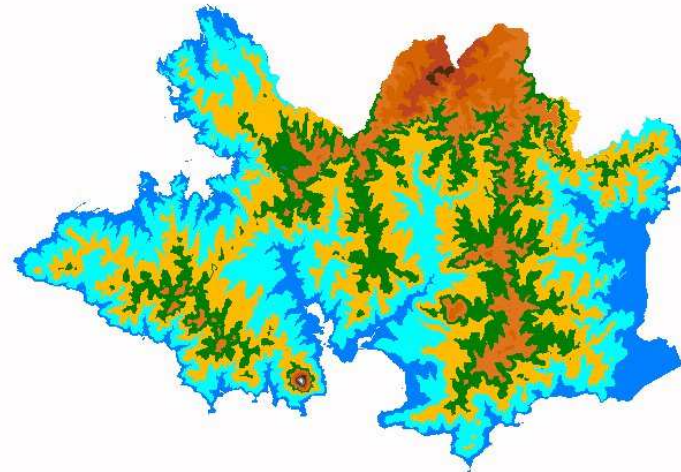




Modelo de Transformación de Alturas para el Departamento de Montevideo

Servicio de Geomática

División Planificación Territorial - Departamento de Planificación



Modelo de Transformación de Alturas para el Departamento de Montevideo (MTAMVD2021)

noviembre del 2021

<https://sig.montevideo.gub.uy/>

https://intgis.montevideo.gub.uy/sit/modelo_alturas2/



Ing. Agrim. Fabián D. Barbato
(Director Servicio de Geomática)

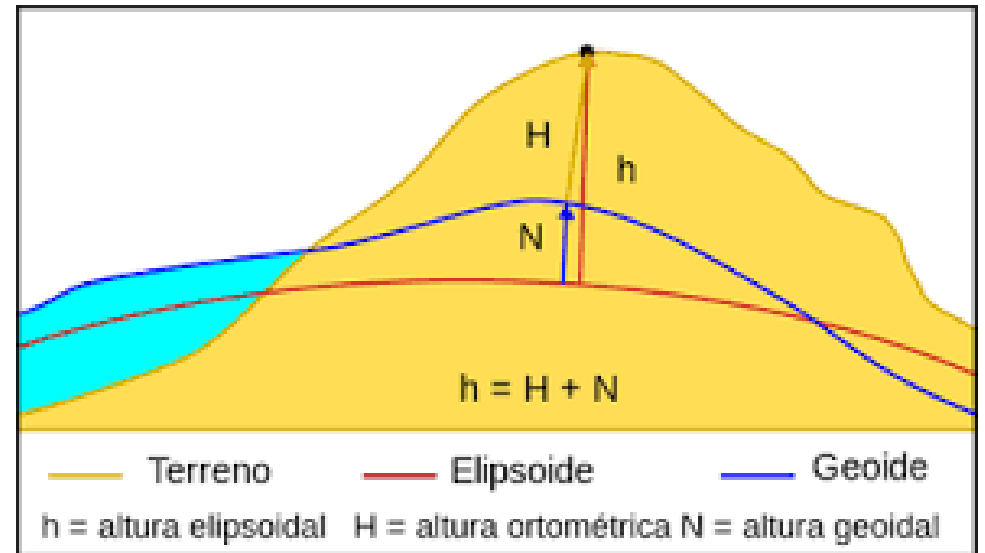
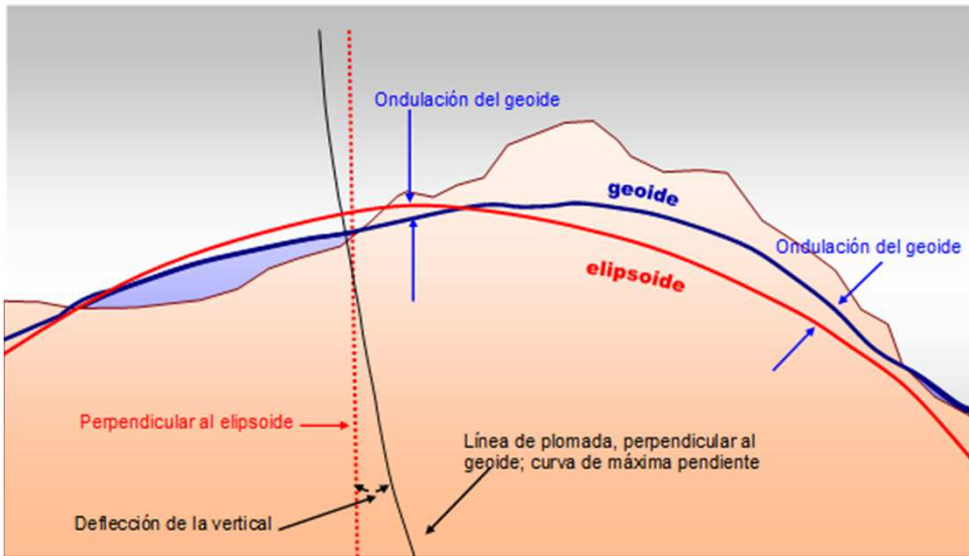
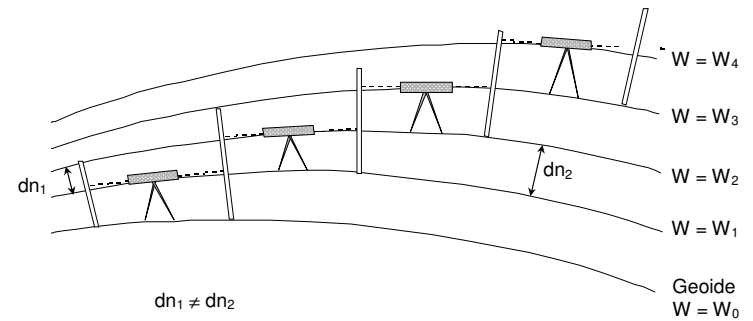
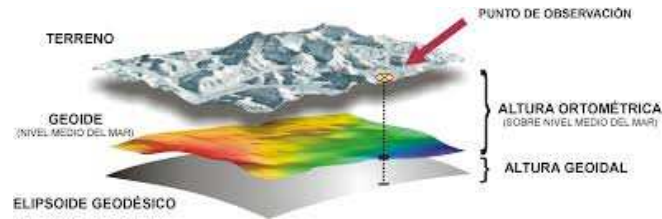


