



**REPÚBLICA DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO  
LÁSER AEROTRANSPORTADO  
PARA LOS GLACIARES  
ECHAURREN NORTE Y SAN FRANCISCO**

**REALIZADO POR:  
TERRA REMOTE SENSING LTDA.**

**S.I.T. N° 184**

**Santiago, Mayo de 2009**

## **MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**

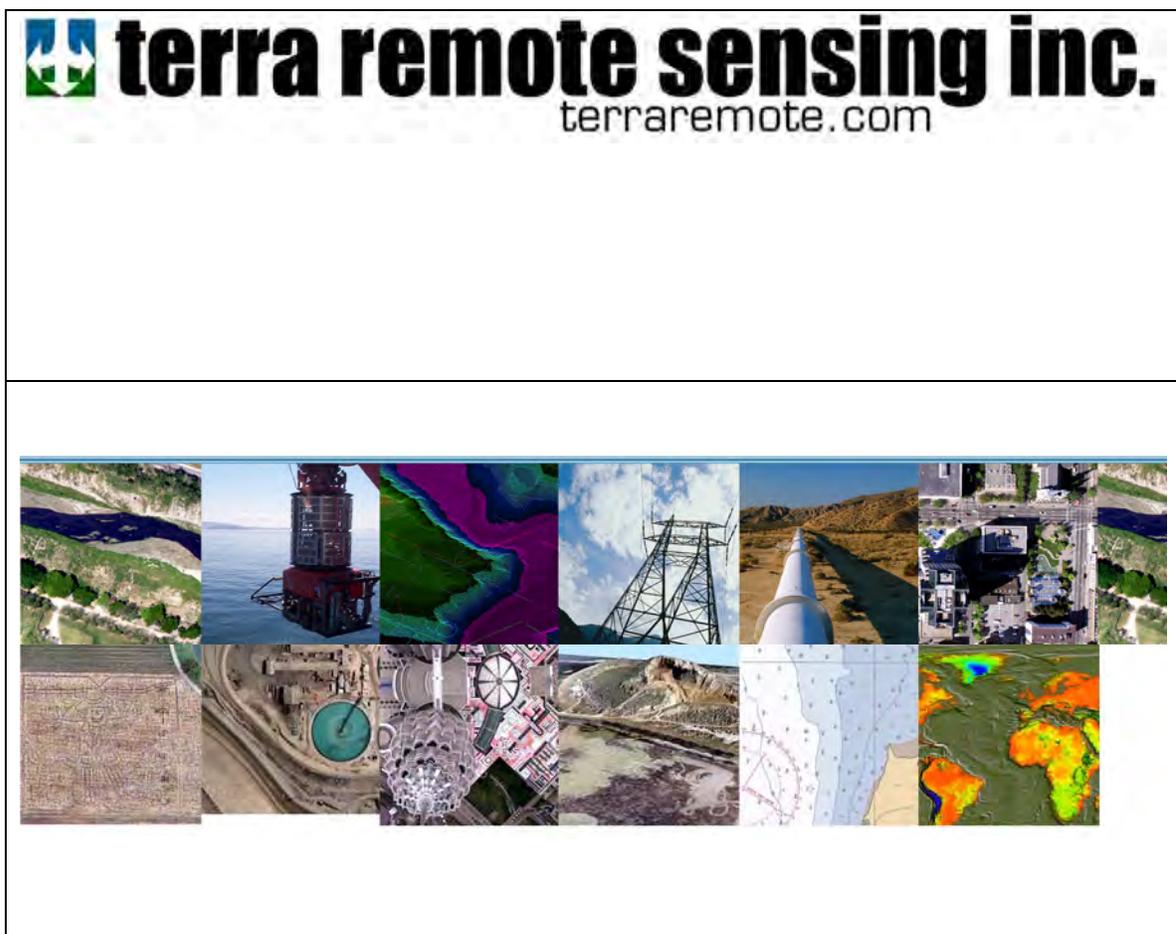
Ministro de Obras Públicas  
Ingeniero Civil Industrial Sr. Sergio Bitar Ch.

Director General de Aguas  
Abogado Sr. Rodrigo Weisner L.

Jefe Unidad de Glaciología y Nieves  
Geógrafo Sr. Gonzalo Barcaza S.

Profesional a cargo  
Ingeniero Civil Sr. Cristobal Cox O.

**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO LÁSER AEROTRANSPORTADO PARA LOS GLACIARES  
ECHAURREN NORTE Y SAN FRANCISCO**



**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS – UNIDAD DE GLACIOLOGÍA Y NIEVES**

**Informe Final**

**Terra Remote Sensing Ltda.**

**MAYO 2009**

## Contenido

Resumen .....	3
1. Generalidades.....	4
Objetivos.....	4
Descripción general del Sistema LIDAR TRSL.....	5
Fundamentos LiDAR .....	6
Ubicación del área del proyecto .....	6
2. Características de los vuelos.....	8
3. Pos – Procesamiento de datos .....	11
4. Productos.....	12
5. Análisis .....	15
6. Conclusiones y comentarios.....	16
ANEXO A: Vértice Geodésico DGA.....	17
ANEXO B: Proceso GPS .....	18
ANEXO C: Certificado de vértice IGM.....	20
ANEXO D: Antecedente fotográfico de la ejecución del proyecto. ....	21

Informe final de la entrega de datos del proyecto denominado:  
**“TOPOGRAFÍA SUPERFICIAL UTILIZANDO ALTIMETRÍA AÉREA LÁSER:  
GLACIARES ECHAURREN NORTE Y SAN FRANCISCO, CUENCA DEL RÍO MAIPO”**

## **Resumen**

La Dirección General de Aguas (DGA) institución del Estado de Chile, con fecha 4 de marzo de 2009 adjudicó a la empresa Terra Remote Sensing Ltda. (TRSL), el proyecto denominado “Topografía Superficial utilizando Altimetría Aérea Láser: Glaciares Echaurren Norte y San Francisco, Cuenca del Río Maipo”, consistente en la colección de imágenes y puntos representativos de la superficie de los Glaciares Echaurren Norte y San Francisco, mediante un sistema de sensores adosados a una plataforma aérea, que para este caso fue el avión Twin Otter del Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea (SAF).

