connection Handler] Accepted client 2654 [foec2] from [200.85.80.95] on mountpoint [/FOEC1]. 1 clients connected
856 [02/Aug/2019:11:21:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.016667KB/s Sources:21 Clients:1
857 [02/Aug/2019:11:22:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.100000KB/s Sources:21 Clients:1
858 [02/Aug/2019:11:23:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.000000KB/s Sources:21 Clients:1
859 [02/Aug/2019:11:23:24] [2657:Connection Handler] Kicking unknown 2655 [147.83.47.225] [Not authorized], connected for 0 seconds
860 [02/Aug/2019:11:24:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.133333KB/s Sources:21 Clients:1
861 [02/Aug/2019:11:25:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.100000KB/s Sources:21 Clients:1
862 [02/Aug/2019:11:25:19] [2245:Source Thread] Kicking client 2654 [foec2] [200.85.80.95] [Client signed off] [listener],
863 connected for 4 minutes and 44 seconds, 71673 bytes transferred. 0 clients connected
864 [02/Aug/2019:11:26:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:10.916667KB/s Sources:21 Clients:0
865 [02/Aug/2019:11:27:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:10.833333KB/s Sources:21 Clients:0
866 [02/Aug/2019:11:27:41] [2658:Connection Handler] Kicking unknown 2656 [147.83.47.225] [Not authorized], connected for 0 seconds
867 [02/Aug/2019:11:28:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:10.800000KB/s Sources:21 Clients:0
868 [02/Aug/2019:11:29:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:10.750000KB/s Sources:21 Clients:0
869 [02/Aug/2019:11:30:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:10.733333KB/s Sources:21 Clients:0
1007 [02/Aug/2019:13:20:12] [2686:Connection Handler] Kicking unknown 2684 [200.85.80.55] [Socket error], connected for 1 seconds
1008 [02/Aug/2019:13:20:14] [2687:Connection Handler] Accepted client 2685 [foec2] from [200.85.80.55] on mountpoint [/FOEC1]. 1 clients connected
1009 [02/Aug/2019:13:20:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.466667KB/s Sources:21 Clients:1
1010 [02/Aug/2019:13:21:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.633333KB/s Sources:21 Clients:1
1011 [02/Aug/2019:13:22:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.666667KB/s Sources:21 Clients:1
1012 [02/Aug/2019:13:23:04] [2688:Connection Handler] Kicking unknown 2686 [147.83.47.225] [Not authorized], connected for 0 seconds
1013 [02/Aug/2019:13:23:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.666667KB/s Sources:21 Clients:1
1014 [02/Aug/2019:13:24:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.700000KB/s Sources:21 Clients:1
1015 [02/Aug/2019:13:25:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.600000KB/s Sources:21 Clients:1
1016 [02/Aug/2019:13:25:22] [2245:Source Thread] Kicking client 2685 [foec2] [200.85.80.55] [Client signed off] [listener],
1017 connected for 5 minutes and 9 seconds, 86460 bytes transferred. 0 clients connected
1018 [02/Aug/2019:13:26:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.250000KB/s Sources:21 Clients:0
1019 [02/Aug/2019:13:27:15] [1:Calendar Thread] Bandwidth:11.250000KB/s Sources:21 Clients:0

```

Figura 6-4. Información registrada en el archivo *ntripcaster.log* del trabajo de campo del IGM
Realizado por: Segura Adriana, 2019

En la Figura 7-4 corroboramos el correcto procesamiento y filtrado de los datos como *tiempo de conexión*, *número de usuarios*, *ancho de banda* que son considerados como críticos en este servidor, del archivo *ntripcaster.log* mediante la aplicación NTRIP IGM-ESPOCH desarrollada en este trabajo.

Como podemos observar en la Figura 7-4 el usuario *foec2* se conecta a las estación *FOEC1* para la transmisión de dato RTCM en la versión 3.0, demás al comparar la información que se encuentra marcada en el recuadro azul con la Tabla 1-4, se constata que es la misma.

Fecha Acceso	Fecha Desconexion	Estacion	Cliente	Usuario	Tiempo (segundos)	Transferencia (bytes)	Consumo (b/s)	Conexiones
2019-07-31 14:08:44	2019-07-31 14:09:52	FOEC1	1964	foec1	68	17,954	264.0294	2
2019-07-31 14:09:51	2019-07-31 14:14:51	FOEC1	1965	foec1	300	80,901	269.6700	1
2019-08-01 08:54:58	2019-08-01 09:01:03	FOEC1	2257	foec2	366	105,510	288.2787	1
2019-08-01 11:44:30	2019-08-01 11:47:13	FOEC1	2299	foec2	164	38,702	235.9878	1
2019-08-01 11:48:13	2019-08-01 11:52:42	FOEC1	2303	foec2	271	69,212	255.3948	1
2019-08-01 13:03:18	2019-08-01 13:05:32	FOEC1	2326	foec2	135	35,646	264.0444	1
2019-08-01 13:59:18	2019-08-01 14:03:19	FOEC1	2342	foec2	241	68,681	284.9834	1
2019-08-02 11:10:15	2019-08-02 11:17:24	FOEC1	2647	foec2	430	108,553	252.4488	1
2019-08-02 11:20:36	2019-08-02 11:25:19	FOEC1	2654	foec2	284	71,673	252.3697	1