Ing. Agrim. Jorge Faure
(Jefe Sistemas de Información Geográfica)

Geoide y Elipsoide

- El **Geoide** es definido como una superficie equipotencial de gravedad que mejor aproxima o representa el nivel medio del mar (MSL).
- Es definido como el Datum Vertical Teórico para los sistemas ortométricos de alturas.
- La forma irregular del Geoide no permite un cálculo fácil de las posiciones horizontales. Para esto, se define una superficie regular, usualmente un **Elipsoide** bi-axial de referencia, que mejor aproxime al geoide en cierta área, local o globalmente (EGM08).
- Las relaciones Geométricas entre el **Geoide (EGM08)** y el **Elipsoide (WGS84 + ITRFs + SIRGAS)** de Referencia, puede ser completamente descriptas por la separación u ondulación geoidal (**N**) y la inclinación del geoide respecto al elipsoide (**Ø**).

Geoide y Elipsoide



Alturas Elipsoidales - Ortométricas - Modelos Geoidales y MTAs

Es sabido que las alturas **Elipsoidales (h)** y las **Ortométricas (H)** están referidas a distintas superficies de referencia, el **Elipsoide** y el **Geoide** respectivamente.

*La altura **Elipsoidal (h)** es geométrica y no es afectada por la gravedad.*

*La altura **Ortométrica (H)** es física modelada por la gravedad.*

En la práctica no se utiliza la **Elipsoidal (h)** para conocer la diferencia de altura de nivel entre 2 puntos.

Las Alturas de tipo físico, particularmente las Ortométricas y las Modeladas o Derivadas al Datum Local o SRV, son **esenciales** para todas las aplicaciones prácticas que requieran información sobre las pendientes gravitacionales, como ser las Areas de Ingeniería, Arquitectura, Cartografía, Topografía, Obras, Agricultura, Forestación, etc.

