



# “REDGEOMIN: RED GEOdésica para MINería en Chile”

## *Proyecto conjunto USACH-SERNAGEOMIN para la transición de PSAD56/SAD69 a SIRGAS*

Dr. José Antonio Tarrío<sup>1</sup>; Ing. Jesarella Inzunza<sup>1</sup>, Func, Fernando Isla<sup>1</sup>, Dr. Marcelo Caverlotti<sup>1</sup>, Ing. Gabriel Jeldres<sup>2</sup>, Ing. Carlos Ferraz<sup>2</sup>, Ing. Rodrigo Urriutia<sup>2</sup>, Ing. Jorge Ojeda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Procesamiento y Análisis Geodésico USC  
Universidad de Santiago de Chile

<sup>2</sup>Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile  
Ministerio de Minería de Chile

*Seminario Web:*

*Hacia el establecimiento de la Red GNSS Continua de República Dominicana*

*6 de abril de 2021*

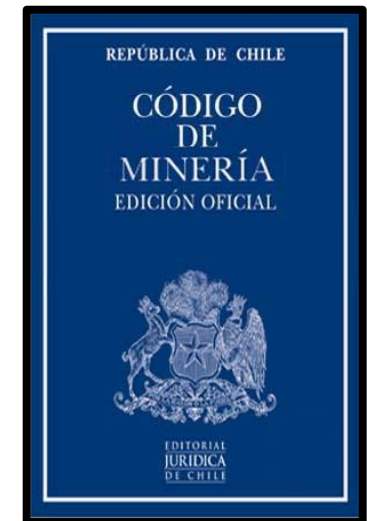
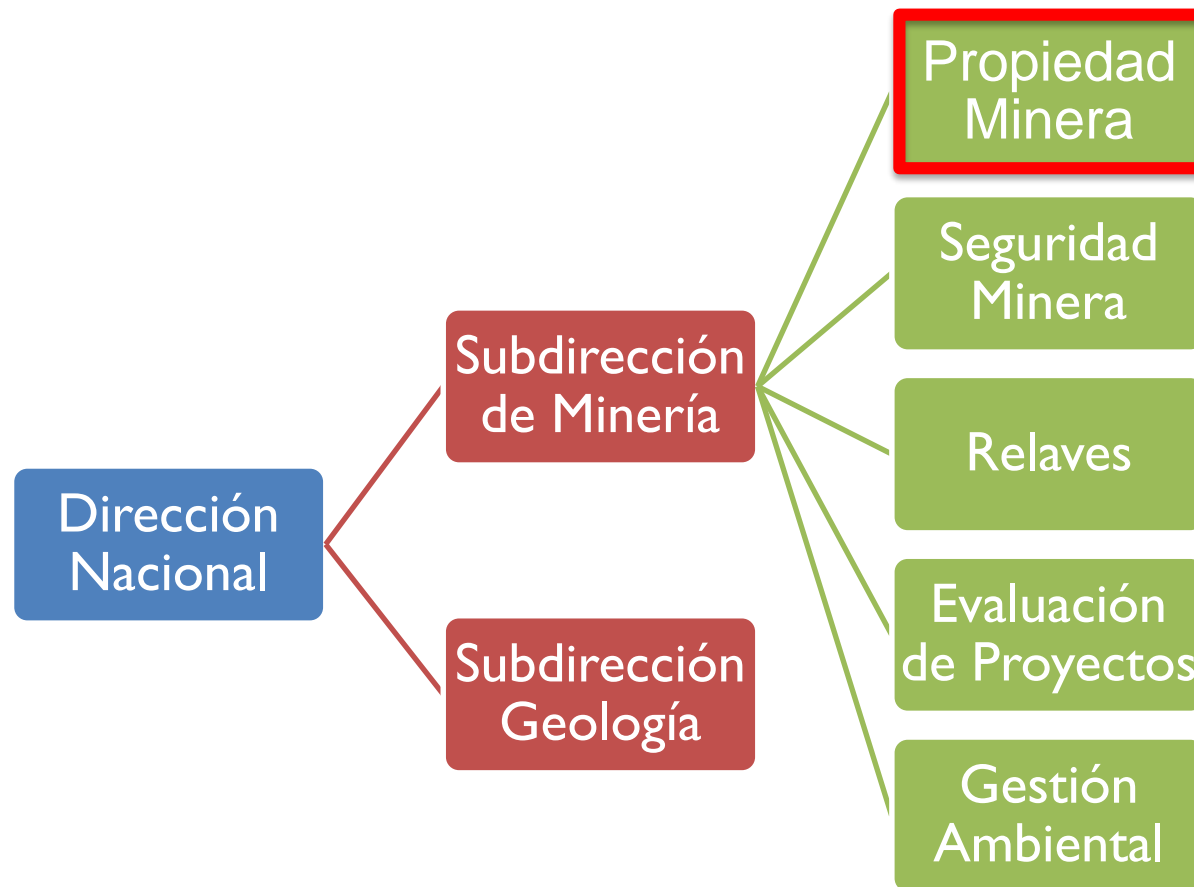


1. Antecedentes legales y técnicos
2. Proyecto
3. Red Primaria y Secundaria
4. Transformación
5. Transición



## SERNAGEOMIN

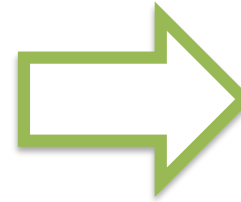
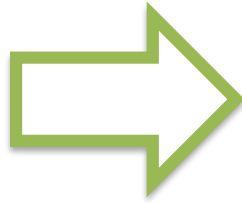
Asesorar a los Tribunales de Justicia acerca de los aspectos técnicos relacionados con los procesos de **constitución de concesiones mineras**



# I. Antecedentes legales y técnicos



**Esta norma ha sido derogada el 14-OCT-1983**



**Sistemas de Referencia Locales**  
Origen en el eje abscisa Meridiano astronómico, o Norte Magnético

## SISTEMA REFERENCIA LOCALES

- Datum PSAD 56 o SAD 69
- Proyección UTM

## REDGEOMIN



TITULO V  
DE LA MENSURA  
Párrafo I  
Del hito de referencia

Art. 40. Dentro del plazo de trescientos días, contado desde la fecha de la resolución que ordene la inscripción del pedimento, el peticionario deberá construir, en el terreno manifestado, un hito de referencia, de material sólido con una base no inferior a un metro cuadrado, y una altura mínima de dos metros, que sirva para fijar la ubicación de la pertenencia o grupo de pertenencias contiguas que se pretenda mensurar.

Los interesados podrán aprovechar como hitos de referencia los del Estado, que se encontraren a una distancia no mayor de tres kilómetros.

Se entenderán por hitos del Estado los que, ubicados por alguna oficina técnica del Estado, correspondan a operaciones topográficas o geodésicas, y cuyas coordenadas estén determinadas.

Artículo 16.- Si en el pedimento o en la manifestación se ubicare el punto medio o el punto de interés, respectivamente, en coordenadas U.T.M. referidas a un Datum específico, se estará a éste. En caso que las coordenadas U.T.M. no se encuentren referidas explícitamente a Datum alguno, se entenderá que ellas lo están al "Datum Provisorio Sudamericano. La Canoa 1956. Elipsoide Internacional de Referencia 1924", salvo cuando dichos puntos medio o de interés se encuentren ubicados al Sur de los 43°30'00" de latitud sur, caso en el cual se entenderá que ellas están referidas al "Datum Sudamericano CHUA, Brasil 1969. Elipsoide Sudamericano de Referencia 1969".