2019-08-02 13:20:14	2019-08-02 13:25:22	FOEC1	2685	foec2	309	86,460	279.8058	1
2019-08-03 09:45:12	2019-08-03 09:47:02	EPEC1	3013	chec2	111	62,781	565.5946	2
2019-08-03 09:46:26	2019-08-03 09:47:42	EPEC1	3015	admin2	77	89,340	1,160.2597	1
2019-08-03 09:51:59	2019-08-03 09:58:06	CHEC1	3023	chec2	367	114,916	313.1226	1
2019-08-03 10:03:33	2019-08-03 10:04:51	CHEC1	3030	chec2	79	24,196	306.2785	1
2019-08-03 10:05:31	2019-08-03 10:15:17	CHEC1	3033	chec2	587	171,037	291.3748	1
2019-08-03 10:30:15	2019-08-03 10:30:45	EPEC1	3041	admin2	31	36,741	1,185.1935	1
2019-08-03 10:32:16	2019-08-03 10:37:47	CHEC1	3046	chec7	331	103,919	313.9547	1
2019-08-03 11:03:37	2019-08-03 11:05:51	CHEC1	3055	chec7	134	39,623	295.6940	2
2019-08-03 11:05:50	2019-08-03 11:06:32	CHEC1	3056	chec7	42	12,077	287.5476	1
2019-08-03 12:23:44	2019-08-03 12:26:06	CHEC1	3077	chec7	142	44,315	312.0775	1
2019-08-03 12:29:37	2019-08-03 12:34:41	FOEC1	3083	foec2	304	91,601	301.3191	1
2019-08-03 12:41:32	2019-08-03 12:42:37	CHEC1	3087	chec7	65	22,075	339.6154	1
2019-08-03 12:42:47	2019-08-03 12:44:53	CHEC1	3088	chec7	133	43,285	325.4511	1
2019-08-03 12:52:06	2019-08-03 12:52:17	FOEC1	3091	foec7	12	2,671	222.5833	1
2019-08-03 15:49:07	2019-08-03 15:54:17	FOEC1	3135	foec2	310	98,443	317.5581	1
2019-08-04 16:31:53	2019-08-04 17:03:00	FOEC1	3516	foec2	1,867	491,058	263.0198	1
2019-08-04 17:08:40	2019-08-04 17:09:11	FOEC1	3528	foec2	32	7,770	242.8125	1
2019-08-04 17:21:53	2019-08-04 18:16:41	FOEC1	3534	foec2	3,288	854,660	259.9331	1
2019-08-04 18:17:08	2019-08-04 18:28:32	FOEC1	3552	foec2	684	195,861	286.3465	1
2019-08-04 18:28:56	2019-08-04 19:16:50	FOEC1	3558	foec2	2,874	816,380	284.0571	1

Figura 7-4. Información filtrada mediante la aplicación del trabajo de campo del IGM
Realizado por: Segura Adriana, 2019

Por lo tanto el día 2 de agosto del 2019, el usuario foec2 del IGM ha consumido:

$$\text{Consumo}(\text{bytes/seg}) = \frac{(108553 + 71673 + 86460)\text{bytes}}{(430 + 284 + 309)\text{seg}}$$

$$BW(\text{bytes/seg}) = \frac{266686 \text{ bytes}}{1023 \text{ seg}}$$

$$BW(\text{bytes/seg}) = 260.690 \text{ bytes/seg}$$

Ecuación 1-4: BW para el usuario foec2

4.2.3. Valores medio y mínimo para el usuario foec2 en el mes de Agosto

Es importante realizar un análisis en cuanto uso de datos requerido al momento de realizar mediciones. El personal técnico del IGM realiza mediciones ocasionales, por ejemplo, en el mes de agosto nada más realizaron mediciones de posicionamiento los días 1, 2, 3 y 4.

A continuación se presentan los valores medios y mínimos de *datos* y *anchos de banda* empleados durante las mediciones realizadas en el mes de agosto.

4.2.3.1. Valor Medio de ancho de banda y de uso de datos por conexión

En la Tabla 3-4 se presenta detalladamente los valores el tiempo, datos y anchos de banda de cada conexión, en base a esta información se tiene:

Número de conexiones: 15

$$\text{Promedio(BW)} = \frac{\sum \text{anchos de banda de cada conexión}}{\text{número de conexiones}}$$

$$\text{Promedio(BW)} = \frac{1328.689174 + 784.6243808 + 618.8771435 + 1336.168962}{15}$$

Promedio(BW) = 271.2 bytes/seg por conexión

Ecuación 2-4: BW promedio por conexión usuario foec2.

Para el promedio de datos empleado por conexión se tiene:

$$\text{Promedio(datos)} = \frac{\sum \text{datos de cada conexión}}{\text{número de conexiones}}$$

$$\text{Promedio(datos)} = \frac{317751 + 266686 + 190044 + 2365729}{15} = \frac{3140210}{15}$$

Promedio(datos) = 204.4 Kbytes por conexión

Ecuación 3-4: Promedio de datos por conexión usuario foec2.

Al tener 204.4 Kbytes de datos por conexión, en el mes de agosto este usuario consumió el siguiente valor de datos:

$$\text{Datos} = 204.4 \text{ Kbytes} * 15 = 3 \text{ Mbytes}$$

Tabla 3-4: Valores de foec2 para el mes de agosto

Día	Conexión	Desconexión	Tiempo (segundos)	Datos (bytes)	Consumo (bytes/seg)
uno	08:54:58	09:01:03	366	105510	288.2786885
	11:44:30	11:47:13	164	38702	235.9878049
	11:48:13	11:52:42	271	69212	255.3948339
	13:03:18	13:05:32	135	35646	264.0444444
	13:59:18	14:03:19	241	68681	284.9834025
	Total			1177	317751

dos	11:11:55	11:17:24	430	108553	252.4488372
	11:20:36	11:25:19	284	71673	252.3697183
	13:20:14	13:25:22	309	86460	279.8058252
	Total		1023	266686	260.690127
tres	12:29:37	12:34:41	304	91601	301.3190789
	15:49:07	15:54:17	310	98443	317.5580645
	Total		614	190044	309,517915
cuatro	16:31:53	17:03:00	1867	491058	263.0198179
	17:08:40	17:09:11	32	7770	242.8125
	17:21:53	18:16:41	3288	854660	259.93309
	18:17:08	18:28:32	684	195861	286.3464912
	18:28:56	19:16:50	2874	816380	284.0570633
	Total		8745	2365729	270,523613

Fuente:(ntripcaster.log, 2019)

Realizado por: Segura Adriana, 2019

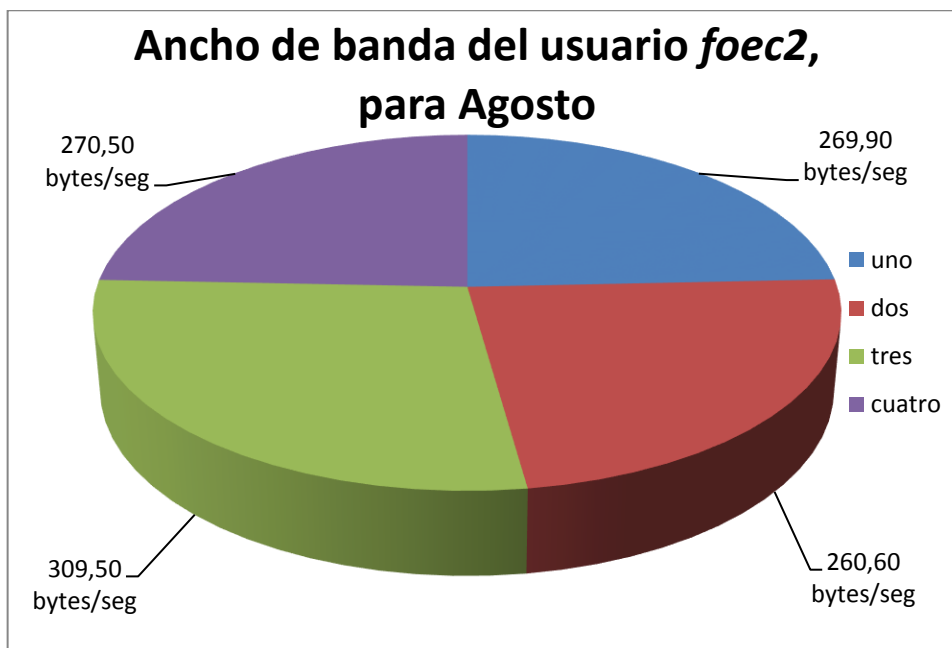


Gráfico 5-4. Anchos de banda del usuario *foec2* para agosto.