El levantamiento topográfico fue ejecutado entre los días 28 a 30 de abril. Durante este período se realizaron evaluaciones diarias de la data, es decir, calidad y cobertura de las imágenes, intensidad del láser y calibración de la información.

El sistema geodésico utilizado en la recolección de los datos y ajuste de los mismos fue el datum WGS-84 (SIRGAS), cuya referencia vertical se ajusto a la altura elipsoidal de dicho sistema geodésico, de acuerdo a lo establecido en las bases técnicas del proyecto. El sistema de proyección cartográfico empleado para la representación de los datos colectados, fue la proyección UTM, huso 19, datum WGS-84 (SIRGAS).

Para la vinculación a la red geodésica mundial en el datum WGS-84, se vinculo al vértice BMOR, y se genero un nuevo vértice en el sector del embalse El Yeso (ver Anexos del proceso de datos, monografía y certificado de coordenadas del vértice de origen IGM).

Para una mejor administración de la información, se confeccionó un índice con bloques divididos en 1 km x 1 km, debidamente identificados con un nombre, cuya identificación es equivalente con la información de imágenes, archivos de puntos Lidar y contornos.

# 1. Generalidades

De acuerdo a la licitación N° 1019-5-LE09 “TOPOGRAFÍA SUPERFICIAL UTILIZANDO ALTIMETRÍA AÉREA LÁSER: GLACIARES ECHAURREN NORTE Y SAN FRANCISCO, CUENCA DEL RÍO MAIPO”, adjudicada a la empresa Terra Remote Sensing Ltda., el presente informe detalla los antecedentes administrativos y técnicos de su ejecución.

Mediante orden de compra N° 1019-246-SE09, de fecha 5 de marzo del presente año, se procedió al inicio de los trabajos.

Con fecha 09 de marzo de 2009, se celebró el Convenio entre la Dirección General de Aguas, en adelante la DGA, representada por su Director General, don Rodrigo Weisner Lazo, abogado, RUT N° 10.995.308-3, ambos domiciliados en Santiago, calle Morandé N° 59, octavo piso, por una parte, y la empresa TERRA REMOTE SENSING LIMITADA, RUT N° 76.030.241-4, en adelante TRSL, representada por don Patricio Vergara Valenzuela, RUT N° 10.672.956-5, ambos domiciliados en calle Enrique Foster Sur N° 20, Piso 19, Comuna de Las Condes, Santiago, indicando los diferentes procesos administrativos ocurridos a la fecha y el detalle de los productos solicitados por parte de la DGA.

## Objetivos

El propósito del proyecto es efectuar un levantamiento láser aerotransportado sobre los glaciares Echaurren Norte y San Francisco, para la obtención de los siguientes productos:

1) Modelo Digital de Terreno (Digital Ground Model) en formato digital ASCII X,Y,Z con resolución 0.5x0.8mts y valores de intensidad de cada punto del láser para los datos de superficie. La precisión absoluta del producto será de 30cms como mínimo.

2) Imágenes de Intensidad LIDAR. Se entregará una clasificación detallada de valores de intensidad asociados a cada punto láser que constituye el área de estudio. Las imágenes de intensidad LIDAR tendrán una resolución mínima de 0.5x0.8mts en formato ASCII GRID.

3) Mosaicos Digital Color de Ortofotos de 15cms de resolución en formato GEO-TIFF y ECW. La posición X, Y horizontal de los elementos en la imagen tendrá una precisión submétrica. Las imágenes serán entregadas en bloques de 1000x1000mts en color verdadero (RGB).

4) Curvas de nivel. Se entregarán dos sets de curvas de nivel. El primer set estará compuesto por curvas de nivel 1mt de intervalo y el segundo set estará compuesto por curvas de nivel 2mt de intervalo. Los archivos de curvas de nivel serán separados en bloques de 1000x1000mts de tamaño y en formato DWG.

5) Archivo índice para identificar los diversos archivos asociados con todos los productos que se entregarán para este proyecto.

Para la entrega de estos productos TRSL debió considerar además una distancia buffer perimetral de 100 mts. Las imágenes debieron tener un máximo de nubes de un 5%. Sin embargo, TRSL debe hacer todos los esfuerzos posibles para tener un 100% libre de nubes. Las superficies cubiertas de agua no van a entregar resultados en la imagen de intensidad, pero TRSL debió hacer todos los esfuerzos posibles para que no existieran estas superficies de agua y de lo contrario hacer las interpolaciones necesarias para entregar un Modelo Digital de Elevación del Terreno completo.

### Descripción general del Sistema LIDAR TRSL

El sistema láser diseñado y desarrollado por la casa matriz Terra Remote Sensing Inc. (TRSI) está integrado con una cámara de alta resolución y otros sensores. Este sistema combinado otorga a TRSI una capacidad única de ofrecer imágenes ortorectificadas con una serie de soluciones de datos geoespaciales adquiridos desde una plataforma aérea.

Este sistema consiste en tres componentes principales: (1) sistema de posicionamiento (2) sistema de adquisición de imágenes (3) sistema de escaneo láser terrestre.

