

IGM
INFORME AVANCE 2012

INFORME DE AVANCE
2012

1. DATOS GENERALES

1.1 NOMBRE DEL PROYECTO

- Determinación de un Marco Geodésico de Referencia òANTARTIDA - ECö de alta precisión enlazado al ITRS (International Terrestrial Reference System) y cálculo de un Modelo de Ondulación Geoidal Local con mediciones de GPS, gravimetría y alturas trigonométricas; complementado con el cálculo de la Declinación Magnética y Convergencia, en la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, localizada en la Punta Fort William de la Isla Greenwich.
- Instalación de una estación de monitoreo continuo enlazada a la Red SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) y postular como estación IGS.

1.2 PERSONAL PARTICIPANTE E INSTITUCIONES EJECUTORAS

- Capt. Ricardo Coyago
- Tec. Fredy Flores E

Institución Ejecutora: INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

Responsable (s) del Proyecto: Tec. Fredy Flores E

1.3 HIPÓTESIS GENERAL DEL PROYECTO

- Comprobar la recepción satelital y calidad de los datos de la estación de monitoreo continuo a instalarse, así como de los puntos pertenecientes a la Red GPS òAntártida ó ECö, realizar un control de calidad evaluando así las diferencias que existen con las estaciones que funcionan en el Ecuador continental.
- Comprobar que modelo global de ondulaciones geoidales (EGM96 ó EGM2008) se acopla mejor a la ondulación real obtenida en la zona de trabajo.
- Comprobar que el valor de la aceleración de la gravedad en los polos es mayor a la aceleración de la gravedad en latitudes medias (Ecuador).

1.4 AÑO DE EJECUCIÓN

2012

1.5 PRINCIPALES RESULTADOS

- Coordenadas GPS de 11 puntos de la Red GPS òAntártida ó ECö, en el Sistema de Referencia IGS08, Época 2012.0
- Determinación de un BM de referencia vertical en la Estación Maldonado (BM-Orión)
- Alturas niveladas trigonométricamente de 9 puntos de la Red GPS òAntártida ó ECö
- Determinación de un punto gravimétrico en la Estación Maldonado (BM-Orión), enlazado a un punto de referencia en Base Frei.
- Valores de aceleración de gravedad de 5 puntos de la Red GPS òAntártida ó ECö
- Valor de aceleración de gravedad de un punto auxiliar (PEVIMA)
- Determinación de un modelo de ondulación geoidal de Punta Fort William.

IGM INFORME AVANCE 2012

2. INFORME TÉCNICO

2.1 RESUMEN

El Instituto Geográfico Militar, forma parte de la XVI Expedición a la Antártida en el año 2012, presentando el proyecto Geodésico: Determinación de un Marco Geodésico de Referencia ñANTARTIDA - ECö de alta precisión enlazado al ITRS (International Terrestrial Reference System), calcular un Modelo de Ondulación Geoidal Local con mediciones GPS, altura trigonométrica y gravimétrica; establecer una estación de monitoreo continuo enlazada a la Red SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) y postular como estación IGS en el área de la Estación Científica ecuatoriana ñPedro Vicente Maldonadoö.

Este primer informe (de un total de tres que serán realizados en las posteriores expediciones a la Antártida) contiene los resultados preliminares de las mediciones GPS, nivelación trigonométrica y gravimetría realizados sobre las estaciones que forman parte de la Red ñAntártida ECö en la Isla de Greenwich, Punta Fort William, sitio donde se encuentra la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado.

El objetivo es realizar un análisis multitemporal de los datos obtenidos en las tres etapas y presentar, a la comunidad científica, un reporte definitivo de resultados analizados técnica y estadísticamente con la finalidad de que sirvan como estaciones de inicio para posteriores estudios geodésicos, hidrográficos, geológicos, biológicos, etc.

Es imprescindible contar con un Marco de Referencia Geodésico en la Antártida para que todas las investigaciones científicas e investigativas de toda índole, que se realicen a futuro y que necesiten uso del GPS, se encuentren normadas, dentro de un sistema de referencia único y específico. Para esto, sobre una Red Básica existente, se realizaron mediciones GPS, nivelación trigonométrica y observaciones de gravedad

La Red GPS Básica establecida en el área de la estación científica ecuatoriana en la Antártida está enlazada a la Red SIRGAS de funcionamiento continuo (SIRGAS-CON) la misma que está conformada en la actualidad por cerca de 250 estaciones, de las cuales 48 pertenecen a la red global del IGS.

La Nivelación Trigonométrica se la realizó en base a un punto establecido por el INOCAR (BM-Orión) el mismo que tiene una cota definida por observaciones de marea realizadas en expediciones anteriores por el INOCAR.

Las mediciones gravimétricas se realizaron trasladando los valores de gravedad a la estación BM-ORIÓN en Punta Fort William desde la Isla Rey Jorge, lugar en el que se encuentra ubicada una estación enlazada, previamente, desde una estación de Gravedad Absoluta en Punta Arenas. De allí se realizaron observaciones a diferentes estaciones del lugar.

2.2 INTRODUCCIÓN

El vertiginoso avance tecnológico sumado al uso de nuevas metodologías de captura y procesamiento de datos como las técnicas satelitales de GPS y GNSS, han propiciado la georeferenciación o espacialización de los fenómenos sobre la superficie de la tierra con coordenadas de alta precisión.

La tecnología actual ha llevado a utilizar estaciones permanentes de monitoreo continuo, las mismas que permiten derivar componentes de velocidades (es decir, cambios en las coordenadas dX/dt , dY/dt , dZ/dt), determinadas a partir de observaciones GPS.

La implantación de un Marco Geodésico de Referencia de alta precisión, que además se encuentre enlazado al IGS08 actual permitirá obtener los datos correctamente espacializados y sobretodo

IGM INFORME AVANCE 2012

Normados para futuras aplicaciones de investigación.

Es así que, en levantamientos geodésicos que se efectuaban utilizando métodos clásicos, se obtenían coordenadas luego de un largo proceso y ajuste de la información; con las técnicas de posicionamiento satelital se ha logrado superar la precisión, el tiempo de respuesta y disminuir los costos de las campañas de campo.

Este es el caso de la nivelación geométrica que obtiene la altura de un punto con respecto al nivel medio del mar con muy alta precisión, sin embargo este proceso involucra demasiado tiempo y altos costos. Con el uso de las tecnologías GNSS se ha logrado obtener alturas referidas al elipsoide (modelo matemático de la Tierra), las mismas que tienen una diferencia con la altura nivelada que se denomina ondulación.

Este hecho acarrió un creciente interés por un geoide más preciso para aplicaciones en las áreas geodésicas, geofísicas, hidrográficas, oceanográficas, geológicas, mapeo e ingeniería, en que se necesita el conocimiento de una altitud con significado físico, la altitud ortométrica (altura obtenida de la diferencia de la altura elipsoidal menos la ondulación). Para que las altitudes elipsoidales (h) (referidas al elipsoide), oriundas de levantamientos con GPS, se puedan utilizar en estas áreas, es necesario que sean convertidas en altitudes "ortométricas" (H), referidas al geoide. Para ello, hay que conocer la altura u ondulación geoidal (N), es decir, la separación entre las dos superficies de referencia, el geoide y el elipsoide.

Las mediciones gravimétricas determinarán la altitud dinámica y geopotencial de los puntos, es decir medida de gravedad para la corrección de alturas por falta de paralelismo de las superficies equipotenciales.

Es indispensable colocar un equipo de monitoreo continuo a futuro en la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, con el objetivo de conocer el movimiento y posición que tiene la estación en el transcurso de su funcionamiento, para proyectos de investigación que utilicen datos GPS y sus derivados. Además analizar la calidad de datos GPS generados en la Antártida; como satélites observados, comportamiento de multipath, funcionamiento y estabilidad del receptor y antena GNSS, y el efecto que pueda generar la utilización de domos para la protección de la antena.

2.3 OBJETIVO GENERAL

- Determinar un Marco Geodésico de Referencia de alta precisión enlazado al ITRS (**International Terrestrial Reference System**) y calcular un Modelo Geoidal Local con GPS, altura trigonométrica, gravimetría, y establecimiento de una estación de monitoreo continuo en el área de la Estación Científica òPedro Vicente Maldonadoö, que permita a científicos de las diferentes áreas, en especial de Geodesia, Geofísica, Geología, Hidrografía y Glaciología, mejorar sus investigaciones, utilizando tecnología de punta como los Sistemas Satelitales de Navegación Global (GPS y GLONASS).

2.4 OBJETIVOS PARCIALES ALCANZADOS DURANTE EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

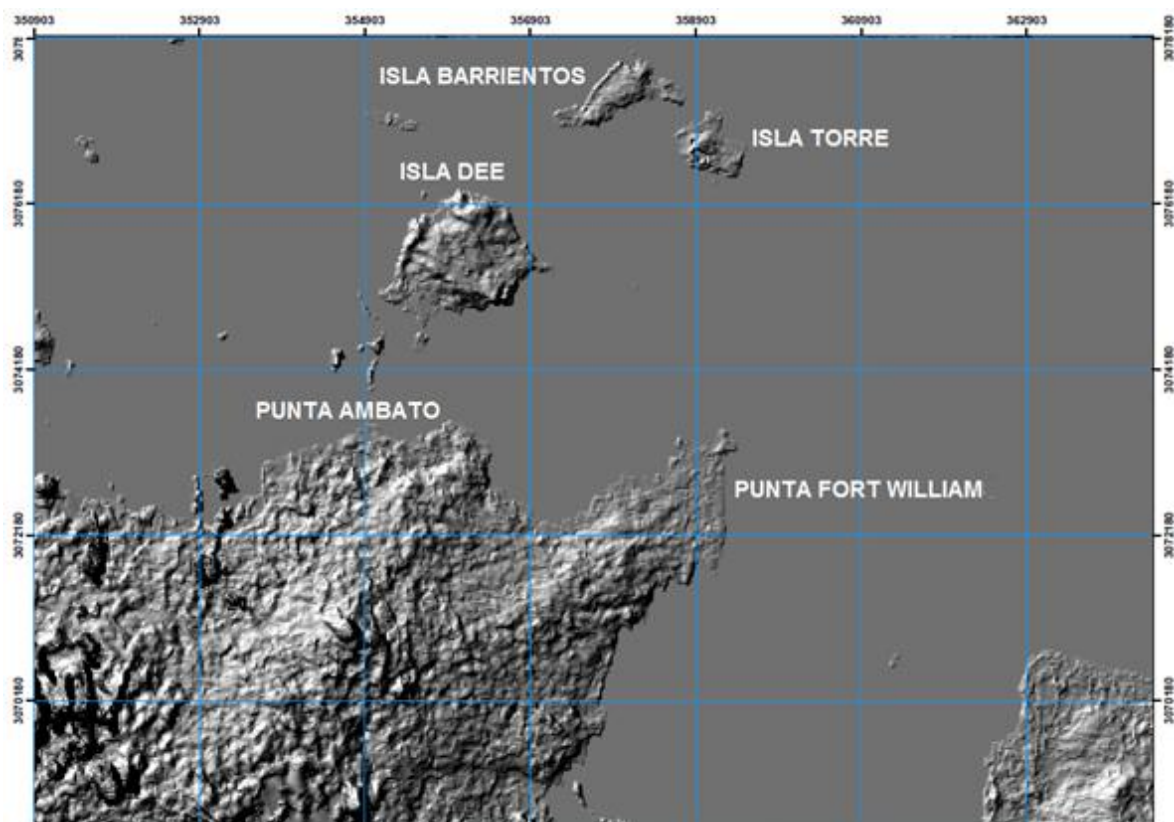
- Identificar el lugar en donde se instalará la estación de monitoreo continuo siguiendo las especificaciones IGS en la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado.
- Determinar una Red GPS òAntártida ó ECö de alta precisión enlazada a la Red SIRGAS-CON (IGS08), a través de las estaciones IGS (International GNSS Service) en el área de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado.
- Determinar coordenadas de los vértices de la Red Geodésica Convencional (òSAT-01ö, òSAT-02ö, òISLA DEEö e òISLA TORREö) determinada en la tercera expedición y compararlas con las establecidas en esa época.
- Determinar un BM de referencia vertical que servirá de inicio para el cálculo de alturas sobre el nivel medio del mar.