Realizado por: Segura Adriana, 2019

En base a los valores medios obtenidos, tanto del ancho de banda como de los datos por cada conexión del usuario *foec2*, en cuanto al ancho de banda generado no es mayor por lo tanto el servidor Caster no presentó mayores exigencias en la transferencia de datos para este usuario, y desde el punto de vista del usuario el consumo de datos será bajo, ya que por conexión en promedio se requieren 74 bytes.

4.2.3.2. Valor mínimo: AB de una de los intentos de conexión. Con el tiempo de conexión.

En la Tabla 4-4 se tiene valor mínimo de ancho de banda generado y datos consumidos por el usuario *foec2* es:

Tabla 4-4: Valor mínimo de ancho de banda de conexión

Fecha	Conexión	Desconexión	Tiempo (segundos)	Datos (bytes)	Consumo (bytes/seg)
04 de Agosto	17:08:40	17:09:11	32	7770	242.8125

Fuente:(ntripcaster.log, 2019)

Realizado por: Segura Adriana, 2019

El valor mínimo de ancho de banda es el de la conexión del 4 de agosto con 242 *bytes/seg* y el de datos es de 7770 *bytes*.

4.2.4. Valor medio y mínimo para la estación *FOEC1* en el mes de Agosto

Este análisis se realizó para la estación *FOEC* en el mes de agosto, para lo cual se tiene:

4.2.4.1. Valor medio de operación

En la Tabla 5-4 tenemos los valores de *usuarios*, *tiempo*, *ancho de banda* y *conexiones* para la estación *FOEC*, se establece:

Número de Usuarios: 3

$$\text{Promedio(BW)} = \frac{\sum \text{anchos de banda de cada usuario}}{\text{número de usuarios}}$$

$$\text{Promedio(BW)} = \frac{279.13354 + 271.667964 + 321.462963}{3} = \frac{872.26}{3} =$$

$$\text{Promedio(BW)} = 290.7 \text{ bytes/seg}$$

Ecuación 4-4: BW promedio de cada usuario para la estación *FOEC*

Tabla 5-4: Valores de *FOEC* para el mes de Agosto

Estación	Usuario	Tiempo (seg)	Datos (bytes)	Consumo (bytes /seg)	Conexiones
FOEC	foec1	322	89881	279.13354	6
	foec2	11559	3140210	271.667964	15
	foec7	270	86795	321.462963	3
	Total			3316886	872.2644677

Fuente:(ntripcaster.log, 2019)

Realizado por: Segura Adriana, 2019

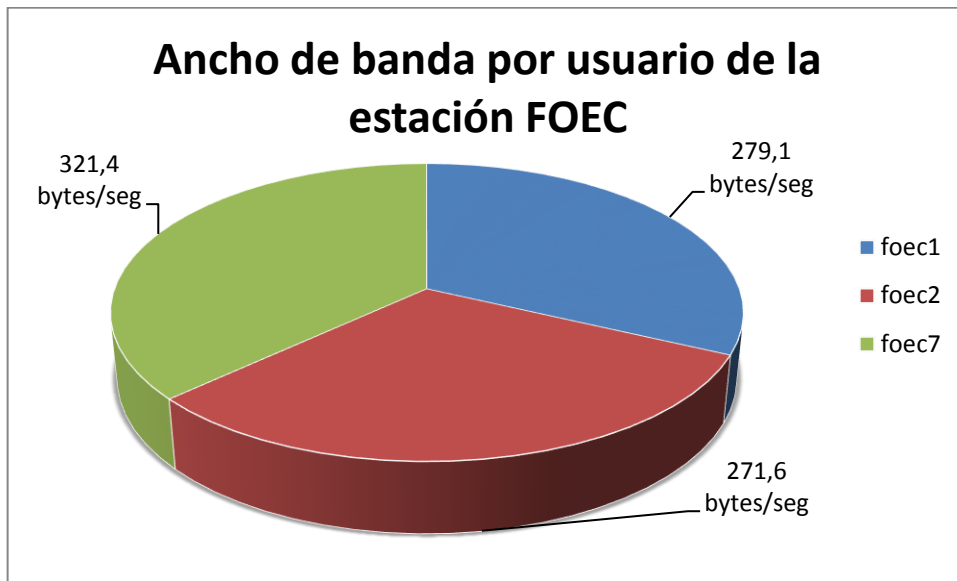


Gráfico 6-4. Ancho de banda por usuarios de la Estación FOEC en el mes de agosto
Realizado por: Segura Adriana, 2019

Para la estación *FOEC* en el mes de agosto se tiene un ancho de banda promedio por usuario de 290.7 bytes/seg por cada usuario.

4.2.4.2. Valor mínimo de operación

El valor mínimo de ancho de banda de la estación *FOEC* es de 271,667964 bytes/seg, lo cual se puede constatar en la Tabla 6-4.