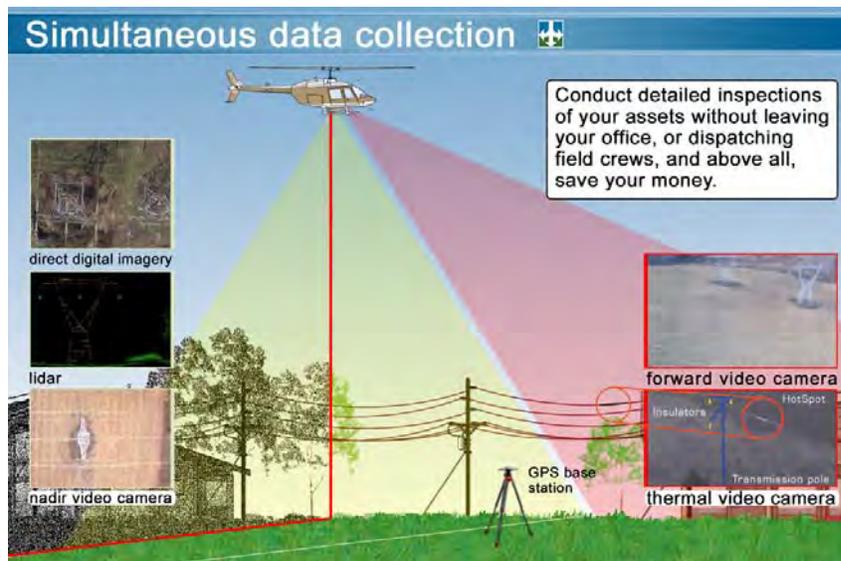


Figura 1: Sistema de Posicionamiento

El componente de posicionamiento del sistema de TRSI está compuesto por una Plataforma de Movimiento Inercial (IMU), un GPS (Global Positioning System) instalado a bordo y una estación GPS base, proporcionando posicionamiento en modo diferencial (DGPS). Los datos del instrumental mencionado son combinados para proporcionar un preciso posicionamiento 3D en coordenadas absolutas del sensor de escaneo durante el tiempo de emisión del láser. Para minimizar errores en los cálculos del DGPS (Differential Global Positioning System), el rango permisible de vuelo desde la estación

base y la proximidad de ésta al área del proyecto son seleccionadas para asegurar que se cumplan los requerimientos de precisión del proyecto.

El componente de imagen al nadir del mutisensor de TRSI está provisto por una cámara digital y opera de manera similar a la fotogrametría aérea. La razón de recolección de los datos es rápida, apropiada para un sistema aéreo, con capacidad de almacenamiento extra para permitir flexibilidad en la planificación de la misión.

## **Fundamentos LiDAR**

“LiDAR” como el RADAR y el SONAR, es un acrónimo que representa “Light Detection And Ranging”, donde el láser es utilizado como fuente de luz. LiDAR es la técnica que utiliza el láser para efectuar mediciones de distancias a puntos específicos. Esto se logra a través de la integración de tres tecnologías bien definidas: telémetros láser compactos (lidar), una Unidad de de Medición Inercial (IMU) altamente precisa y el sistema de posicionamiento global por satélites (GPS). Estos componentes se combinan con los sensores de adquisición de imágenes para producir en forma expedita mapas topográficos digitales precisos del terreno cubierto por el eje de vuelo del helicóptero.

Durante la operación, el telémetro láser montado en el helicóptero envía pulsos y mide en forma precisa la distancia al terreno mediante el tiempo que toma la señal en reflejarse desde tierra o desde objetos tales como edificios, árboles, o líneas de tensión. Debido a que la velocidad de la luz es conocida, el tiempo que transcurre es convertido a distancia inclinada. Un espejo rotatorio es usado para proporcionar la cobertura necesaria al través de la línea de vuelo del helicóptero, con un ancho de barrido que depende del ángulo de emisión y la altura de operación. Simultáneamente, el subsistema IMU graba la información correspondiente al rolido, cabeceo y guiñada del helicóptero para determinar su orientación en el espacio, mientras el subsistema GPS provee la ubicación precisa del helicóptero utilizando una solución cinemática diferencial. Durante el post-proceso, la orientación y el posicionamiento proporcionado por el IMU y GPS respectivamente se combinan con la distancia inclinada del láser para calcular las coordenadas precisas XYZ para cada retorno del láser. La precisión total cumple los estándares de la Sociedad Americana de Fotogrametría y Percepción Remota (ASPRS).

Para generar los puntos finales XYZ y clasificarlos para obtener los productos que representen la superficie del terreno u otros productos, esta tecnología requiere post-procesamiento luego que las operaciones en terreno y la adquisición de los datos hayan finalizado.

## **Ubicación del área del proyecto**

Los glaciares Echaurren Norte y San Francisco están ubicados en las subcuencas de los Ríos Yeso y Volcán respectivamente.



Figura 2: Imagen de referencia general de las dos áreas levantadas, marcadas en color rojo y el vértice geodésico DGA utilizado como estación base.



Figura 3: Glaciar Echaurren Norte. 0.51 km<sup>2</sup>.

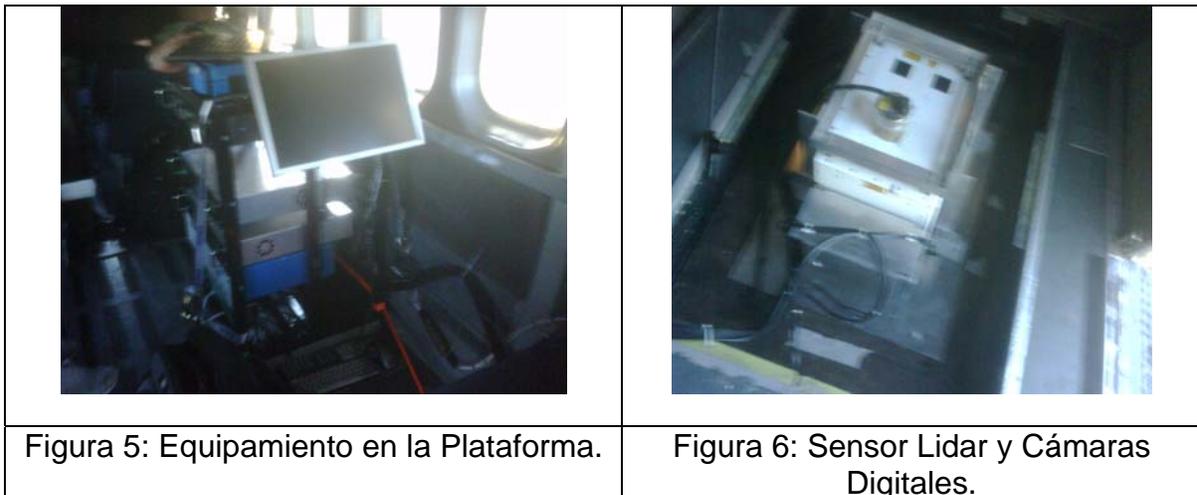


Figura 4: Glaciar San Francisco. 1.88 km<sup>2</sup>.