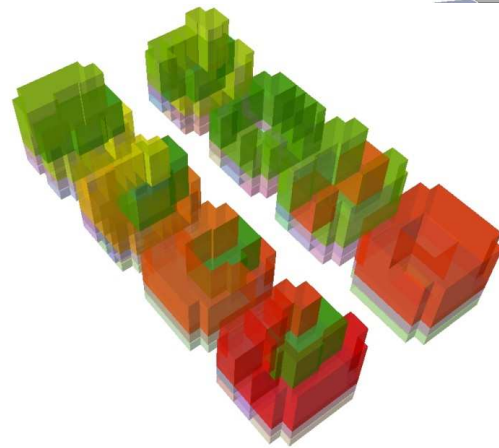
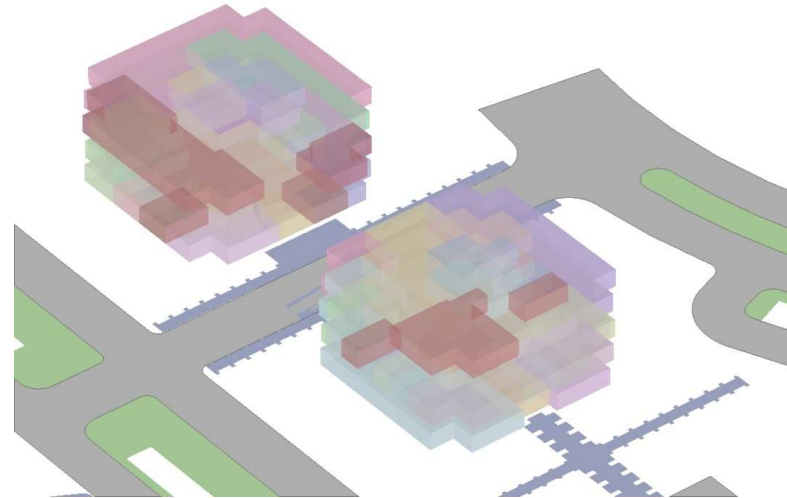
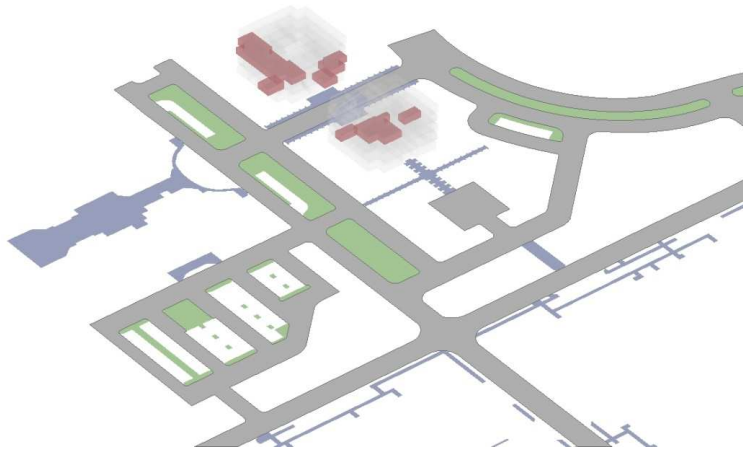
De la tecnología GNSS se obtienen en forma nativa las alturas **Elipsoidales (h)**, y las **Alturas Ortométricas**, siempre que podamos determinar la relación entre los sistemas de alturas físico y geométrico (derivado del posicionamiento satelital y **EGM08**), a través de la conocida fórmula aproximada: **$H = h - N$ (EGM08)**

Donde **N** es la diferencia o separación #geoide – elipsoide#, u ondulación geoidal.