Tabla 6-4: Valor mínimo de operación de estación

Usuario	Tiempo (seg)	Datos (bytes)	Consumo (bytes/seg)	Conexiones
foec2	11559	3140210	271.667964	15

Fuente:(ntripcaster.log, 2019)

Realizado por: Segura Adriana, 2019

4.3. Estadísticas mensuales del servidor Caster

Como análisis final se obtienen las estadísticas mensuales del servidor Caster durante el periodo de operatividad, por lo tanto en la Tabla 7-4 se observan algunos valores como el ancho de banda, datos transferidos y conexiones que el servidor Caster ha recibido por mes de operación.

Tabla 7-4: Datos trasferidos por el servidor Caster

Mes	Conexiones	Datos transferidos (bytes)	Tiempo (seg)	Consumo (bytes/seg)	Usuarios
Enero-Febrero	339	52039794	89317	582.6415352	9
Febrero-Marzo	1618	714527763	1605632	445.0134047	3
Marzo-Abril	1984	1344928254	2630239	511.3330971	11
Abril-Mayo	398	209577726	293879	713.1429126	14
Mayo-Junio	73	19823510	22858	867.2460408	2
Junio-Julio	46	3525455	9097	387.5403979	6
Julio-Agosto	198	17382695	56505	307.6310946	16
Agosto-Septiembre	56	13016333	11047	1178.26858	8
TOTAL	4712	2374821530	4718574	500.53	

Fuente:(ntripcaster.log, 2019)

Realizado por: Segura Adriana, 2019

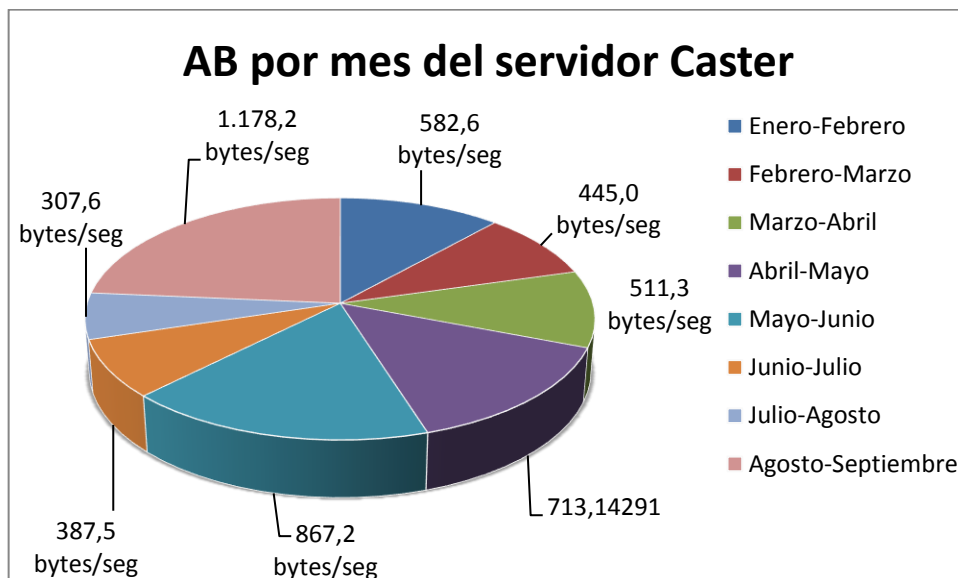


Gráfico 7-4. Anchos de banda mensual

Realizado por: Segura Adriana, 2019

CONCLUSIONES

La importancia del sistema NTRIP radica principalmente en el ahorro de recursos humanos al momento de realizar trabajos de campo para obtener mediciones de posicionamiento en tiempo real. El personal técnico del IGM considera que es necesario un tiempo de 30 segundos para el registro de datos por punto y mientras que con la técnica tradicional de DGPS consideran un tiempo de 1 hora y 30 minutos, visiblemente existe gran ahorro de tiempo al aplicar NTRIP.

NTRIP ya es proyecto mundial, en América Latina se está desarrollando desde el 2008 a través del proyecto SIRGAS-RT perteneciente a SIRGAS y en Ecuador el proyecto ya se implementó en el 2017 en la EERSA, por la parte de la Escuela de Ingeniería en Electrónica Telecomunicaciones y Redes, posteriormente el proyecto se replicó en el IGM en enero del 2019. De modo que, el desarrollo de este trabajo permite realizar un aporte al proyecto NTRIP en Ecuador, al desarrollar un portal web para el acceso de usuarios a los datos GNSS que proporciona NTRIP.

Debido a que el sistema NTRIP se basa en una comunicación TCP, se definen factores críticos que son el ancho de banda, tiempo de conexión y número de usuarios que se hayan conectado. Estos factores se encuentran en el archivo *ntripcaster.log* del servidor Caster y son analizados de forma manual. Al tener un número reducido de datos se podría seguir realizando el análisis de forma manual, pero este no es el caso ya que desde enero hasta septiembre del 2019 se han registrado 4714 conexiones por lo que ya no resulta óptimo el análisis manual, debido a esto se opta por la creación de una aplicación que automatice la monitorización de estos valores para realizar de una manera más eficiente el seguimiento a los usuarios y estaciones.

La función de los Caster es permitir la conexión de usuarios mediante autenticación para obtener información de correcciones de posicionamiento en tiempo real. Para realizar la autenticación de un usuario es necesario un nombre de usuario y una contraseña, las mismas que deben ser creadas en los servidores Caster por los administradores, por tal motivo se desarrolló un portal web, basado en el estándar manejado por SIRGAS. Mediante este portal web, los administradores pueden contactar con las personas interesadas y también proteger a los servidores Caster.

La aplicación desarrollada permite realizar las estadísticas generales, por usuario y por estación, de parámetros como el ancho de banda, tiempo de conexión, número de usuarios que se hayan conectado y así monitorear el funcionamiento e información de los servidores Caster. Se basa en

Python y en la creación de funciones, las cuales realizarán una búsqueda mediante la comparación de caracteres o cadenas de caracteres específicos, para poder extraer solo la información necesaria como la fecha y hora de acceso y desconexión, la estación, el usuario, el tiempo de conexión en segundos, los datos transferidos en bytes a cada usuario, y lograr obtener las estadísticas de consumo, ya sean generales por usuario o estación.