## 2. Características de los Vuelos

Con fecha 29 de marzo se georreferenció y materializó en terreno el vértice base para el apoyo al vuelo denominado DGA, en la localidad del embalse El Yeso. Dicho vértice fue vinculado desde el vértice BMOR, perteneciente al Instituto Geográfico Militar, cuya monografía y reportes del proceso DGPS, se adjuntan en los Anexos A y B respectivamente.

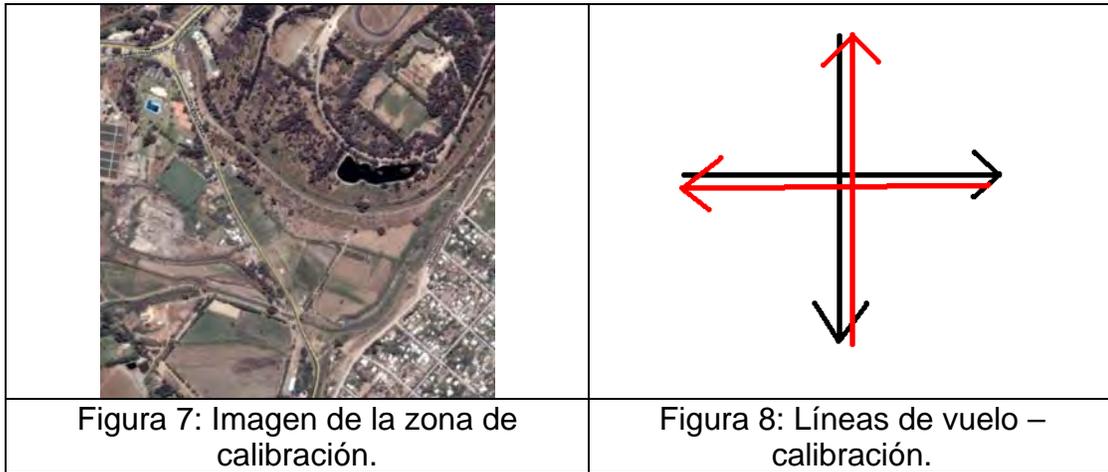
Con fecha 27 de abril se procedió a la instalación del sistema láser Mark II, considerado por los ingenieros de TRSI, como el sistema idóneo para la colección de datos en superficie de hielo, específicamente por las características técnicas que tiene ese sistema láser de propiedad de TRSL, sobre la plataforma aérea Twin Otter, perteneciente al Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea (SAF). Ver Figuras 5 y 6.



Con fecha 28 de abril se procedió a la etapa de calibración del sistema láser. El área escogida para ese propósito fue una localidad de la comuna de Puente Alto. Dicha área contó con las características necesarias para efectuar el posterior ajuste de las distintas líneas de vuelos que debieron generarse, con el objeto de contrastar sus diferencias angulares y de traslación para la determinación de los valores exactos de cabeceo, ladeo y deriva para el posterior ajuste de todos los datos X, Y y Z levantados.

Las cuatro líneas de vuelo efectuadas para la calibración se hicieron en sentido Norte – Sur; Sur – Norte y Este – Oeste; Oeste – Este. Cada línea de una longitud aproximadamente de 1 km.

La característica de la superficie escogida para la calibración, fue zonas planas y libres de obstrucciones, como lo son los caminos pavimentados, Ver Figuras 7 y 8.



Los valores que se muestran a continuación corresponden a los números finales de calibración, obtenidos para el área local del proyecto, ajustados en nuestra casa matriz con el software CC30, de propiedad de Terra Remote Sensing Inc.

Calibración área proyecto:

Roll: -0.16  
 Pitch: -0.4  
 Heading: 0.17

---

RS: 0.9989  
 RO: 0.62

---

MS Pos: 0.9975  
 MS Neg: 1.0

---

Face Positions:  
 Face 1 Roll: 0  
 Face 2 Roll: -0.01  
 Face 3 Roll: -0.02

---

Con fecha 28 de abril, posterior a la etapa de calibración del sistema láser Mark II, se procedió a efectuar el levantamiento láser aerotransportado, siendo la primera área de trabajo el Glaciar Echaurren Norte y luego el área del Glaciar San Francisco. Una vez finalizada la jornada de trabajo se revisaron los datos colectados, es decir, calidad y cobertura de las imágenes e intensidad del láser, encontrando falta de intensidad en algunas zonas del Glaciar San Francisco. Por tal motivo se procedió a la brevedad a la programación del vuelo y levantamiento de los datos faltantes para el día 29 de abril.

Con fecha 29 de abril, se procedió a efectuar el levantamiento láser aerotransportado en el Glaciar San Francisco, específicamente en el área con falta de información. Al término de los trabajos se realiza el respectivo control de calidad a los datos, el cual consistió en corroborar recubrimiento y traslape de las imágenes, densidad de puntos por m<sup>2</sup> obtenida por el láser, calidad de estos y finalmente el preproceso de la información GPS e IMU. Con esta información finalmente se concluye si efectivamente cumple con lo solicitado que para este caso resultaron óptimas, permitiendo así realizar el proceso en gabinete de calibración, ajuste y clasificación. Ver Figuras 9 y 10.



Figura 9: Pantalla con programación de vuelo.



Figura 10: Marca notable área de calibración.

A continuación se detallan las características de vuelo:

- Altura de vuelo promedio en las dos aéreas en estudio: 900 m sobre el nivel de la superficie del terreno.
- Número de líneas de vuelo efectuadas para el área del Glaciar Echaurren: 8
- Número de líneas de vuelo efectuadas para el área del Glaciar San Francisco: 12

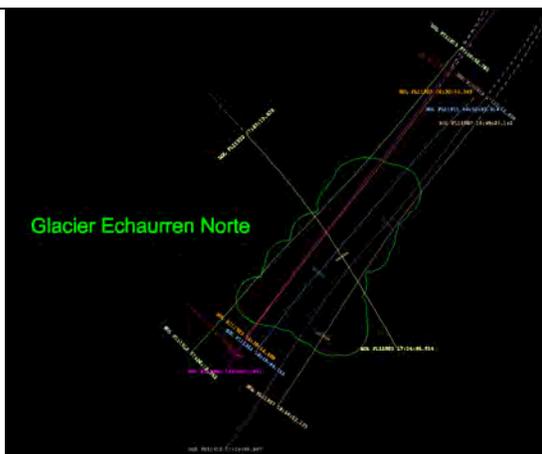


Figura 11: Líneas de vuelo Glaciar Echaurren Norte.