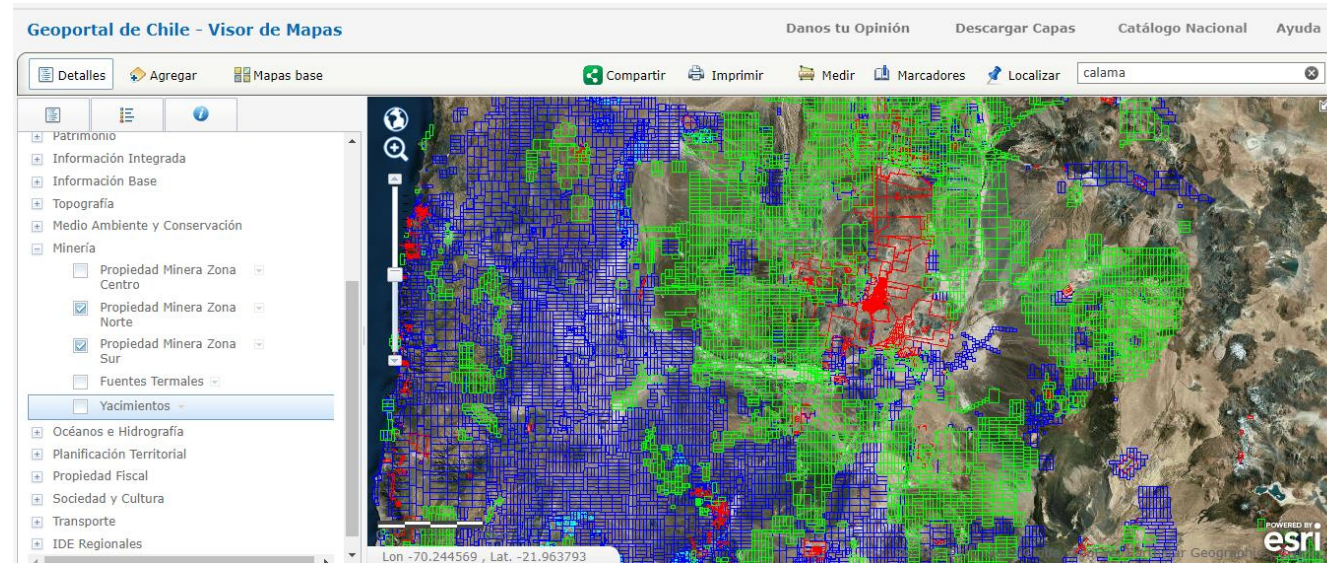
# I. Antecedentes legales y técnicos

Número de concesiones de Explotación

86722 Ud.

Número de concesiones de Exploración

45372 Ud.



Sobre el mapa



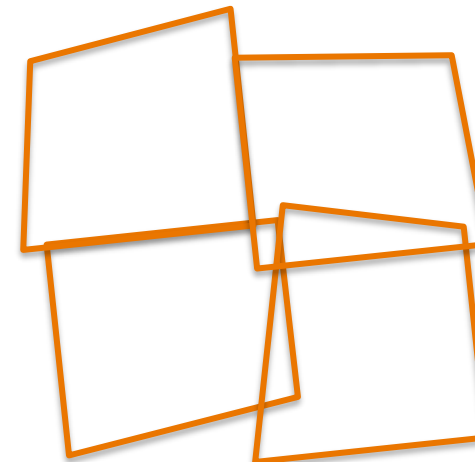
### 3.1 Medición en Post Proceso

3.1.1 La ligazón del hito de mensura y de los vértices auxiliares referidos en el punto 2.2.3 número ii), se realizará a través de la metodología de post proceso. Para lo anterior, debe considerarse lo siguiente:

- La solución del vector en el post proceso, tendrá que ser fija; sin perjuicio de que se deberán observar los parámetros mínimos señalados en el punto 2.1.
- Como los sistemas GNSS determinan las coordenadas referidas a WGS 84, las coordenadas del hito de mensura y de los vértices auxiliares, si lo hubieran, deberán expresarse según lo indicado en el artículo 16 del Reglamento del Código de Minería, se realizará la transformación de Datum a través del software de post proceso, utilizando provisoriamente los parámetros NIMA (Agencia Nacional Estadounidense de Imágenes y Mapas). Solo en el caso que el Sernageomin oficialice los parámetros definitivos para Chile, deberán emplearse éstos.

La proyección cartográfica a utilizar es la proyección Universal Transversal Mercator UTM.

En la realidad





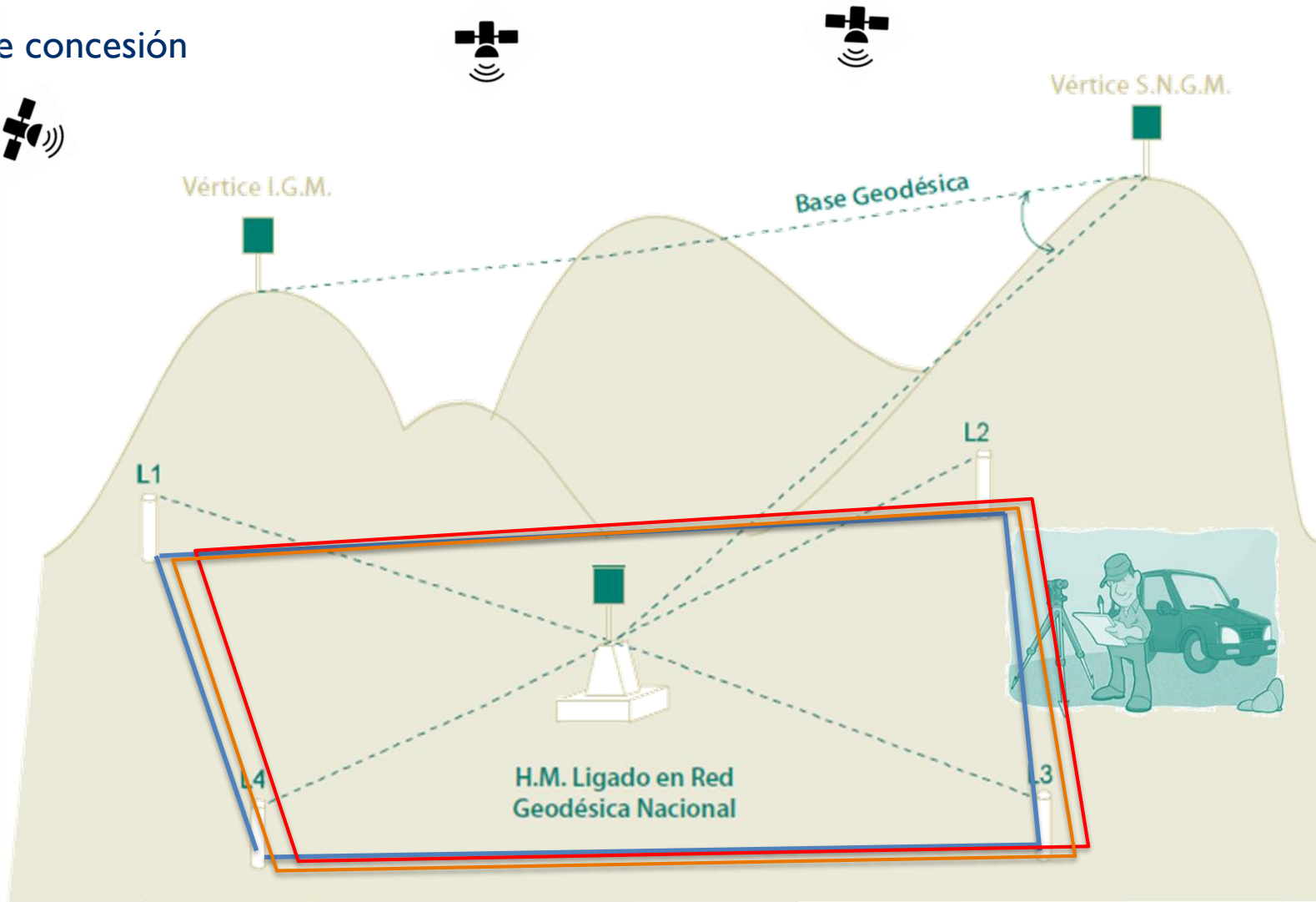
## Problemática:

- Posee errores tanto cuantificables como no cuantificables, propios de la tecnología de la época (no es preciso).
- La exactitud de los vértices de 2° y 3er Orden pueden puede ser métrica.
- No es Geocéntrico (No es exacto).
- La relación con sistemas geodésicos modernos no es homogénea (parámetros imprecisos)
- No es compatible directamente con la Tecnología GNSS
- Organismos oficiales NO publican cartas PSAD56 y SAD69.
- La red PSAD56 es pasiva y no se mantiene

## Solución:

- Las técnicas de medición GNSS son precisas y pueden detectar cambios mínimos (mm) en las estaciones terrestres
- La precisión de las coordenadas de los vértices determinados es consistente con la precisión de las técnicas de medición (mm)
- Es Geocéntrico
- SIRGAS es un sistema moderno, actualizándose constantemente
- Compatible con las técnicas modernas de posicionamiento.
- Si se publican cartas en SIRGAS.
- La red SIRGASChile es activa y sí se mantiene.

## Materialización de concesión

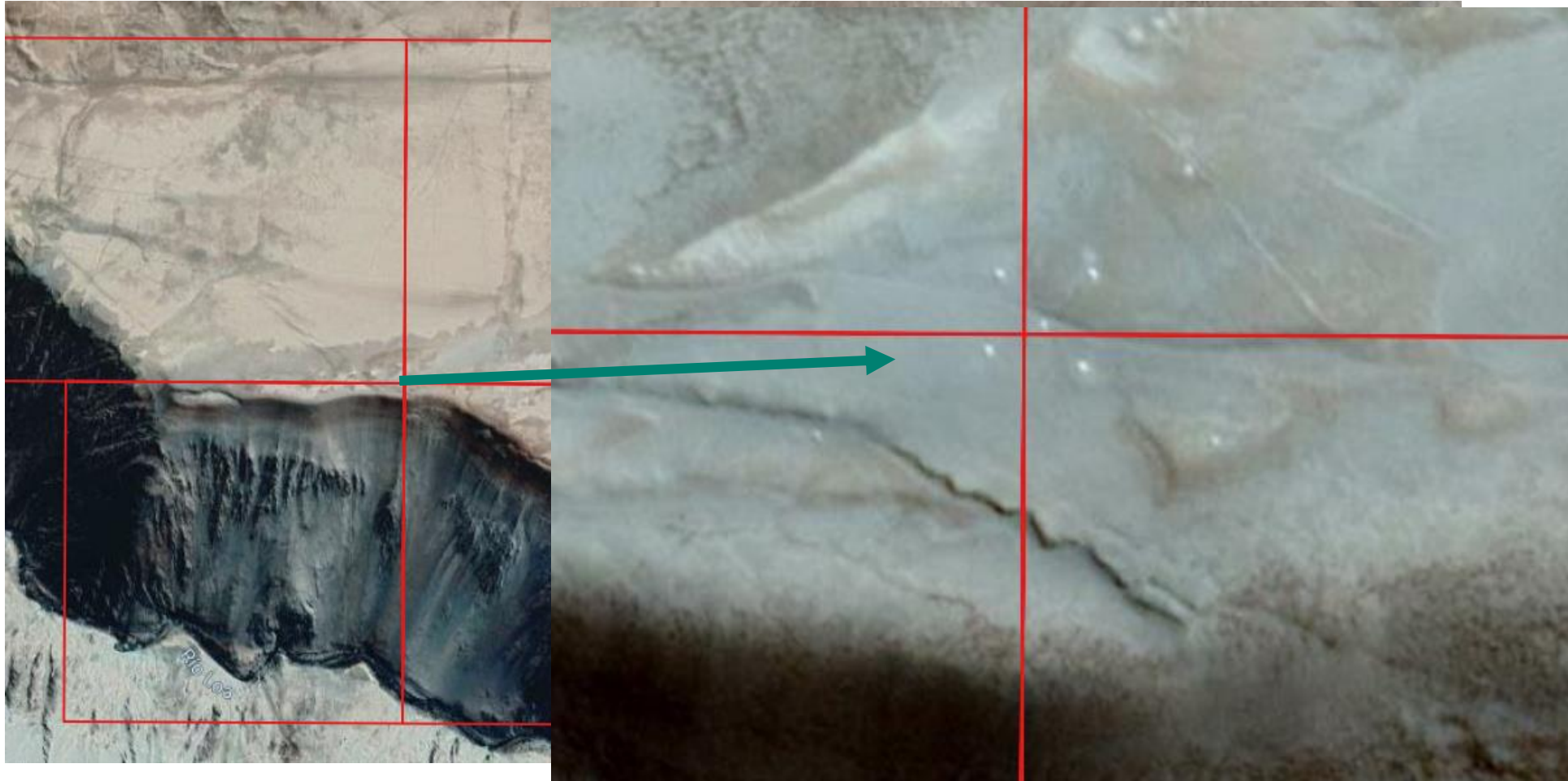


Gráfica ligado a Sistema. Fuente: Sernageomin



# I. Antecedentes legales y técnicos

## Materialización de concesión







# REDGEOMIN

Dynamic Geocentric CRS Details [VALID]							
NAME:	REDGEOMIN						
CODE:	9694						
CRS TYPE:	Dynamic Geocentric						
USAGE:	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Usage Details</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SCOPE:</td> <td>Geodesy, cadastre, engineering survey, topographic mapping.</td> </tr> <tr> <td>EXTENT:</td> <td>Chile</td> </tr> </tbody> </table>	Usage Details		SCOPE:	Geodesy, cadastre, engineering survey, topographic mapping.	EXTENT:	Chile
Usage Details							
SCOPE:	Geodesy, cadastre, engineering survey, topographic mapping.						
EXTENT:	Chile						
DATUM:	Red Geodesica Para Minería en Chile						
COORDINATE SYSTEM:	Cartesian 3D CS (geocentric). Axes: geocentric X Y Z. Orientations: X and Y in equatorial plane, X positive towards North Pole. UoM: m.						
META DATA							
INFORMATION SOURCE:	National Service of Geology and Mining (SERNAGEOMIN), "Estudio de Prefactibilidad de Datum Geodesico de						
DATA SOURCE:	EPSG						
REVISION DATE:	5 de febrero de 2021						
CHANGE ID:	[2020.135]						