En acuerdo con el personal técnico del IGM se realiza el levantamiento topográfico en la ciudad de Francisco de Orellana de 11:10:15 a 13:25:22, se da soporte técnico con el monitoreo de los parámetros y funcionamiento del Caster y se comprueba que la operatividad del servidor coincide con las laborables, así como los datos utilizados en el levantamiento. Obteniendo alta precisión y afirmado por el personal técnico en el informe emitido, en el cual se recalca la gran ventaja de NTRIP frente a la técnica tradicional de post-proceso, pues se tiene una diferencia en sus mediciones de 0.006 en x, 0.0012 en y y de 0.014 en z, es decir al aplicar la técnica de NTRIP obtiene casi la misma precisión en sus medidas que mediante la técnica de post-proceso, pero NTRIP en solo 30 segundos por punto mientras que con la técnica de post-proceso se emplea alrededor de una hora y media.

Verificando la media de ancho de banda generado por el usuario *foec2* en el mes de agosto fue 271 bytes/seg y el mínimo de 242.8 bytes/seg. El promedio de datos empleados por usuario es de 209.3 bytes y el mínimo 7770 bytes. En la estación FOEC se tuvo un promedio de ancho de banda por usuario de 290.7 bytes/seg y un mínimo de 271.6 bytes/seg., de la información obtenida se observa que los anchos de banda empleados por usuario no representarán ningún problema en el funcionamiento y rendimiento del servidor Caster

El portal web desarrollado en este trabajo es el primero ejecutado en Ecuador en conjunto con el IGM, el mismo tiene como propósito la difusión del servicio de correcciones de posicionamiento en tiempo real que ofrece el sistema NTRIP, al cual pueden acceder los usuarios para fines de investigativos.

RECOMENDACIONES

Optimizar y a futuro mejorar la interfaz del portal web, en aspectos como la inserción de un mapa que permita monitorear el comportamiento de las estaciones en tiempo real, en caso de que estas pierdan conectividad con el servidor Caster o presenten algún desperfecto o falla.

Adicionalmente en la aplicación se podrían realizar optimizaciones como la apariencia de la interfaz, adicionar o incluir más opciones en el menú que permitan realizar opciones de búsqueda, recorte del archivo .log en el caso de que se desee realizar un filtrado y análisis en un día o un mes en específico. También se podría adicionar una opción que permita exportar los datos procesados por la aplicación a un archivo de Excel para realizar de una manera más eficiente las estadísticas.

Continuar con la ejecución de pruebas para verificar y monitorear el comportamiento de los servidores Caster cuando el número de usuarios se incremente.

Probar la confiabilidad y funcionamiento de la aplicación desarrollada con un archivo .log más grande, que se podrá obtener cuando el servidor Caster tenga más tiempo de operatividad, ya que el archivo .log con el que se realizaron las pruebas para este trabajo, registra información de solo 9 meses de operatividad del servidor Caster.

GLOSARIO

ARP	Punto de Referencia de la Antena
AS	Disponibilidad Selectiva
DGPS	Sistema de Posicionamiento Global Diferencial
GNSS	Sistema Global de Navegación por Satélite
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
HTML	Lenguaje de Marcas de Hipertexto
HTTP	Protocolo de Transferencia de Hipertexto
MSC	Estación de Control Master
NTRIP	Red de Transporte de RTCM a través de Protocolo de Internet
OCS	Segmento de Control Operacional
RTCM	Comisión Técnica de Radio para Servicios Marítimos
RTK	Posicionamiento cinemático en tiempo Real
TCP	Protocolo de Control de Transmisión

BIBLIOGRAFÍA

BBC NEWS MUNDO, *Cómo funciona GLONASS y por qué el sistema de navegación ruso no tiene el éxito del GPS estadounidense*. [Consulta: 5 julio 2019]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-41596292>.

BERNÉ VALERO, J.L., ANQUELA JULIÁN, A.B. & GARRIDO VILLÉN, N., *GNSS: GPS: fundamentos y aplicaciones en geomática [en línea]*. 2014. ISBN 9788490482612. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. [Consulta: 30 marzo 2019]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=3228085&query=gns> s.

BERNÉ VALERO, J.L., GARRIDO VILLÉN, N.R. y CAPILLA, R., *GNSS: GPS, GALILEO, GLONASS, BEIDOU: fundamentos y métodos de posicionamiento [en línea]*. 2019. ISBN 9788490487778. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. [Consulta: 30 marzo 2019]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=5809635>.

BKG GNSS DATA CENTER, *NTRIP - Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*. [en línea], [2019]. [Consulta: 10 septiembre 2019]. Disponible en: https://igs.bkg.bund.de/root_ftp/NTRIP/documentation/NtripDocumentation.pdf.

BOTELLA, A. Y MUÑOZ, A. *Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática [en línea]*. 2011. ISBN 9788497889339. Editorial UOC. [Consulta: 19 abril 2019]. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=3201076>.

CARRANZA, ANDRÉS & REYES, JOSÉ., *Análisis en Implementación de Diferencial de GPS en tiempo real a través de la tecnología NTRIP para la EERSA (Tesis) (Pregrado)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2017. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/8434/1/98T00181.pdf>

CELAYA LUNA, A., *Creación de páginas web [en línea]*. 2014. ISBN 9781512949599. Editorial ICB. [Consulta: 25 junio 2019]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=5349779>.

- CHAN, E. y BACIU, G.,** *Introduction to Wireless Localization : With iPhone SDK Examples [en línea]*. 2012. ISBN 9781118298558. John Wiley & Sons, Incorporated. [Consulta: 5 junio 2019]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/epoch/detail.action?docID=931823>.
- CORREIA, P.,** *Guía Práctica del GPS [en línea]*. 2002. ISBN 9788426713247. Marcomboe. [Consulta: 20 mayo 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=iTW7BBKScHsC>.
- CUEVAS ÁLVAREZ, A.,** *Python 3 [en línea]*. 2016. ISBN 9788499643595. RA-MA Editorial. [Consulta: 28 mayo 2019]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=5759030>.
- EL-RABBANY, A.,** *Introduction to GPS: The Global Positioning System [en línea]*. 2002. ISBN 9781580531832. Artech House. [Consulta: 5 julio 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=U2JmghrrB8cC>.
- EUSKADI,** Conexión a la red GNSS a través de Internet. Aplicaciones en tiempo real. 2014. [Consulta: 2 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.gps2.euskadi.net/internet.php>.
- FALLAS, J.,** Sistema de Posicionamiento Global. [en línea], 2002. [Consulta: 5 julio 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Fallas5/publication/228389461_SISTEMA_DE_POSICIONAMIENTO_GLOBAL/links/55a529f008ae81aec9133e7e/SISTEMA-DE-POSICIONAMIENTO-GLOBAL.pdf.
- FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION,** Consumer & Governmental Affairs Bureau. 2008 “Entienda las áreas de cobertura de su teléfono celular”. [Consulta: 20 julio 2019]. Disponible en www.fcc.gov/cgb.
- GARCIA, D.,** *Sistema GNSS (Global Navigation Satellite System)* [en línea]. Universidad Autónoma de Madrid. 2008. Disponible en: <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20080125DavidGarcia.pdf>.
- GOOGLE,** Enviar correo electrónico desde impresoras, escáneres o aplicaciones [en línea], 2019. [Consulta: 25 octubre 2019]. Disponible en: <https://support.google.com/a/answer/176600?hl=es>.

- GPS: THE GLOBAL POSITIONING SYSTEM**, Official U.S. government information about the Global Positioning System (GPS) and related topic. 2019. [Consulta: 4 junio 2019]. Disponible en: <https://www.gps.gov/>.
- GRUPO DE GEODESIA SATELITAL DE ROSARIO-GGSR**, Caster experimental SIRGAS [en línea], [Consulta: 7 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.fceia.unr.edu.ar/gps/>.
- HERRERA OLMO, A.M.**, Desarrollo e implementación de un simulador de datos GNSS [en línea]. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN. 2016. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/bf1a/337690a26f17a33b9a8419be6c06bff06efe.pdf>.
- HOYER, M.**, Conceptos básicos del posicionamiento GNSS en tiempo real. NTRIP y tópicos relacionados con el tema. [en línea]. 2012. [Consulta: 25 julio 2019]. Disponible en: ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS-RT/03_Hoyer_GNSS_en_Tiempo_Real.pdf%0A.
- HUERTA, E., MANGIATIERRA, A. y NOGUERA, G.**, *GPS Posicionamiento Satelital [en línea]*. 2005. ISBN 9506734887. Editorial de la Universidad Nacional del Rosario. [Consulta: 13 julio 2019]. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/view/14510870/gps-posicionamiento-satelital-universidad-nacional-de-rosario>.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR**, [en línea], 2019. [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.igm.gob.ec/index.php/en/la-institucion/mision-y-vision>.
- IVARS, L.**, Sobre NTRIP. 2011. [Consulta: 22 julio 2019]. Disponible en: <http://cafegeodesico.blogspot.com/2011/10/sobre-ntrip.html>.
- LENZ, E.**, Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) – Application and Benefit in Modern Surveying Systems. FIG Working Week 2004. Atenas. Grecia.
- LENZ, E.**, Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) –Application and Benefit in Modern Surveying Systems. , 2004.
- MÁRQUEZ, A.**, NTRIP herramienta indispensable para la cartografía y el catastro. [en línea]. 2012. [Consulta: 20 agosto 2019]. Disponible en: https://www.academia.edu/6898106/NTRIP_HERRAMIENTA_INDISPENSABLE_PARA_LA_CARTOGRAFIA_Y_EL_CATASTRO.

- MARTÍNEZ TÉBAR, J.A.**, *Sistema Galileo: El concepto europeo de la navegación por satélite* [en línea]. Universidad Politécnica de Catalunya. 2013. [Consulta: 2 julio 2019]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19185/Galileo_TFC.pdf?sequence=1.
- NOGUERA, G. y PÉREZ, R.**, *Proyecto "SIRGAS RT" (Tiempo Real)* [en línea]. 2012. [Consulta: 12 mayo 2019]. Disponible en: ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS-RT/01_Noguera_Perez-Rodino_Curso_RT.pdf.
- OLMEDILLAS, J.C.**, *Introducción a los sistemas de navegación por satélite* [en línea]. 2012. ISBN 9788490291672. Editorial UOC. [Consulta: 25 abril 2019]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=3216307>.
- PACHAS, R.**, Posicionamiento estático diferencial: errores y postproceso. [en línea], 2010. [Consulta: 30 julio 2019]. Disponible en: <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/academia/article/view/6067/5872>.
- PIÑÓN, D. y CIMBARO, S.**, *Envío de Correcciones Diferenciales en Tiempo real a través de Internet*. 2009. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/274006188_Correcciones_diferenciales_via_NT_RIP_para_dispositivo_movil_con_aplicacion_android.
- POZO RUZ, A., RIBEIRO, A., GARCÍA ALEGRE, M.C., GARCÍA, L., GUINEA, D. y SANDOVAL, F.**, Sistema de posicionamiento global (GPS): Descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro. *ETS ingenieros de Telecomunicaciones. Universidad de Malaga* [en línea], 2000. [Consulta: 15 abril 2019]. Disponible en: http://www.oocities.org/es/foro_gps/infografia/gps5.pdf.
- PRIEGO DE LOS SANTOS, E.**, *Topografía: instrumentación y observaciones topográficas* [en línea]. 2015. ISBN 9788490483336. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. [Consulta: 19 abril 2019]. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=3216307>.
- PYTHON**, General Python FAQ [en línea]. 2019. [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <https://docs.python.org/3.7/faq/general.html#what-is-python>.
- REGME**, Geoportal IGM [en línea], 2019. [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: http://www.geoportaligm.gob.ec/visor_regme/.

- REUTER, F.**, *Sistema de Posicionamiento Global: Sistema GLONASS [en línea]*.2008. *Serie Didactica N°4*. Universidad Nacional de Santiago del Estero. [Consulta: 25 mayo 2019]. Disponible en: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-3-GPS-Reuter.PDF>.
- RTCM**, Comision Radio Técnica de, *OVERVIEW OF RTCM*. [Consulta: 9 julio 2019]. Disponible en: <http://www.rtcn.org/about.html>.
- RTCM**, Recommended Standards for Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Service, Version 2.3. 2010. [Consulta: 10 marzo 2019]. Disponible en: <http://www.rtcn.org/>.
- RTMC**, Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Services - Version 3. 2016. [Consulta: 17 junio 2019]. Disponible en: <http://www.rtcn.org/>.
- SILVA VILLACRÉS, Ó.F.**, *Implementación de la tecnología NTRIP en dispositivos móviles navegadores, mediante una aplicación, para obtener coordenadas GPS con mejor precisión y en tiempo real [en línea]* (Tesis). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. 2014. pp. 28. [Consulta: 2019-06-30]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8479>.
- SIRGAS**, Home | Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas [en línea], 2019. [Consulta: 25 julio 2019]. Disponible en: <http://www.sirgas.org/es/>.