Figura 12: Líneas de vuelo Glaciar San Francisco.

### 3. Pos – Procesamiento de datos

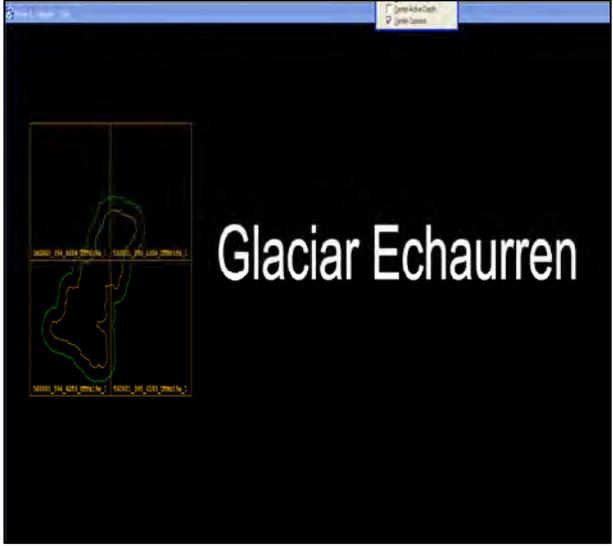
En la etapa de procesamiento de datos, una vez finalizada la calibración final de los datos láser, consistente en la corrección de las coordenadas X, Y y Z obtenidas del terreno por medio de la fusión de los datos del sistema inercial (IMU), el sistema de posicionamiento global GPS y el sensor láser, comenzaron los procesos correspondientes a la clasificación, generación de DTM y ortoimágenes. Los softwares utilizados para el proceso de datos fueron MicroStation V8 y TERRASOLID, junto a diferentes softwares programados y de propiedad de TRSI. A continuación se detallan los distintos procesos involucrados en la obtención de los productos a entregar:

- Conocida la ubicación y superficie del área en estudio, se procedió a la confección de los índices para cada glaciar levantado, consistente en bloques de 1 km x 1 km, cada uno indicado con un nombre, que del mismo modo identificará su respectiva ortofoto y bloque de láser.
- Con los datos calibrados del láser consistentes en coordenadas X, Y y Z, se procedió al filtrado de los datos, con el objeto de eliminar todo ruido que no correspondiera a la realidad de la superficie levantada. Para ello se utilizaron macros programadas de acuerdo a la característica de la superficie. Para este caso la macro utilizada fue de tipo simple debido a que no existían elementos como infraestructura o elementos considerados como complejos en el terreno.
- Una vez filtrados los datos láser se procedió a la clasificación de los mismos, separando en dos capas los datos, como tipo terreno y no terreno. De ese modo con los puntos X, Y y Z, y generando una interpolación de triángulos mediante el uso del método de malla TIN (Triangulated Irregular Network), se obtuvo finalmente el modelo representativo del terreno (MDT), que dio origen a la construcción curvas de nivel para los intervalos de cada 1 m. y 2 m. para escala 1:1000 y 1:2000 respectivamente.
- Luego se generó la ortorectificación de las imágenes obtenidas de alta resolución (20 cm), por medio de una corrección radiométrica y geométrica, mediante el empleo del MDT.
- Con los datos láser clasificados como terreno, se procedió a efectuar una depuración por intensidad de cada punto, obteniendo finalmente imágenes en formato raster y vectorial con los valores de intensidad de las dos zonas levantadas.

## 4. Productos

A continuación se muestran algunas imágenes de los productos obtenidos del levantamiento láser aerotransportado para las aéreas de los Glaciares Echaurren Norte y San Francisco, escala 1:1000 y datum SIRGAS 2000 (WGS-84), proyección UTM huso 19.

a) Presentación de los índices con bloque de 1 km x 1 km.

 <p>Glaciar San Francisco</p>	 <p>Glaciar Echaurren</p>
<p>Figura 13: Índice, formato de entrega .DWG.</p>	<p>Figura 14: Índice, formato de entrega .DWG.</p>

b) Productos de ortoimágenes y puntos láser – Glaciar Echaurren Norte.

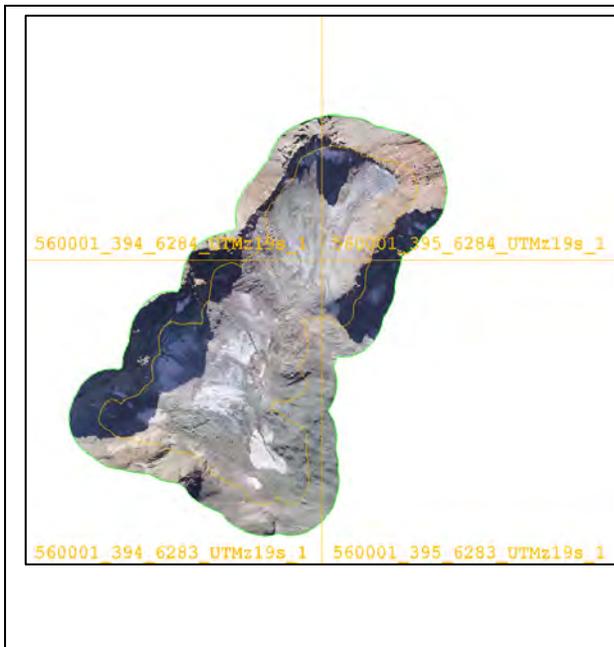


Figura 15: Imágenes ortorectificadas.

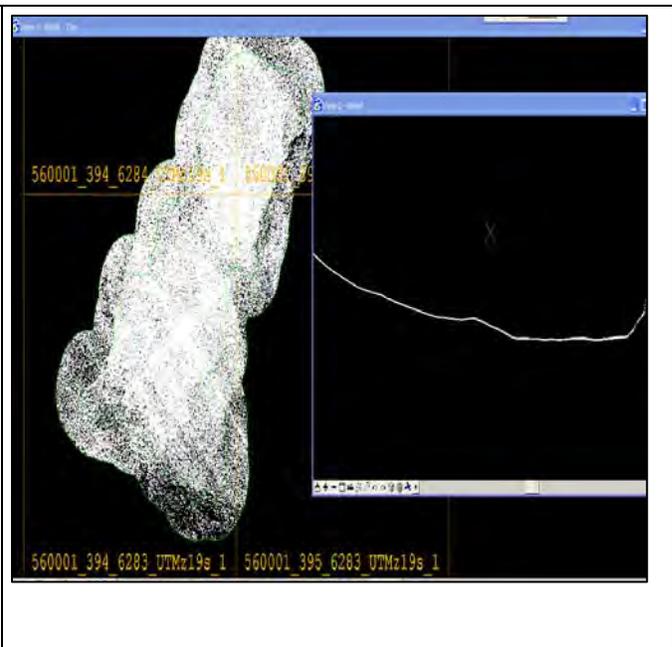


Figura 16: Puntos Lidar clasificados en default y ground.

c) Productos de ortoimágenes y puntos láser – Glaciar San Francisco.

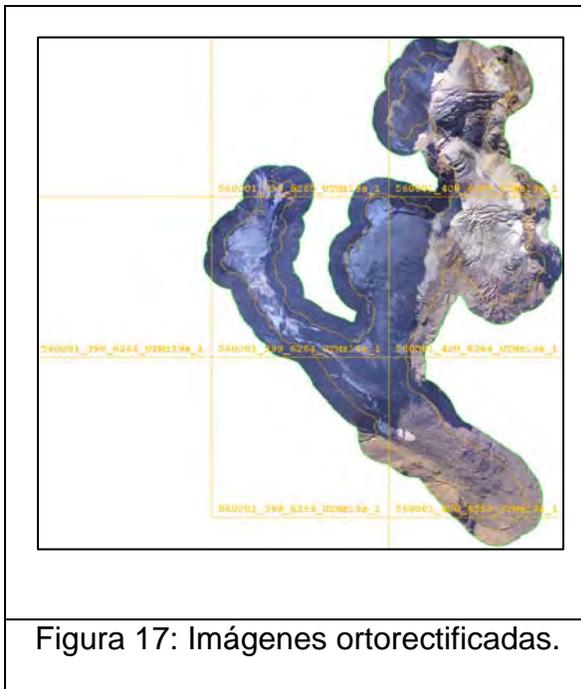


Figura 17: Imágenes ortorectificadas.

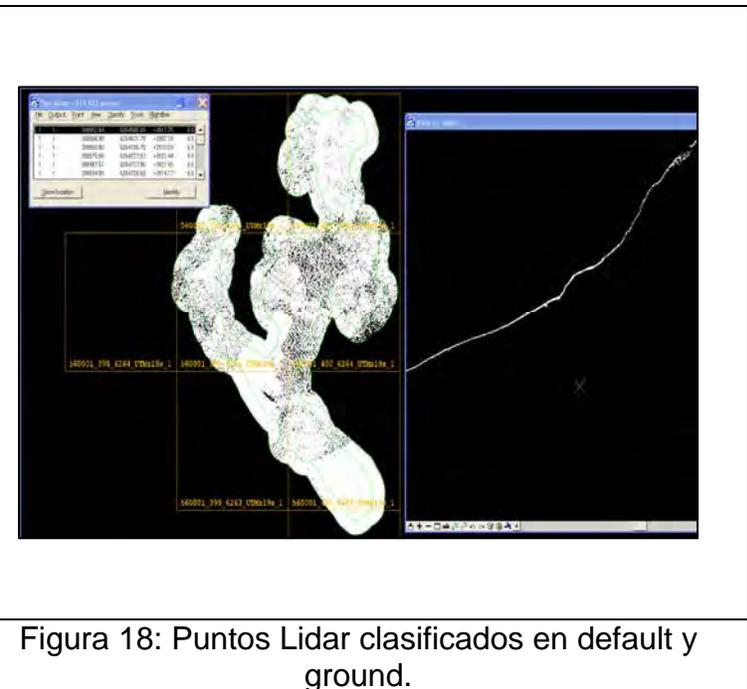


Figura 18: Puntos Lidar clasificados en default y ground.

d) Curvas de nivel divididas en dos archivos; cada 1 y 2 metros.

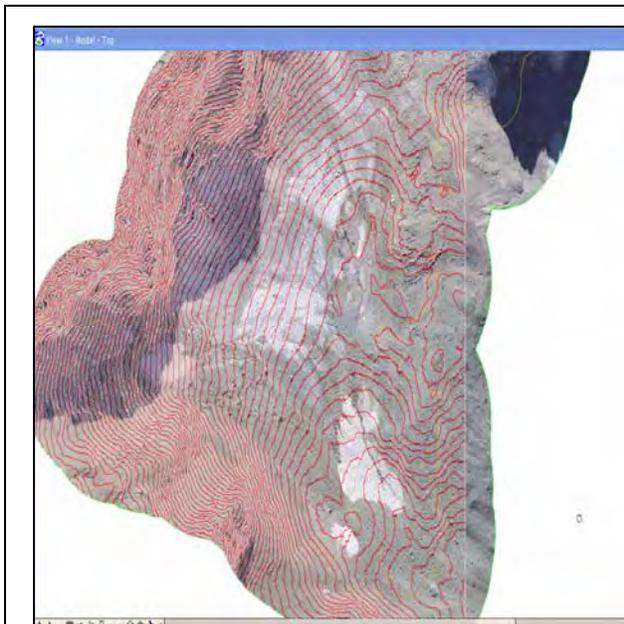


Figura 19: Glaciar Echaurren.



Figura 20: Glaciar San Francisco.

e) Imágenes de intensidad.

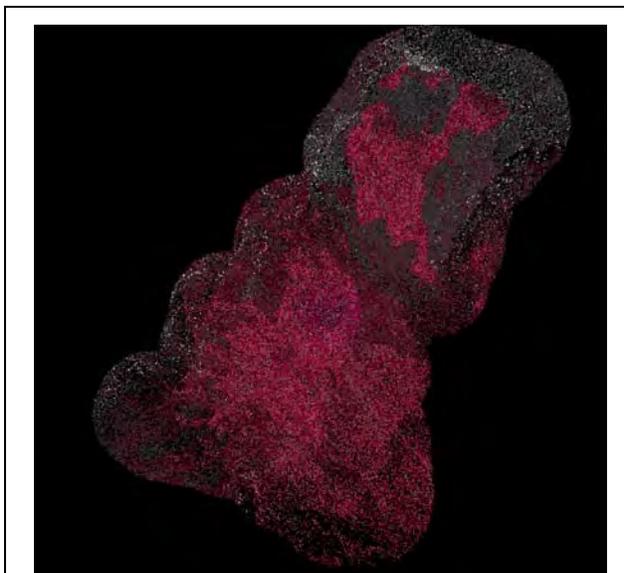


Figura 21: Intensidad Glaciar Echaurren Norte.

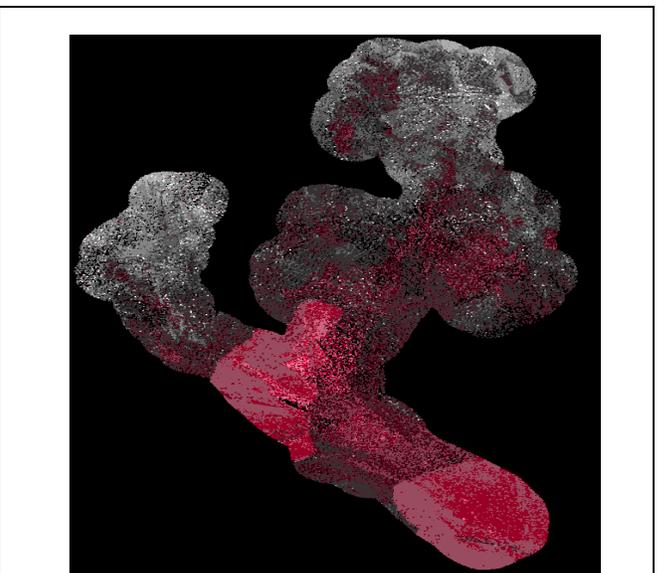


Figura 22: Intensidad Glaciar San Francisco.

A continuación se detallan los productos contenidos en los dos CD adjuntos de este informe:

- Contours; curvas de nivel cada 1 y 2 metros en formato DWG.
- Ortho; imágenes ortorectificadas en formato ECW y TIF.
- Lidar; clasificado en GROUND y DEFAULT en formato X, Y y Z.
- DEM; en formato X, Y y Z.
- Índex; índice del proyecto dividido en bloques de 1 km x 1 km.

## 5. Análisis

Para establecer la precisión final de los datos levantados; imágenes; posición 3D de los puntos láser; clasificación de los puntos y calibración, se realizaron distintos controles de calidad desde la colección de los datos hasta el proceso de los mismos en gabinete.

Los controles de calidad correspondientes a la etapa de colección de datos consistieron en la revisión de la posición final de cada punto 3D obtenido de la superficie, coberturas de imágenes, resolución de imágenes e intensidad, cuyos resultados se detallan a continuación:

- Resolución de imágenes 20 cm.
- Posición horizontal y vertical en promedio, menores a los 2 y 3 cm respectivamente.
- Cobertura de imágenes 100 %.

Los controles de calidad correspondientes a la etapa de gabinete consistieron en la revisión de la posición final de cada imagen y punto láser tanto en posición horizontal como en referencia vertical, del mismo modo, se concluyó sobre la clasificación automática y manual realizada para los puntos levantados, cuyos resultados se detallan a continuación:

Las correcciones radiométricas y geométricas de las imágenes efectuadas mediante el empleo del MDT, arrojaron como resultado del ajuste un promedio de 8 mm de precisión. Los puntos láser calibrados de las diferentes líneas de vuelo y ajustados, arrojaron residuales dentro de los 2 y 4 cm en horizontal y vertical respectivamente.

La calibración automática se desarrolló con macros confeccionadas por TRSI, las que se comportaron óptimamente considerando para ello el tipo de superficie levantada, eliminando todo ruido producido durante el levantamiento, posteriormente en la clasificación manual, se constató mediante una inspección al MDT, que cada punto clasificado como terreno correspondiera a la realidad del terreno, concluyendo finalmente que el MDT no presentaba ninguna anomalía producto de una incorrecta clasificación manual.

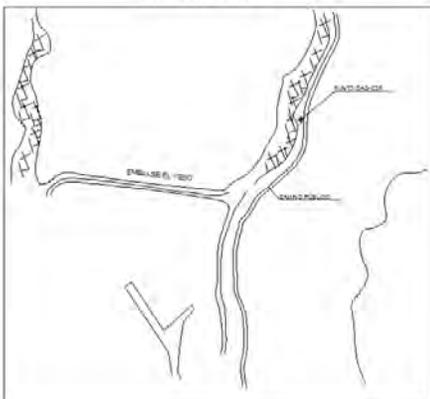
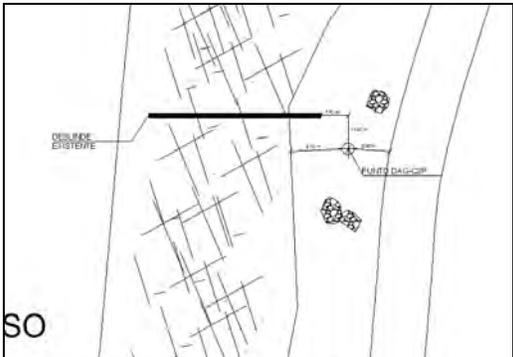
Cabe mencionar que no existieron inconvenientes o problemas técnicos durante la ejecución del levantamiento.