Año 2017

A



USACH Documento SNIT

G

Año 2019-2022



**SRGM-USACH**  
 REDGEOMIN19@2019.00  
 REDGEOMIN20@2020.00  
 REDGEOMIN21@2021.00  
 REDGEOMIN22@2022.00

**EPSG CODE:9694**



## Red Primaria

Procesamiento con estándares SIRGAS de CORS libre de acceso en Chile

## Red Secundaria

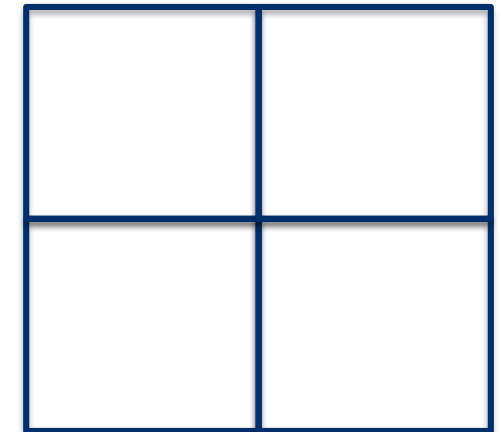
Calculo sobre vértices PSAD56, coordenadas nuevas

## Transf

Cálculo de parámetros de transformación modernos en “zona piloto”

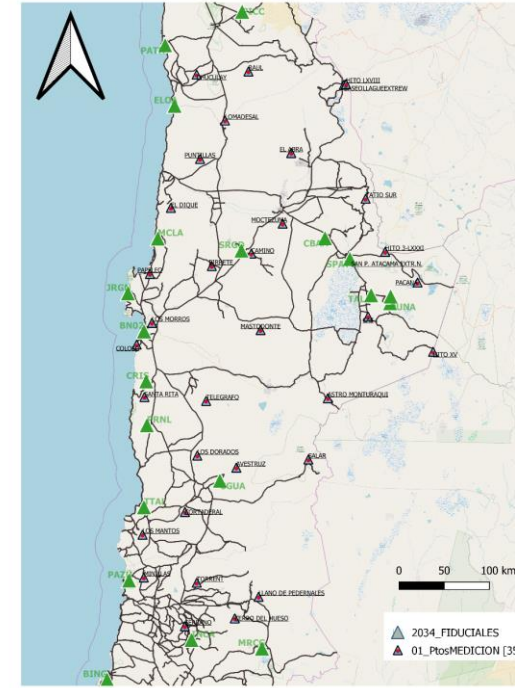
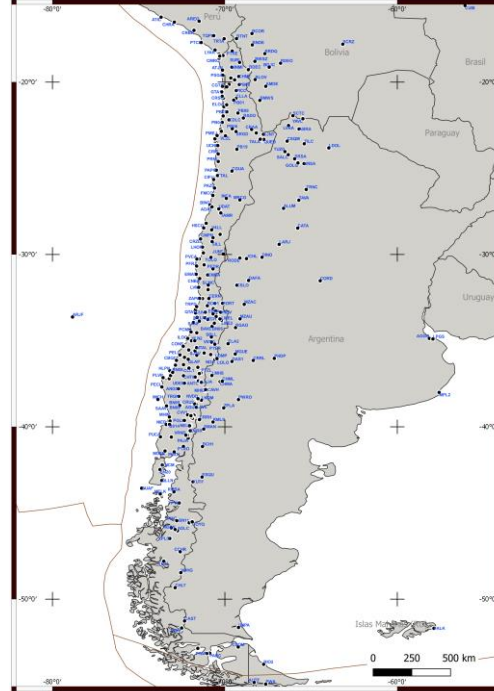
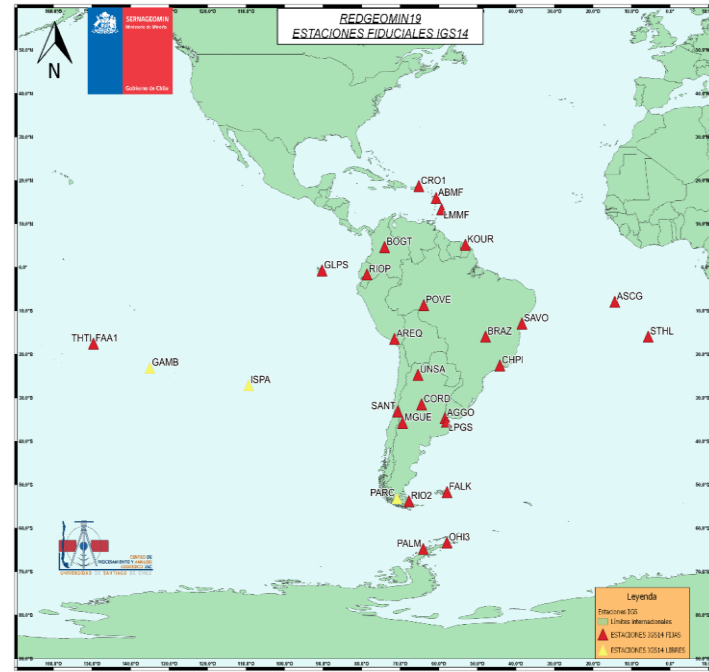
Consistencia topológica del catastro minero actual del país

Sobre el mapa y en la realidad

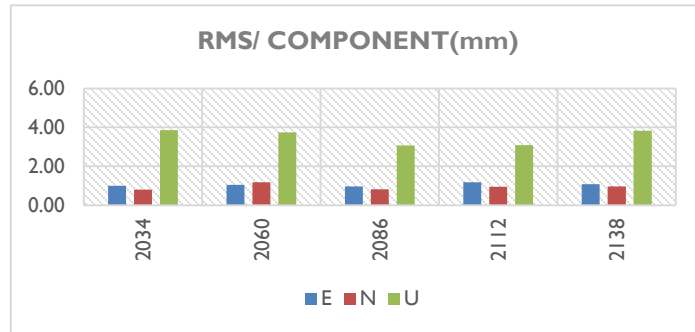




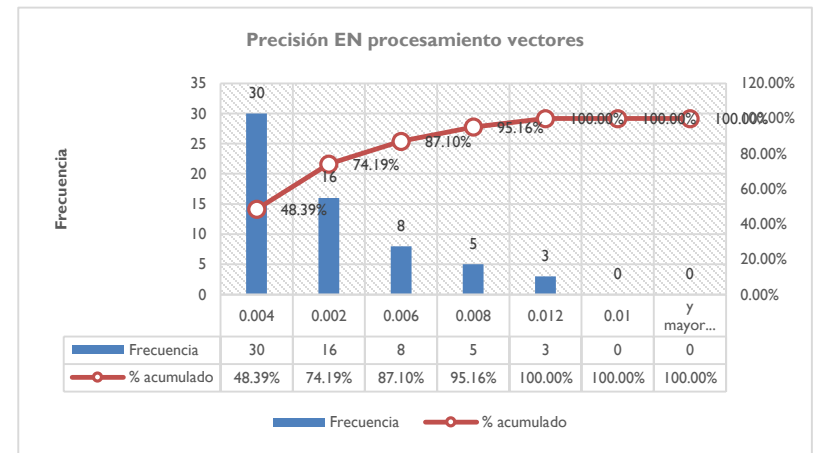
### 3. Red Primaria y Secundaria



Linea	Estación	Longitud (m)	Latitud (m)	Altura (m)	Longitud (m)	Latitud (m)	Altura (m)
17661	18	1	18	44	30.0000000	0	6631616621604627626
17662	-19907653	21248	-15463311	24947	21137424	3334	21137427.0254
17663	49.0004	45.0004					
17664	-14568471	28547	-11322309	08747	21832384	8314	21832389.9434
17665	46.0004	42.0004					
17666	-19254735	88548	-14957476	42847	21179217	0184	21179216.952
17667	48.0004	43.0004					
17668	-9050912	54548	-7048980	44947	21102843	6154	21102847.2344
17669	50.0004	46.0004					
17670	-13490843	57248	-10462151	00747	21621689	3234	21621689.7404
17671	49.0004	44.0004					
17672	-17959927	71548	-13958407	96847	20799165	3384	20799165.391
17673	51.0004	46.0004					
17674	18	1	20	15	0.0000000	0	8610618608616621604627626