- SIRGAS-RT**, *Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS)*. [en línea]. [Consulta: 7 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.sirgas.org/es/sirgas-rt/>.
- SUÁREZ SILVA, N., PÉREZ RODINO, R. y YELICICH PELÁEZ, R.**, Red de transporte de datos en formato RTCM, vía protocolo de Internet (NTRIP). Implementación en la región y proyección futura a través de SIRGAS. [en línea]. 2013. [Consulta: 30 julio 2019]. Disponible en: <http://www.sgm.gub.uy/?mdocs-file=572>.
- THILANTHA, D., PANITHAN, S., LAL, S., SUSAKI, J. y SRISAHAKIT, T.**, Potential Accuracy and Practical Benefits of NTRIP Protocol Over Conventional RTK and DGPS Observation Methods. [en línea], 2009. [Consulta: 10 septiembre 2019]. Disponible en: <https://www.geospatialworld.net/article/potential-accuracy-and-practical-benefits-of-ntrip-protocol-over-conventional-rtk-and-dgps-observation-methods/>.
- TIERRA, A. y ALVAREZ, C.**, Implementación de mediciones GNSS para la realización de correcciones diferenciales en tiempo real mediante el uso de NTRIP. [en línea], 2011.

- [Consulta: 10 septiembre 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282055364_IMPLEMENTACION_DE_MEDICIONES_GNSS_PARA_LA_REALIZACION_DE_CORRECCIONES_DIFERENCIALES_EN_TIEMPO_REAL_MEDIANTE_EL_USO_DE_NTRIP.
- VASWANI, V.**, *Fundamentos de PHP [en línea]*. 2010. ISBN 9789701071328. McGraw-Hill Interamericana. [Consulta: 20 julio 2019]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/espochsp/detail.action?docID=3191866>.
- VAZQUÉZ CASTAÑO, J.M.**, *Fundamentos del sistema GPS*. [en línea]. 2014. [Consulta: 10 agosto 2019]. Disponible en: https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/pluginfile.php/8894/mod_resource/content/0/Manual_GPS_Rev01.pdf.
- VISUAL STUDIO CODE**, *Documentation for Visual Studio Code*. [en línea]. 2019. [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <https://code.visualstudio.com/docs>.
- WEBER, G.**, *Streaming Real – Time IGS Data and Products Using NTRIP*. [en línea]. 2006. [Consulta: 10 agosto 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Georg_Weber3/publication/265810105_Streaming_Real-Time_IGS_Data_and_Products_Using_NTRIP/links/56d9ad6008aebabdb40f7c97.pdf.
- XAMPP**, [en línea], 2019. [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.apachefriends.org/es/about.html>.
- ZABALA, MÓNICA.**, *Implementación del Caster experimental para la distribución de medidas de GPS en tiempo real a través de NTRIP*. *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*, vol. 13, no. 1 (2018). ISSN 1390-4663. DOI 10.24133/cctespe.v13i1.830.

ANEXOS

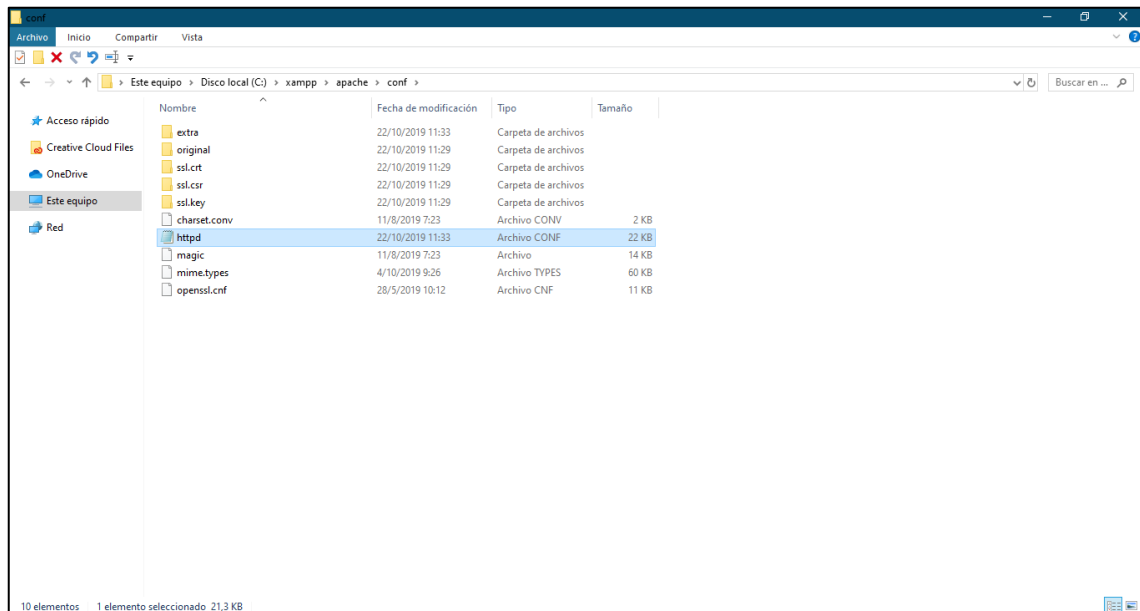
ANEXO A: Instalación de XAMPP

El software se puede descargar del link: <https://www.apachefriends.org/es/index.html>.



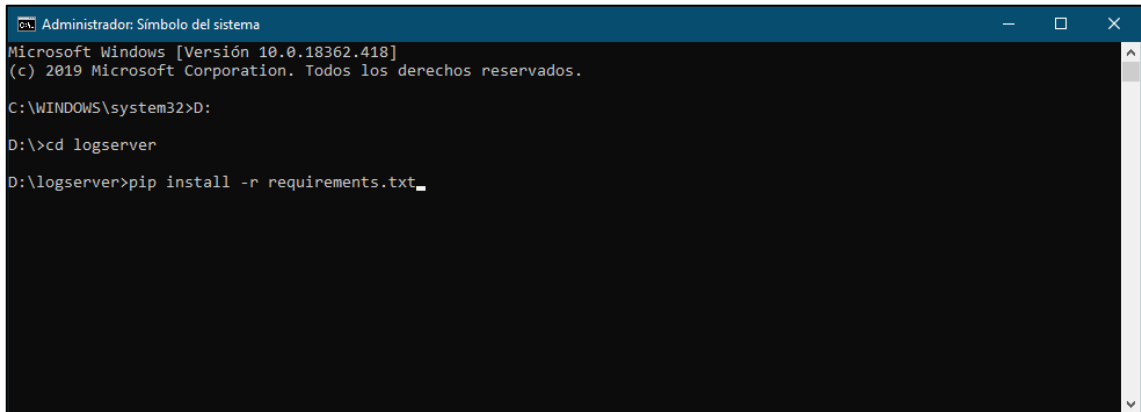
ANEXO B: Configuración de puertos en caso de que no se inicie el módulo APACHE.