## 6. Conclusiones y comentarios

- Si bien, en una primera instancia TRSL propuso ejecutar el levantamiento aerotransportado en las zonas de los glaciares utilizando una plataforma de alas rotatorias, en los análisis previos al vuelo y por variables externas a la planificación de TRSL, se redefinió la forma de realizar el levantamiento utilizando una plataforma de alas fijas, la cual proporcionó resultados satisfactorios. De acuerdo a esto, se concluye que el sistema laser Mark II es idóneo para ser montado sobre la plataforma Twin Otter operando en perfectas condiciones, más aun considerando las alturas comprometidas.
- Las condiciones climáticas entre los dos días de colección de información fueron las óptimas, sin nubosidad ni vientos.
- Las personas que estuvieron en operaciones de terreno, recibieron previas charlas sobre prevención de riesgos, sobre conducción segura y cuidado al medio ambiente.
- Las operaciones de seguridad aeronáutica fueron conducidas por personal del Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea.
- Si bien los datos de intensidad fueron entregados en los formatos raster y vectorial, es decir, como X, Y y Z, se sugiere el uso de los puntos para el mejor análisis de la información.
- Cabe mencionar que con la información de puntos X, Y y Z, proporcionados por TRSL, pueden generar distintos modelos de terreno, exageraciones y análisis del terreno mediante la plataforma ArcGIS.
- Es importante mencionar que el uso de la altura elipsoidal para este tipo de estudios es la más idónea, ya que su precisión es de alta confiabilidad para el estudio temporal entre modelos digitales de terreno.
- Si bien, las características de las dos áreas en estudio, producto del tipo de cubierta, no garantizaban una buena calidad de los datos, debido a la probabilidad de una alta absorción de los haz del sensor láser. Para este caso dada las características técnicas del sistema MARK II utilizado, se obtuvo finalmente una densidad de 2 puntos por m<sup>2</sup>, permitiendo la generación de un modelo digital de terreno de alta resolución, del mismo modo, los valores de intensidad obtenidos para cada punto, permitieron la generación de las respectivas imágenes en formato vectorial y raster.

## ANEXO A

### MONOGRAFÍA Y COORDENADAS VÉRTICE GEODÉSICO DGA Coordenadas Geodésicas / UTM – huso 19, Datum WGS84 (SIRGAS)

Croquis General	Coordenadas
	Norte: 6274567.237 m.
	Este: 399669.918 m.
	Latitud: 33° 39' 50.57955" S
	Longitud: 70° 04' 55.81256" W
	Altura Elipsoidal: 2617.051 m.
Croquis Parcial 1	Croquis Parcial 2
	
Vértice DGA; Proyecto Lev Lidar -Glaciares Echaurren y San Francisco	

## ANEXO B

### Site Positions proceso\_gps

**Horizontal Coordinate System:** Univ. Transverse Merc. (S) Date: 05/20/09

**Height System:** Ellips. Ht. Project file: proceso\_gps.spr

**Desired Horizontal Accuracy:** 0.010m + 5ppm

**Desired Vertical Accuracy:** 0.010m + 5ppm

**Confidence Level:** 95% Err.

**Linear Units of Measure:** Meters

---

Site		95%	Fix	Position		
<u>ID</u>	<u>Site Descriptor</u>	<u>Position</u>	<u>Error</u>	<u>Status</u>	<u>Status</u>	
1 BMOR	East.	398655.196	0.000	Fixed	Adjusted	
	Nrth.	6256166.970	0.000	Fixed		
	Elev.	1752.115	0.000	Fixed		
2 DAG1	East.	399669.918	0.036		Adjusted	
	Nrth.	6274567.237	0.019			
	Elev.	2617.051	0.052			

<u>ID</u>	<u>Site Descriptor</u>	<u>Convergence</u>	<u>Factor</u>	<u>Factor</u>	
1 BMOR		0 36.588	0.99972661	0.99972502	
2 DAG1		0 35.995	0.99972410	0.99958932	

## Processed Vectors

proceso\_gps

**Vector Stage:** Processed **Date:** 05/20/09

**Horizontal Coordinate System:** Univ. Transverse Merc. (S) **Project file:**  
proceso\_gps.spr

**Height System:** Ellips. Ht.

**Desired Horizontal Accuracy:** 0.010m + 5ppm

**Desired Vertical Accuracy:** 0.010m + 5ppm

**Confidence Level:** 95% Err.

**Linear Units of Measure:** Meters

---

**Vector 95% Vector 95% Process**

Vector Identifier Length Error Components Error QA SVs PDOP Meas. Type

1 **BMOR-DAG1** 3/29 15:20 18459.892 0.066

X 4863.400 0.037 11 2.2 L1 GPS

Y -9874.821 0.039

Z 14819.003 0.039

## ANEXO C

### Certificado de vértice IGM



#### CERTIFICADO DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS PLANAS Y ALTURA

Fecha, 5 de Marzo de 2009  
O/T N° 439 - 9

Solicitadas por : **TERRA REMOTE SENSING Ltda.**

Datum : SIRGAS (WGS84)  
Elipsoide : GRS-80  
Unidad : N, E y Altura en metros.  
Altura : Elipsoidal

Nombre de la Estación	Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas			Zona
	Latitud	Longitud	Norte	Este	Altura	
BAÑOS MORALES (BMOR)	33° 49' 47",5701	70° 5' 42",7947	6.256.166,972	398.655,197	1.752,115	19

**NOTA :** Las coordenadas entregadas en este certificado están referidas a la época : 2002.0

IVONNE GÁTICA PLACENCIA  
Calculista  
Depto. Proc. de Datos y Cálculo

CHILE AL ALCANCE DE TODOS

AV. NUEVA SANTA ISABEL 1640, SANTIAGO, CHILE - TELÉFONOS: (56-2) 4 109300 / 4 109400 - FAX: (56-2) 6990554 - EMAIL: INFORMACIONES@IGM.CL  
SALA DE VENTAS: DIECIOCHO 369, SANTIAGO - TELÉFONOS: (56-2) 4 109363 / 4 109463 - FAX: (56-2) 6990416 - EMAIL: VENTAS@IGM.CL  
WWW.IGM.CL

## ANEXO D

### Antecedente fotográfico de la ejecución del proyecto.



Punto de control al vuelo.



Instalación del sistema Lidar.



Avión SAF -Twin Otter.



Vértice Geodésico DGA.

# Grafico de medición vértice DGA desde el vértice geodésico IGM - BMOR