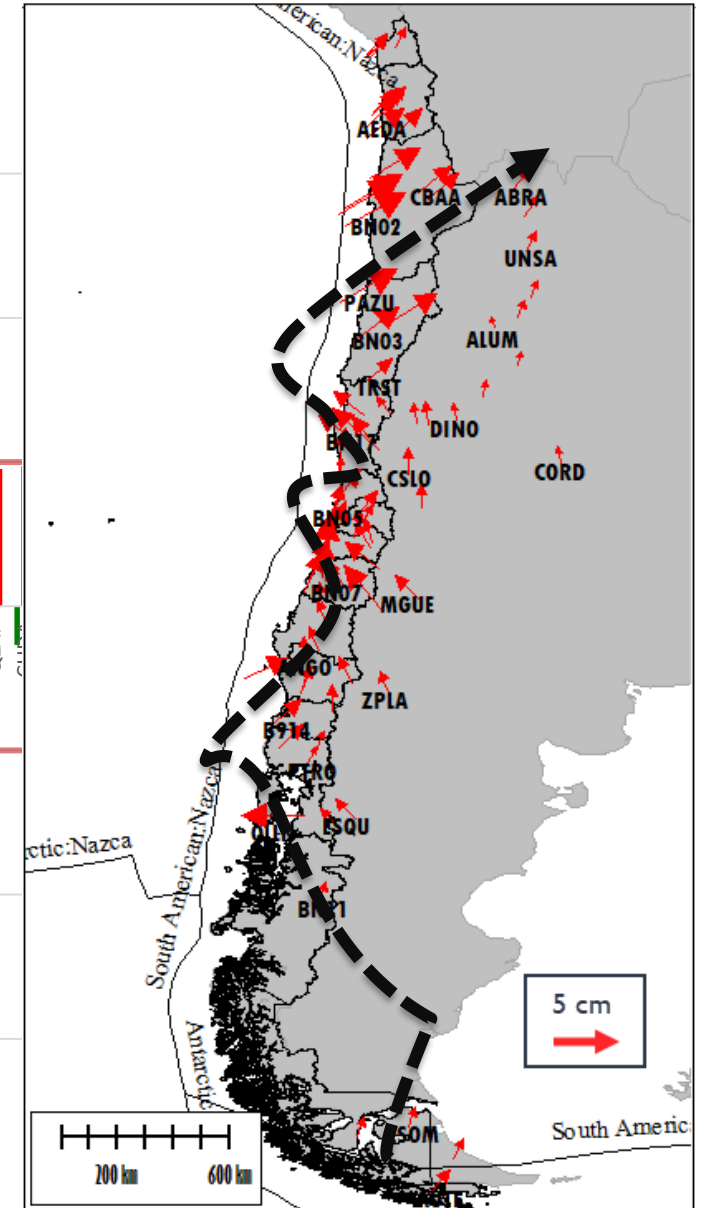
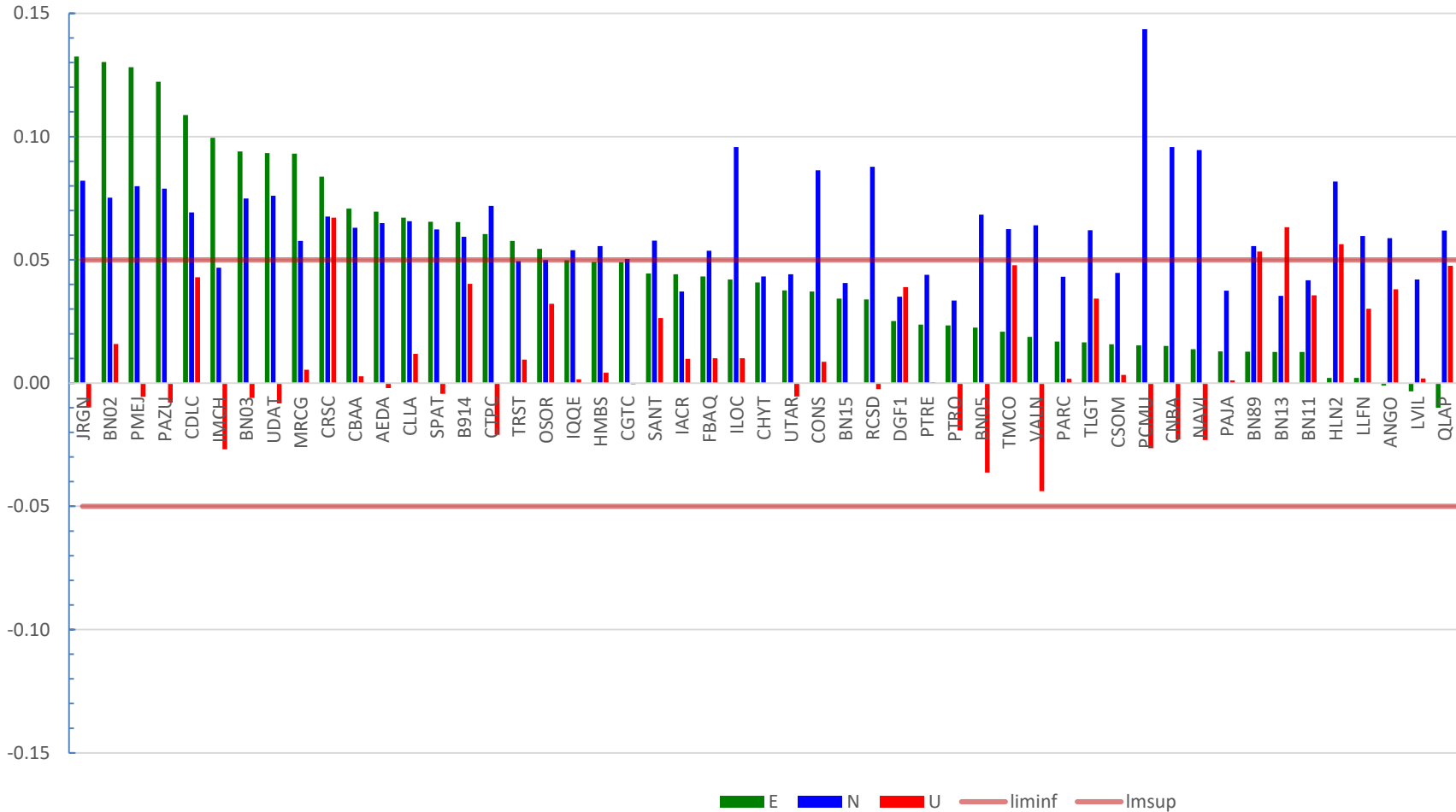
Linea	Estación	Longitud (m)	Latitud (m)	Altura (m)	Longitud (m)	Latitud (m)	Altura (m)
1	2.11						
2	teqc	2012Jun6			20191123	04:28:39UTC	PGM / RUN BY / DATE
3	MSX	IISx66-PII	bcc32	5.0	MSWin95->XP	486/DK+	COMMENT
4	teqc	2018Jan11	CSM/UCHILE		20181218	18:23:47UTC	COMMENT
5	Linux	2.6.32-573.12.1.x86	64 x86	64 gcc	-static Linux	64 ++	COMMENT
6	BIT	2	OF	117	FLAGS	DATA	COLLECTED UNDER A/S CONDITION
7	PCVA						MARKER NAME
8							MARKER NUMBER
9	-Unknown-						OBSERVER / AGENCY
10	5230K51005						REC # / TYPE / VERS





### 3. Red Primaria y Secundaria

Desplazamiento ENU 2016.00-2020.00



ORGANIZATIONS

## Solución 4D

# Geodesy in Chile (SIRGAS USC CENTER): a Place Where the 4D Component Presents its Maximum Expression

At the SIRGAS symposium held in Rio de Janeiro in 2019, Working Group I officially approved the inclusion in SIRGAS (Geocentric Reference System for the Americas) of a new official processing centre after one year as an experimental centre. The new centre is located at the University of Santiago de Chile (USC), where they also have a GPS station (USCL) included in the SIRGAS-CON network. Currently, in addition to the weekly processing

of 96 stations throughout South America, which is carried out for SIRGAS in the form of a semi-equilibrium solution, more than 220 stations are used to analyse behaviours of the Earth's crust throughout Chile, where very heterogeneous displacements are observed in the magnitude of 4cm over 20km.

The processed data stems from mainly seismological and cartographic organizations,

and is freely available. Based on the above, the projects that are currently being carried out are:

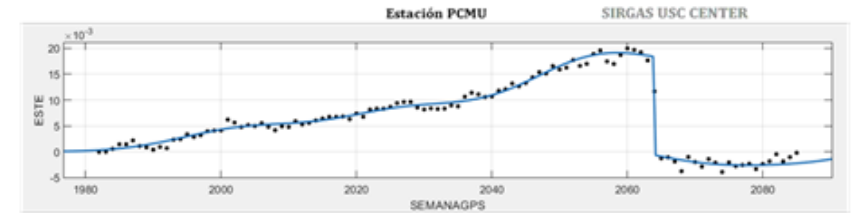
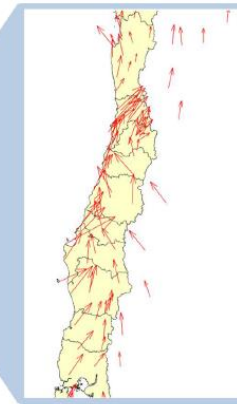
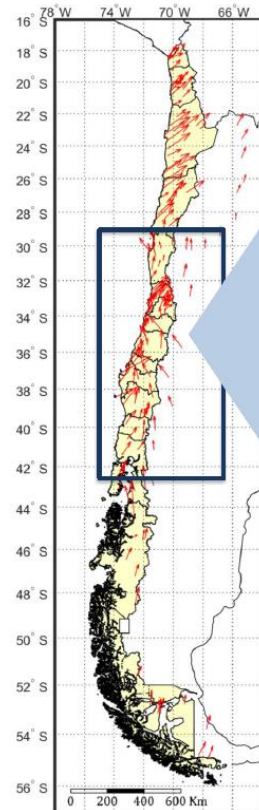
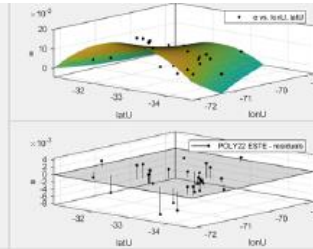
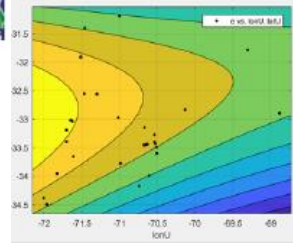
- Model the displacement and velocity of the Earth's crust in the convergence zone between the Nazca and South American plates.
- Volcanic monitoring of volcanoes in the convergence zone between the Nazca, South American and Antarctic plates.
- Evaluation of the height of the sea level and its impact on the coastal mapping of Chile along its 4,000km long coastline.
- Generation of two hybrid geoid models in northern and central Chile, and another in Spain from EUREF data.
- Development of distortion models to implement the transition from classical data, such as PSAD56, to modern ones such as SIRGAS.

We can say that the last project is the sum of all the previous ones, because they had to correct the PSAD56 heights with our models of physical geodesy, as well as update passive data of the SIRGAS coordinates using our modelling in the trajectories of the cortex. This is due to the high temporal variability, as from one year to the next the coordinate can vary by 2cm to 4cm in an inter-seismic period.

The support of SIRGAS, starting with the installation of the USCL GPS station in 2017 up to the recent realization of the USC processing centre in 2019, has been essential to obtain optimal results in an incredibly variable environment for carrying out geodetic projects, without which surveying works using drones, 3D scanners and mobile mapping systems could not be performed.

**More information**

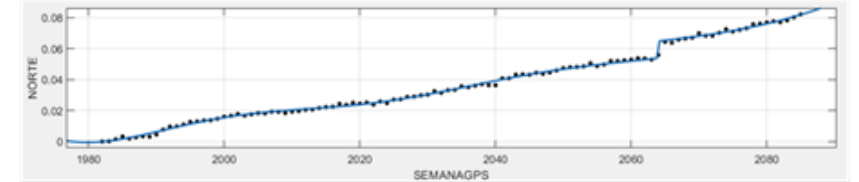
<https://sites.google.com/uniroma1.it/hotinemarussi2018>



$$f(t) = x_{tendencia} + x_{saltos} + x_{ciclos}$$

$$f(t)_{tendencia} = [0.0007522 \cdot t - 1.493]_{2018.0}^{2020.0}$$

$$f(t)_{salto} = [-0.011H(m)]_{2019.56}^{2019.60}$$



$$f(t) = x_{tendencia} + x_{saltos} + x_{ciclos}$$

$$f(t)_{tendencia} = [0.0000162 \cdot t - 0.0264]_{2018.0}^{2020.0}$$

$$f(t)_{salto} = [-0.019H(m)]_{2019.56}^{2019.60}$$

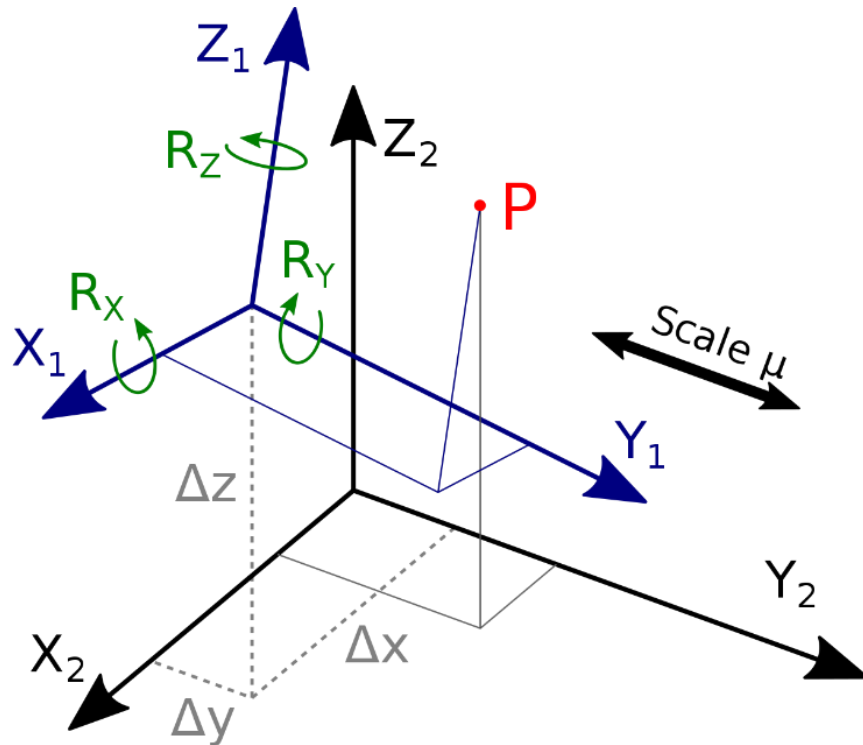


$$f(t) = x_{tendencia} + x_{saltos} + x_{ciclos}$$

$$f(t)_{tendencia} = [-0.0001675 \cdot t + 0.3277]_{2018.0}^{2020.0}$$

$$f(t)_{salto} = [-0.009H(m)]_{2019.56}^{2019.60}$$

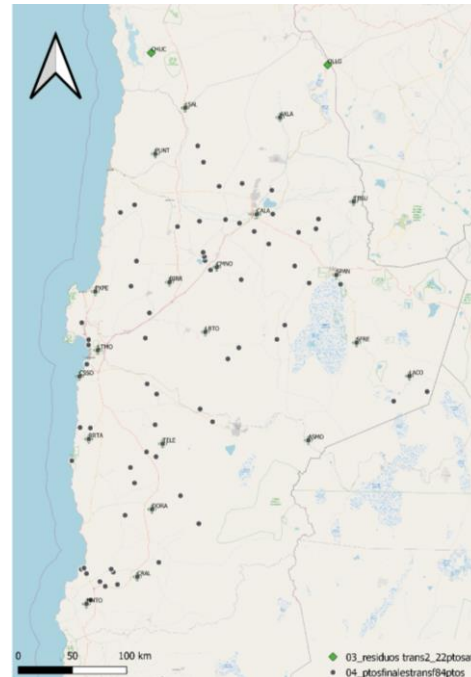
## Parámetros de transformación



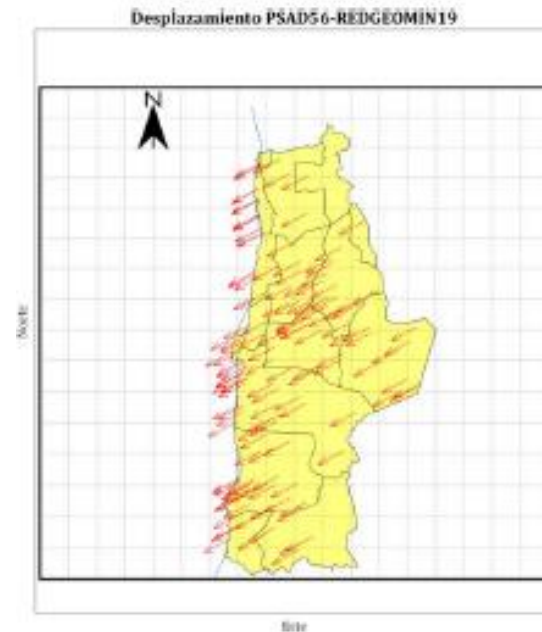
Fuente: ICSM 2020

El en el caso de transformaciones entre marcos de referencia-sistemas clásicos(PSAD56 p. ej) y sistemas modernos(SIRGAS p. ej) se hacen dos generalizaciones:

1. Se asume que la altura en ambos es la misma, cuando realmente no lo es.
2. Se asume isomorfismo en el tiempo.

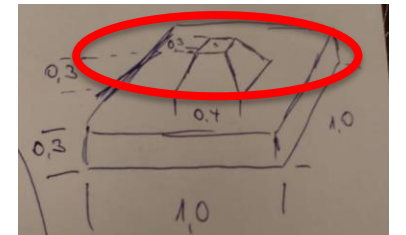


Fuente: REDGEOMIN19

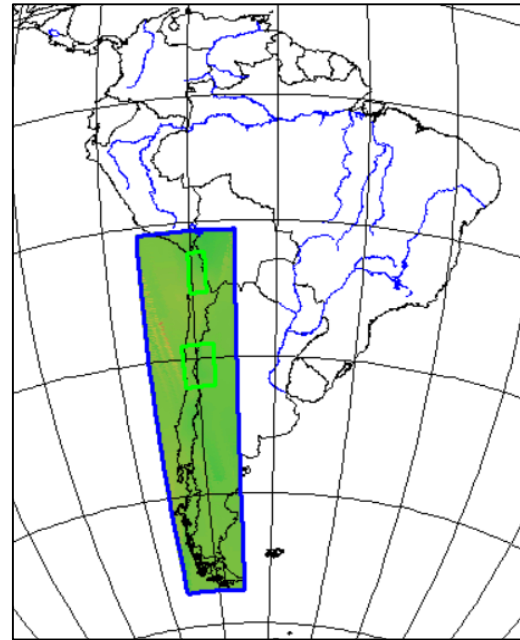
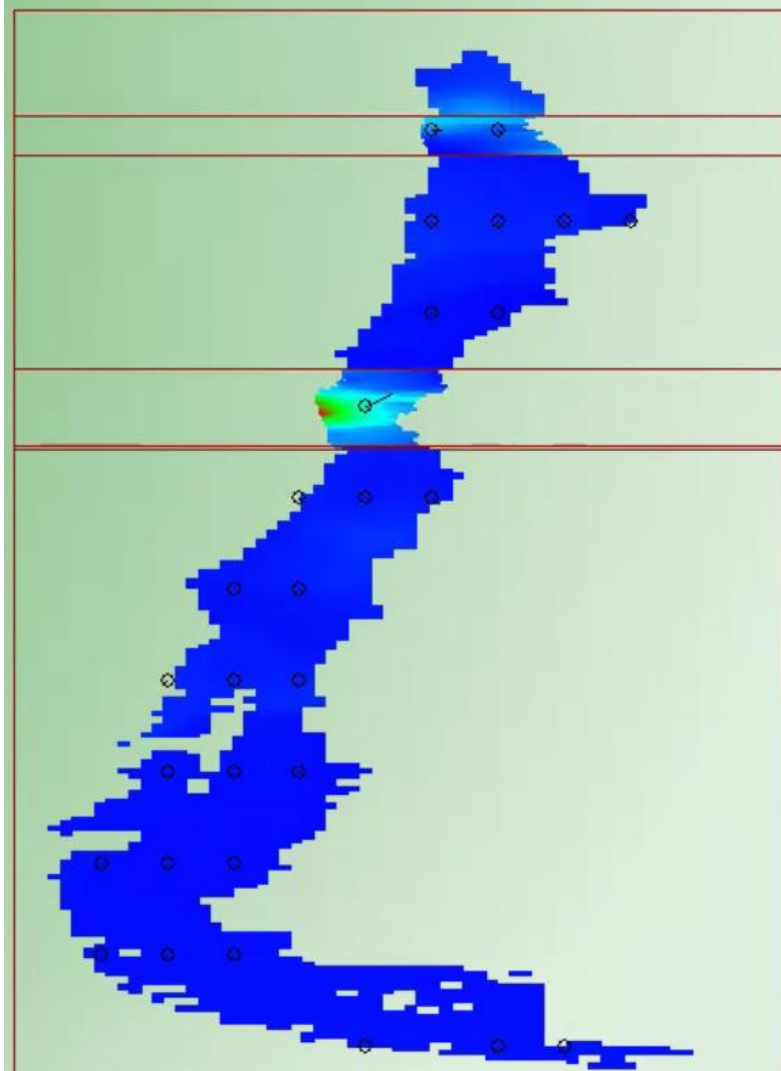


$\Delta E \cong -184 \text{ m} \pm 0.7 \text{ m}$   
 $\Delta N \cong -375 \text{ m} \pm 0.7 \text{ m}$

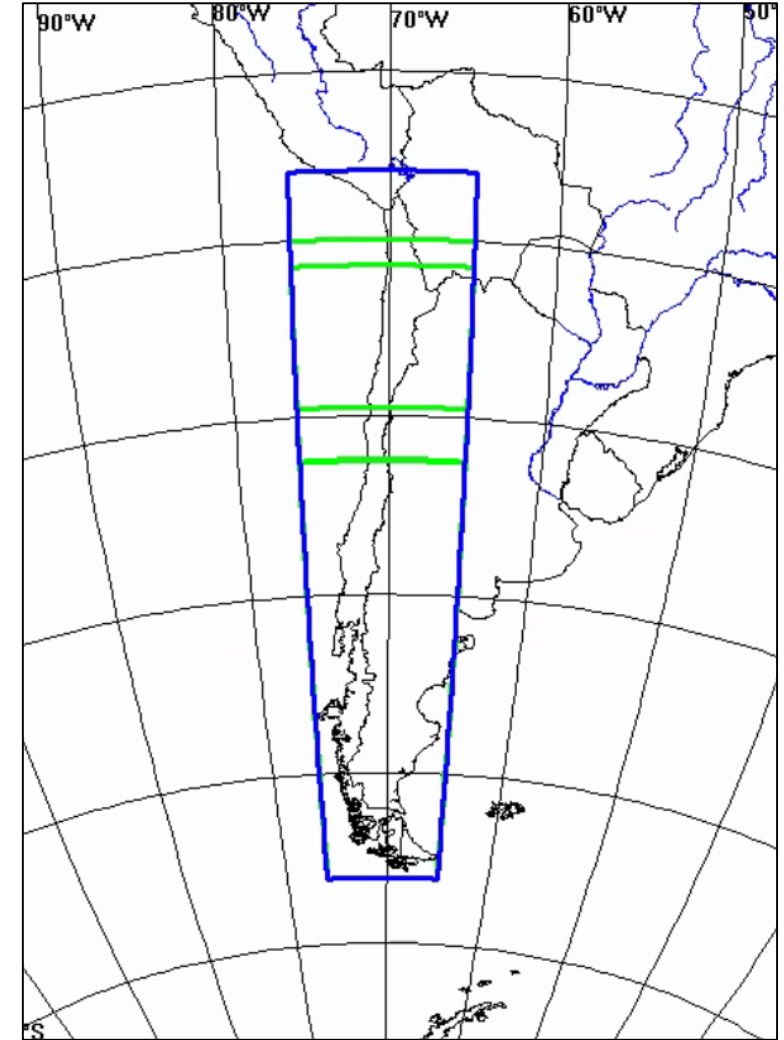
$1\sigma \text{ max } 0.7 \text{ m}$



## Rejilla de transformación

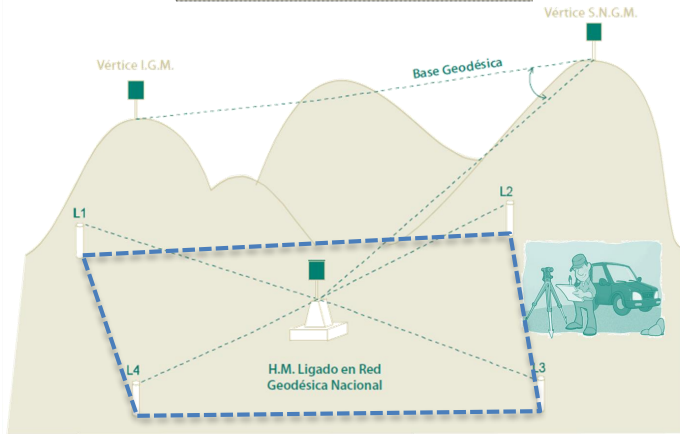


```
NUM_OREC 11  
NUM_SREC 11  
NUM_FILE 1  
GS_TYPE SECONDS  
VERSION NTv2.0  
SYSTEM FPSAD56  
SYSTEM TSIRGAS  
MAJOR_F 6378388.000  
MINOR_F 6356911.946  
MAJOR_T 6378137.000  
MINOR_T 6356752.314  
SUB_NAMECHILE  
PARENT NONE  
CREATED 20210108  
UPDATED 20210108  
S_LAT -153713.773929  
N_LAT -67859.679050  
E_LONG 245038.847639  
W_LONG 265979.683572  
LAT_INC 858.540949  
LONG_INC 209.408359  
GS_COUNT 10201
```

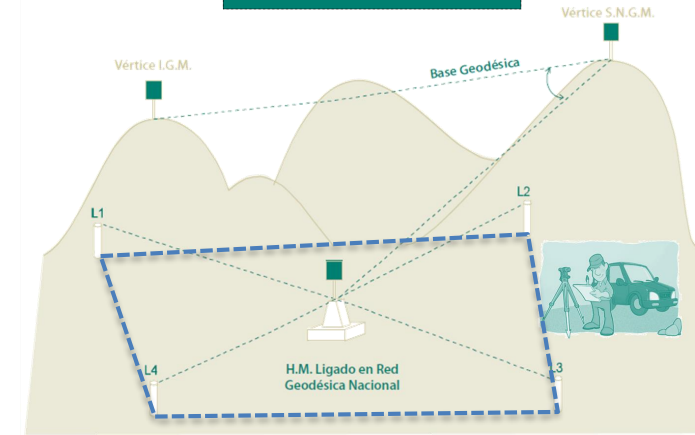


## 5. Transición

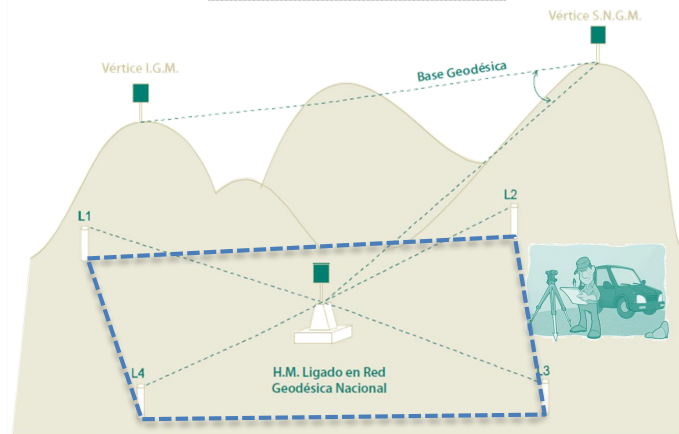
PSAD56/SAD69



REDGEOMIN



REDGEOMIN







# Muchas gracias

“REDGEOMIN: RED GEOdésica para MINería en Chile”

*Proyecto conjunto USACH-SERNAGEOMIN para la transición de PSAD56/SAD69 a  
SIRGAS*

Dr. José Antonio Tarrío<sup>1</sup>; Ing. Jesarella Inzunza<sup>1</sup>, Func, Fernando Isla<sup>1</sup>, Dr. Marcelo Caverlotti<sup>1</sup>, Ing. Gabriel Jeldres<sup>2</sup>, Ing. Carlos Ferraz<sup>2</sup>, Ing. Rodrigo Urriutia<sup>2</sup>, Ing. Jorge Ojeda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Procesamiento y Análisis Geodésico USC  
Universidad de Santiago de Chile

<sup>2</sup>Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile  
Ministerio de Minería de Chile

*Seminario Web:*

*Hacia el establecimiento de la Red GNSS Continua de República Dominicana  
6 de abril de 2021*