Luego aplicando un correctivo o sesgo (bias) MTA:

$$H_{of} = H_{EGM08} - corr$$

Las Alturas y GIS 3D+



Proyecto SIG3D+ MVD



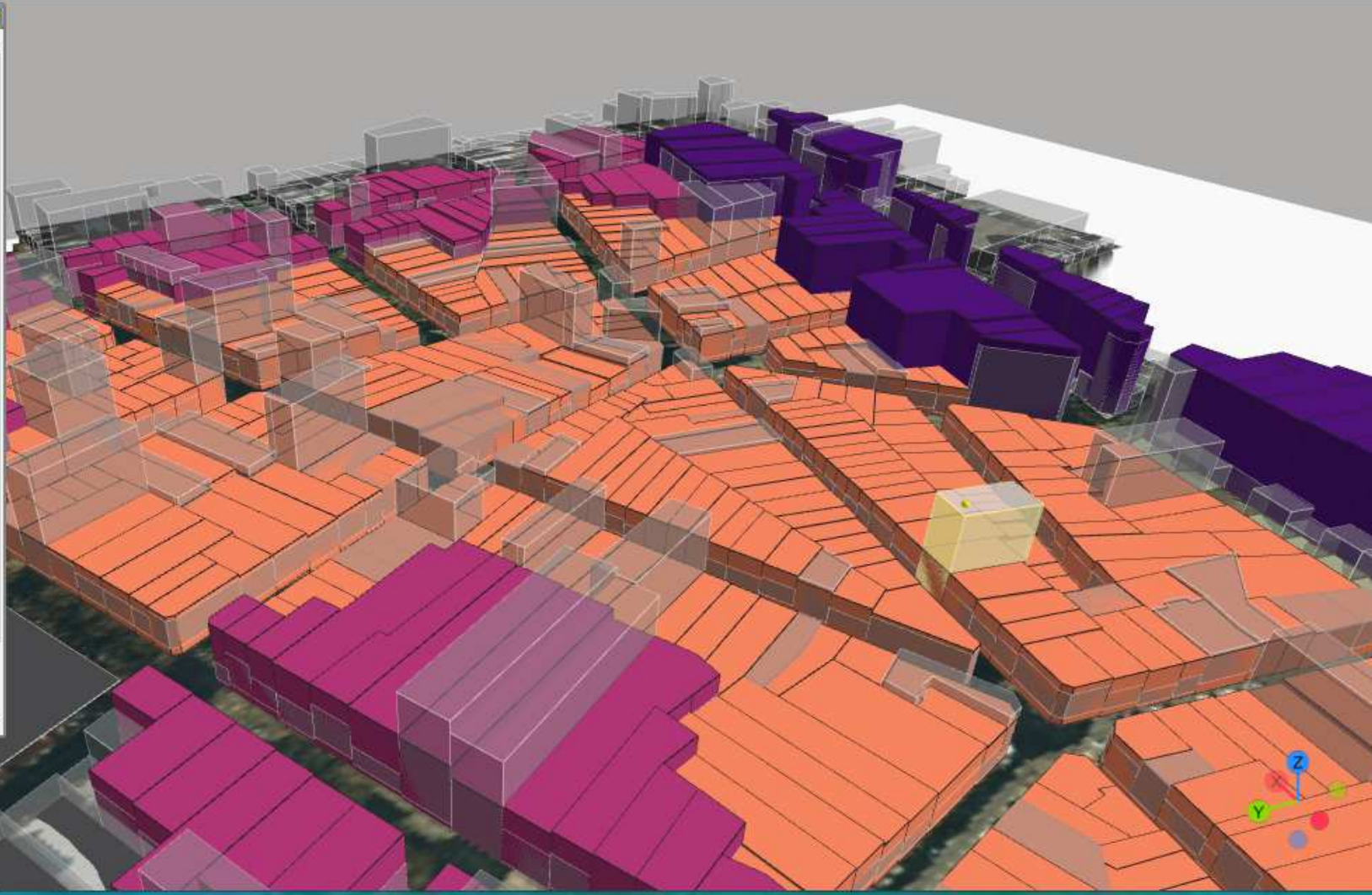
Layer name
Alturas_RELEVADA

Clicked coordinates
575216.36, 6137090.44, 51.88

Zoom in here Orbit around here

Attributes

GID	26000027
PADRON	15538
PH	0
RETIRO	0
GALIBO	G
ALTURA	27
U_GPP	1
U_Prot_Ex	NULL
U_Tr_Sig	NULL
U_Uso	HAB
U_Altura	27
U_Desoc	NULL
U_Obs	NULL
U_Insumo	NULL
H_Norma	27,00
H_Relevada	27,00
H_Pronuest	11,00