IGM INFORME AVANCE 2012

- Trasladar el valor de aceleración de la gravedad a la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado y densificar los puntos de la Red GPS òAntártida ó ECö
- Calcular la ondulación geoidal (N) en el área de Punta Fort William

2.5 AREA DE ESTUDIO

Estación Científica Ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado, localizada en la Punta Fort William de la Isla Greenwich.



2.6 CRONOGRAMA DE TRABAJO

FECHA	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES	REQUERIMIENTOS
01-feb-12	Llegada a Estación Maldonado		
02-feb-12	Reconocimiento de Placas existentes en el área de trabajo	SAT1,SAT2,RIQUELME,ANDE,PEVIMA, RECONOCIMIENTO INSTALACION ESTACION GNSS	Cámara de fotos, GPS Navegador
03-feb-12	Pinchado Puntos en imágenes Satelitales	CARTOGRAFÍA	Cámara de fotos, GPS R8 GNSS

IGM
INFORME AVANCE 2012

04-feb-12	Observaciones GPS	SAT1	Cámara de fotos, GPS R8 GNSS
05-feb-12	Observaciones Red GPS	SAT1,SAT2,PING,DEE	Zodiak, cámara de fotos, GPS R8 GNSS
06-feb-12	Observaciones Red GPS	SAT1, SAT2, PETREL, TORRE, RIQUELME	Zodiak, cámara de fotos, GPS R8 GNSS
07-feb-12	APOYO LOGÍSTICO		
08-feb-12	Nivelación Puntos Red		Estación Total, prismas
09-feb-12	Observaciones Red GPS	SAT1, SAT2, ANDE, BM-ORIÓN, PETREL	Cámara de fotos, GPS R8 GNSS
10-feb-12	Observaciones Red GPS	SAT1, SAT2, ANDE, BM-ORIÓN, PETREL, DATA	Cámara de fotos, GPS R8 GNSS
11-feb-12	Observaciones Red GPS	SAT1, DATA, SKÚA	Cámara de fotos, GPS R8 GNSS
12-feb-12	Observaciones Red GPS	SAT1,SAT2,PING,DEE	Zodiak, cámara de fotos, GPS R8 GNSS
13-feb-12	Visita a Prat, Enlace Base Frei - Pevima (Enlace 1)	GRAVIMETRÍA	Helicóptero, Cámara de fotos, 2 Gravímetros
14-feb-12	Enlace Base Frei - Pevima (Enlace 2)	GRAVIMETRÍA	Helicóptero, Cámara de fotos, 2 Gravímetros
15-feb-12	Densificación Gravimétrica puntos de la Red. Pinchado Puntos en imágenes Satelitales.	GRAVIMETRÍA, CARTOGRAFÍA	Cámara de fotos, GPS R8 GNSS, 2 GRAVÍMETROS
16-feb-12	Nivelación Puntos Red	GEODESIA	Zodiak, cámara de fotos, Estación Total
17-feb-12	Pinchado Puntos en imágenes Satelitales	CARTOGRAFÍA	Cámara de fotos, GPS R8 GNSS
18-feb-12	Procesamiento de Datos	GRAVIMETRÍA	COMPUTADORA

**IGM
INFORME AVANCE 2012**

19-feb-12	Pinchado Puntos en imágenes Satelitales	CARTOGRAFÍA	Zodiak, cámara de fotos, GPS R8 GNSS
20-feb-12	Procesamiento de Datos	NIVELACIÓN	COMPUTADORA
21-feb-12	Procesamiento de Datos	GPS	COMPUTADORA
22-feb-12	VIAJE DE RETORNO		

2.7 METODOLOGÍA APLICADA Y MATERIALES UTILIZADOS

2.7.1 ESTABLECIMIENTO DE LA RED GPS ANTÁRTIDA - ECö

Selección de vértices propuestos y reconocimiento sobre el terreno

La selección de las estaciones que forman parte de la Red GPS se la realizó sobre puntos existentes en la zona de trabajo, puntos colocados en proyectos de investigación realizados anteriormente.

Dichos puntos presentan condiciones geométricas, técnicas y de fiabilidad destinado a cumplir los requisitos de implantación de una Red Geodésica como son:

- Configuración geométrica adecuada
- Distancia homogénea,
- Fácil acceso a los puntos
- Ubicación en zonas geológicamente estables
- No existan obstrucciones

Bajo estas consideraciones se midieron los siguientes puntos de la Red con sus respectivas características técnicas:

SAT 1

Base inferior cuadrada de concreto de 0.36x0.36m y 0.15m de altura, sobresale un tubo PVC de 0.55m de alto y 0.17 m de diámetro, empotrada se encuentra una placa de bronce con la siguiente inscripción: INSTITUTO OCEANOGRÁFICO, PROHIBIDO TOCAR, ARMADA DEL ECUADOR SAT1 - 04.



IGM
INFORME AVANCE 2012

SAT 2

Tubo PVC de 0.85m de alto y 0.17 m de diámetro (sin base cuadrada de concreto), empotrada se encuentra una placa de bronce con la siguiente inscripción: PROGRAMA ANTARTICO ECUATORIANO, INOCAR-IGM, SAT2.



DEE

Tubo PVC de 0.85m de alto y 0.17 m de diámetro (sin base cuadrada de concreto), empotrada se encuentra una placa de bronce con la siguiente inscripción: PROGRAMA ANTARTICO ECUATORIANO, INOCAR-IGM.



PING

Placa de bronce, empotrada en la roca con la siguiente inscripción: INSTITUTO OCEANOGRÁFICO, PROHIBIDO TOCAR, ARMADA DEL ECUADOR, 2004, GPS



**IGM
INFORME AVANCE 2012**

RIQUELME (RIOU)

Placa de bronce, empotrada en la roca con la siguiente leyenda: INSTITUTO OCEANOGRAFICO, PROHIBIDO TOCAR, ARMADA DEL ECUADOR.



TORRE (TORR)

Tubo PVC de 0.85m de alto y 0.17 m de diámetro (sin base cuadrada de concreto), empotrada se encuentra una placa de bronce con la siguiente inscripción: PROGRAMA ANTARTICO ECUATORIANO, INOCAR-IGM.



PETREL (PETR)

Clavo de bronce centrado y nivelado, que se encuentra incrustado en la roca. Las dimensiones del clavo son: longitud 0.1080 m.; diámetro externo 0.0350 m.; y, diámetro interno 0.0190 m. Sobresale aproximadamente 0.05 m del suelo.



**IGM
INFORME AVANCE 2012**

ANDE

Placa de aluminio empotrada en la roca con la siguiente leyenda: PROGRAMA ANTARTICO ECUATORIANO, IGM ó INOCAR.



BM ó ORION (ORIO)

Hito de concreto tipo IGM-A con las siguientes dimensiones: Base inferior cuadrada de 0.60 x 0.60m, Base Superior de 0.40 x 0.40m, Altura: 1.10m, construido con una profundidad de 1.0m. Empotrada, en el centro de la Base Superior, una placa de bronce con la siguiente inscripción: INSTITUTO OCEANOGRÁFICO, PROHIBIDO TOCAR, ARMADA DEL ECUADOR, BM ORIÓN, 2012.



DATA

Hito de concreto de forma cuadrada de 0.40x0.40m de dimensión, ubicado a ras de piso, sobresale del hito, un tubo PVC de 4ö, 0.05 m de altura. Empotrada en el centro se encuentra una placa de bronce con la siguiente inscripción: INSTITUTO OCEANOGRÁFICO, PROHIBIDO TOCAR, ARMADA DEL ECUADOR, GPS DATA.



**IGM
INFORME AVANCE 2012**

SKUA

Clavo de bronce centrado y nivelado, que se encuentra incrustado en la roca. Las dimensiones del clavo son: longitud 0.1080 m.; diámetro externo 0.0350 m.; y, diámetro interno 0.0190 m. Sobresale aproximadamente 0.05 m del suelo.

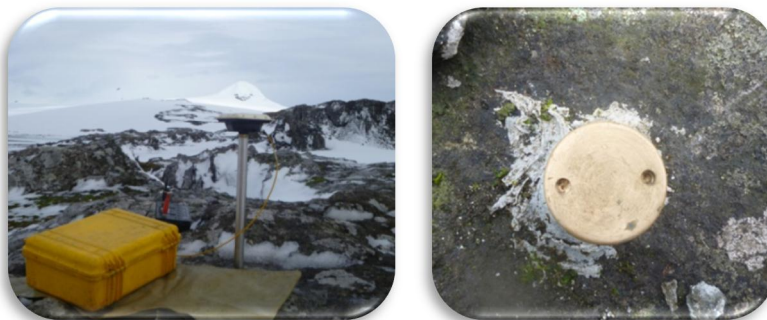
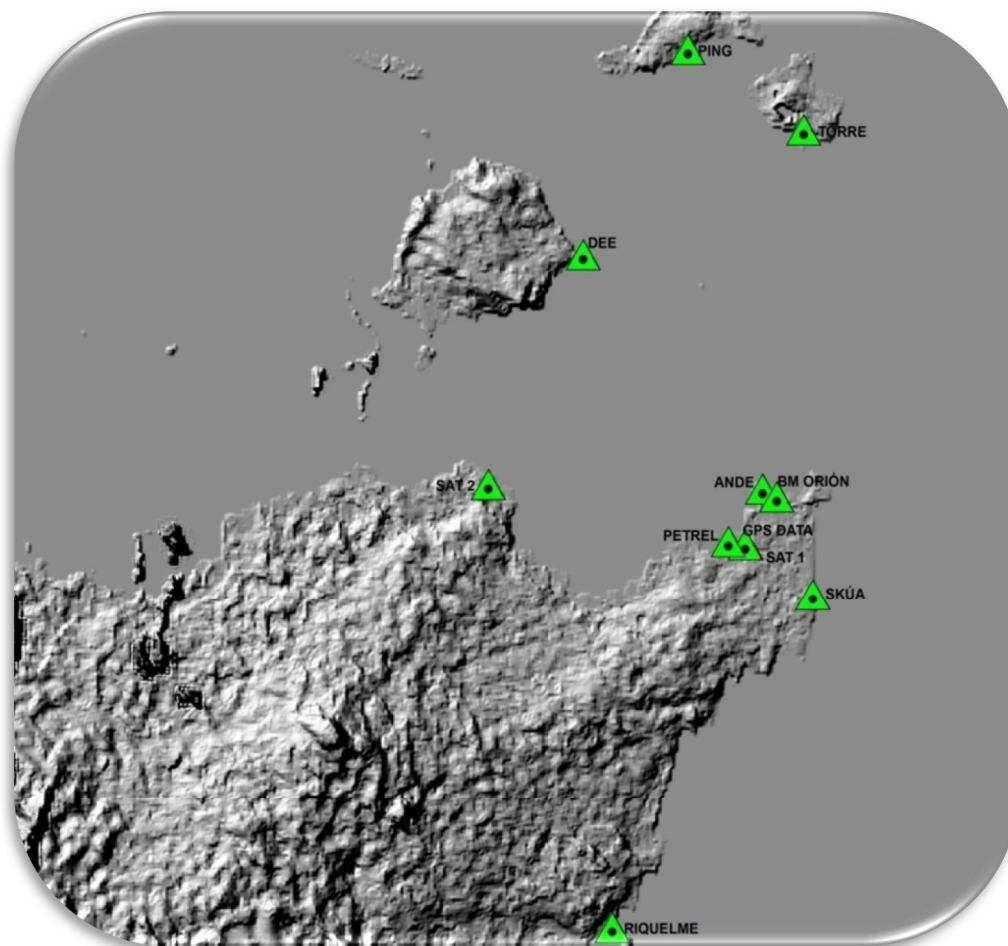


GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE LA RED GPS ñANTÁRTIDA - ECö



IGM

INFORME AVANCE 2012

EQUIPOS GPS UTILIZADOS

Para la recolección de datos se utilizaron 4 Receptores de Doble Frecuencia TRIMBLE GNSS R8, 1 Receptor Doble Frecuencia TRIMBLE 5800, 4 Colectoras de datos, 4 Trípodes, Baterías y Cargadores, todos de la Marca TRIMBLE.

La medición de los puntos de la Red GPS Antártida ó ECö, se realizó por el método de posicionamiento GPS estático diferencial con equipos que tienen las siguientes características técnicas:

***Sistema GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) TRIMBLE R8**

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

Mediciones

~ Tecnología Trimble R-Track

ÉChip GNSS topográfico personalizado Trimble MaxwellÎ avanzado

ÉCorrelador múltiple de alta precisión para medidas de pseudodistancia de GNSS

ÉSin filtrado, datos de medidas de pseudodistancia sin suavizado, para lograr un bajo ruido, pocos errores por trayectoria múltiple, una correlación de dominio de bajo tiempo y una respuesta de alta dinámica.

ÉMedidas de fase portadora de L1, L2 y L5 de muy bajo ruido con una precisión <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz.

ÉLas razones de señal-ruido de L1, L2 y L5 se señalan en dB-Hz

ÉProbada tecnología de rastreo de baja elevación de Trimble

É72 Canales:

ó Código GPS L1 C/A, Transportador de Ciclo Completo L2C, L1/L2/L5

ó Código GLONASS L1 C/A, Código L1 P, Código L2P, Transportador de Ciclo Completo L1/L2

ó Soporte SBAS WAAS/EGNOS

Levantamientos GPS estáticos y FastStatic (estáticos rápidos)

Horizontal: ± 5 mm + 0,5 ppm RMS

Vertical: ± 5 mm + 1 ppm RMS

Temperatura

De funcionamiento: 640 °C a +65 °C (640 °F a +149 °F)

De almacenamiento. 640 °C a +75 °C (640 °F a +167 °F)

Humedad: 100%, con condensación

Sumergible: Cumple con el estándar IPX7 hasta una profundidad de 1 m (3,28 pies)

Golpes y vibraciones: ha sido probado y cumple con los siguientes estándares medioambientales:

Golpes. Apagado: ha sido diseñado para resistir caídas de hasta 2 m (6,6 pies) sobre hormigón.

Encendido: de diente de sierra hasta 40 G, 10 mseg

Vibraciones: Cumple con el estándar MIL-STD-810F, FIG.514.5C-1

**IGM
INFORME AVANCE 2012**



Receptor/Antena Trimble GNSS R8

***RECEPTOR GPS TRIMBLE 5800**

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

Mediciones

~ 24 canales de código C/A L1, portadora de ciclo completo L1/L2

Totalmente operativa durante el cifrado de códigos P

Rastreo de satélites WAAS

Levantamientos GPS estáticos y FastStatic (estáticos rápidos)

Horizontal: $\pm 5 \text{ mm} + 0,5 \text{ ppm RMS}$

Vertical: $\pm 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm RMS}$

Temperatura

De funcionamiento: 040°C a $+65^\circ\text{C}$ (640°F a $+149^\circ\text{F}$)

De almacenamiento: 040°C a $+75^\circ\text{C}$ (640°F a $+167^\circ\text{F}$)

Humedad: 100%, con condensación

NOTA: El GPS Trimble 5800 es propiedad de la ESPE y fue utilizado exclusivamente en la medición del Punto de la Red GPS òAntártida ó ECö, **PETREL**.



Receptor/Antena Trimble 5800

OBSERVACIONES DE CAMPO

Para la recolección de datos GPS se realizaron observaciones los días GPS: **34** (3-02-2012), **36** (5-02-2012), **37** (6-02-2012), **40** (9-02-2012), **41** (10-02-2012), **42** (11-02-2012), **43** (12-02-2012), **45** (14-02-2012), **48** (17-02-2012) y **50** (19-02-2012), correspondientes a las semanas GPS **1673**, **1674**, **1675** y **1676**.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las observaciones realizadas:

**IGM
INFORME AVANCE 2012**

SEMANA GPS	1673	1674					1675			1676	# Obs	Tiempo Total Observación
DÍA GPS	34	36	37	40	41	42	43	45	48	50		
SAT1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	10	52:14:38
SAT2		x	x				x				3	13:35:20
DEE		x					x				2	4:44:34
PING		x					x				2	5:29:02
ANDE				x	x						2	7:59:09
BMORIÓ N				x	x						2	8:40:58
GPSDATA					x	x					2	5:21:48
PETREL			x	x	x						3	11:05:23
TORRE			x								1	3:01:41
RIQUEL ME			x								1	3:29:08
SKÚA						x					1	3:04:42

Para garantizar una correcta recepción de la información satelital, en cada sesión GPS, se cumplieron con los siguientes procedimientos:

- Tiempo de recepción mínima: 1 hora
- Angulo de enmascaramiento: 10°
- N° satélites mínimo enganchados: 4
- Intervalo de grabación: 1 segundo
- Horas de recepción óptimas: PDOP menor que 5
- HDOP menor que 5
- Tipo de posicionamiento: Estático
- Correcto nivelado y centrado de la antena sobre el punto, considerando que el eje vertical de la antena sea perpendicular al centro geométrico del punto a determinarse.
- Elaboración de una ficha de registro de campo por cada observación GPS.

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

SOFTWARE CIENTÍFICO BERNESE VERSIÓN 5.0

PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DEL SOFTWARE

El Bernese es un paquete de programas usado para el procesamiento de mediciones GPS desarrollado por el Instituto Astronómico de la Universidad de Berna ó Suiza.

Durante varios años el Bernese ha estado modernizándose, contando actualmente con la versión 5.0 que fue utilizada para el procesamiento de la Red GPS òAntártida ó ECö.

El Software GPS Bernese es una herramienta sofisticada que cumple con altos estándares de calidad utilizado para trabajos geodésicos y otras aplicaciones que utilizan el Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS)

IGM INFORME AVANCE 2012

Este software de carácter científico, es conocido a nivel internacional por su alto grado de confiabilidad en el procesamiento y ajuste de datos GPS, debido a la utilización de modelos de corrección para la mayoría de los errores inherentes a las mediciones GPS, con resultados de alta exactitud y precisión.

La utilización de efemérides precisas, empleo de modelos de corrección troposférica e ionosférica, parámetros de rotación terrestre, el uso de la frecuencia combinada (L3), la posibilidad de diferentes estrategias para la eliminación de ambigüedades, el posible procesamiento y ajuste simultáneo de 35 las mediciones provenientes de receptores de una y dos frecuencias, la estimación simultánea de un gran número de parámetros, etc., entre muchos otros aspectos, garantizan que este software sea el más idóneo.

El Software GPS Bernese se compone de más de 300 000 líneas de código fuente en aproximadamente 1200 módulos. El programa de menú actúa como interfaz de usuario para la mayor parte de los cerca de 100 programas.

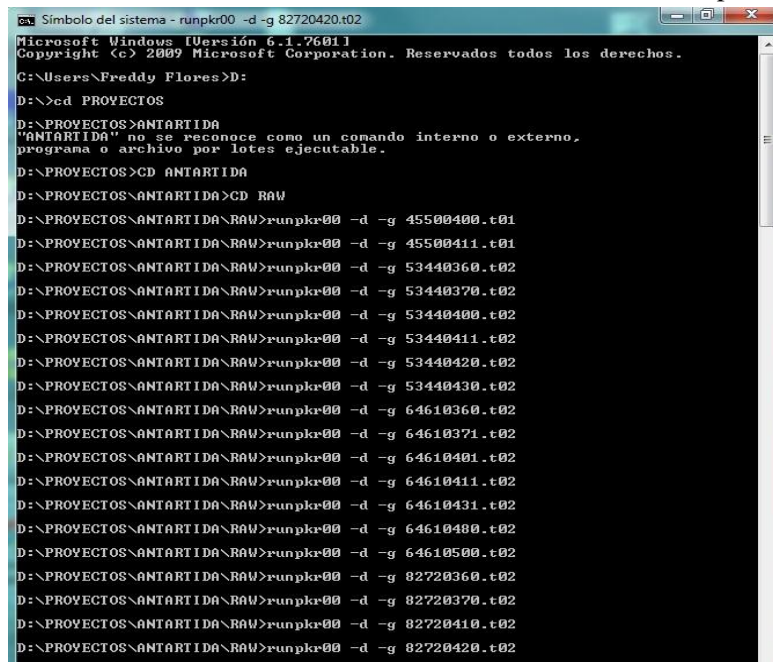
Estos programas se activan a través de menús desplegables que reflejan las partes principales del software de una manera lógica.

ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Para el inicio del procesamiento de la información recolectada en la Antártida se realizó la preparación de los archivos de datos y de la información que requiere el programa para ser ejecutado.

1. Revisión de las hojas de campo correspondiente a cada estación observada: nombre de la estación, fecha de observación, número y tipo de receptor, número y tipo de antena, chequeo de altura instrumental, transformación de alturas inclinadas a alturas verdaderas.
2. Transformación de archivos crudos de los equipos GPS Trimble (T01 y T02) a TGD y luego a formato universal **RINEX**, utilizando la aplicación TEQC. Además con ésta misma aplicación se incluyó los encabezados de los archivos RINEX generados para cada observación.

El nombre del archivo RINEX debe contener el nombre de la estación respectiva.



```
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Freddy Flores>D:
D:\>cd PROYECTOS
D:\PROYECTOS>ANTARTIDA
"ANTARTIDA" no se reconoce como un comando interno o externo,
programa o archivo por lotes ejecutable.
D:\PROYECTOS>CD ANTARTIDA
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA>CD RAW
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 45500400.t01
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 45500411.t01
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 53440360.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 53440370.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 53440400.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 53440411.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 53440420.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 53440430.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 64610360.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 64610371.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 64610401.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 64610411.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 64610431.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 64610480.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 64610500.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 82720360.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 82720370.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 82720410.t02
D:\PROYECTOS\ANTARTIDA\RAW>runpkr00 -d -g 82720420.t02
```

TEQC, transformación T02 a TGD

IGM
INFORME AVANCE 2012

[illegible]

Transformación de TGD a RINEX y encabezado

3. Descarga de las efemérides precisas (**.SP3**) y parámetros de orientación terrestre (EOP) publicadas por el Servicio Internacional GNSS (IGS) 15 días después de las observaciones; además de los modelos ionosféricos (**.ION**) para incrementar la resolución de ambigüedades correspondientes a las semanas y días GPS observados en el proyecto.
4. Descarga del modelo de Cargas Oceánicas, archivo **ECU.BLQ (ANEXO 1)**; los movimientos periódicos generados por la carga oceánica sobre las estaciones son reducidos en base al modelo de mareas oceánicas FES2004; donde se aplica el movimiento que puede incidir sobre la tierra el peso del agua en el océano.
5. Descarga y actualización del archivo actualizado de velocidades **ECU.VEL (ANEXO 2)**; en éste archivo se encuentran los desplazamientos tanto en X, Y y Z de las estaciones IGS a lo largo del tiempo. Las estaciones observadas pertenecientes a la Red GPS òAntártida ó ECö tiene velocidades en X, Y y Z de 0.000.
6. Descarga y actualización del archivo **ECU.CRD (ANEXO 3)**; en donde se encuentran las coordenadas cartesianas actualizadas en el sistema de referencia IGS08 de las estaciones permanentes que servirán de bases para el procesamiento, además constan también las coordenadas a priori de las estaciones a procesar de la Red GPS òAntártida ó ECö.
7. Descarga y actualización del archivo **AMSUR.STA (ANEXO 4)**; en el que se describe el nombre de la estación (cuatro dígitos), el nombre en número, la fecha de instalación y cambios, tipo y número de receptor, tipo y número de antena, altura de la antena.

IGM INFORME AVANCE 2012

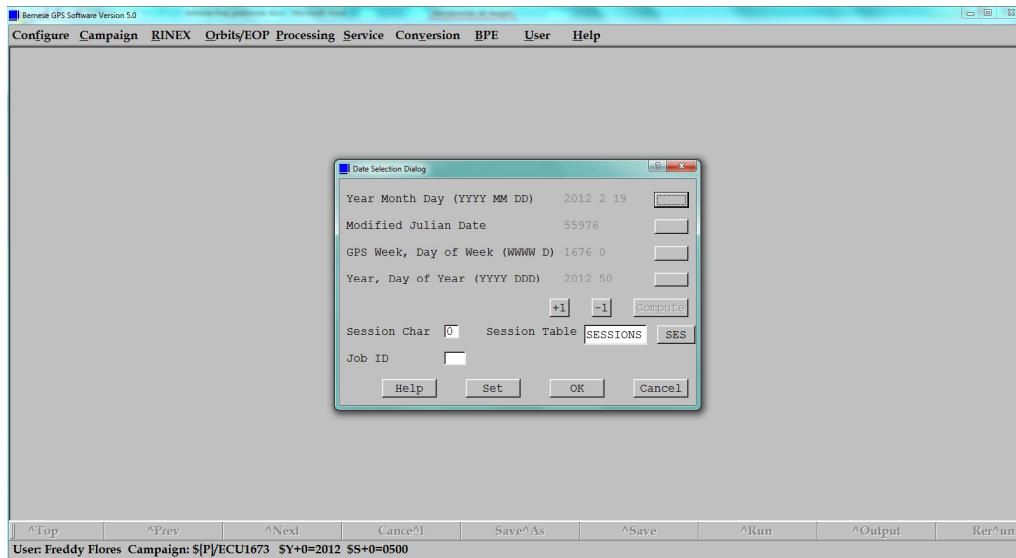
Antes de iniciar el procesamiento deben encontrarse los archivos anteriormente descritos en un directorio llamado STA, dentro de los archivos generados por el software Bernese, de las campañas correspondientes a las semanas GPS observadas de la ñRed Antártida ó ECö

ABB, CRD, VEL, BLQ, FIX, STA, SESSIONS.SES

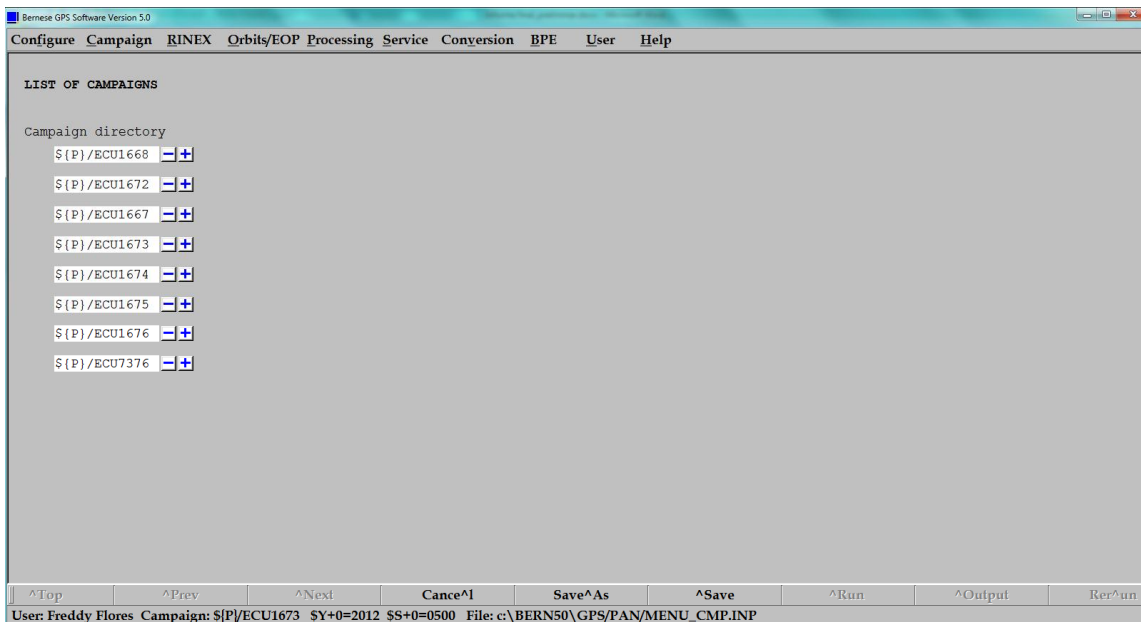
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Una vez estructurada la información se procede al procesamiento en Bernese 5.0, creando primeramente la campaña correspondiente al día y semana GPS que queremos procesar.

Las semanas procesadas fueron: 1673, 1674, 1675 y 1676

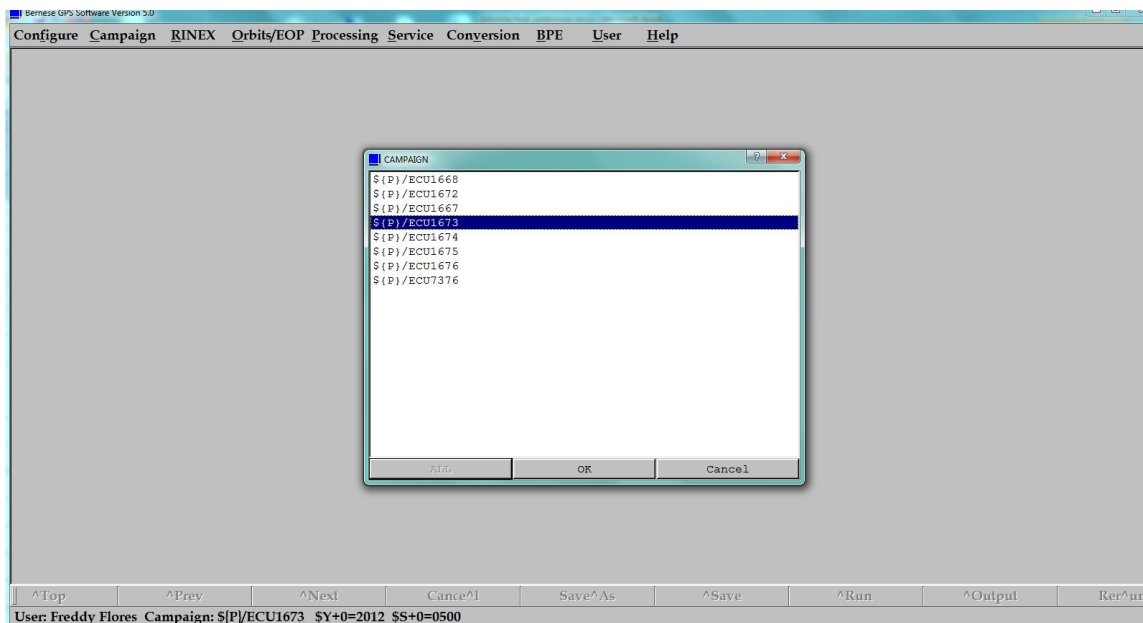


Editamos la lista de campaña creando la semana GPS que se va a procesar

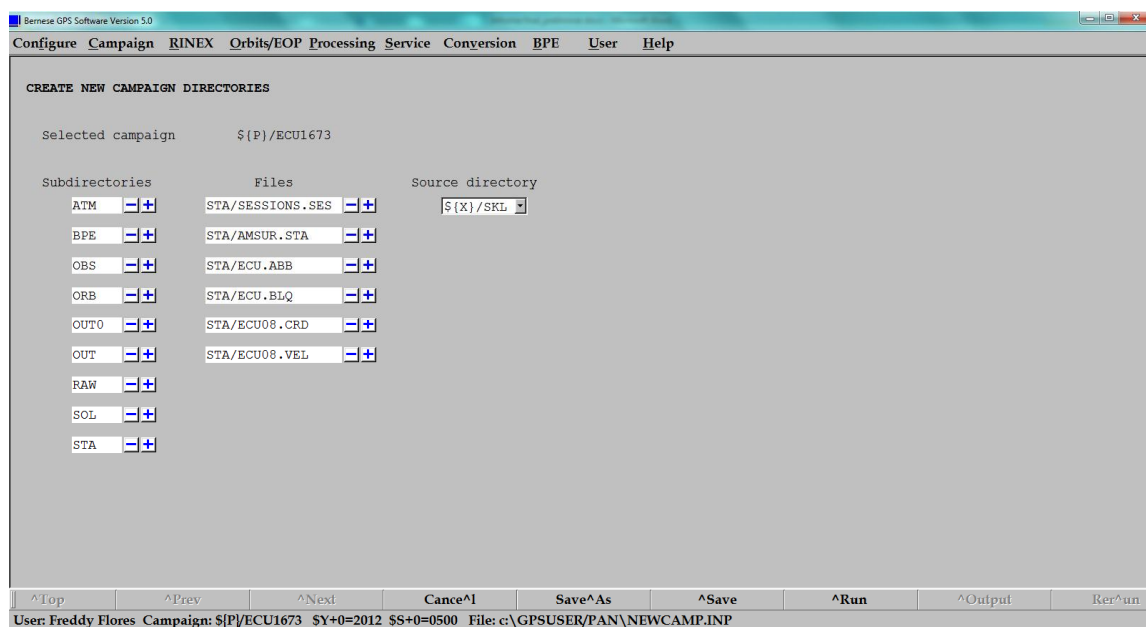


Seleccionamos y activamos la campaña a procesar.

IGM INFORME AVANCE 2012



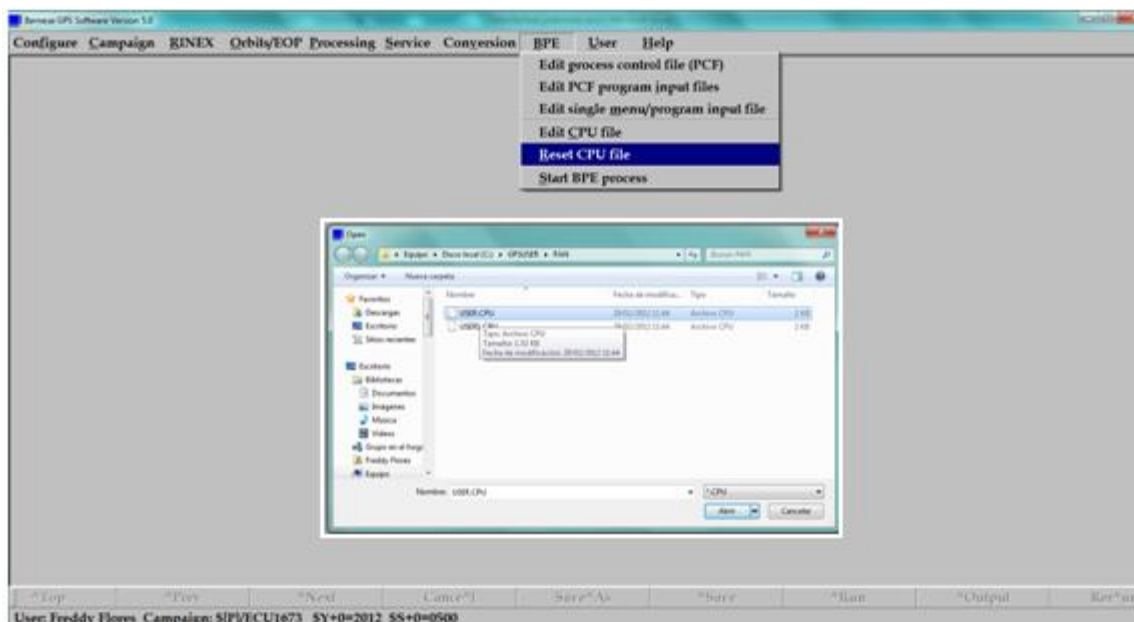
Creamos la nueva campaña, visualizando los directorios que se van a crear en la carpeta correspondiente a la semana GPS que se va a procesar



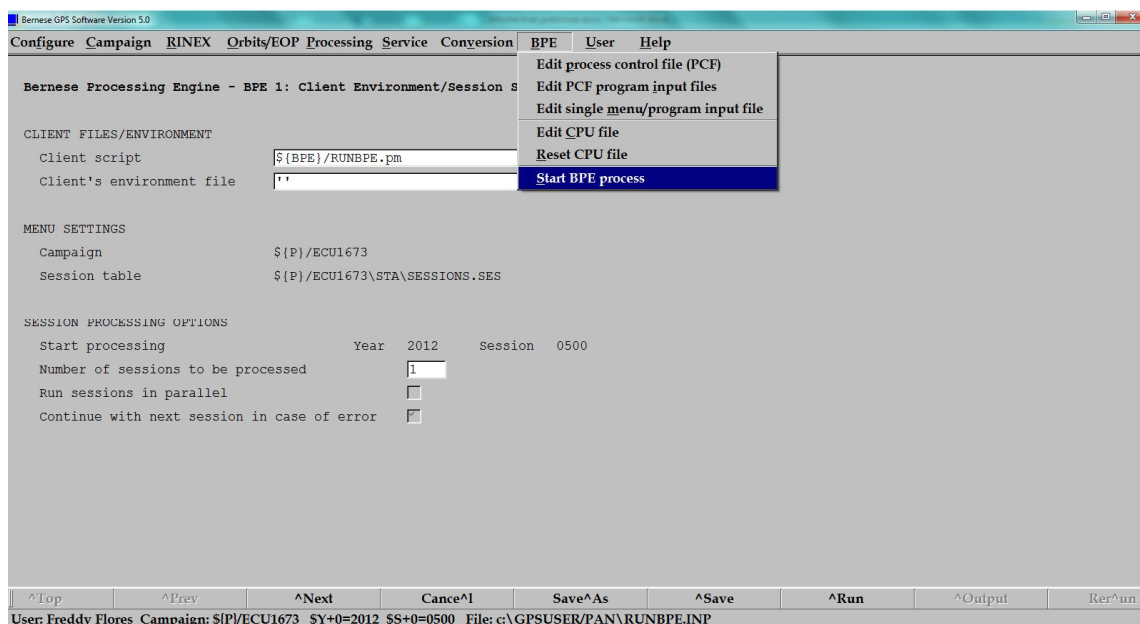
IGM INFORME AVANCE 2012

PROCESAMIENTO AUTOMÁTICO

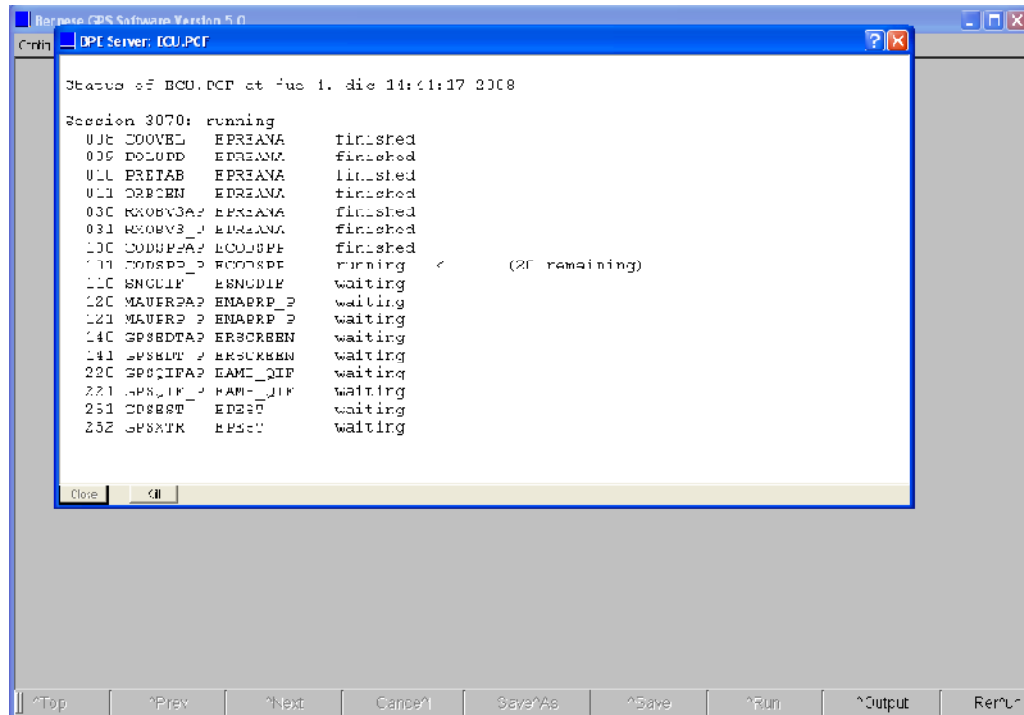
Seleccionamos el menú BPE y liberamos el archivo de memoria (CPU)



Iniciamos el procesamiento en el menú BPE ó START BPE PROCESS - RUN



IGM INFORME AVANCE 2012



VECTORES ELEGIDOS POR EL SOFTWARE BERNESE PARA EL PROCESAMIENTO

El software Bernese escoge, bajo el criterio de mayor número de observaciones y distancia, los mejores vectores que van a formar parte del procesamiento de cada semana observada.

En el **ANEXO 5** se presentan un ejemplo de los vectores escogidos en el procesamiento de la semana **1674**.

ESTACIONES IGS UTILIZADAS PARA EL PROCESAMIENTO LIBRE

Actualmente, SIRGAS está materializado por una red de estaciones GNSS de funcionamiento continuo con coordenadas de alta precisión (asociadas a una época específica de referencia) y sus cambios a través del tiempo (velocidades de las estaciones). La red SIRGAS de funcionamiento continuo (SIRGAS-CON) está compuesta en la actualidad por cerca de 250 estaciones, de las cuales 48 pertenecen a la red global del IGS (**ANEXO 6**). La operabilidad de SIRGAS-CON se fundamenta en la contribución voluntaria de más de 50 entidades latinoamericanas, que han instalado las estaciones y se ocupan de su operación adecuada para, posteriormente, poner a disposición de los centros de análisis la información observada. Dado que los países latinoamericanos están mejorando sus marcos geodésicos de referencia mediante la instalación de un número mayor de estaciones GNSS de operación continua y, teniendo presente que dichas estaciones deben ser integradas consistentemente en el marco de referencia continental.

(<http://www.sirgas.org>)

Las coordenadas de las estaciones IGS08 utilizadas en el ajuste libre de la Red GPS Antártida o ECö provienen de las soluciones Multianuales proporcionadas por el IGS-RNAAC-SIR, con coordenadas y velocidades para aplicaciones prácticas y científicas que requieran de la variabilidad de las posiciones geodésicas con el tiempo.

Las coordenadas y velocidades de las estaciones IGS08 están referidas al Marco de Referencia IGS08, época: 2005-01-01.

IGM INFORME AVANCE 2012

El resultado del procesamiento libre son las coordenadas de los puntos de la Red GPS òAntártida ó ECö referidas al Marco Geodésico IGS08 para la época de referencia 2012.1.

Para el ajuste libre se utilizaron 20 estaciones IGS pertenecientes a la Red SIRGAS-CON:

❖ AREQUIPA (PERÚ)	❖ PALM (ANTÁRTIDA)
❖ AUCA (ECUADOR)	❖ PARC (CHILE)
❖ BRAZ (BRASIL)	❖ PTEC (ECUADOR)
❖ ESMR (ECUADOR)	❖ QUEM (ECUADOR)
❖ FALK (INGLATERRA)	❖ QVEC (ECUADOR)
❖ LREC (ECUADOR)	❖ RIO2 (ARGENTINA)
❖ LJEC (ECUADOR)	❖ RIOP (ECUADOR)
❖ MAEC (ECUADOR)	❖ SNLR (ECUADOR)
❖ MTEC (ECUADOR)	❖ STEC (ECUADOR)
❖ OHI2 (ANTÁRTIDA)	❖ VESL (SANAE VESLESK)

En el **ANEXO 7**, se representa gráficamente, la distribución de las estaciones IGS

AJUSTE FINAL DE LA RED GPS ANTÁRTIDA ó EC

Una vez realizado el ajuste libre, se analizó la información para proceder a realizar el ajuste de las soluciones combinadas de las cuatro semanas observadas.

El ajuste definitivo escogido fue la solución de Minimum Constraint Solution porque brinda una mayor consistencia y peso a la red.

Las estaciones IGS08 fijadas para el ajuste fueron las siguientes:

- ❖ **FALK (INGLATERRA)**
- ❖ **OHI2 (ANTÁRTIDA)**
- ❖ **PALM (ANTÁRTIDA)**
- ❖ **PARC (CHILE)**
- ❖ **RIO2 (ARGENTINA)**

Cabe indicar que en el ajuste realizado se tomaron como estaciones fijas las mencionadas anteriormente por su cercanía al área de trabajo, mientras que en el ajuste libre se tomaron en cuenta otras estaciones con el fin de demostrar la versatilidad y precisión que un software científico, como Bernese, presta a los usuarios.

El gráfico de los RMS final se presenta en el **ANEXO 8**

2.7.2 DETERMINACIÓN DE ALTURAS SISTEMA DE REFERENCIA VERTICAL

La superficie topográfica es la superficie real de la Tierra, pero para poder representarla es necesario referirla a algún modelo matemático, de estos modelos se generan las cartas y mapas, desarrollados por la cartografía. Las alturas usadas en la Geodesia se clasifican según su determinación, su aplicación y modelo físico matemático.

IGM INFORME AVANCE 2012

Alturas geométricas

Estas son obtenidas a través de nivelación geométrica o trigonométrica, las diferencias de nivel varían según el campo de gravedad del recorrido de la nivelación. Debido a la forma elipsoidal de la tierra y su distribución irregular de las masas en su interior, las superficies equipotenciales en puntos diferentes no son iguales debido a la distribución de masas en el interior de la Tierra, lo que explica densidades diferentes, generando diferentes campos de gravedad.

Alturas elipsoidales

Representan la separación entre la superficie topográfica terrestre y la superficie del elipsoide, y se mide por la normal al elipsoide designándose con la letra h .

Esta es calculada a partir de coordenadas geocéntricas cartesianas definidas sobre un elipsoide de referencia.

Las alturas elipsoidales están referidas al elipsoide GRS80.

Alturas ortométricas

Esta es la altura que existe entre la superficie topográfica y el geoide siendo perpendicular a este último se designa con la letra H . Para lo que será necesario conocer la gravedad verdadera entre el punto evaluado y el geoide.

La gravedad medida en la superficie topográfica es la gravedad real y la verdadera se encuentra referida al geoide, es aquí donde surge el inconveniente de cómo medirla siguiendo la vertical en el punto observado. Existen algunos modelos de cómo poder calcularla a través de modelos geofísicos y aplicar reducciones para trasladar la gravedad al geoide.

Las alturas ortométricas se pueden calcular a partir de las elipsoidales:

$$H = h - N$$

Ondulación geoidal

La diferencia que existe entre el geoide y el elipsoide se conoce como ondulación del geoide N . Gracias a esta variante se puede describir el irregular comportamiento del geoide. Conociendo la ondulación geoidal se puede calcular la altura ortométrica o altura sobre el NMM de algún punto de observación en particular todo esto a partir del valor de la altura sobre el elipsoide referida por un equipo GPS.

ESTABLECIMIENTO DE LA MARCA DE REFERENCIA (BM-ORIÓN)

En enero del 2011, dentro de XV Expedición a la Antártida, personal técnico del INOCAR realizó observaciones de marea para la ejecución de trabajos hidrográficos en el continente Antártico. Mediante la aplicación de la nivelación geométrica entre la regla de mareas se determina una marca de referencia (Bench Mark) denominada BM1, situada en la parte baja de Punta Orión. Esta marca está sobre una roca pintada de amarillo.

En febrero del 2012, cumpliendo la XVI Expedición, se realizan las coordinaciones entre el IGM y el INOCAR para colocar una marca que perdure en el tiempo y sirva de referencia para futuras investigaciones geodésicas. Para este propósito el personal de INOCAR construyó un hito de concreto denominado BM-ORIÓN el mismo que fue enlazado al BM1 mediante nivelación geométrica de primer orden, estableciéndose una cota N.M.M de **5.7637 m**.

**IGM
INFORME AVANCE 2012**



Estación de mareas



Ubicación del BM1



El BM-Orión está materializado mediante un hito de concreto tipo IGM-A con las siguientes dimensiones:

Base Superior: 0.40 m.

Base Inferior: 0.60 m.

Altura: 1.10 m.

Empotrada en su centro una placa de bronce con la siguiente inscripción:

**INSTITUTO OCEANOGRÁFICO 6 ARMADA DEL ECUADOR
PROHIBIDO TOCAR
BM 6 ORIÓN
2012**



HITO BM-ORIÓN

**NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA DE LOS PUNTOS DE LA RED GPS
ANTÁRTIDA ECö**

Se define a la nivelación trigonométrica como el método altimétrico que permite obtener desniveles entre puntos, con observaciones de distancias cenitales de cualquier inclinación.

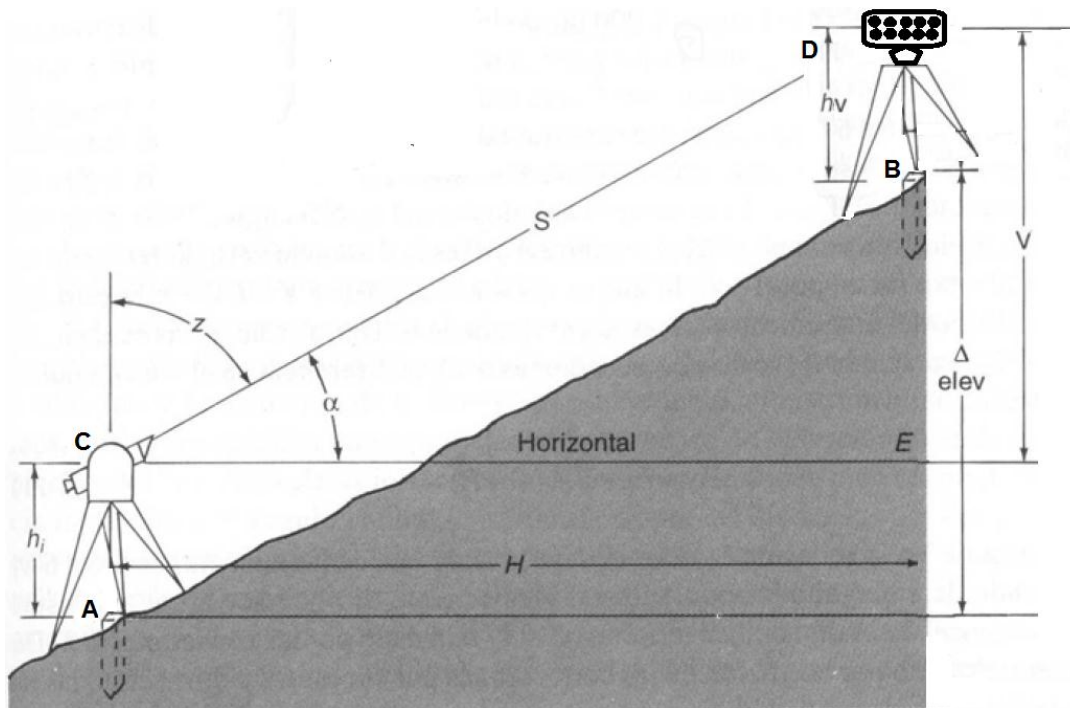
Instalamos la estación total en el punto A, y el prisma en el punto B.

La diferencia de nivel entre dos puntos se determina midiendo: a) la distancia inclinada (S) u horizontal (H) entre los puntos, y b) el ángulo cenital (Z) o el ángulo vertical entre los puntos.

Así en la siguiente figura si se miden la distancia inclinada (S) y el ángulo cenital (Z) o el ángulo vertical entre C y D, la diferencia de nivel entre C y D será:

$$Dn = S \cdot \cos Z \text{ o bien } Dn = S \cdot \sin$$

IGM INFORME AVANCE 2012



Cuando las distancias son muy grandes ($S > 600\text{m}$) se debe introducir un término de corrección por curvatura y refracción, correcciones que ya son introducidas modernamente y con facilidad en la Estación Total.

Por su naturaleza indirecta y por estar más afectado por errores sistemáticos que en el caso de nivelación directa (Geométrica), el método trigonométrico es menos preciso y produce resultados menos exactos.

EQUIPO

Para las observaciones trigonométricas se utilizaron los siguientes equipos:

- 1 Estación Total Trimble M3 (Precisión 5ö)
- 1 Juego de 11 prismas
- 2 Trípodes



Estación Total Trimble M3, Precisión 5ö

IGM INFORME AVANCE 2012

2.7.3 MEDICIONES GRAVIMÉTRICAS

La Gravimetría es la ciencia que estudia las variaciones del campo de la gravedad debido a una desigual distribución de masas en el interior de la Tierra. Consiste en medir y explicar las anomalías que las variaciones de la densidad en el subsuelo generan sobre el campo gravitatorio terrestre (Chelotti, 2010).

Las medidas de la gravedad por lo general difieren en la forma de tomarlas, en función del proyecto al que estén sujetos, tanto en la intensidad de toma de las muestras, como en la precisión requeridas para las mismas. En cualquier caso, las medidas de la gravedad realizadas deben ser enlazadas a un sistema de referencia o marco y preferiblemente a uno global.

Las redes gravimétricas se han establecido para crear puntos de control de la gravedad de ámbito global, regional y local. El objeto de estas redes es referir los trabajos que requieren valores de la gravedad a estas, como pueden ser los trabajos con propósitos geodésicos, geofísicos y geodinámicos, etc.

MÉTODO RELATIVO DE MEDICIÓN GRAVIMÉTRICA

Se obtienen las diferencias de g en relación a una estación gravimétrica conocida (punto fijo de la superficie terrestre) donde el valor de g fue previamente determinado.

En estas determinaciones se presentan las siguientes características:

- Según el caso, se requiere la medida de magnitudes como: longitud (prolongación de resortes), ángulos (desplazamiento angular de un péndulo de torsión) o tiempo (período de oscilación de una lámina o cuerda vibrante);
- El instrumental es de fácil manejo y transporte.
- El tiempo de observación es bastante corto (5 a 10 minutos aproximadamente); y,
- Se puede obtener una gran precisión de sensibilidad.

La precisión lograda por las mediciones relativas de gravedad van desde aproximadamente 10 uGal hasta 30 uGal.

Se aplican determinaciones relativas en tareas de medición de redes básicas, medición en líneas de nivelación, estudios geodinámicos (variación de la gravedad), mediante equipos que han evolucionado desde la primera mitad del siglo pasado, provocando grandes avances en los levantamientos en cuanto a funcionalidad y precisión respecta.

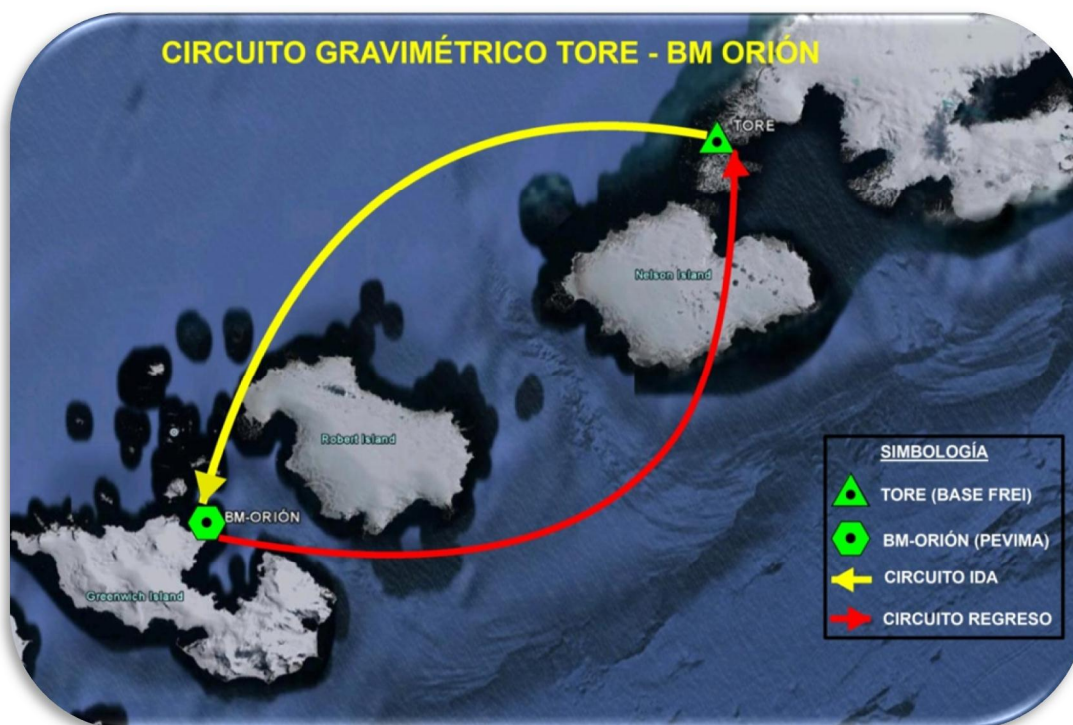
ESTABLECIMIENTO PUNTO ENLACE PEVIMA

Las medidas relativas de gravedad deben ser referenciadas, directa o indirectamente, mediante estaciones que hayan sido previamente enlazadas a una estación de referencia inicial.

La estación de referencia inicial para los trabajos gravimétricos en la Antártida fue la ubicada en Base Frei, Isla Rey Jorge, denominada TORE (Cabezal Este). El valor de aceleración de gravedad de TORE (Cabezal Este) se la estableció en la IX Expedición a la Antártida en el 2004. Dicho enlace se realizó desde el punto absoluto de Punta Arenas (Chile) con mediciones de ida y regreso (circuitos cerrados).

Desde la estación TORE (Cabezal Este) se realizaron dos circuitos gravimétricos, cerrados en un tiempo menor a 24 horas estableciéndose un punto con valor de gravedad en el área de la Estación Científica Ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado, el punto escogido para dicho establecimiento fue el BM-ORIÓN.

**IGM
INFORME AVANCE 2012**



DENSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA DE LA RED GPS ðANTÁRTIDA ECö

Tomando como punto de inicio la estación BM-ORIÓN, ya establecida en el circuito anterior, se realizó la densificación gravimétrica de algunas estaciones pertenecientes a la Red GPS ðAntártida-ECö, bajo estas consideraciones el trabajo se realizó de la siguiente forma:

ESTACIÓN DE PARTIDA: BM-ORIÓN

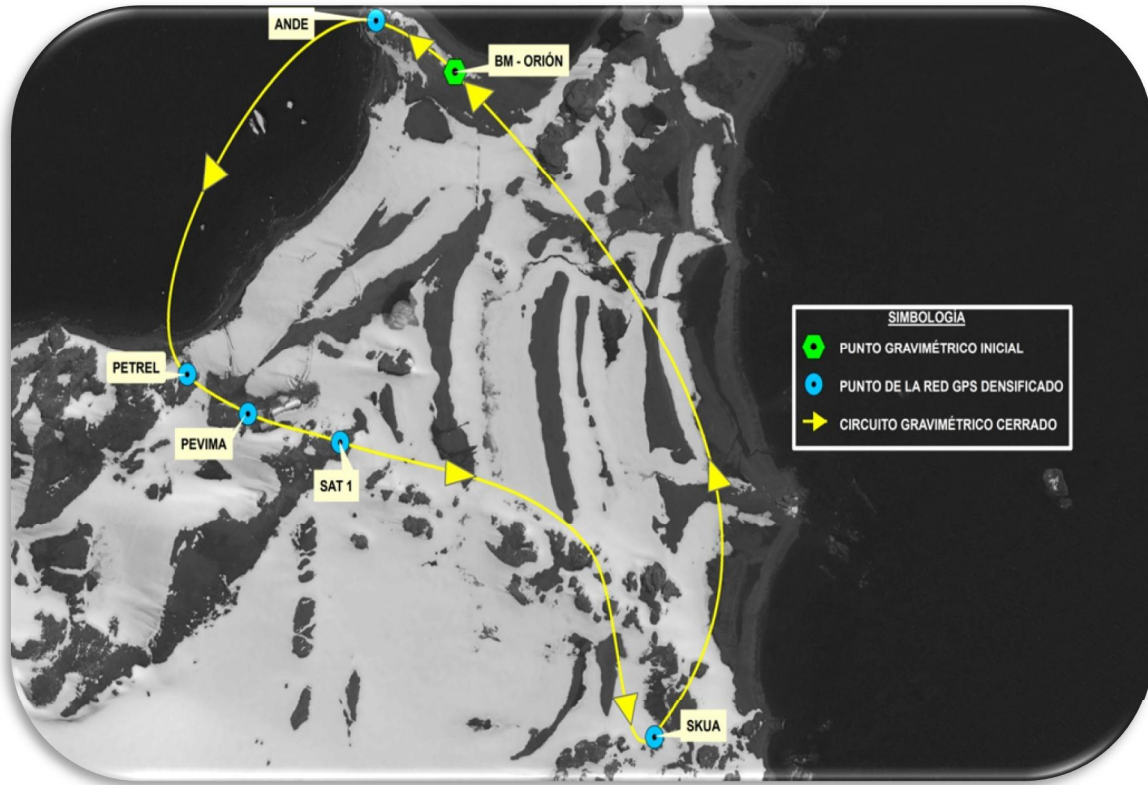
ESTACIÓN DE CIERRE: BM-ORIÓN

FECHA: 15 ó 02 - 2012

GRAVÍMETROS: G720 Y G835

PUNTOS DENSIFICADOS: ANDE, PEVIMA, SKÚA, SATI Y PETREL

IGM INFORME AVANCE 2012



Esquema de la Densificación Gravimétrica

EQUIPO UTILIZADO

Para la medición gravimétrica se utilizaron 2 gravímetros relativos marca Lacoste & Romberg (LCR-G), modelo G, con número de serie 720 y 835.

La finalidad de los gravímetros relativos es obtener lecturas que, a través de un procesamiento posterior, permiten conocer el valor de la aceleración de la gravedad en cualquier punto sobre la superficie terrestre. Como se mencionó dichos valores son relativos ya que se refieren a diferencias de gravedad entre varios puntos requeridos partiendo de un datum o punto de valor conocido (estación TORE, Base Frei).

En el caso de los gravímetros LCR-G, estos basan su funcionamiento en el movimiento de un pequeño peso suspendido al final de una barra sostenida por resortes, de tal manera que dicha masa sea sensible a las variaciones de gravedad g , provocando un desplazamiento que será transmitido a través de un sistema de amplificación (sistema de espejos reflectores y línea de lectura), que permitirá efectuar la lectura en el instrumento con la ayuda de un tornillo medidor con dial.

Es un gravímetro estático-mecánico, preparado para efectuar medidas relativas de gravedad, con diferencias de hasta siete mil miligales. Por consiguiente, puede ser usado en cualquier punto del planeta, debidamente protegido de los rayos solares, de la lluvia y de los fuertes vientos. Las pruebas realizadas en condiciones extremas de temperatura, de calor intenso y húmedo de cincuenta grados centígrados en la Amazonía, hasta el fuerte frío del continente Antártico de diez grados bajo cero, demuestra que L&R es capaz de funcionar prácticamente en todos los lugares donde el ser humano es capaz de interactuar con el medio ambiente. La precisión de lectura del gravímetro es de 0.01 mGal, que proporciona mejores resultados en cada estación gravimétrica.

**IGM
INFORME AVANCE 2012**

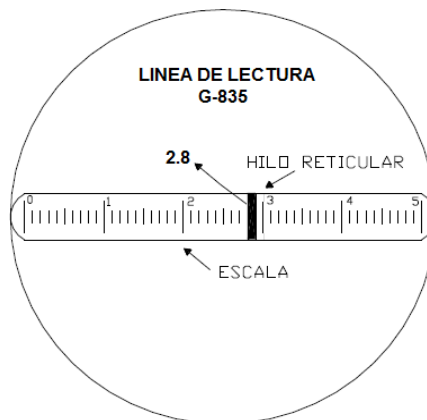
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS GRAVÍMETROS

Las características técnicas de los gravímetros son:

- Peso total de 13 Kg. (gravímetro, caja de transporte, batería)
- Rango de medición de 7000 mGal.
- Precisión de lectura es de ± 0.01 mGal
- Deriva estática menor que 1 mGal / mes.
- Temperatura interna constante alrededor de los 50 °C. (mantenida eléctricamente). El modelo D se conserva entre los 99 °C.
- Sistema elástico de cuarzo fundido encerrado en una cámara al vacío.
- Rango de medida de 7000 mGal.
- Sistema de compensación interna de presión (como medida de seguridad).
- Sensor desmagnetizado y aislado por una coraza magnética.
- Batería recargable tipo Gel / Cell (solución coloidal) con capacidad teórica de 4.5 Amperios por hora y 3.7 Amp / hora real.
- Consumo medio de energía de 225 mA.
- Régimen de funcionamiento (batería) de aproximadamente 20 horas.
- Constitución interna extremadamente delicada.



Gravímetro G-835



Línea de Lectura G-835

IGM INFORME AVANCE 2012



MEDICIÓN

El levantamiento de densificación fue realizado con dos gravímetros para cada estación. Para mayor confiabilidad de los resultados se realizaron tres lecturas en cada medición, anotando la hora y los minutos, terminando la segunda lectura; el intervalo entre ellas no sobrepasó de cinco minutos en función de la corrección luni ó solar (de mareas).

Se utilizaron las hojas de registro de campo elaboradas específicamente para anotar las lecturas gravimétricas.

CONVERSIÓN DE LAS LECTURAS DEL GRAVÍMETRO EN VALORES DE ACELERACIÓN DE GRAVEDAD.

Se efectúa por medio de la tabla de conversión proporcionada por el fabricante (o la calibración actualizada de cada gravímetro). La conversión es realizada de la siguiente forma (para el ejemplo se tomará la tabla del gravímetro G835):

- Tómese la parte entera de la lectura instrumental:
 $2305,756 \Rightarrow 2300$;
- Identifíquese en la tabla de calibración el valor correspondiente en mGal para esta faja:
 $2300 \Rightarrow 2358,90 \text{ mGal}$;
- Tómese la parte restante de la lectura instrumental y multiplíquese por el factor para el intervalo: $(2305,756 - 2300) = 5,756$;
 $5,756 * 1,02678 = 5,9101 \text{ mGal}$
- Súmense los valores de los pasos 2 y 3, obteniéndose la lectura en mGal:
 $2358,90 + 5,9101 = \mathbf{2364,8101 \text{ mGal}}$

CORRECCIÓN DE MAREAS

Se debe a la atracción gravitacional que la luna y el sol ejercen sobre la Tierra para un cierto día y para una determinada hora. El efecto que cada uno de estos astros ejerce sobre la Tierra es calculado en base a los datos de referencia del punto, para el cual se quiere calcular la corrección de mareas (, , h), y con las efemérides del sol y la luna.

CORRECCIÓN DE DERIVA INSTRUMENTAL

La deriva es una variación de los índices instrumentales (no causada directamente por variaciones gravitacionales, térmicas, barométricas, etc.), que puede ser expresada en función del tiempo y tiene su origen en las deformaciones plásticas (irreversibles) del sistema elástico de los gravímetros, causadas por óla acomodaci3n3 molecular, vibraciones y movimientos durante el transporte, etc. Este es uno de los principales inconvenientes que afectan las medidas realizadas por los instrumentos que usan masas o hilos de torsión, impidiendo, así, que tales aparatos puedan realizar medidas absolutas de gravedad.

IGM INFORME AVANCE 2012

El control y la corrección de deriva son realizadas a través de la ocupación repetida de estaciones en un circuito.

Existen dos tipos de deriva:

- La deriva estática: ocurre cuando el instrumento se encuentra en reposo;
- La deriva dinámica: ocurre cuando el gravímetro está en movimiento.

Para la corrección de la **deriva estática**, una serie de lecturas son hechas al inicio del período de inmovilidad del instrumento (en la práctica, por dos o más horas de parada en un levantamiento), y otra serie al final de ese período. La diferencia entre las medidas de las dos series transformadas en unidades gravimétricas (mGal) y corregidas de atracción gravitacional luni ó solar, deben ser sumadas algebraicamente (puede ser positiva o negativa) a todas las lecturas efectuadas posteriormente en el circuito.

Después de la corrección de deriva estática, se efectúa la corrección de **deriva dinámica**, realizándose una serie de lecturas en una estación de partida (referencia), al inicio y al final del levantamiento de un circuito gravimétrico. Esta estación de referencia debe formar parte de una red (IGSN71, RENEGA, Red Gravimétrica Fundamental de Chile, etc.), para que se pueda ~~enlazar~~ el circuito a la misma.

La diferencia entre las medias de las dos series transformadas a unidades gravimétricas (mGal) y corregidas de atracción luni-solar y la deriva estática, dividido por el tiempo durante el cual el gravímetro permaneció en movimiento (tiempo del levantamiento substraído el eventual tiempo de parada) debe ser distribuida (sumada algebraicamente) proporcionalmente al tiempo de movimiento del gravímetro, de tal forma que la medición de partida sea igual a la medición de llegada de la estación de referencia, haciendo de esta forma un circuito.

4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

El ingreso de datos se realizó con el software CadGravV3 y el procesamiento de la información con el software REDGRAV Versión 2009 de propiedad de la Universidad de Sao Paulo.

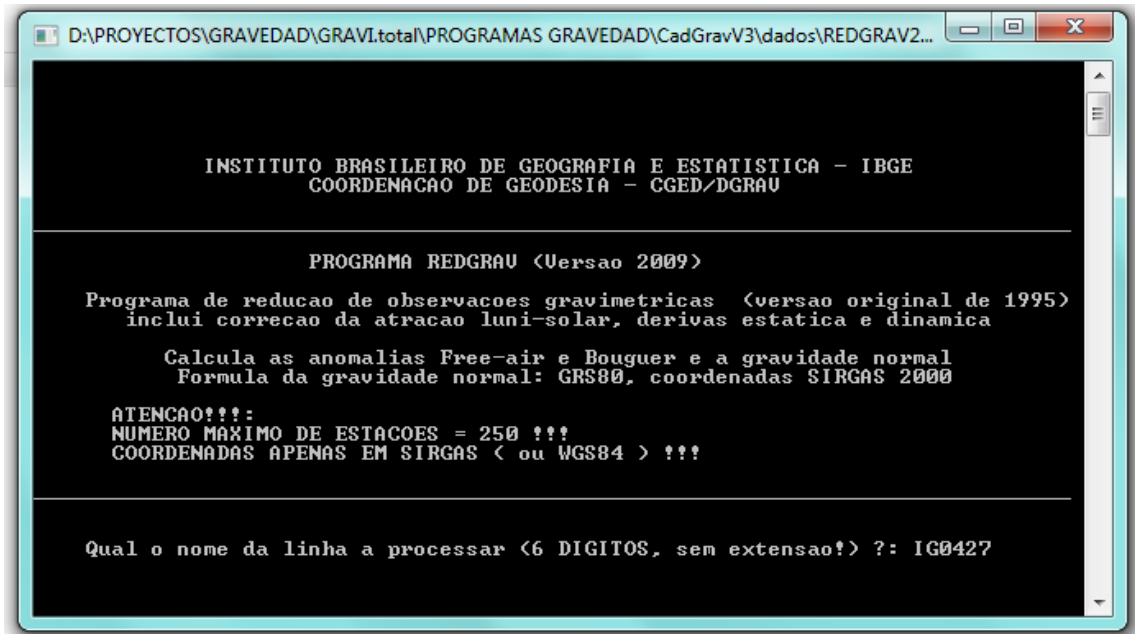
El valor de aceleración de gravedad del hito TORE es de **982191.15 mGal**, valor de inicio para el cálculo de las diferencias de aceleración de gravedad de la estación de enlace en la Estación Maldonado, BM-ORIÓN.

The screenshot shows the 'CadGravV3' software interface. The main window is titled 'Cadastro de Gravimetria'. It contains several sections for data entry:

- Identificação da Linha:** Fields for 'Cod Linha' (IG0427), 'Nome da Linha' (BASE FREI-BASE PEVIMA), 'Tipo de Gravímetro' (47 - LC & R(G)), 'Nº Grav' (835), 'Fuso' (3), 'Pontos' (6), and 'Projeto' (ANTARTID).
- Gravidade de Referência:** Fields for 'Estação de Partida' (Código: 0003036, Valor: 982191,15), 'Índice de fechamento' (0), 'Estação de Chegada' (Código: 0003036, Valor: 982191,15), and 'Sistema de Referência' (99 - Não Especificado).
- Manipular Linha:** Buttons for 'Nova', 'Alterar', 'Gravar', and 'Cancelar'.
- Identificação da Estação:** Fields for 'Código' (0003036), 'Nome' (TORE), 'RN/SAT', 'Situação' (1 - Junto ao marco (SEM Desnível)), 'Data e Hora' (2012, 02, 14, 09:42), 'Coordenadas em SIRGAS2000' (Latitude: 5570771, Longitude: 5570772), 'Fonte das coordenadas' (26 - GPS Navegação), 'Altitude' (99 - Sem Informação), 'Datum Altimétrico' (99 - Sem Informação), 'Alt.Geometrica', 'Alt.geoidal', 'Alt.Ortométrica', and 'Desnível'.
- Operador:** OCOYAGO
- Anotador:** OFLORES
- Manipular Estação:** Buttons for 'Início', 'Anterior', 'Próximo', 'Último', 'Nova', 'Apagar', 'Alterar', 'Gravar', and 'Cancelar'.

Programa CadGravV3 para ingreso de información de campo

IGM INFORME AVANCE 2012



Programa REDGRAV V2009 para procesamiento de los datos

Al procesar la línea o circuito gravimétrico se generan 7 archivos que contienen la información procesada: **.ANO, .BDG, .CAD, .DAT, .EST, .RED, .SUR.**

En la superficie de la Tierra el valor de la aceleración de la gravedad, que se indica con la letra *g*, sería igual en cualquier punto si nuestro globo fuese perfectamente esférico y si la fuerza centrífuga debida a la rotación terrestre, que tiene como efecto una disminución de la fuerza de atracción gravitacional, tuviera en cualquier parte el mismo valor. Al no verificarse estas dos condiciones, *g* varía ligeramente de un lugar a otro.

En el ecuador, la aceleración de la gravedad es de **9,7799** metros por segundo cada segundo, mientras que en los polos es superior a **9,83** metros por segundo cada segundo. El valor que suele aceptarse internacionalmente para la aceleración de la gravedad a la hora de hacer cálculos es de 9,80665 metros por segundo cada segundo.

2.7.4 CALCULO DE LA ONDULACIÓN GEOIDAL

La diferencia que existe entre el geoide y el elipsoide se conoce como ondulación del geoidal *N*. Gracias a esta variante se puede describir el irregular comportamiento del geoide. Conociendo la ondulación geoidal se puede calcular la altura ortométrica o altura sobre el NMM de algún punto de observación en particular, todo esto a partir del valor de la altura sobre el elipsoide referida por un equipo GPS, esta situación se expresa mediante la siguiente fórmula.

$$H = h \text{ ó } N$$

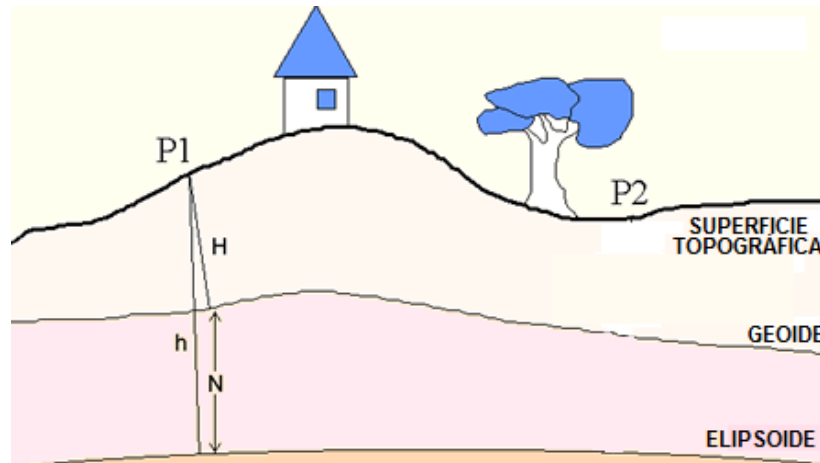
Donde:

H = Altura Ortométrica

h = Altura Elipsoidal

N = Ondulación Geoidal

IGM
INFORME AVANCE 2012



Con los valores de las alturas elipsoidales y ortométricas se determinó la ondulación geoidal (N) de cada punto de la Red GPS establecida, elaborando de esta manera un Mapa de Ondulaciones Geoidales para el área en estudio.

Los resultados fueron comparados con los modelos globales EGM96 y EGM08, con lo cual se constatará si dichos modelos se acoplan o no a la superficie real.

2.9 CONCLUSIONES

- Se estableció la Red GPS òANTÁRTIDA ó ECö constituida por 11 estaciones en el Sistema de Referencia IGS08, época de observación: 2012.0, en base a la Red de Monitoreo Continuo SIRGAS-CON.
- La Red Geodésica establecida en el área de la Estación Pedro Vicente Maldonado, Islas DEE y Torre, permitirán realizar futuros trabajos geodésicos, topográficos que se planifiquen en dicha área.
- El procesamiento de los datos GPS se realizó en el software científico Bernese
- Para el procesamiento de la información se usaron 20 estaciones pertenecientes a la Red SIRGAS-CON, dentro de las cuales se tomaron estaciones de Ecuador con el propósito de analizar la información y verificar las bondades del software científico en procesamiento con vectores de larga distancia.
- Para el ajuste se tomó en cuenta las 5 bases más cercanas al área de trabajo.
- Las mediciones geodésicas estuvieron basadas en la disponibilidad logística y sobre todo del clima en el área de trabajo.
- Se realizó la nivelación trigonométrica de 8 estaciones de la Red GPS òANTÁRTIDA ó ECö
- Se realizó la medición de aceleración de gravedad de 5 estaciones de la red y una estación de enlace en la Estación Maldonado
- Se calculó la ondulación geoidal en la Estación Maldonado
- El trabajo geodésico efectuado será nuevamente realizado para obtener más datos y así obtener resultados finales de buena precisión.
- El valor de aceleración de gravedad en los polos es mayor que en el Ecuador, el valor obtenido en la Estación Maldonado es de **982203.84 mGal**

IGM
INFORME AVANCE 2012

2.10 RECOMENDACIONES

- Continuar con los trabajos geodésicos en la Estación Maldonado para obtener resultados finales de calidad.
- Realizar la instalación de una estación temporal GNSS de Monitoreo Continuo en la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado.
- Realizar la nivelación geométrica de primer orden de los puntos de la Red GPS òANTÁRTIDA ó ECö, partiendo del punto BM-Orión punto de referencia vertical para posteriores trabajos de altimetría.
- Realizar la medición gravimétrica de las estaciones: DEE, TORRE, PING, RIQU, DATA Y SAT2
- Realizar en lo posible mas de dos observaciones GPS en cada estación de la Red GPS òANTÁRTIDA ó ECö para obtener mejores coordenadas y mejorar la precisión de la red.

2.11 BIBLIOGRAFÍA

- SIRGAS. Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas.
<http://www.sirgas.org>
- IGM. Instituto Geográfico Militar Quito ó Ecuador. <http://www.igm.gob.ec>
- DGFI. Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut.
<http://www.dgfi.badw.de>
- The International Terrestrial Reference Frame (ITRF)
<http://itrf.ensg.ign.fr/>
- Zakatov, P.S. òCurso de Geodesia Superiorö.
- Torge W. òGeodesyö.
- López Mazzotti, Daniel M. (2000). Manual de exploración
- Manual de Bernese

Quito, 21 de Diciembre del 2012

FREDY C. FLORES E.
INSTITUTO GEOGRÁFICOMILITAR