Abrir el archivo de configuración *httpd* que se encuentra en la ruta *C:\xampp\apache*.



ANEXO I: Instalación de requerimientos para la ejecución del código en Python

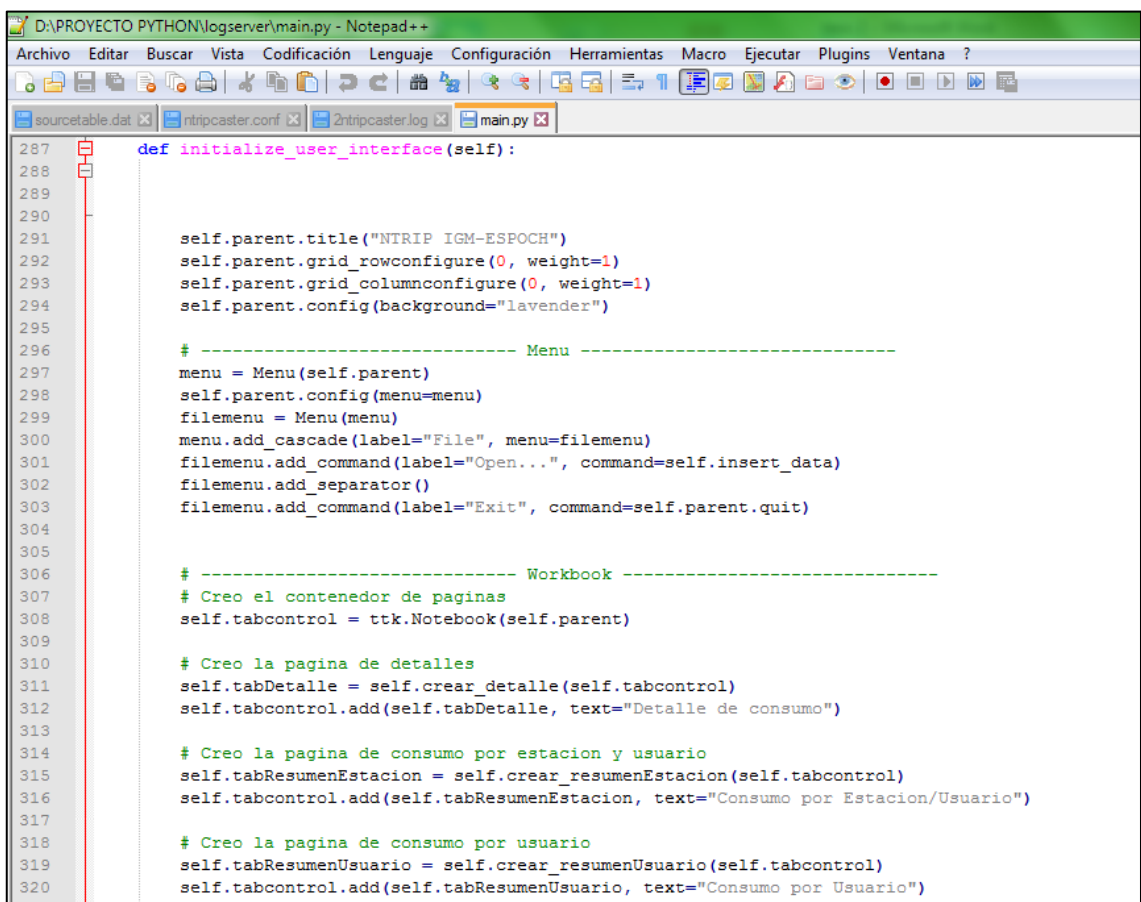
Posicionarnos mediante la consola de windows en la ruta en la que se encuentra ubicado el proyecto y digitar la línea: `pip install -r requirements.txt`.



```
Administrador: Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.18362.418]
(c) 2019 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\WINDOWS\system32>D:
D:\>cd logserver
D:\logserver>pip install -r requirements.txt
```

ANEXO J: Funciones necesarias para la aplicación



```
D:\PROYECTO PYTHON\logserver\main.py - Notepad++
Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?
sourceable.dat ntripcaster.conf ntripcaster.log main.py
287 def initialize_user_interface(self):
288
289
290
291     self.parent.title("NTRIP IGM-ESPOCH")
292     self.parent.grid_rowconfigure(0, weight=1)
293     self.parent.grid_columnconfigure(0, weight=1)
294     self.parent.config(background="lavender")
295
296     # ----- Menu -----
297     menu = Menu(self.parent)
298     self.parent.config(menu=menu)
299     filemenu = Menu(menu)
300     menu.add_cascade(label="File", menu=filemenu)
301     filemenu.add_command(label="Open...", command=self.insert_data)
302     filemenu.add_separator()
303     filemenu.add_command(label="Exit", command=self.parent.quit)
304
305
306     # ----- Workbook -----
307     # Creo el contenedor de paginas
308     self.tabcontrol = ttk.Notebook(self.parent)
309
310     # Creo la pagina de detalles
311     self.tabDetalle = self.crear_detalle(self.tabcontrol)
312     self.tabcontrol.add(self.tabDetalle, text="Detalle de consumo")
313
314     # Creo la pagina de consumo por estacion y usuario
315     self.tabResumenEstacion = self.crear_resumenEstacion(self.tabcontrol)
316     self.tabcontrol.add(self.tabResumenEstacion, text="Consumo por Estacion/Usuario")
317
318     # Creo la pagina de consumo por usuario
319     self.tabResumenUsuario = self.crear_resumenUsuario(self.tabcontrol)
320     self.tabcontrol.add(self.tabResumenUsuario, text="Consumo por Usuario")
```

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA
INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 18/11/2019

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombre – Apellido: Adriana Belén Segura Bermeo
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Informática y Electrónica
Carrera: Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes
Título a optar: Ingeniera en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes
f. Documentalista Responsable: