



Universidad de Morón
Facultad de Ingeniería

Tesina

Control de Cartografía a escala
1:50.000, con mediciones GPS sobre un
Helicóptero



Silvio Hernán Oyola Airasca

Diciembre de 2012

Tesina

Control de Cartografía a escala 1:50.000, con mediciones GPS sobre un Helicóptero



Silvio Hernán Oyola Airasca

Director: Ing. Agrim. Darío M. Canosa

Diciembre de 2012

Universidad de Morón

Facultad de Ingeniería
Cabildo 134, (B1708JPD) Morón, Buenos Aires, Argentina

E-mail: silvioyola@hotmail.com



UNIVERSIDAD DE MORÓN.
Facultad de Ingeniería.
Carrera de Ingeniero Agrimensor.

ASIGNATURA 425 – Práctica Profesional y Tesina

TESINA

*Control de Cartografía a escala 1:50.000, con
mediciones GPS sobre un Helicóptero*

Año 2012

Prof.: **Ing. Agrim. Miguel E. SACCO**

Prof.: Ing. Agrim. **Nicolás Maximiliano CAFFERATA**

Alumno:

▪ **OYOLA AIRASCA, Silvio Hernán**

Mat.: 329-0118

Cabildo 134 - B1708JPD MORÓN - Prov. de Buenos Aires
República Argentina

Teléfono: (005411) 5627 2000 ((Líneas rotativas))

Correo electrónico: ingenieria@unimoron.edu.ar



UNIVERSIDAD DE MORÓN.
Rector
Dr. Héctor N. PORTO LEMMA.

Facultad de Ingeniería.
Decano
Ing. Enrique Luis OTERO.

Vicedecano
Ing. Oscar Alberto MOLINARI.

Secretaria Académica
Ing. Elisa MESTORINO BACHOFEN.

Director de Carrera Ingeniero Agrimensor.
Ing. Roberto LENI.

EXTRACTO

La presente tesina muestra como fue realizado el control particular de cartografía a escala 1:50.000. La zona a controlar presenta dificultades de acceso, climáticas y logísticas extremas, lo que demanda una cuidadosa planificación de cualquier tarea, que se pretenda hacer en el lugar.

Esta tarea por su complejidad fue abordada de una forma específica. Realizando mediciones de Puntos de Control Cartográficos a bordo de helicópteros, efectuando mediciones cinemáticas y ocupaciones estáticas de corta duración.

Este control es de práctica habitual sobre este tipo de cartografía. Sin embargo, en esta zona es aún más necesario por cuanto en este lugar de glaciares las fotografías aéreas se caracterizaban por su escaso contraste cromático, lo que dificulta la restitución aerofotogramétrica.

Se pudo comprobar que el método de medición Cinemático Stop and Go, montado en un helicóptero pudo satisfacer todos los requerimientos técnicos solicitados a priori para este trabajo. Esto se refleja en los resultados y los errores obtenidos en el cálculo de los vectores, los cuales en la mayoría de los casos no superan los 10 cm en el error de la longitud del vector.

En esta tesina se exhibe como fue afrontada esta propuesta técnica, sus fundamentos, su aplicación y los resultados que se obtuvieron al aplicarla.

ABSTRACT

The present dissertation shows how the cartography controls in a scale of 1:50000 were approached. The access' problems the controlled zone has, added to its extreme weather and logistics; demands any campaign that requires accessing the zone to be carried out with a very careful preplanning.

Due to its complexity this task was dealt with in a particular way. Cartographic control points were measured from helicopters; short kinematic measuring and static occupation were carried out.

This kind of control is rather usual in this type of cartography. However in this glacier zone is even more necessary because the air photographs were often of very little chromatic contrast which brought difficulties to the air-photogrammetric restitution.

It was found that the measurement method Stop and Go from a helicopter satisfied every technical requirement this work had in foresight. This was shown in the results and errors found in the vectors calculations. In most of the cases the errors in the vector length don t exceed 10 cm.

In this dissertation is shown how the technical idea was approached, its basis, application and its results.

Dedicatorias:

A mis Padres Eduardo y Elba, hermanos Adrián, Martín y Matías, a Victoria que me ilumina todos los días, a todos mis amigos en especial a Sebastián y Gustavo que son hermanos de la vida, a todos ellos que desde siempre me dieron apoyo y me instaron a no bajar los brazos y en especial a mi tío Marcial por sus palabras de aliento y por darme la oportunidad de trabajar en esta fascinante profesión.

Agradecimientos:

Quisiera expresar mi agradecimiento a las autoridades de la Comisión Nacional de Límites como así también a todos mis jefes y compañeros, en especial a Carlos Cerutti y Jorge Rodríguez, por haberme enseñando y orientado en las tareas que se desempeñan en la misma, por que nunca se guardaron nada y siempre estuvieron dispuestos a explicarme las labores más de una vez con toda paciencia.

También quiero a agradecer a todas las personas que conocí en el ámbito académico, tanto a los profesores que con tanta dedicación y sapiencia me enseñaron con toda su sabiduría, a todos mis compañeros y compañeras que siempre me dieron una mano, especialmente cuando me ausentaba por mas de un mes por cuestiones laborales y una mención mas que especial a mis dos compañeros de curso, Agustina y Darío que gracias a ellos siempre pude superarme.

Y con respecto a este trabajo realizado mediante el vuelo en helicópteros, me gustaría destacar la habilidad y profesionalidad de los pilotos, mecánicos y asistentes que en ningún momento nos hicieron correr más peligro que lo previsto para estas actividades riesgosas.

Prefacio

La presente tesina fue remitida en cumplimiento parcial de los requerimientos para acceder al grado académico de Ingeniero Agrimensor en la Facultad de Ingeniero de la Universidad de Morón en diciembre de 2012.

La misma se desarrolla en el marco de la asignatura "Practica Profesional y Tesina" desarrollada por el Ing. Agrimensor Miguel Sacco y el Ing. Agrim. Nicolás Maximiliano Cafferata.

El trabajo fue supervisado por el Ing. Agrimensor Darío Canosa.

CHALTEN

Origen: Tehuelche (Aónikenk)

Significado: Azulado.

Para nuestra fonética, resulta difícil pronunciar las palabras "azul o azulado" en la lengua Aónikenk; la forma más aproximada sería "Cháltel", como es consignado por algunos cronistas. Carlos M. Moyano, lo anota de esta manera en la expedición que comparte con F. Moreno en 1877. Los Tehuelches actuales desconocen la palabra "Chaltén". Según la leyenda mitológica, Elal descendió -traído por un cisne- sobre el "Cháltel" y demoró cuatro días (tres, según otros testimonios) en bajar, luego fue recogido por una tribu Tehuelche, bajo cuya protección creció, conviviendo con ellos hasta que decide casarse con Teluj, hija del sol y de la luna. Elal es para los Tehuelches como Jesús para los cristianos.

El Chaltén, bautizado como "Fitz Roy" por el perito Francisco P. Moreno, el 2 de marzo de 1877, es la montaña sagrada de los Tehuelches.

Alcanza la altura de 3.405 m. y es considerada una de las montañas más difíciles del mundo para los escaladores, que pocas veces han alcanzado su cima.

Ubicación: Al N. Oeste del Lago Viedma, en el límite con Chile. Pueblo "El Chaltén", creado el 12 de octubre de 1985 por Ley N° 1771, situado en la confluencia de los ríos Fitz Roy y de las Vueltas. Departamento Lago Argentino.

AHONIKEN (gente del sur)

Ahoniken ahoniken ahoniken

en cada margen del río Santa Cruz
te está llorando el silencio en el azul
por donde ayer tu paso dibujó
la cruz al viento

guanaco cazador boleando al tiempo
guanaco cazador boleando al tiempo

Ahoniken ahoniken ahoniken

todo era tuyo el mar el río el lago el cielo
el resplandor del sol fugaz sobre la nieve
eras el rey errante soñador



de los desiertos

plumaje de ñandú boleando al tiempo

plumaje de ñandú boleando al tiempo

Pero llegaron otros hombres

con un regalo y otra voz

para ganarse tu confianza

te sumergieron en alcohol

después te llamaba borracho

el mismo ser que te enseñó

al mismo tiempo que ofrecía

por tus orejas un patacón

por tus orejas un patacón.

(Hugo Giménez Agüero)

INDICE

EXTRACTO.....	5
ABSTRACT.....	5
Dedicatorias:.....	5
Agradecimientos:.....	6
Prefacio	6
CHALTEN	7
AHONIKEN (gente del sur)	7
Resumen.....	10
La Comisión Nacional de Límites Internacionales	13
La Comisión Mixta.....	14
Concepto de demarcación.....	14
Campañas de la CONALI	14
Antecedentes Históricos	15
El Arbitraje Británico	17
La Comisión Mixta de Límites	20
La frontera Argentino - Chilena	21
Longitud.....	21
Cantidad de hitos:	21
Acuerdos que fijan el límite internacional.....	22
Comisión Mixta de Límites Argentina - Chile.....	23
La Cartografía	23
Sistemas de referencias y marcos de referencias.....	24
Las tolerancias y precisiones	28
La cartografía a controlar	28
Requerimientos de la campaña	29

Ubicación y Cantidad de PCC	29
Precisión requerida	30
Planificación	31
Grafico de Distribución de los Puntos de Control Cartográficos	31
Características de la zona de trabajo	32
Metodología	34
Ensayos	34
Instrumental, logística y planificación.....	39
Para el trabajo de medición de los PCC se utilizó:	40
Receptores GPS.....	40
Antenas GPS.....	40
Instrumental Auxiliar.....	40
Con respecto a la logística, personal y equipamiento, se utilizó:	41
Características:.....	41
Tareas de campo:.....	44
Resumen de la medición de los PCC	49
Tareas de gabinete.....	50
Tipo de Soluciones	51
Modificación Mascara Angulo de Corte	53
Cambio de satelite de referencia.....	54
Longitud de los vectores, errores y tipo de solución.	55
Conclusión.....	58

Resumen

La Comisión Nacional de Límites es el organismo abocado a la demarcación de las fronteras de nuestro país.

A comienzos del año 2008, la comisión nacional de límites encaró el trabajo de construir cartografía basada en vuelos aerofotogramétricos en Escala 1:50.000. Esta cartografía si bien fue desarrollada con los más altos estándares técnicos relativos a su precisión, exigió también el desarrollo de trabajos tendientes a realizar controles sobre la misma.

Este control es de práctica habitual sobre toda la cartografía de límites. Sin embargo, en la zona de los Hielos Continentales era aún mas necesario por cuanto en la zona de glaciares las imágenes fotográficas se caracterizaban por su escaso contraste cromático, lo que dificulta la restitución aerofotogramétrica.

Como se conoce, la zona de los Hielos Continentales presenta dificultades de acceso, climáticas y logísticas extremas lo que demanda realizar una cuidadosa planificación de cualquier campaña donde se pretenda un acceso al lugar.



Imagen satelital Argentina



Imagen satelital Provincia de Santa Cruz



Imagen satelital zona Hielos Continentales

En este marco, en Abril de 2008, como integrante de la oficina técnica de la Comisión Nacional de Límites fui convocado a participar en una campaña de medición de Puntos de Control de Cartografía (PCC) en esta región y de esta manera tuve la oportunidad de trabajar en la planificación, en el desarrollo mismo de la campaña y en el cálculo de las mediciones efectuadas junto a otros profesionales de la Comisión.

La presente tesina describe mi experiencia acumulada en el desarrollo de esta tarea, la cual por su complejidad fue abordada de una forma particular. Esto es: realizar mediciones de Puntos de Control Cartográficos a bordo de helicópteros realizando mediciones cinemáticas y ocupaciones estáticas de corta duración.

La solución planteada, propuso desafíos particulares, esto es, si era posible desarrollar mediciones GPS exitosas situando la antena bajo el movimiento de las aspas de un helicóptero, o si las interferencias derivadas de estas condiciones provocarían mediciones con escasos datos o ruidosos, llenos de cortes, haciendo imposible obtener resultados de suficiente precisión a los fines propuestos, etc.

La presente tesina presenta como fue abordada esta propuesta técnica, sus fundamentos, su aplicación y los resultados que se obtuvieron al aplicarla.



Fotografía helicóptero lama sobrevolando la zona de trabajo

La Comisión Nacional de Límites Internacionales

La Comisión Nacional de Límites Internacionales de la República Argentina (CONALI) tiene competencia, para efectuar la demarcación de los límites internacionales de la República Argentina con cinco países limítrofes: Chile, Bolivia, Paraguay, Brasil y Uruguay.

Antes de que esta comisión se formara como tal, pasó por distintos periodos, en un principio eran Peritos Demarcadores asignados por cada país que dependían directamente de la Dirección de Límites de la Cancillería, luego tomó el nombre de Comisiones Demarcadoras de Límites Internacionales y por último y hasta nuestros días Comisión Nacional de Límites Internacionales. Cabe destacar que aunque se hayan identificado con diferentes nombres siempre se realizó el mismo trabajo, que es la demarcación.

En los 9.451 km. de extensión de los límites con los cinco países nombrados hay instalados 1.640 hitos.

La competencia de la CONALI abarca límites terrestres, lacustres y fluviales; están excluidos los marítimos.



La Comisión Mixta

Con cada uno de los países limítrofes, la Comisión Argentina de Límites forma sendas Comisiones Mixtas que son las encargadas, trabajando siempre conjuntamente, de realizar todos los trabajos de demarcación, de elaboración de cartografía que represente las trazas del límite internacional, de erección de nuevos hitos, de reposición de hitos destruidos o faltantes y de densificación con hitos adicionales a los existentes cuando diversas circunstancias lo hacen necesario.

Concepto de demarcación

Cabe señalar que se entiende por demarcación la representación en la cartografía del límite internacional así como la señalización en el mismo terreno con hitos, mojones u otras marcas, del recorrido del límite. La delimitación –tarea que no es propia de la Comisión de Límites- está determinada en los diversos instrumentos internacionales (tratados, acuerdos, laudos arbitrales) de los que surgen los criterios o pautas a seguir en base a los cuales las Comisiones Mixtas con cada país limítrofe en particular y utilizando los medios y personal técnico con los que cuenta ejecuta los trabajos de demarcación.

Campañas de la CONALI

Para cumplir con esas tareas la CONALI efectúa por lo menos cinco campañas de terrenos anuales (una por cada país y a menudo más de una campaña con cada uno de ellos), lo que implica el desplazamiento de Delegados Demarcadores de Límites, personal Técnico y especializado, así como de apoyo a las tareas, con vehículos propios o de otros orígenes según las necesidades (aviones, helicópteros, embarcaciones, etc.) Las tareas propias de la campañas de terreno se organizan previendo y coordinando todas las necesidades logísticas para la permanencia de estos equipos humanos por períodos que generalmente suelen fluctuar entre 15 a 45 días, dependiendo ello de los trabajos a realizar y del tipo de terreno en que estos se efectúan (por ejemplo zonas muy elevadas sobre el nivel del mar como altiplanicies y cordones cordilleranos, escenarios fluviales, lacustres o selváticos, algunos con muy escasas facilidades de infraestructura local) cada uno de los cuales presenta sus propias dificultades y desafíos. En base a los trabajos realizados en el terreno (verificaciones sobre fiabilidad de curvas de niveles, constataciones sobre estado de los hitos, mediciones de alta precisión, etc.) se efectúan posteriormente los trabajos de gabinete en la sede central de la Comisión en Buenos Aires.

El personal técnico que realiza estas tareas está especializado en distintas disciplinas, entre ellas topografía, agrimensura, cálculo, ingeniería, etc.



Antecedentes Históricos

Antes de que la Comisión Nacional de Límites Internacionales sea creada hacía muchos años que los trabajos de demarcación habían comenzado.

En este caso vamos a referirnos a la zona de la demarcación que nos compete.

Desde mediados del siglo 19 se viene trazando la línea del límite, delimitada por varios tratados y protocolos, sentencias arbitrales y una mediación papal, que cubren un periodo de 157 años desde 1855 hasta 2012. Todos los diferendos limítrofes fueron solucionados por vías pacíficas.

El Tratado de Límites de 1881:

El artículo 1° prescribe: "El límite entre la República Argentina y Chile es, de Norte a Sur del paralelo 52 de latitud, la cordillera de los Andes. La línea fronteriza correrá en esa extensión por las cumbres más elevadas de dichas Cordilleras que dividan las aguas y pasará por entre las vertientes que se desprenden a un lado y otro".

En el periodo de más de un siglo que ha pasado desde la firma de este tratado, la interpretación de este artículo primero ha dado lugar a numerosas negociaciones y protestas diplomáticas, a interminables debates políticos, a acuerdos complementarios e incluso a preparativos bélicos.

Cuando se planteó la diferencia entre los peritos argentino y chileno, el Ministro de Relaciones Exteriores solicitó a Bernardo de Irigoyen su opinión sobre la interpretación

del tratado. Según ese texto, el límite ha de ser una línea que satisfaga las tres condiciones siguientes: que esté en la Cordillera de los Andes, que sea una divisoria de aguas y que pase por las más altas cumbres.

De acuerdo con la letra del tratado de 1881, éstas son las tres pautas o notas definitorias que ha de tener el límite argentino-chileno desde el norte hasta el paralelo de 52° de latitud sur. Estas tres características son esenciales y la ausencia de cualquiera de ellas en un sector de la frontera traería como consecuencia que la línea en cuestión no reuniría las condiciones previstas para constituir el límite. Este consiste en la línea de las altas cumbres de los Andes que dividan aguas.

Argentina y Chile dispusieron después de 1881 el envío de misiones geográficas a la zona meridional del continente a fin de precisar los conocimientos que hasta entonces se tenían de esa región. Los trabajos realizados dieron resultados importantes. Así se pudo comprobar que en la región patagónica, la divisoria continental de aguas se aparta con frecuencia de la Cordillera de los Andes y hay que buscarla al oriente de ésta, en la región plana de las pampas. Los estudios permitieron comprobar también que, en algunas zonas, la Cordillera de los Andes se sumerge en el Pacífico. Estos hechos no se conocían con precisión cuando se suscribió el tratado de límites de 1881 y fueron el origen o la excusa para que los dos países dieran interpretaciones divergentes a las cláusulas de aquél. La Argentina podría disponer de puertos en el Pacífico, Chile podría extender su territorio hasta las planicies patagónicas.



En enero de 1892, el perito chileno Barros Arana planteó la necesidad de adoptar un criterio para determinar la línea general de la frontera y, en ese sentido, interpretó el artículo 1 del tratado de 1881 como *divortium aquarum* continental, o sea, la línea que divide las aguas que van a desembocar en el Pacífico de las que lo hacen en el Atlántico. La Argentina, por su parte, sostuvo que el artículo 1 del tratado de 1881 consagraba como límite la línea de las altas cumbres de los Andes que dividan aguas.

El Protocolo de 1893

A fin de salvar las divergencias que se habían suscitado entre los peritos encargados de la demarcación, la Argentina y Chile concluyeron el 1 de mayo de 1893 un protocolo adicional y aclaratorio al tratado de límites de 1881.

En primer lugar, las Partes indicaron con precisión que el límite pasa por el "encadenamiento principal de los Andes", desvirtuando así las tesis del perito chileno de seguir siempre el *divortium aquarum* continental, aun cuando éste se hallare en las planicies patagónicas. Se utilizó además en el protocolo un vocabulario que hacía imposible seguir manteniendo la concepción única y exclusiva de *divortium aquarum* continental. En segundo término, se estableció que la soberanía de cada Estado sobre su litoral marítimo sería absoluta, de modo tal que la Argentina no podría pretender ningún punto sobre el Pacífico, ni Chile en el Atlántico. De esta manera se desvirtuaba la pretensión argentina de reivindicar puertos en el Pacífico.

El Arbitraje Británico

Los peritos se reunieron nuevamente a fines de diciembre de 1893. El 1° de enero del año siguiente suscribieron las instrucciones para la demarcación en la Cordillera de los Andes y en Tierra del Fuego. En esa oportunidad, el perito chileno Barros Arana insistió en su tesis y, prescindiendo del protocolo de 1893, declaró que los términos de "encadenamiento principal de los Andes" significaban el *divortium aquarum* continental.

Esta actitud provocó sorpresa e indignación en Buenos Aires y las relaciones entre los dos países se tornaron muy tensas. En Argentina se estimaba que el protocolo de 1893 había dado solución a los problemas que había planteado la demarcación. La Argentina entendía mantener su palabra, en tanto que Chile parecía dar una nueva interpretación a lo acordado.

El 17 de abril de 1896 se trató de resolver el grave conflicto con Chile mediante un tratado en el que las partes sometían las divergencias al fallo del Gobierno del Su Majestad Británica.

Los artículos 2 y 3 del tratado precisaban el objeto del arbitraje. En ellos se preveía que los peritos determinarían en la Cordillera de los Andes la línea de límite al sur del paralelo 26° 52' 45" S y en la región vecina al paralelo de 52°. Si las líneas trazadas por los peritos coincidieran, ellas constituirían el límite internacional, y aquellos casos en que hubiese divergencia, serían resueltos por el árbitro.

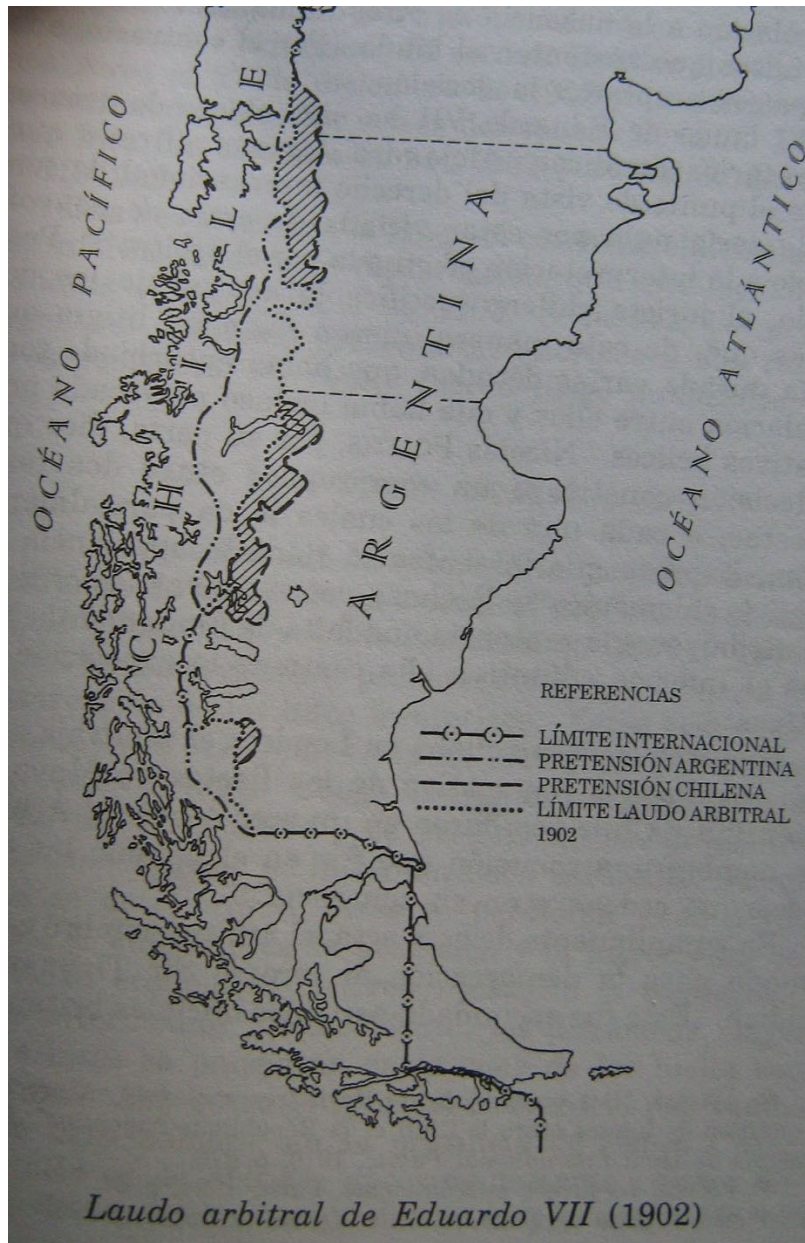
En agosto de 1898 los peritos se reunieron en Santiago de Chile. Una vez establecida la línea general de la frontera por cada perito, el tema pasó a conocimiento de los ministerios de Relaciones Exteriores. En este sentido, el Canciller chileno y el ministro argentino en Santiago analizaron las actas de los peritos a fin de precisar en cuales puntos las líneas propuestas coincidían y en cuales había divergencia. Los puntos en que no hubo coincidencia fueron sometidos al arbitraje británico.

La Sentencia Arbitral de Eduardo VII

Una vez cumplidas las etapas procesales, el Tribunal arbitral aprobó el 19 de noviembre de 1902 un informe que elevó, conjuntamente con la cartografía correspondiente, a S.M. Británica. Al día siguiente, el rey Eduardo VII, suscribió el laudo arbitral.

Luego de reseñar las distintas etapas del proceso ante el Tribunal, el Informe puso de manifiesto lo que sus redactores consideran las posiciones antagónicas de las Partes: la Argentina sostenía que el límite contemplado en el tratado de 1881 estaba determinado por la línea de las más altas cumbres en la Cordillera de los Andes, en tanto que Chile pretendía que la única línea que podía satisfacer lo estipulado en el tratado de 1881 y en el protocolo de 1893 era la divisoria continental de aguas.

El informe consideró que las líneas orográfica e hidrográfica son frecuentemente inconciliables y que ninguna de ellas se ajusta al espíritu de los tratados que el árbitro debía interpretar. Agregó que los términos del tratado y del protocolo son inaplicables a las condiciones geográficas de la región a las cual se refieren. Estas circunstancias llevaron al Tribunal a apartarse, en alguna medida, de los acuerdos que debía aplicar, según el compromiso arbitral, y a fijar una línea alternativa que se halla siempre dentro de las pretensiones máximas de las Partes y que se ajusta a su voluntad.



Mientras se desarrollaba en Londres el arbitraje ante S.M. Británica y con motivo de los Pactos de Mayo, la Argentina y Chile acordaron en un acta "pedir al Arbitro que nombre una comisión que fije en el terreno los deslindes que ordenare en su sentencia"

En cumplimiento de esta acta, el árbitro nombró comisionado para la demarcación al coronel Sir Thomas H. Holdich. Este fue secundado por cinco oficiales británicos como ayudantes. Los peritos de los dos países, Francisco P. Moreno y Alejandro Bertrand, colaboraron también con el demarcador británico. El coronel Holdich llegó a Buenos

Aires el 27 de diciembre de 1902 y la demarcación se realizó durante los meses del verano austral. El primer hito fue colocado el 24/01/1903 y el último data del 18/03/1903.

Una vez concluida la labor, el coronel Holdich elaboró un informe final de la demarcación, que está fechado en Londres el 30 de junio de 1903. A su vez, los peritos argentino y chileno presentaron informes a sus respectivos gobiernos, los cuales fueron luego publicados.

La Comisión Mixta de Límites.

Una vez concluida la labor de la comisión británica encargada de demarcar la sentencia arbitral de Eduardo VII, la Argentina y Chile trataron en 1903 y 1904 de establecer un organismo permanente que se ocupara de la conservación de los hitos fronterizos. Estas gestiones tuvieron escaso éxito, pues sólo en 1905 y 1906 se pudieron erigir hitos. Luego, la frontera argentino- chilena perdió interés político y se produjo un cierto abandono en la conservación de la señalización del límite. Algunos hitos se deterioraron, otros se perdieron y, en algunas zonas, el aumento de la población y el incremento de la actividad económica hicieron necesaria la colocación de hitos intermedios. Actualmente, las distancias mayores entre hitos se presentan en la zona de los hielos continentales. Así, entre el hito del Portezuelo del Tambo y el de paso Zamora, en la provincia de Santa Cruz, la distancia es de 350 Km aproximadamente. Fuera de la zona de hielos, la distancia mayor entre dos hitos es de 42.5 Km, entre el hito XVI-6 (Salta) y el XVI-5a (Catamarca).

A fin de solucionar estos problemas, la Argentina y Chile firmaron el 16 de abril de 1941 un Protocolo sobre la reposición y colocación de hitos. El Protocolo creó una Comisión Mixta de Límites formada por delegados de ambos países. Según el convenio, ésta tiene por misión reponer los hitos deteriorados o desaparecidos, colocar otros nuevos donde fuera necesario y determinar las coordenadas exactas de todos los hitos de la frontera.

La Comisión Mixta de Límites posee un Plan de Trabajo y Disposiciones Generales que reglamentan su labor. Allí se prevé la elaboración de una carta geográfica de toda la frontera en escala de 1:50.000, y que cubra un ancho de cinco kilómetros a cada lado del límite. Para los fines de sus trabajos, la Comisión ha dividido la frontera en dieciséis secciones, enumerándolas desde el sur hacia el norte. La Comisión ha trabajado ininterrumpidamente desde su creación hasta ahora.



La frontera Argentino - Chilena

Longitud

La frontera terrestre argentino chilena de 5116 Km. de extensión cuya demarcación se encuentra a cargo de las respectivas Comisiones de Límites que trabajan en Comisión Mixta, se extiende desde el Hito XXVI en la orilla norte del Canal de Beagle hasta el Hito Zapaleri (trifinio entre Argentina-Bolivia y Chile) en la provincia de Jujuy.

Cantidad de hitos: 672 (23 Naturales)



Hito de la Comisión Mixta de Límites colocado en el Límite Internacional

Acuerdos que fijan el límite internacional

Dicha frontera se encuentra totalmente delimitada por los siguientes instrumentos jurídicos.

Tratado de Límites del 23 de Julio de 1881.

Protocolo Adicional y Aclaratorio del 1 de Mayo de 1893.

Laudo Buchanan del 21 de Marzo de 1899.

Laudo de S. M. Británica del 20-XI de 1902.

Convenio del 2 de Mayo de 1904.

Protocolo relativo a la reposición de hitos del 16 de Abril de 1941.

Laudo del Río Encuentro del 24-XI de 1966.

Sentencia del Tribunal arbitral del 21-X de 1994.

Acuerdo hecho a los 16 días de diciembre de 1998 y que entró en vigor por el canje de los instrumentos de ratificación el 15-VII de 1999.

El límite internacional se desarrolla, conforme lo establecido en los precitados instrumentos jurídicos, por divisorias de agua, líneas geodésicas (paralelos; meridianos), cursos de agua, altas cumbres y líneas rectas. En algunos sectores corta cursos de agua y lagos.

Comisión Mixta de Límites Argentina - Chile

Argentina y Chile disponen de sus respectivas Comisiones de Límites creadas por el Protocolo del 16 de Abril de 1941, de acuerdo con el cual acordaron su Plan de Trabajos y Disposiciones Generales (P.T. y D. G.) complementado por el Reglamento Técnico (R.T.) que rige sus tareas.

De acuerdo con el N° 1.20 del P.T. y D.G. se dividió la línea de frontera en 16 secciones enumeradas de Sur a Norte, abarcando la Sección I, la Tierra del Fuego; la Sección II, el paralelo 52°; las trece siguientes abarcando cada una, dos grados de latitud empezando en el paralelo 52° y la última desde el paralelo 26° hasta el Co. Zapaleri.

En el año 1966 se acordó la asignación de responsabilidades para la confección de la cartografía de las secciones de frontera, con la colaboración de los Institutos Geográficos de ambos países.

Asimismo, se dispuso que las Comisiones de Límites designen veedores que integran las Subcomisiones del Instituto Geográfico del otro país.

La Cartografía

Previo a la demarcación, debe efectuarse el levantamiento en detalle de una carta de la zona pertinente a escala 1:50.000, en una faja de aproximadamente 5 km a ambos lados del límite, en la que figurará la traza del límite aprobada.

En la confección de la cartografía se deben llevar a cabo las siguientes tareas: División de la zona en hojas topográficas, planificación y ejecución de vuelos fotogramétricos que cubran el total de la superficie de las hojas topográficas; planificación y ejecución del apoyo terrestre de los pares fotogramétricos para la posterior restitución cartográfica; planificación y ejecución de la aerotriangulación, restitución de los pares

fotogramétricas que cubren cada una de las hojas topográficas; confección de la Reproducción Provisional de cada una de las hojas topográficas restituidas; control de terreno de las hojas topográficas; impresión de la Prueba de Color de las hojas topográficas e Impresión Definitiva de las mismas.

Durante el control de terreno, los Delegados Demarcadores de ambos países, confeccionan un anteproyecto de dibujo de la traza del límite, el que posteriormente debe ser aprobado por la Comisión Mixta en pleno y recién entonces se está en condiciones de volcarlo en las hojas topográficas y proceder a la Impresión definitiva y publicación de las mismas.

Es norma de la Comisión Mixta que, antes de la impresión definitiva de las hojas topográficas, se efectúe la densificación de la demarcación mediante la erección de hitos en los lugares que, de común acuerdo, hayan determinado los Delegados en el terreno.

Los trabajos de terreno (apoyo terrestre para la confección de cartografía, erección de hitos, revisión de los hitos existentes, reposición de hitos desaparecidos) son ejecutados por Subcomisiones Mixtas de Delegados, integradas por Delegados Demarcadores, Operadores Técnicos y Personal Auxiliar de ambas Delegaciones.

Sistemas de referencias y marcos de referencias.

Originalmente y hasta la llegada de las mediciones con GPS, para un mejor ordenamiento de los planes de trabajo y documentación general que elabora la Comisión Mixta, la línea de frontera se fraccionara en las 16 secciones siguientes:

Sección I: Meridiano de Tierra del Fuego, desde el Canal Beagle hasta el cabo Espíritu Santo.

Sección II: Paralelo 52° y la línea hasta Punta Dungeness.

Sección III: Desde el Paralelo 52° hasta el Paralelo 50°.

Sección IV: Desde el Paralelo 50° hasta el Paralelo 48°.

Sección V: Desde el Paralelo 48° hasta el Paralelo 46°.

Sección VI: Desde el Paralelo 46° hasta el Paralelo 44°.

Sección VII: Desde el Paralelo 44° hasta el Paralelo 42°.

Sección VIII: Desde el Paralelo 42° hasta el Paralelo 40°.

Sección IX: Desde el Paralelo 40° hasta el Paralelo 38°.

Sección X: Desde el Paralelo 38° hasta el Paralelo 36°.

Sección XI: Desde el Paralelo 36° hasta el Paralelo 34°.

Sección XII: Desde el Paralelo 34° hasta el Paralelo 32°.

Sección XIII: Desde el Paralelo 32° hasta el Paralelo 30°.

Sección XIV: Desde el Paralelo 30° hasta el Paralelo 28°.

Sección XV: Desde el Paralelo 28° hasta el Paralelo 26°.

Sección XVI: Desde el Paralelo 26° hasta el Hito Cerro Zapaleri.

En las proximidades de los extremos de cada sección, se medirá una base o se establecerá un punto de arranque o cierre de una poligonación geodésica, en uno de los extremos de aquella o en el citado punto, se efectuaran observaciones astronómicas para la determinación de sus coordenadas y el acimut de una dirección.

En la latitud media de cada sección se determinara un punto de Laplace con el fin de proporcionar un control de orientación de la cadena de triangulación o de la poligonal geodésica.

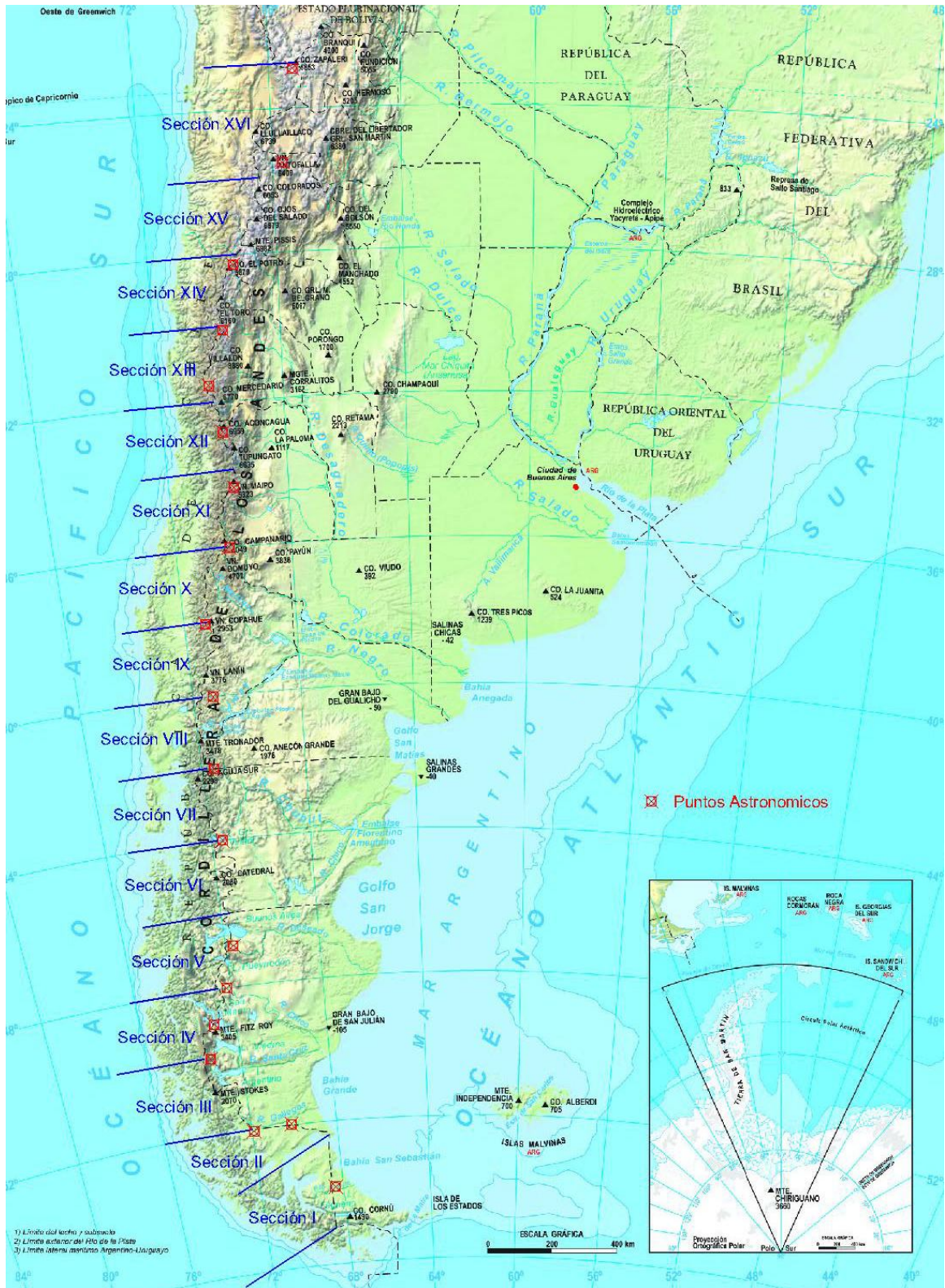
La superficie de referencia es el Elipsoide Internacional de 1924, definido por los siguientes valores de sus parámetros:

$$a= 6.378.388 \text{ m}$$

$$f= 1/297.0$$

Se colocaron pilares de concreto con sus correspondientes señales metálicas visibles para marcar los puntos astronómicos, extremos y puntos intermedios de base, vértices de triangulación o poligonación y puntos altimétricos.

Se decidió la colocación de estos puntos astronómicos en los extremos de cada sección, para poder tener puntos de arranques para la medición de todos los trabajos de la Comisión Mixta, ya que en cercanías de la zona de frontera no llegaban las redes con Datum Campo Inschauspe del Instituto Geográfico Militar. Por tal motivo esta Comisión Mixta cuenta con 19 "Datum" diferentes y locales a lo largo de toda la frontera con la Republica de Chile.



Distribución de las Secciones y los Puntos Astronómicos de la Comisión Mixta de Límites

Como referencia altimétrica en cada sección se utilizara la cota de cualquier punto fijo de nivelación geométrica existente, las cotas de los puntos de arranque de nivelación se determinaran, en lo posible, mediante nivelaciones geométricas.

A partir de la utilización del Sistema Global de Posicionamiento Satelital (GPS), la Comisión Nacional de Límites adopta el Sistema de Referencia WGS84, pero en la práctica utiliza el Marco de Referencia Sudamericano SIRGAS 2000 para sus mediciones.

Si bien el Marco de Referencia Sirgas 2000, materializa en Sudamérica el Marco de Referencia ITRF 2000 época 2000.4 que es una realización del Sistema de Referencia Terrestre Internacional ITRS, y por ende es formalmente diferente de WGS84, las nuevas realizaciones de este ultimo difieren en el orden de 10 cm, lo cual no es relevante a la determinación de límites.

Considerando la mínima diferencia que existe entre ambas realizaciones y las tolerancias aceptadas para los trabajos del Límites, no se suele hacer una distinción entre ellas.

El elipsoide del WGS84 es una elipse geocéntrica de revolución, definida por los siguientes parámetros:

$$a = 6.378.137 \text{ m}$$

$$f = 1/298,257223563$$

Para la obtención de las cotas geodésicas, se utilizara el modelo de geoide correspondiente al modelo de altura EGM 96. En un futuro, la Comisión Mixta adoptara los modelos geoidales de altura más precisos, previo estudio al respecto.

Para este trabajo en particular se midieron con GPS dos puntos fijos del IGN para obtener las alturas elipsoidales de los mismos, como estos puntos fijos poseen Cota Geométrica se obtuvo la Altura Geoidal, que se define como la diferencia de Altura Elipsoidal medida con GPS y la Cota Geométrica obtenida desde el nivel medio del mar en un mismo punto.

Una vez determinadas las coordenadas se calcularon las diferencias para obtener la Altura Geoidal de los puntos y también se obtuvieron las del modelo de Geoide internacional EGM 96.

Punto	Alt. Elipsoidal	Cota Geométrica	Altura Geoidal	Altura Geoidal EGM96
PF 9 N (387)	415.536	398.43	17.11	16.93
PF 8 N (386)	249.423	234.87	14.55	14.81

Las diferencias entre los valores de Altura Geoidal obtenidas de acuerdo a las mediciones realizadas con respecto al resultado del modelo EGM 96, como se puede observar en la tabla no superan los 0.30 m, esto da una idea de la consistencia del modelo para esta zona.

La diferencia de Altura Geoidal entre los 2 puntos medidos es de 2.56 m, y teniendo en cuenta que las curvas de nivel de la cartografía a realizar será como mínimo de 25 m, es posible promediar estos valores y aplicar un valor constante para todos los puntos de apoyo ya que esto no influirá en el resultado final de la cartografía.

Entonces el resultado del promedio es el siguiente:

Punto	Alt. Elipsoidal	Cota Geométrica	Altura Geoidal	Altura Geoidal EGM96
PF 9 N (387)	415.536	398.43	17.11	16.93
PF 8 N (386)	249.423	234.87	14.55	14.81
Promedio			15.83	15.87

Este valor promedio es el que se aplicara a las Alturas Elipsoidales obtenidas de las mediciones GPS, para determinar el valor de Cota Geométrica de cada uno de los puntos medidos en la zona.

Las tolerancias y precisiones

La cartografía a controlar

Para la elaboración de cartografía a escala 1:50.000 que como anteriormente se menciono es el tipo de hojas cartográficas que utiliza esta comisión, es necesario tener varias consideraciones técnicas en general.

- Proyecto de líneas de vuelos: Cantidad de líneas y su ubicación y su consiguiente cantidad de vistas fotográficas.
- La superposición longitudinal entre fotogramas sucesivos en la misma línea de vuelo, será de 70% ± 5%.
- La superposición lateral entre fajas adyacentes, será de 30% ± 5%.

- La altura de vuelo para obtener aerofotografías a escala aproximada de 1:50.000, será del orden de los 9.450 metros (31.000 pies), sobre la elevación promedio del terreno.
- Las fotografías no podrán exceder un máximo de 5% de nubosidad o sombras de nubes, debiendo siempre estar visibles las marcas fiduciales, el punto principal y el punto principal conjugado en fotogramas consecutivos.
- Las fotografías aéreas se expondrán cuando las condiciones atmosféricas permitan obtener negativos fotográficos claros y bien definidos. Se considerará conveniente como intervalo de toma ± 2 horas desde el mediodía local.

Con respecto a la proyección, se emplea el sistema Gauss – Kruger, dibujándose en las hojas una cuadrícula de 4 por 4 cm.

La equidistancia de curvas de nivel a utilizar y la mayor o menor densidad del acotamiento, serán determinadas en función de la pendiente y formas del terreno.

Dado el sistema de trabajo y tipo de terreno a levantar, se dispone que la equidistancia de curvas sea de 10, 25, 50 ó 100 m, salvo en casos especiales en los que sea necesario utilizar una equidistancia menor de 10 m, lo que será resuelto por la Comisión.

En la zona que se considera que quedará comprendido el límite internacional, cualquiera que sea la equidistancia de curvas adoptada, deberá intensificarse el estudio de formas del terreno y en consecuencia el acotamiento, con el objeto de tener una mayor precisión, no solo en las formas sino también en su determinación planimétrica.

Requerimientos de la campaña

Ubicación y Extensión de la zona a controlar.

La zona a controlar posee una extensión de 6200 Km² con una extensión Norte-Sur de aproximadamente 191 Km.

Si se considera que la Capital Federal posee una extensión de 202 Km² puede apreciarse la magnitud de la zona a controlar.

Ubicación y Cantidad de PCC

La ubicación y cantidad de Puntos de Control de Cartografía fue determinada a partir del reconocimiento de lugares específicos donde la indeterminación de las curvas de nivel pudiera ser crítica a los problemas de la demarcación. De tal manera se proyectaron un total de 148 PCC.

Precisión requerida

La precisión definida para los PCC fue asumida igual a la precisión requerida para los Puntos de Apoyo Fotogramétricos a la misma escala de vuelo. Esta condición es razonable por cuanto la escala de vuelo era igual a la escala de la cartografía final.

De acuerdo con el reglamento técnico de la Comisión, para la ejecución de puntos de apoyo para la restitución de hojas topográficas a escala 1:50.000, los Puntos de Apoyo Fotogramétricos deben ser medidos con métodos diferenciales GPS, los cuales deben satisfacer una precisión en:

- Planimetría: 1 m + 1 parte por millón de la longitud del vector
- Altimetría: 1,5 m + 1 parte por millón de la longitud del vector.

Estos vectores deben a su vez estar vinculados a puntos de la Red Sirgas o Puntos Base propios de la COMIX (Comisión Mixta de Límites).

Planificación

Al comenzar con la planificación de control de cartografía, no eran pocas las incertidumbres sobre que métodos se podrían utilizar.

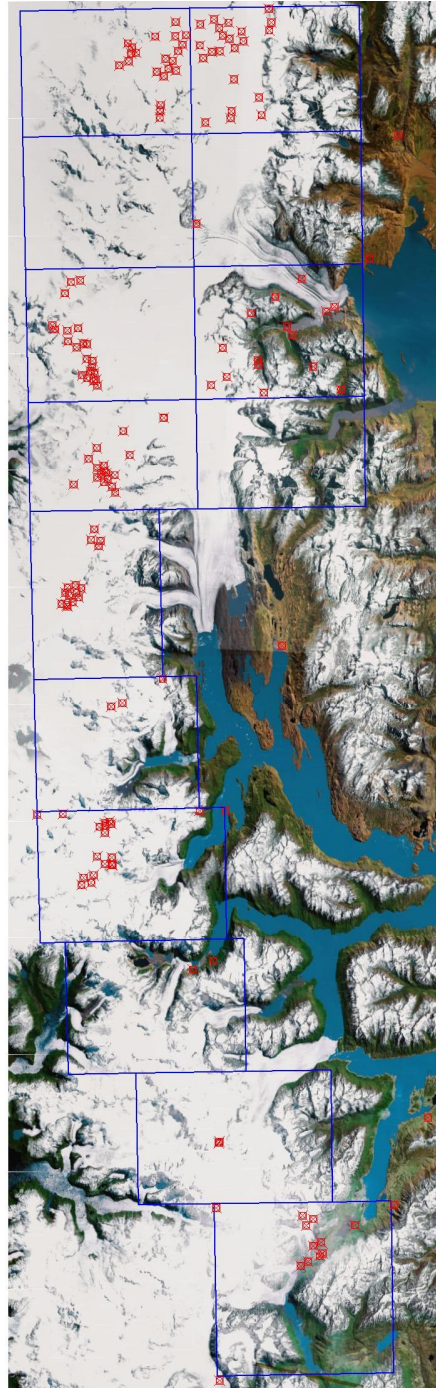


Gráfico de Distribución de los Puntos de Control Cartográficos

Características de la zona de trabajo

La zona de los hielos continentales es una zona de hielos permanentes y glaciares, que presenta enormes dificultades de acceso por vía terrestre derivada de la total ausencia de caminos, un terreno completamente irregular, abrupto, con presencia de profundas grietas en los campos de hielos que representan un peligro a la seguridad si se pretende transitar por el lugar.



Además, la zona posee un microclima que se caracteriza por cambios rápidos del clima, nubosidades provocadas por la humedad proveniente del Océano Pacífico y que es retenida por la Cordillera, temperaturas extremas, fuertes vientos y nevadas, de modo que el personal que accede al lugar puede ser sorprendido por algunos de estos eventos siendo comprometida su seguridad.

Estas características ambientales y orográficas implicaron la necesidad de descartar el acceso terrestre a los puntos de medición y optar por la vía aérea en helicóptero.

Al investigar sobre la posibilidad de realizar accesos en helicóptero (aptos para esta tarea) a la zona de los hielos se encontró que los helicópteros requieren de condiciones climáticas específicas para poder operar las cuales se cumplen durante el

verano (aproximadamente, no mas de 7 días de vuelo al mes), en una cantidad reducida de días en esta zona en particular.



Adicionalmente se debió considerar que los helicópteros debían partir de lugares apropiados con abastecimiento suficiente de combustible.

De esta manera, si bien esta vía proveía un modo seguro de acceso a los puntos, la cantidad reducida de días aptos para el vuelo importaba una restricción a la cantidad de puntos que se podían medir si se empleaba el método estático diferencial.

Entonces se plantea la alternativa de montar una antena y su respectivo receptor GPS en los helicópteros y realizar mediciones Cinemática "Stop and Go".

Al buscar información de esta metodología, se encontró escasa información, casi nula. Los pocos antecedentes de GPS montados en helicópteros mostraban una estructura de hierro sujeta del fuselaje de la nave que ubicaba la antena fuera del radio de giro de las aspas del rotor principal del helicóptero.



Este método no era factible de utilizar para este caso, ya que por protocolos de seguridad, no permitían colocar ningún artefacto fuera del fuselaje, además como los vuelos según lo expuesto se debían realizar en zonas de montaña y fuertes vientos, tornaba mas inseguro el método.

Si bien se contaba con una disponibilidad y distribución de Puntos de Vinculación que permitía vincular la mayoría de los Puntos de Control Cartográficos con distancia no mayores a 30 Km, en el caso de exceder esas distancias se debía prever colocar puntos de paso vinculados a los Puntos Base, colocados en la cercanía de la zona a controlar y de esta manera conseguir menores distancias y mayor precisión.

Metodología

Ensayos

Como ninguno de los métodos antes mencionados satisfacía las exigencias de este trabajo, se dispuso probar distintas alternativas de mediciones GPS Cinemáticas.

En un principio montando el equipo GPS en vehículos terrestres y exigiéndolos más allá del límite de lo aconsejado en sus propios manuales de uso y publicaciones técnicas, ya sea a altas velocidades como también en distancias tan largas como las previstas para este trabajo de campo.

Además, se tenía que considerar que en ciertos casos después de un corte de la señal, se tenía que recurrir al método cinemático "on the fly" para la resolución de ambigüedades, ya que en este caso no se podía volver a un punto de coordenadas conocidas para una nueva inicialización.

La aplicabilidad de los métodos cinemático puro y Stop & Go está limitada por la existencia de obstáculos como túneles, densa arboleda, puentes, o como en el caso de este trabajo por pérdidas de señal propias del método de medición con un GPS montado en un helicóptero, ya que producen cortes en las señales recibidas y por lo tanto se pierden las ambigüedades iniciales, siendo necesario en estos casos volver a determinarlas.

Dentro de los métodos dinámicos el más potente en la actualidad, es sin duda, el denominado OTF (on the fly) que permite la resolución de ambigüedades en movimiento.

Este método ha surgido como consecuencia del gran avance que en los últimos tiempos han experimentado las técnicas de procesamiento dinámico. Esta técnica, originalmente fue aplicada exclusivamente a cálculos de alta precisión a partir de datos obtenidos de receptores de doble frecuencia y código P.

La principal diferencia con los métodos de procesamiento tradicionales estriba en que el método OTF utiliza el denominado filtro de Kalman. El filtro de Kalman permite estimar posiciones con precisión creciente, mientras el receptor está en movimiento, hasta que la precisión lograda es tal que permite calcular las ambigüedades y de esa manera poder computar las coordenadas definitivas. El tiempo necesario para lograr determinar las ambigüedades se denomina tiempo de refinamiento o de convergencia.

Cuando el procesamiento se realiza con datos provenientes de receptores L1/L2/P, se obtienen los mayores rendimientos, ya que ante eventuales pérdidas de ciclos es posible recuperar las ambigüedades rápidamente.

Por ejemplo, para una base corta es posible fijarlas en menos de dos minutos.

El método OTF también es aplicable a datos provenientes de receptores L1. El inconveniente que tiene es que los tiempos de refinamiento deberán ser mayores. En estos casos se logra determinar ambigüedades, por ejemplo, en un tiempo 10 veces mayor que con L1/L2/P.

Esto se debe fundamentalmente a que al disponer solamente de L1 no es posible realizar combinaciones lineales tales como Wide Lane.

Además el nivel de ruido es mayor ya que tampoco puede suprimirse totalmente el efecto ionosférico.

En el ejemplo de la siguiente planilla se puede observar, en un caso real, como teniendo una solución fija (Fixes) y luego se pierde la señal (solución DGPS), los errores

del orden de los centímetros pasan a ser errores de más de diez centímetros. Al recuperar el tipo de solución fija en menos de 1 minuto gracias al método de resoluciones "on the fly" los errores bajan considerablemente y vuelven a ser del orden de centímetros.

Tiempo	Lat	Long	Alt Elip	Dlat	Dlong	Dalt	Pdop	N° Satel	Ocupación	Solución
556733	-49.17788	-73.13442	1506.65	0.017	0.015	0.04	3.5	5	????????	FIXED
556734	-49.17788	-73.13442	1506.67	0.019	0.017	0.046	3.5	5	????????	FIXED
556735	-49.17788	-73.13442	1506.67	0.016	0.014	0.039	3.5	5	????????	FIXED
556739	-49.17788	-73.13442	1507.21	0.431	0.168	0.34	2	6	????????	DGPS
556740	-49.17788	-73.13442	1507.21	0.409	0.163	0.334	2	6	????????	DGPS
556741	-49.17788	-73.13442	1507.22	0.391	0.159	0.329	2	6	????????	DGPS
556742	-49.17788	-73.13442	1507.23	0.375	0.155	0.324	2	6	????????	DGPS
556743	-49.17788	-73.13442	1507.22	0.361	0.152	0.32	2	6	????????	DGPS
556761	-49.17788	-73.13442	1507.26	0.434	0.172	0.354	2	6	????????	DGPS
556762	-49.17788	-73.13442	1507.32	0.436	0.175	0.359	3	5	????????	DGPS
556763	-49.17788	-73.13442	1507.31	0.411	0.169	0.347	2	6	????????	DGPS
556764	-49.17788	-73.13442	1507.33	0.404	0.169	0.347	3	5	????????	DGPS
556765	-49.17788	-73.13442	1507.34	0.384	0.163	0.338	2	6	????????	DGPS
556766	-49.17788	-73.13442	1507.34	0.367	0.159	0.33	2	6	????????	DGPS
556767	-49.17788	-73.13442	1507.32	0.353	0.155	0.324	2	6	????????	DGPS
556768	-49.17788	-73.13442	1507.32	0.34	0.152	0.318	2	6	????????	DGPS
556769	-49.17788	-73.13442	1507.33	0.329	0.149	0.313	2	6	????????	DGPS
556770	-49.17788	-73.13442	1507.33	0.319	0.147	0.309	2	6	????????	DGPS
556771	-49.17788	-73.13442	1507.33	0.31	0.145	0.305	2	6	????????	DGPS
556772	-49.17788	-73.13442	1507.41	0.326	0.153	0.318	3	5	????????	DGPS
556773	-49.17788	-73.13442	1507.4	0.316	0.151	0.313	2	6	????????	DGPS
556774	-49.17788	-73.13442	1507.39	0.307	0.148	0.308	2	6	????????	DGPS
556775	-49.17788	-73.13442	1507.42	0.307	0.15	0.31	3	5	????????	DGPS
556776	-49.17787	-73.13442	1509.36	0.271	0.14	0.232	2	6	????????	DGPS
556777	-49.17787	-73.13442	1509.59	0.264	0.139	0.226	2	7	????????	DGPS
556778	-49.17788	-73.13442	1507.4	0.287	0.145	0.301	2	6	????????	DGPS
556779	-49.17787	-73.13442	1509.1	0.251	0.135	0.216	2	7	????????	DGPS
556780	-49.17788	-73.13442	1508.91	0.246	0.134	0.211	2	7	????????	DGPS
556781	-49.17788	-73.13442	1507.38	0.269	0.14	0.292	2	6	????????	DGPS
556782	-49.17788	-73.13442	1507.45	0.274	0.144	0.298	3	5	????????	DGPS
556783	-49.17788	-73.13442	1508.35	0.243	0.136	0.213	2	6	????????	DGPS
556784	-49.17788	-73.13442	1508.36	0.238	0.135	0.209	2	7	????????	DGPS
556785	-49.17788	-73.13442	1507.44	0.261	0.141	0.291	2	6	????????	DGPS
556786	-49.17788	-73.13442	1508.39	0.234	0.135	0.208	2	6	????????	DGPS
556787	-49.17788	-73.13442	1508.46	0.229	0.134	0.204	2	7	????????	DGPS

556788	-49.17788	-73.13442	1508.48	0.225	0.132	0.2	2	7	????????	DGPS
556790	-49.17788	-73.13442	1507.46	0.247	0.139	0.286	2	6	????????	DGPS
556791	-49.17788	-73.13442	1507.45	0.244	0.138	0.284	2	6	????????	DGPS
556792	-49.17788	-73.13442	1507.45	0.24	0.137	0.282	2	6	????????	DGPS
556793	-49.17788	-73.13442	1508.47	0.216	0.132	0.197	2	6	????????	DGPS
556794	-49.17788	-73.13442	1507.47	0.238	0.138	0.282	2	6	????????	DGPS
556795	-49.17788	-73.13442	1507.49	0.236	0.138	0.282	3	5	????????	DGPS
556797	-49.17788	-73.13442	1508.37	0.205	0.13	0.189	2	7	????????	DGPS
556798	-49.17788	-73.13442	1507.46	0.228	0.135	0.276	2	6	????????	DGPS
556799	-49.17788	-73.13442	1508.4	0.2	0.128	0.184	2	7	????????	DGPS
556800	-49.17788	-73.13442	1507.54	0.223	0.134	0.273	2	6	????????	DGPS
556801	-49.17789	-73.13442	1508.11	0.224	0.136	0.276	3	5	????????	DGPS
556802	-49.17789	-73.13442	1509.13	0.222	0.135	0.275	2	6	????????	DGPS
556803	-49.17789	-73.13442	1510.6	0.221	0.136	0.275	3	5	????????	DGPS
556805	-49.17789	-73.13443	1513.74	0.388	0.16	0.345	2	6	????????	DGPS
556806	-49.17789	-73.13445	1516.3	0.347	0.149	0.28	2	7	????????	DGPS
556810	-49.17791	-73.13470	1522.55	0.018	0.016	0.043	3.5	5	????????	FIXED
556811	-49.17792	-73.13480	1524.85	0.016	0.014	0.039	3.5	5	????????	FIXED
556812	-49.17794	-73.13492	1527.25	0.016	0.014	0.039	3.5	5	????????	FIXED
556813	-49.17797	-73.13505	1529.56	0.01	0.009	0.024	3.5	5	????????	FIXED

Los resultados obtenidos de los ensayos por medio terrestre fueron satisfactorios, pero lo más importante era probar los equipos GPS montados en los helicópteros.

Con esta premisa se fue a Campo de Mayo para encontrarse con los pilotos de aviación de ejército quienes mostraron los helicópteros, su fuselaje esta construido de caños rígidos y cubierto por una burbuja de vidrio que permite tener buena visibilidad en todas las direcciones.



Al contar con buena visibilidad, una de las alternativas fue montar la antena del GPS en la parte delantera interior de la burbuja de vidrio, esto proporcionaría una buena señal al receptor.



Se fijo la antena con un soporte especialmente diseñado y construido para este propósito, a una altura constante, para utilizar siempre la misma, se paso el cable por delante de uno de los caños de la estructura y se fijo con precintos de seguridad, esto para no entorpecer el accionar de los pilotos, ya que el receptor se iba a operar desde las plazas traseras.



Instalado el receptor y configurado para medición cinemática "Stop and Go", se estaba listo para realizar las pruebas. Al despegar, en un principio, se detectó pérdida de señal con el giro a bajas revoluciones de las hélices, pero cuando comenzaron a girar con mayor velocidad (la de vuelo) el problema se solucionó y se estabilizó la recepción de la señal.

Después del despegue y durante el vuelo comenzaron los problemas, el receptor avisaba con las alarmas que no tenía suficientes satélites, menos de 4, esto sucedía más frecuentemente durante los giros del helicóptero donde se pierde la verticalidad. Esta situación no era muy favorable y parecía atentar contra el método.

Los receptores fueron configurados con un intervalo de grabación de 1 segundo. Cada punto estacionario, donde el helicóptero debía aterrizar y permanecer estático hasta nuestra señal de despegar nuevamente, se midió durante 3 minutos, ya que para la medición de los PCC en los hielos no se podía perder mas tiempo que este.

En los ensayos, la distancia máxima medida desde el punto base fue de 10 Km. En la zona de trabajo estaban proyectadas distancias de hasta 30 Km, por tal motivo teníamos que estar seguros que si las soluciones no eran buenas para estas distancias, menos iban a ser para las de mayor longitud.

Luego del vuelo de prueba, se desmonto el equipo y la antena, se bajaron los datos y se hizo el calculo postproceso con el programa Geogenius, los resultados obtenidos no fueron los mejores, por tal motivo se recalculo con el programa Ashtech Solution, en este caso los resultados si fueron los esperados y los puntos dieron dentro de las precisiones esperadas, con las mejores resoluciones para este método.

Visto y analizando estos resultados se decidió utilizar este método. Se comienza con la planificación de la campaña de terreno, que no era de lo más simple.

Instrumental, logística y planificación.

Para controlar una superficie de 6.200 Km², se proyectaron 148 Puntos de Control Cartográficos, estos fueron planificados para los lugares donde se quería verificar las curvas de nivel y la representación del terreno en la cartografía, ya que en muchos lugares por no constar con un buen contraste en las tomas fotográficas (cubiertas de hielo), el restituidor había trazado curvas de nivel solamente de referencia.

Para vincular los PCC a estaciones fijas, se prevé utilizar Puntos Base de la Comisión Mixta de Límites vinculados a la Red SIRGAS. En los casos donde las distancias eran demasiado largas entre los PB y los PCC se utilizarían Puntos de Paso o Puntos Pivote, que constaba en colocar un equipo GPS configurado para medición Diferencial

Estática, con intervalo de grabación de 1 segundo, colocado en la zona de los PCC a medir, de esta manera se vinculaban los PCC mencionados con el Punto de Paso y este ultimo de manera Diferencial Estática a los PB de coordenadas conocidas.

Para el trabajo de medición de los PCC se utilizó:

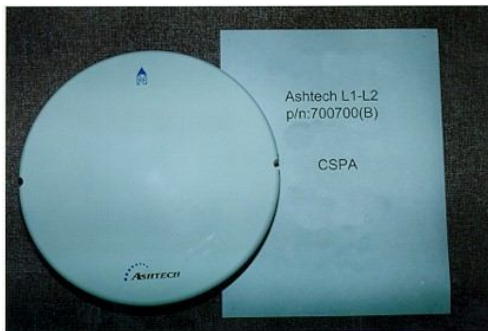
Receptores GPS

Se utilizaron 5 receptores GPS de tipo geodésico marca ASHTECH, tres modelos Z-Xtrem y dos Z-Surveyor, todos ellos del tipo doble frecuencia.



Antenas GPS

Las antenas GPS utilizadas son marca ASHTECH, modelos 700700B Marine III L1/L2 y 701975-01A.



Instrumental Auxiliar

Se utilizaron trípodes, bastones, bases nivelantes, soporte para antena GPS especialmente diseñado para montarla sobre el helicóptero, mochilas térmicas para resguardar a los equipos y a sus baterías del intenso frío y navegadores satelitales marca Garmin, modelo Vista.

Con respecto a la logística, personal y equipamiento, se utilizó:

- 2 helicópteros SA 315B LAMA

Características:

El diseño del SA 315B LAMA comenzó en 1969, inicialmente para reunir los requerimientos de las Fuerzas Armadas de la India.

El primer prototipo voló por primera vez el 17 de Marzo de 1969 y su cabina tiene las mismas características que el Helicóptero Alouette II y III, en 1969 durante los vuelos de demostración en los montes Himalayas, un Lama con una tripulación de dos pilotos y 104 kg. (308 lb.) de combustible, hizo el aterrizaje y el despegue mas alto que se haya registrado en esa fecha a una altura de 7500 m (24600 pies), la cabina esta diseñada en el frente para el piloto y copiloto y atras para tres pasajeros mas. Se puede usar para misiones de rescate, observación, entrenamiento, agricultura, fotografía, ambulancia y muchas mas cosas. Es capaz de transportar una carga externa de 1135 kg. (2500 lb.) a alturas mayores de los 2500 m (8200 pies).

La cabina de vidrio tiene un refuerzo ligero de metal. El resto del fuselaje tiene una estructura basada en tubos de acero formando estructuras triangulares. El puro o cono de cola es de tipo reticular.

En la cabina de vidrio están sentados delante lado a lado el piloto y un pasajero y detrás de ellos otros tres pasajeros. La carga útil puede ser de hasta 1000 kg. Puede ser equipado para rescate, observación, entrenamiento, agricultura, fotografía, ambulancia y otras misiones. En misión de ambulancia puede transportar dos camillas internas y un médico.

El SA 315B LAMA de la Aviación de Ejercito de Argentina, desde 1977 es el protagonista de difíciles rescates en la montaña o cualquier otra tarea de apoyo a la comunidad.



Procedencia: Francia
Fabricante: Aerospatiale
Tipo: Helicóptero para alta montaña
Envergadura: 11,02 m
Longitud: 10,23 m
Peso vacío: 1.021 kg
Peso máximo decolaje: 2.300 kg
Planta motriz y potencia: Un Turbomeca Artouste III, de 870 shp
Velocidad máxima: 230 km/h
Velocidad crucero: 192 km/h
Alcance: 515 km/h

Estas naves cuentan con 5 plazas, 2 pilotos en las de adelante y en las 3 restantes de atrás, 2 técnicos y repartidos en los 2 helicópteros un mecánico y un rescatista del Comando Antártico, con su equipo de rescate correspondiente.

Los pilotos, con amplia experiencia en vuelos sobre este tipo de geografía, debían proyectar como iban a repartir la medición de los PCC entre los dos helicópteros, ya que como protocolo de seguridad, siempre tienen que volar de a par y teniendo inter visibilidad entre ambos.

Los 2 helicópteros tenían que ser trasladados desde la provincia de Mendoza, donde prestan servicio, hasta la zona de trabajo, la translación se realizó en un avión Hércules de la Fuerza Aérea Argentina, para ello se desmontan sus aspas y se cargan en el avión.



Además de los helicópteros había que preveer el abastecimiento de combustible de los mismos, para ello debía viajar a la zona un camión cisterna especialmente diseñado para esta tarea, conducido y operado por personal especializado en esta tarea.



Como los helicópteros tenían una autonomía de vuelo de 4 horas aproximadamente, había que tener en cuenta que las mediciones e incursiones a la zona de trabajo no podían superar este lapso de tiempo, esto coincidía aproximadamente con el tiempo máximo de medición de los equipos GPS, ya que contaban con memorias de 16 MB, que con un intervalo de grabación de 1 segundo, dichas memorias se llenaban en aproximadamente 4 horas.

Por tal motivo, si las inclemencias del tiempo lo permitían se debía salir a volar y medir 4 horas, luego volver a base para reabastecer combustible a los helicópteros, bajar los datos de los equipos GPS y volver a salir.

Tareas de campo:

Una vez en la zona de trabajo, se procedió a realizar una reunión entre las partes actuantes para coordinar los detalles de cómo realizar las mediciones.

Los pilotos de los helicópteros cargaron los PCC proyectados en los navegadores GPS propios de los helicópteros y con un gráfico de ubicación de todos los PCC, diseñaron un recorrido de vuelo y designaron que PCC tenía que medir cada nave.

Hay que recordar que para hacer la medición de cada punto debían hacer un aterrizaje, permanecer estacionados en cada PCC 3 minutos y luego volver a despegar.



Al realizar las mediciones de los PCC, con los equipos GPS midiendo en modo Cinemático Stop and Go, se pudo observar que al aterrizar en el lugar elegido para medir, los receptores acusaban en algunos casos la recepción de no mas de 5 satélites,

esto perjudicaba a la solución de los vectores, ya que cada punto se mide solo 3 minutos, por tal motivo, se decidió dejar que los equipos se estabilicen y puedan tomar mas satélites antes de medir los puntos estacionarios.

Estas mediciones se realizaron sin descender del helicóptero, ya que el equipo GPS y su antena estaban montados en el mismo, con una altura de antena constante prefijada (1,72 m para las dos antenas montadas en los helicópteros).

Solo se bajó del helicóptero, sobre el hielo, cuando se instalaba un equipo GPS con trípode y una mochila térmica para proteger al mismo y a su batería del intenso frío, este equipo se utilizaba como Punto de Paso o Pivote para acortar la distancia entre la Base y los PCC.

La irrupción a pie por el hielo, se realizaba siguiendo los pasos del experto Rescatista del Comando Antártico, esto se debe a que en la zona existen muchas grietas en el hielo que torna sumamente peligrosa su incursión.



El equipo en el Punto de Paso se instalaba y se dejaba en la zona donde se iban a medir los PCC. Luego, se comenzaba con la medición de estos últimos, al finalizar esta tarea se procedía a recoger el equipo antes instalado como Punto de Paso.



Para tener una verdadera dimensión de lo cambiantes y duras que son las condiciones climáticas en la zona, se describe como y con que frecuencia se podían realizar las mediciones.

- 8 de enero de 2010, se llegó por tierra a la zona de trabajo (El Chalten, Provincia de Santa Cruz).
- 15 de enero de 2010, ingresan los helicópteros a la zona de trabajo.

- 16 de enero de 2010, se realiza una prueba del método con todos los equipos montados y listos para efectuar las mediciones, los ensayos fueron exitosos.
- 28 de enero de 2010, desde el 16 de enero hasta esta fecha, las condiciones climáticas no permitían hacer vuelos sobre los hielos y la cordillera. Esta situación causaba mucha incertidumbre, ya que en el momento que se pudiese volar, había que tener todo lo necesario preparado y sincronizado, no se podía fallar. Los pilotos analizaban las imágenes satelitales meteorológicas y programaban el día y horario en que se podría abrir una "ventana en el cielo" y volar. Finalmente el día 28 se pudo salir a medir, pero por los fuertes vientos reinantes en la zona de hielos y la descomposición del clima, se abortó la operación.
- 30 de enero de 2010, después de varios días de no poder realizar las mediciones por las malas condiciones climáticas, se puede volar y realizar las mediciones tendientes a cubrir el control cartográfico.
- 4, 15, y 16 de febrero de 2010, se realizan nuevas incursiones de vuelo y se puede terminar con las mediciones de los PCC previstos en la zona norte con base en El Chalten. Siendo el día 15 de febrero el más productivo, donde se pudo medir desde las 6 a las 20 horas, haciendo 3 salidas con cada helicóptero, con reabastecimiento de combustible y bajada de datos de los receptores GPS, en cada nueva salida. Ese día se midieron un total de 58 PCC.

Luego, para la medición de la zona sur se hizo base en El Calafate, para estas mediciones se utilizaron los días:

- 20 y 24 de febrero y 1 de marzo de 2010, los dos primeros días de medición se realizaron sin complicaciones, pero para el último día solo se pudo utilizar un helicóptero, ya que el otro estaba en control y verificación de rutina sin poder operar, pero al contar con un buen día para realizar el vuelo se decidió realizar las mediciones faltantes solo con una nave y en dos salidas.

Las incursiones a los hielos para medir los PCC, se realizaban en cuanto los pilotos daban la información de que en la zona donde había que entrar a medir, las condiciones climáticas eran favorables. En ese momento, un equipo preparado con ropa térmica y apta para soportar el clima imperante de la zona, se acercaba a los helicópteros, que estaban apostados en un helipuerto improvisado en la localidad del Chalten, donde se encontraban los pilotos, los mecánicos y el resto del personal dedicado a los helicópteros. El personal técnico de la Comisión de Límites, antes de abordar el helicóptero, controlaba que los trípodes y receptores, que se iban a utilizar como Puntos de Paso, estén cargados y bien amarrados en los canastos de las naves. Además, que el receptor GPS montado, este funcionando, con carga de batería completa y haciendo una rápida inicialización. Concluidos los preparativos mencionados anteriormente, se comenzaba con el vuelo para llegar a la zona de medición.



Medición de un PCC ubicado sobre el glaciar Viedma (entre dos grietas)

Al mismo tiempo, otro equipo tenía que instalar simultáneamente el receptor que funcionaría como Base en un punto de coordenadas conocidas, el mismo, quedaba encendido durante el tiempo que duraba la misión de medición de los PCC, este punto estaba ubicado a la salida de la localidad de El Chaltén, en el Punto Fijo PF9 del IGN.

Resumen de la medición de los PCC

Las mediciones de los PCC se llevaron a cabo desde dos campamentos base a saber:

Para las Hojas 7, 5, 6, 1 y 2, se operó desde la localidad de El Chaltén, Provincia de Santa Cruz, Republica Argentina, entre los días 8 de enero y 16 de febrero de 2010.

Se midieron en total en estas hojas 95 PCC, vinculados desde el Punto Base Punto Fijo N° 9-N 387 (9387), y utilizando en todos los casos Estaciones de Puntos Base intermedios para obviar las grandes distancias desde los Puntos Base de la Comisión Mixta; empleando el método de medición "Cinemático", y distribuidos de la siguiente forma:

HOJA 2 21 Puntos y un Punto Base Intermedio.

HOJA 1 21 Puntos.

HOJA 6 15 Puntos.

HOJA 5 21 Puntos.

HOJA 7 17 Puntos y un Punto Base Intermedio.

Para las Hojas 14, 13, 12, 11, 10 y 9 se operó desde la ciudad de El Calafate, Provincia de Santa Cruz, República Argentina, entre los días 17 de febrero y 7 de marzo.

Se midieron en total en estas hojas 45 PCC, de un total de 53, vinculados desde los Puntos Base Punto Astronómico "Campo La Gerónima" (GERO), Punto Astronómico "Ea. Cristina" (ASCR) y "El Calafate" (CALA), y utilizando en algunos casos Estaciones de Puntos Base intermedios para obviar las grandes distancias desde los Puntos Base de la Comisión Mixta; empleando el método de medición "Cinemático", y distribuidos de la siguiente forma:

HOJA 9 15 Puntos.

HOJA 10 2 Puntos.

HOJA 11 14 Puntos y un Punto Base Intermedio.

HOJA 12 2 Puntos y un Punto Base Intermedio.

HOJA 13 2 Puntos.

HOJA 14 10 Puntos.

Respecto a los 8 PCC planificados, que no se midieron (2 en la Hoja 13 y 6 en la Hoja 12), se acordó que al medirse dos PCC en cada una de esas hojas topográficas, se dan por controladas.

No obstante se resalta que al margen de los puntos planificados, se midieron 6 Puntos Base intermedios y 2 PCC nuevos que se midieron, uno en la Hoja 1 y otro en la Hoja 6.

De los 6 Puntos Base Intermedios, 2 están ubicados en la hoja topográfica 4, cuyos valores planialtimétricos son coincidentes con las curvas de nivel restituidas.

Como Anexo se agrega un grafico de vinculación de los PCC medidos a escala 1:250.000.

Tareas de gabinete.

Una vez realizadas las mediciones de terreno de los PCC, se bajaban los datos de los equipos GPS. Con los archivos crudos ya almacenados en las computadoras, se procedía a realizar la descompresión de los mismos, crear un resumen de la medición e identificar con sumo cuidado cada uno de ellos. En estos casos, había que ser cuidadoso de como y donde se guardaban los datos, para que cualquier persona ajena al proyecto los pudiese utilizar sin mayores complicaciones, de ser necesario.

Para el calculo de los vectores que relacionan los Puntos Base con los PCC se utilizo el programa Ashtech Solution, ya que este fue el que mejor resultados arrojó en el post-proceso cinemático.

Al crear los proyectos para el cálculo, se identificaban y diferenciaban entre las mediciones estáticas, entre Base - Punto de Paso y luego las mediciones cinemáticas entre los Puntos de Paso - PCC.

Para este trabajo en particular, del método de medición cinemático "Stop and Go", solo interesaban los puntos de estación rápida y no la trayectoria, cada uno de estos puntos se midió 3 minutos, aun así era necesario para una buena resolución, tener mas tiempo de recepción (sin cortes de señal) mientras se estaba en movimiento, para obtener soluciones con ambigüedades fijas "On The Fly".

Al calcular los PCC, buscábamos la mejor solución posible, por tal motivo, hubo casos donde tuvimos que descartar satélites con datos pobres y subir la mascara de elevación de 10° hasta los 20° (en los casos mas radicales). Esto sucedía, ya que al tratarse de mediciones entre cordones montañosos, muchas veces los satélites se ocultaban y aparecían detrás de los cerros, provocando cortes en la señal.

Tipo de Soluciones

Una solución diferencial de fases flotante es aquella donde las ambigüedades fueron resueltas como números reales.

Una solución parcial es aquella donde las ambigüedades fueron resueltas para algunos satélites como números reales y otros como números enteros.

Una solución fija es una solución diferencial de fase donde las ambigüedades fueron resueltas como números enteros.

En resumen, se puede decir que cuando se utiliza el observable fase la precisión que se puede lograr es mucho mejor que la que se logra con el uso de códigos pero aparece el problema de las ambigüedades cuya resolución requerirá de tiempos de observación mucho más prolongados y de procedimientos de medición y de cálculo considerablemente más complejos.

Es importante en este punto tener en cuenta que la ambigüedad inicial inherente a la medición con fase es un número entero y depende del par receptor-satélite. No habrá dependencia del tiempo siempre que no haya pérdida de señal durante la sesión.

Dependiendo del tipo de ecuación de observación utilizada, en primer término, las incógnitas (coordenadas, parámetros de los relojes, errores orbitales, etc.) son estimadas junto con las ambigüedades en un ajuste común. En esta aproximación los errores no considerados o defectuosamente modelados afectan a todas las incógnitas calculadas. Por eso es que en la primera aproximación las ambigüedades resultantes no serán números enteros sino que resultarán números reales, por lo tanto las coordenadas obtenidas constituyen lo que se denomina solución flotante.

Como ya se mencionó la gran mayoría de los paquetes de software comerciales utilizan las ecuaciones de dobles diferencias de fase donde las incógnitas presentes son las coordenadas y las ambigüedades.

En general las estrategias de cálculo utilizadas se basan en tratar de aprovechar la naturaleza entera de las ambigüedades. En ese sentido se utilizan procedimientos para calcular primero las ambigüedades enteras, las que una vez obtenidas se remplazan en el sistema de ecuaciones, quedando por lo tanto únicamente como incógnitas las coordenadas.

Siguiendo este camino de cálculo, una vez resuelto el sistema, se obtiene la posición del punto con una precisión sensiblemente mejor. El problema de calcular las ambigüedades enteras con sesiones de observación lo más cortas posibles, requiere de

procedimientos de cálculo avanzados que evolucionan continuamente ya que actualmente son objeto de investigación.

A modo de ejemplo mencionamos un conjunto de pasos sucesivos necesarios para resolver ambigüedades:

Si a priori se determinan los valores aproximados de las coordenadas del punto (triples diferencias, código P, etc.), se podrá definir una esfera alrededor del mismo cuyo radio se trata de determinar de tal manera de garantizar que todas las soluciones posibles caigan dentro de ella.

Para lograr soluciones basadas en ambigüedades enteras será necesario realizar ajustes secuenciales tendientes a lograr estimaciones cada vez más cercanas a números enteros.

Así todos los grupos de ambigüedades enteras que proporcionen soluciones que caen dentro de la esfera serán válidos. Se obtendrá entonces un conjunto de soluciones posibles denominadas soluciones candidatas entre las cuales se elige la mejor.

Teniendo en cuenta que las longitudes de ondas de las portadoras son del orden de los 20 cm, se podrá llegar a definir el mejor grupo de ambigüedades si se logra reducir el radio de la esfera hasta que sea menor que la longitud de onda de la portadora. En levantamientos estáticos esto es posible reuniendo suficiente cantidad de observaciones, es decir, con sesiones suficientemente largas.

Además es sencillo intuir que si la longitud de onda fuera mayor, menor será el tiempo necesario para resolver ambigüedades ya que para la misma región de incertidumbre la cantidad de soluciones candidatas será menor.

Se puede observar que de los 148 PCC medidos, en el 70 % de los casos se obtuvieron solución de ambigüedades fijas en la combinación libre de ionosfera, que es la mejor solución para este tipo de mediciones, en un 14 % se consiguieron soluciones de ambigüedades parciales, pero con errores que estaban dentro de las tolerancias, al igual que el 16 % restante con soluciones de ambigüedades flotantes.

Además se evaluó con otros indicadores estadísticos la solución de un vector GPS.

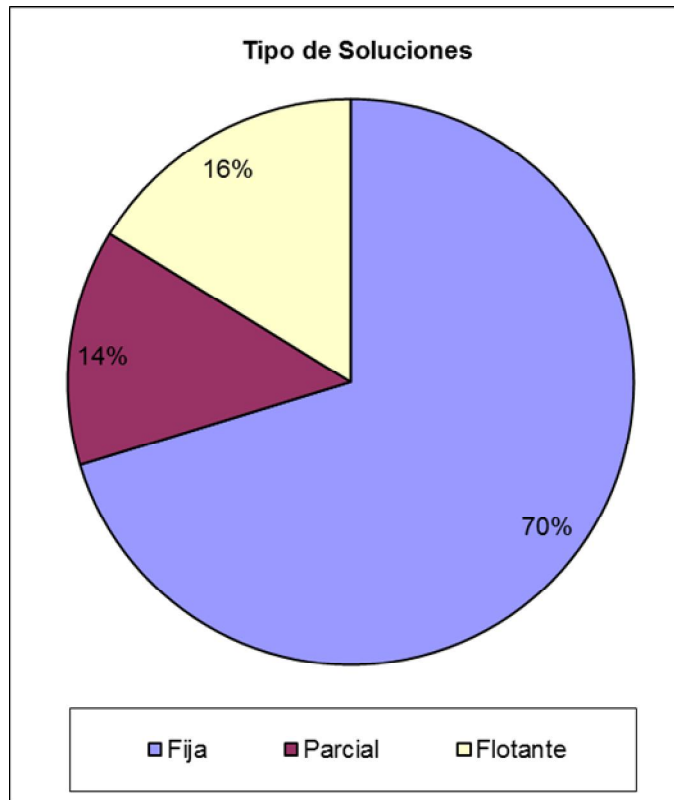
- Se observó si es una solución fija o flotante. Y el ratio.
- Se observó la varianza de referencia, error cuadrático medio de la unidad de peso.
- Se observaron los errores cuadráticos medios estimados sobre las componentes del vector o sobre las coordenadas del punto calculado.

- Se observó el RMS: error cuadrático medio de los residuos de las dobles diferencias de fase.

Y además se observó:

- Que la solución este provista en la combinación de fases apropiada. En distancias largas sí o sí debe ser en la combinación libre de ionósfera.

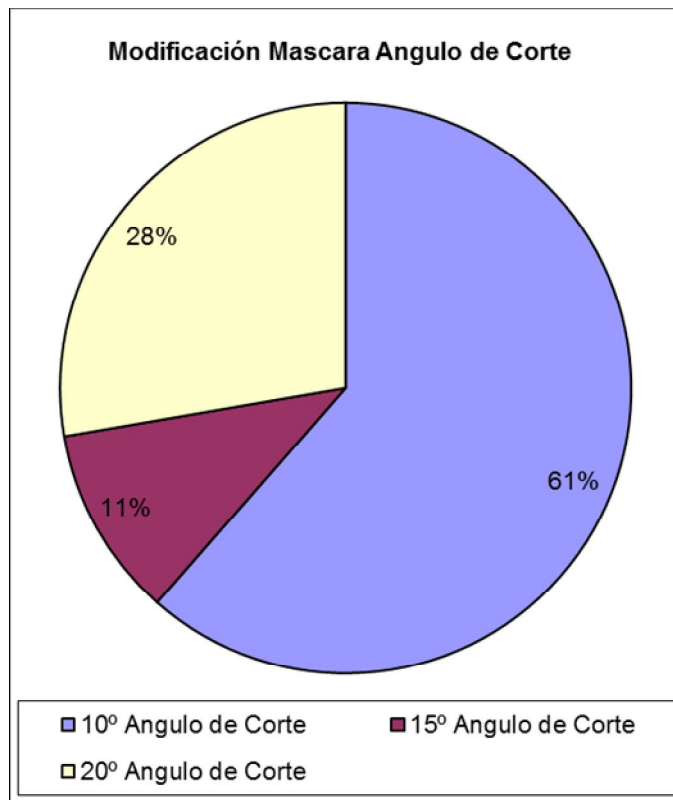
Examinar los residuos y revisar que no queden saltos de ciclo sin corregir.



Modificación Mascara Angulo de Corte

En algunos casos se tubo que elevar el angulo de corte de la mascara en el postproceso. La mascara de elevación, el ángulo de corte es la menor elevación, en grados, a la cual se le permite al receptor rastrear un satélite. Medida a partir del horizonte, corrientemente se fija en 15° para evitar problemas de interferencia causados por edificios, árboles y errores de multipath. Para el proceso de los vectores de este trabajo cuando hizo falta modificar el ángulo de corte generalmente era porque al tratarse de mediciones en zona de montaña, se podia observar que algunos

satelites se perdian en el horizonte de los cerros. Con el cambio del Angulo de Corte se pudieron conseguir mejores soluciones.



Cambio de satelite de referencia.

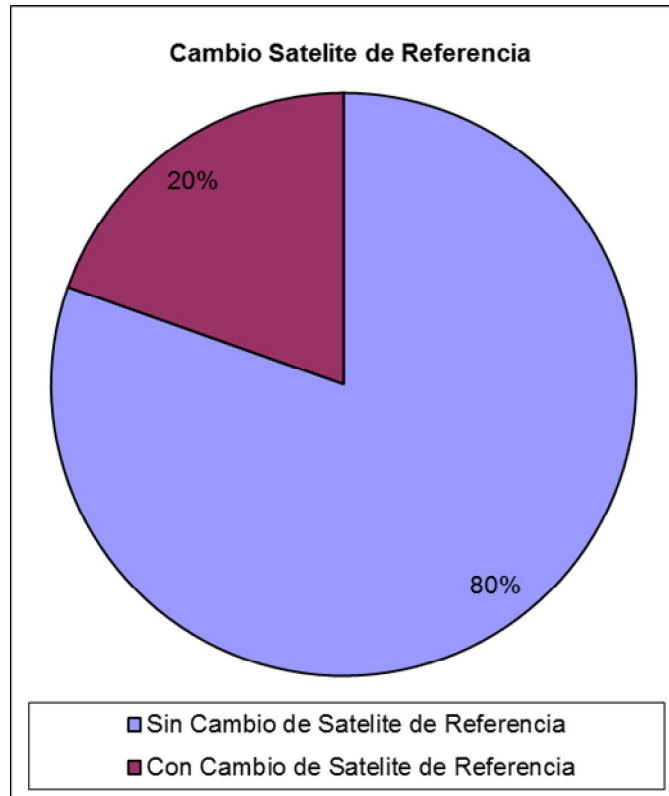
Para poder explicar porque en siertos casos es necesario cambiar el satelite de referencia en el calculo postproceso, hay que tener en cuenta que el programa de calculo utiliza el metodo de diferenciación. Estas son las simples, dobles y triples deferencias que es una combinación de observables que se realiza a fin de eliminar incognitas que no tenemos interes en resolver. Fundamentalmente se utilizan para plantear las ecuaciones de observaciones de fase para posicionamiento relativo.

Las simples diferencias son diferencias de fase a un mismo satélite entre dos sitios diferentes A y B.

Las dobles diferencias son diferencias entre dos simples diferencias entre dos satélites distintos. **Uno de los satelites se toma como referencia.**

Las triples diferencias son diferencias entre dos dobles diferencias entre dos épocas consecutivas.

En el caso caso que el programa de postproceso elija un satélite de referencia para realizar la dobles diferencias y éste haya experimentado muchos cortes o una mala señal, podría afectar a la solución del vector GPS, por tal motivo hay situaciones donde es necesario cambiar el satélite de referencia para poder obtener mejores soluciones.

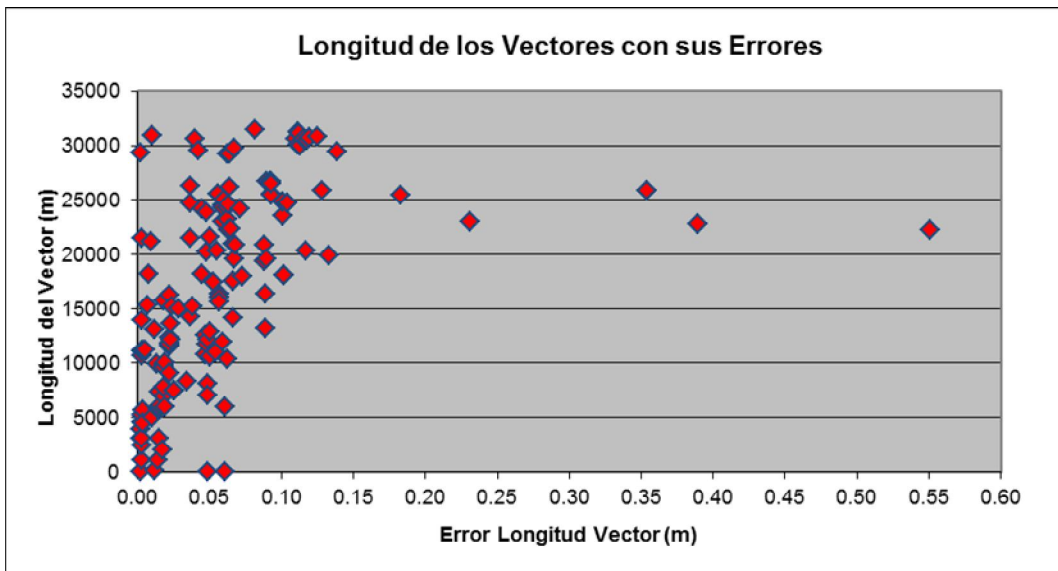


Longitud de los vectores, errores y tipo de solución.

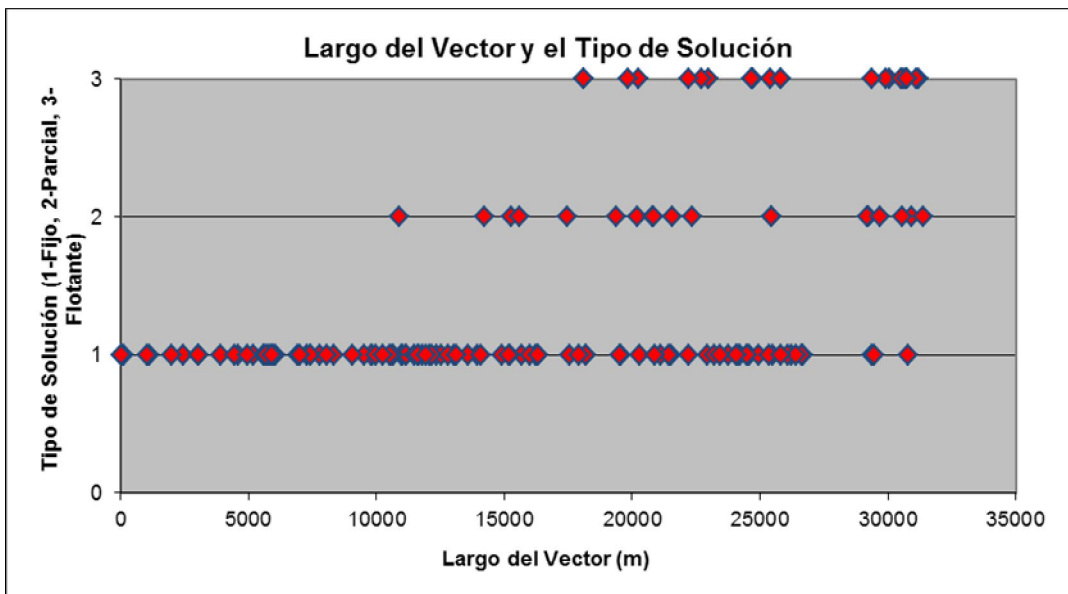
Se puede apreciar que hay una leve tendencia de un aumento paulatino de los errores para los vectores de mayor longitud. Si embargo estos errores están dentro de lo previsible para este tipo de mediciones.

Para los puntos que superaron la media de los errores (4 %), se puede decir que esto se debe al tipo de soluciones. Vale aclarar que estos puntos fueron tenidos en cuenta

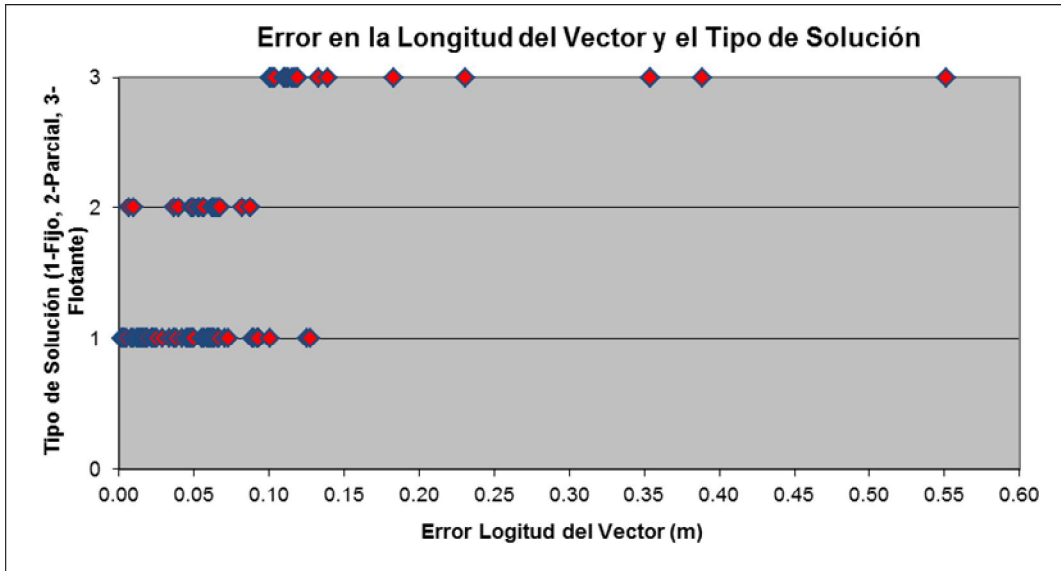
para el control de la cartografía por encontrarse dentro de las tolerancias permitidas para este trabajo.



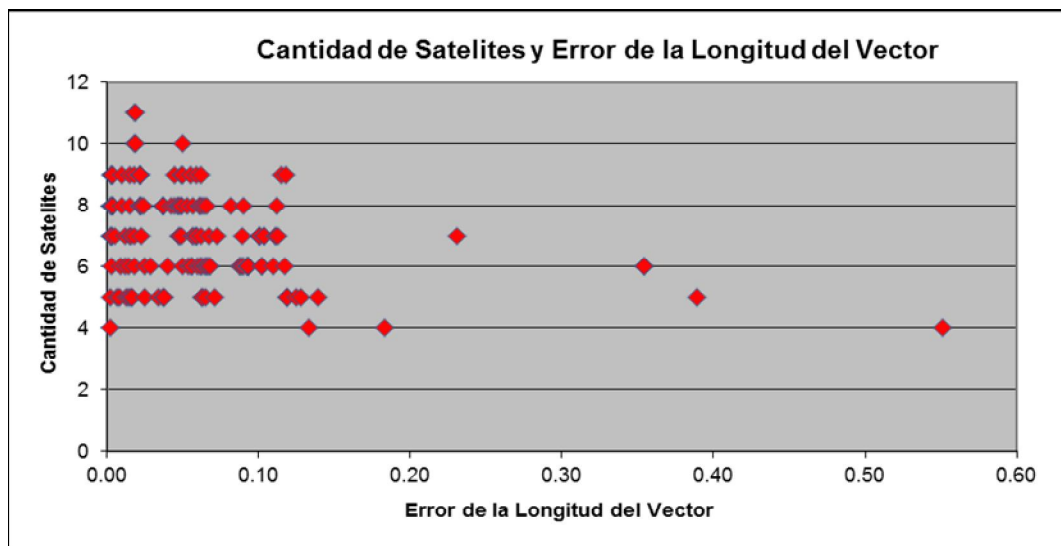
En la mayoría de los vectores calculados las soluciones fueron del tipo Fija, se puede apreciar que hasta los 10 Km todas las soluciones son de ese tipo. Y se ve una tendencia que a medida que los vectores aumentan su longitud, es más probable encontrar tipos de soluciones Parciales y luego Flotantes.



Con respecto a los errores en la longitud del vector, como es de esperar las soluciones Fijas arrojan errores pequeños y las soluciones Flotantes los errores son mas grandes.



Analizando los resultados de los errores respecto a la cantidad de satelites que resepcionaron los equipos se puede apresiar que al tener menos satelites los errores aumentan.



Conclusión.

Se pudo comprobar que el método de medición Cinemático Stop and Go, montado en un helicóptero pudo satisfacer todos los requerimientos técnicos solicitados a priori para este trabajo.

Además se puede decir que este método se podría usar para otros tipos de trabajos de similares características y hasta en mediciones con requerimientos de mayor precisión que la aquí planteada.

Se llega a esta conclusión a partir del análisis de los resultados obtenidos, estos mejoraron ampliamente las precisiones de las tolerancias establecidas en el presente trabajo.

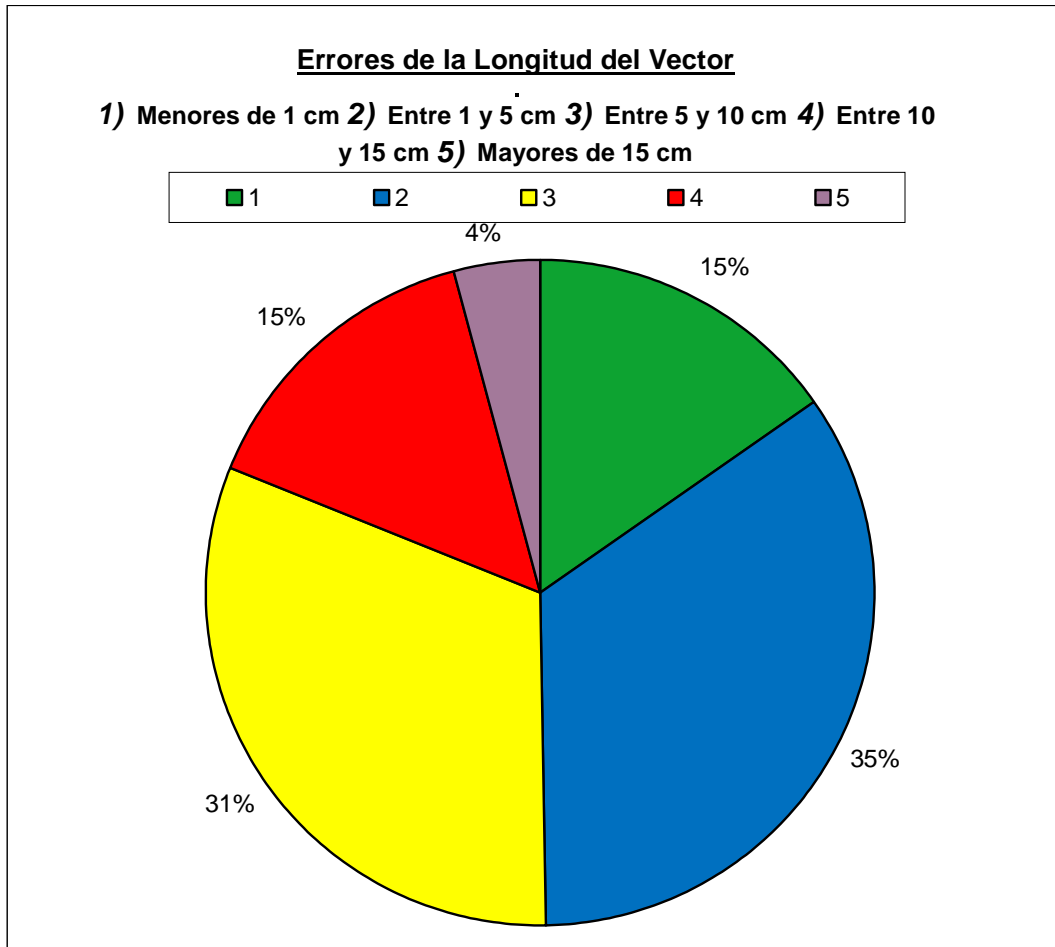
El método dinámico OTF (on the fly) permitió lograr muy buenos resultados, en el cálculo de los puntos estacionarios medidos de forma cinemática "Stop and Go", siendo el métodos dinámicos más potente en la actualidad, que permite la resolución de ambigüedades en movimiento.

Este método ha surgido como consecuencia del gran avance que en los últimos tiempos han experimentado las técnicas de procesamiento dinámico. Esta técnica, originalmente fue aplicada exclusivamente a cálculos de alta precisión a partir de datos obtenidos de receptores de doble frecuencia y código P.

La principal diferencia con los métodos de procesamiento tradicionales estriba en que el método OTF utiliza el denominado filtro de Kalman. El filtro de Kalman permite estimar posiciones con precisión creciente, mientras el receptor está en movimiento, hasta que la precisión lograda es tal que permite calcular las ambigüedades y de esa manera poder computar las coordenadas definitivas. El tiempo necesario para lograr determinar las ambigüedades se denomina tiempo de refinamiento o de convergencia.

Cuando el procesamiento se realiza con datos provenientes de receptores L1/L2/P, se obtienen los mayores rendimientos, ya que ante eventuales pérdidas de ciclos es posible recuperar las ambigüedades rápidamente.

Esto se refleja en los resultados y los errores obtenidos en el cálculo de los vectores, los cuales en la mayoría de los casos no superan los 10 cm en el error de la longitud del vector.

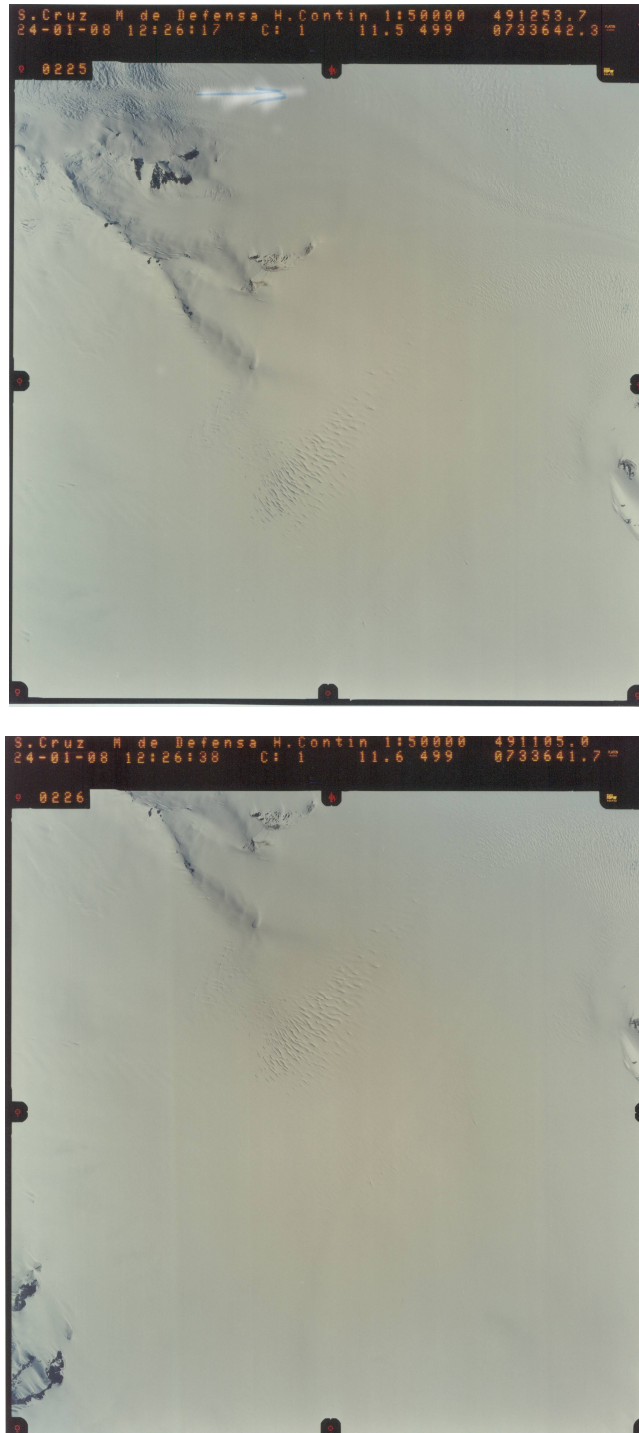


Se llegó a la conclusión que de los 151 PCC medidos, 148 están dentro de las tolerancias requeridas para este trabajo y 3 de ellos se descartaron por no estar dentro de las precisiones prefijados de antemano.

En el caso de los 3 PCC eliminados se obtuvieron soluciones Flotantes y errores en altimetría de más de 2 metros en vectores de no más de 5000 metros.

Al ubicar los puntos medidos en la cartografía a controlar, estos puntos ayudaron a corregir algunas de las curvas de nivel de dicha cartografía, las curvas corregidas son en la mayoría de los casos, curvas de referencia realizadas por el restituidor, ya que al

no contar con el suficiente contraste en las fotografías aéreas, no se pudo restituir de forma correcta.



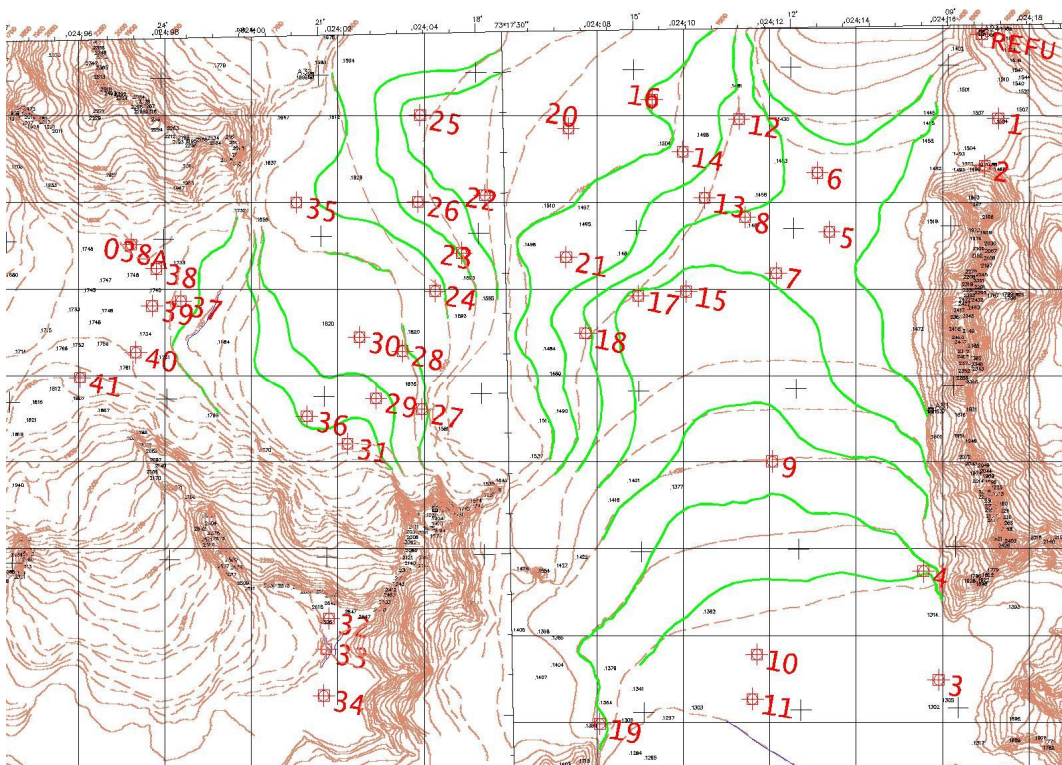
Ejemplo de un par de fotografías aéreas sin el contraste estereoscópico suficiente para realizar la restitución en forma correcta. (Cada fotografía ocupa una superficie de 132 Km²)

En los casos que correspondió se efectuó la modificación de las curvas de nivel ajustándolas al valor de las cotas de control.

Del control de terreno efectuado, se pudo observar en general que donde la visión estereoscópica es buena, la cartografía de referencia respeta fielmente la superficie topográfica. En sectores planos y cubiertos de nieve con visión estereoscópica difusa, las curvas de nivel figurativas que representan la forma del terreno pueden considerarse aceptables, teniendo en cuenta que la equidistancia utilizada es de 50 metros.

Al respecto, el resultado del control planimétrico selectivo efectuado en las hojas topográficas, permite concluir que la representación cartográfica del terreno esta dentro de las tolerancias aceptadas por el Reglamento Técnico de la Comisión Mixta de Límites.

De las 13 hojas realizadas se controlaron 11 de ellas y corregidas 9.



Parte de una de las hojas corregida, con las curvas de nivel realizadas a partir del control de terreno. Con los PCC medidos, ubicados en la misma.

Con las correcciones identificadas a las hojas cartográficas, se procedió a remitirlas al IGN para su corrección y nueva impresión definitiva, luego al recibir las hojas definitivas por parte del IGM se las dio como aprobadas.