SIG Corporativo OSE

The screenshot displays the SIG Corporativo OSE web application interface. At the top, there is a navigation bar with the OSE logo, the text "Proyecto SIG Corporativo SG Mejora de Gestión", and an "Ingresar" button. Below the navigation bar is a toolbar with various icons for map navigation and editing. The main area shows a map of a residential area with parcel numbers ranging from 9092 to 9171. A red line indicates a utility line, and a black dot marks a specific location. A pop-up window titled "Camaras (1 de 4)" is open, displaying the following information:

- IDINSTALAC:
- IDCUENCA:
- TIPOCAMARA: Cámara Terminal
- Material Pared:
- ACCESIBLE: True
- Tipo de Pavimento: Bituminoso
- Zampeado Salida: 5.06
- Cota de Terreno: 6.92
- COTATAPA: 6.92
- Fecha de Habilitación: 2/1/2018
- CONSUMOS ACUMULADOS:

The "Cota de Terreno" value of 6.92 is circled in blue. A scale bar in the bottom left corner shows 10m and 40pie. The bottom right corner features the "esri" logo.

Objetivo del Proyecto



Determinar Alturas referidas al Cero Oficial a partir de observaciones GNSS.

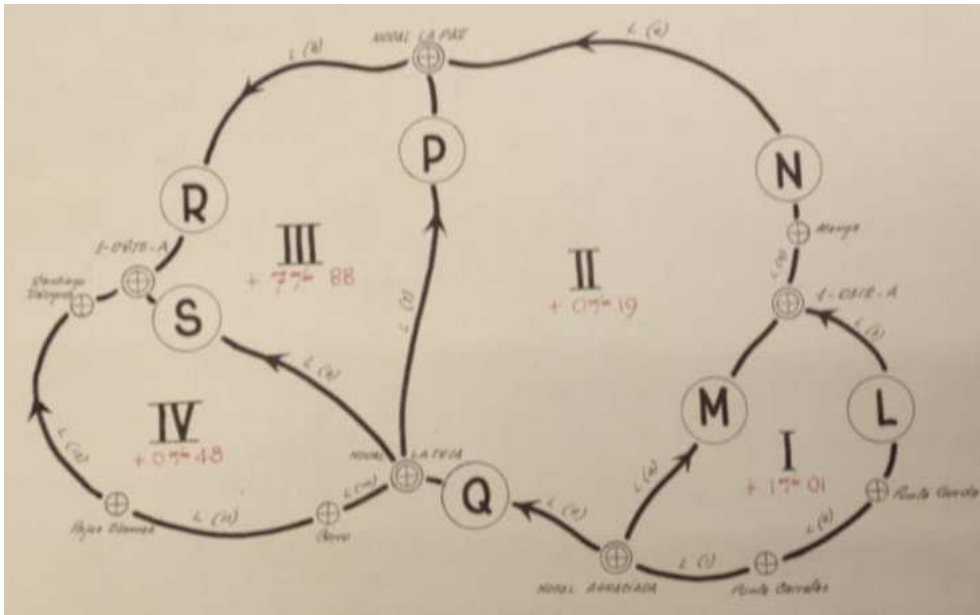
Requisitos para Generar y Calcular el Modelo de Transformación de Alturas.

Puntos y Vértices con doble dato:

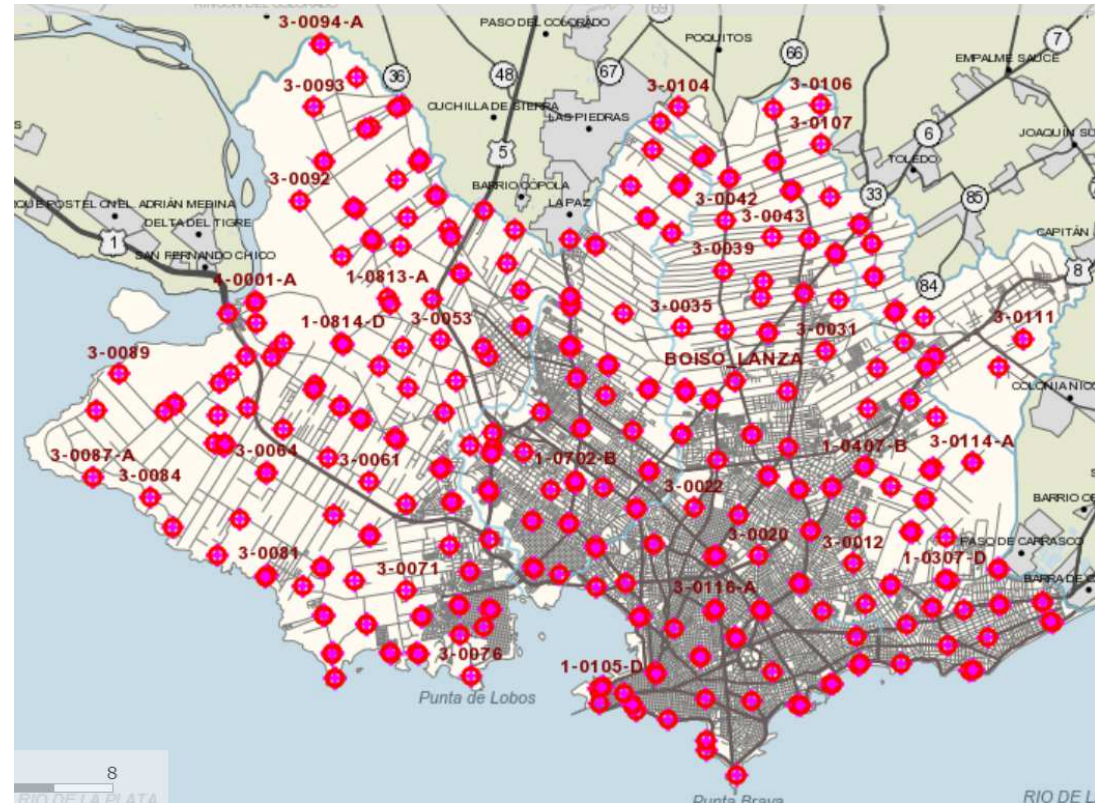
- 1) Nivel referido al Cero Oficial o Datum Vertical (SRV)
- 2) Coordenadas geodésicas: latitud, longitud, altura elipsoidal

Datos en Montevideo

1) Red de Nivelación CDM



Circuitos Primer Orden



Puntos Nivelación CDM

SERVICIO GEOGRAFICO
1ª DIVISION "GEODESIA"
3ª SECCION "NIVELACION"

NIVELACION GEOMETRICA DEL DEPARTAMENTO DE MONTEVIDEO

1958

ELEMENTOS DE IDENTIFICACION DEL PUNTO FUO:

2-0502-A

(REFERENCIA GRAFICA G-II)

ALTITUD: 21.404.6

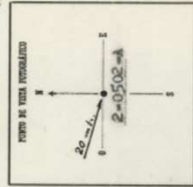
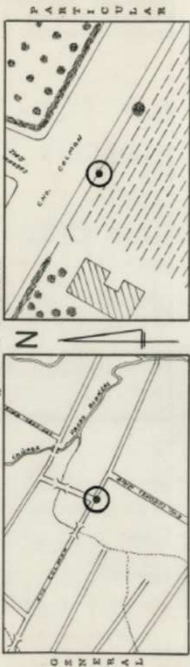
A) UBICACION

GENERAL: Camino Colman No. 6509 y Cnel. Raiz. - (Pedarol).-

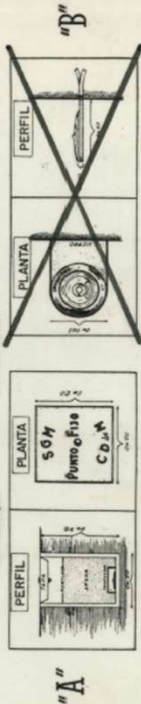
PARTICULAR: Al lado del eslambrado S. del Cno. Colman, a 30
mts. al E. de la casa del Sr. Canio Rinaldi.-

C) INFORMACION GRAFICA

CROQUIS DE UBICACION



R 10-42 SERIACION



B) MONOGRAFIA

PARAJE: Pedarol.-
SECCION POLICIAL: 21a.-
SECCION JUDICIAL: 9a.-
PROPIETARIO: Sr. Canio Rinaldi.-
ARRENDATARIO: - - - - -
OCUPANTE: Sr. Canio Rinaldi.-
PERSONA QUE CONOCE EL PUNTO: Servicio geografico Militar.-
ACCESO (S): Desde Avda. Millán y Colman, por éste hasta Cnel.
Raiz. aproximadamente 3100 ms.-

NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DEL DEPARTAMENTO DE MONTEVIDEO

PLANILLA RESUMEN DE CÁLCULOS

LÍNEA DE 1er ORDEN (DE Nodal PUNTA CARRETAS
A " AGRACIADA (1))

DES NIVEL			DISTANCIA EN KM.		CORRECCION ORTOMETRICA EN m/m.	DES NIVEL CORREGIDO	CORRECCION POR COMP. EN m/m.	DES NIVEL COMPENSADO	ALTITUD FINAL	PLANILLAS			OBSERVACIONES
DE P.F.	DES NIVEL PROMEDIADO	A P.F.	PARC. (R)	ACUM.						NEJ.	ORTOM.	COMP.	
Nodal PUNTA CARRETAS	+ 1 ^m . 434.75	1-0101-A	2.08	2.08	+ 0.01	+ 1.434.76	- 0.05	+ 1.434.71	3.152.50	M-1	O-1	P-1	(1) Este Punto Nodal fue destruido y sustituido por uno nuevo con la misma identificación (Ver Planillas C-80, C-81, C-82)
1-0101-A	+ 0.008.65	1-0101-B	0.09	2.17	-	+ 0.008.65	- 0.01	+ 0.008.64	4.587.21	"	"	"	
1-0101-B	+ 0.191.00	1-0102-A	2.12	4.29	-	+ 0.191.00	- 0.05	+ 0.190.95	4.595.85	"	"	"	
1-0102-A	- 0.990.54	1-0102-B	0.03	4.32	-	- 0.990.54	- 0.01	- 0.990.55	4.786.80	"	"	"	
1-0102-B	+ 1.685.90	1-0103-A	1.30	5.62	-	+ 1.685.90	- 0.04	+ 1.685.86	3.796.25	"	"	"	
1-0103-A	+ 3.910.85	1-0103-B	0.28	5.90	-	+ 3.910.85	- 0.02	+ 3.910.83	5.482.11	"	"	"	
1-0103-B	- 4.913.14	1-0104-A	1.34	7.24	-	- 4.913.14	- 0.04	- 4.913.18	9.392.94	"	"	"	
1-0104-A	+ 1.454.09	1-0104-B	0.13	7.37	-	+ 1.454.09	- 0.01	+ 1.454.08	4.479.76	"	"	"	
1-0104-B	- 2.466.74	1-0105-A	0.66	8.03	+ 0.01	- 2.466.73	- 0.03	- 2.466.76	5.933.84	"	"	"	
1-0105-A	+ 0.552.97	1-0105-B	0.18	8.21	-	+ 0.552.97	- 0.01	+ 0.552.96	3.467.08	"	"	"	
1-0105-B	- 1.010.46	Nodal (1) Agraciada	1.99	10.20	-	- 1.010.46	- 0.05	- 1.010.51	4.020.04	"	"	"	
Nodal (1) Agraciada									3.009.53 (1)				

Totales - 0^m. 142.67 + 0^m. 02 - 0^m. 142.65 - 0.32 - 0^m. 142.97

SERVICIO GEOGRÁFICO
1.ª DIVISION
3.ª SECCION
NIVELACION
REPUBLICA U. DEL URUGUAY

Leonardo Testorino

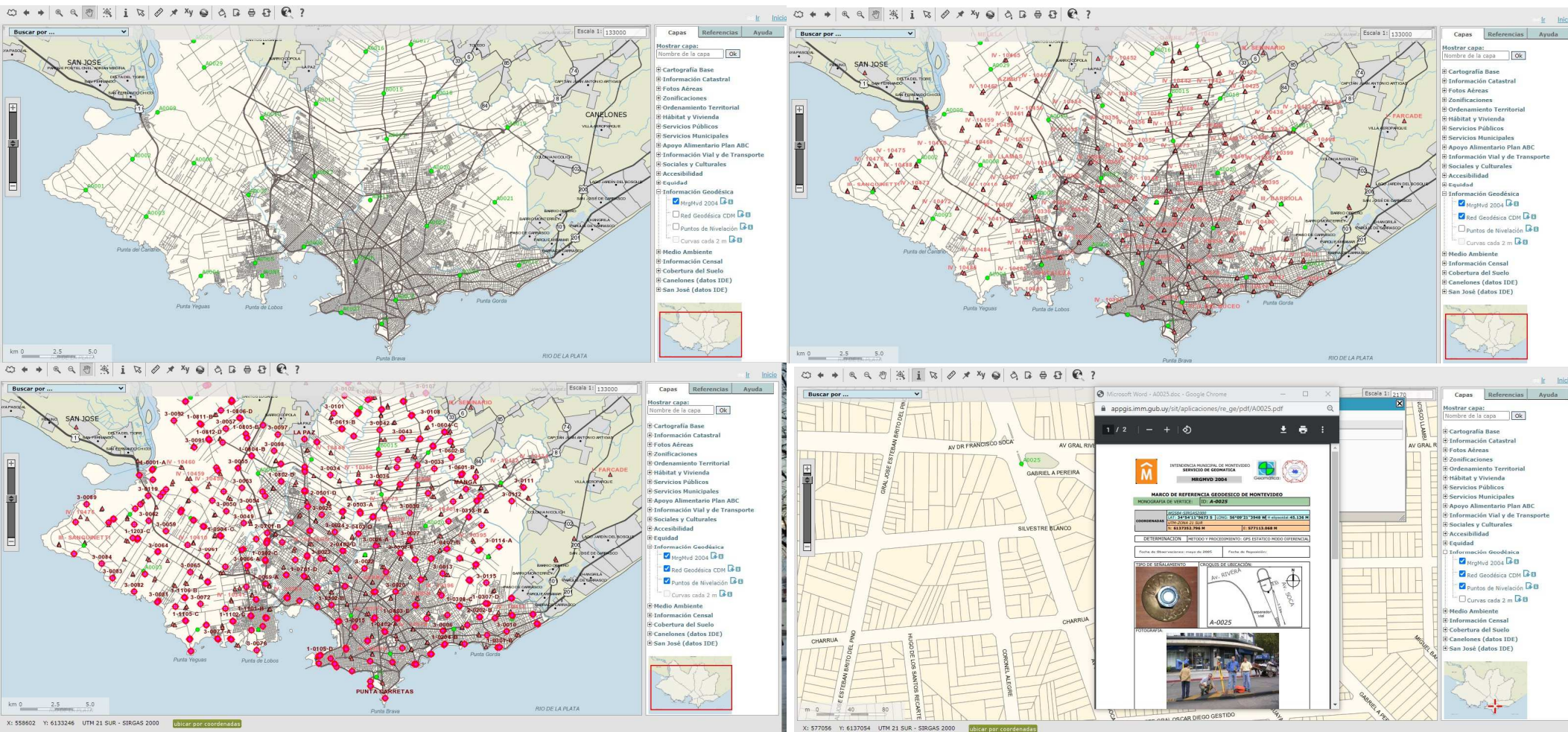
Llenada por: Of. de Ariel J. Rozza Fecha: 23 JUN 1959

DES NIVEL

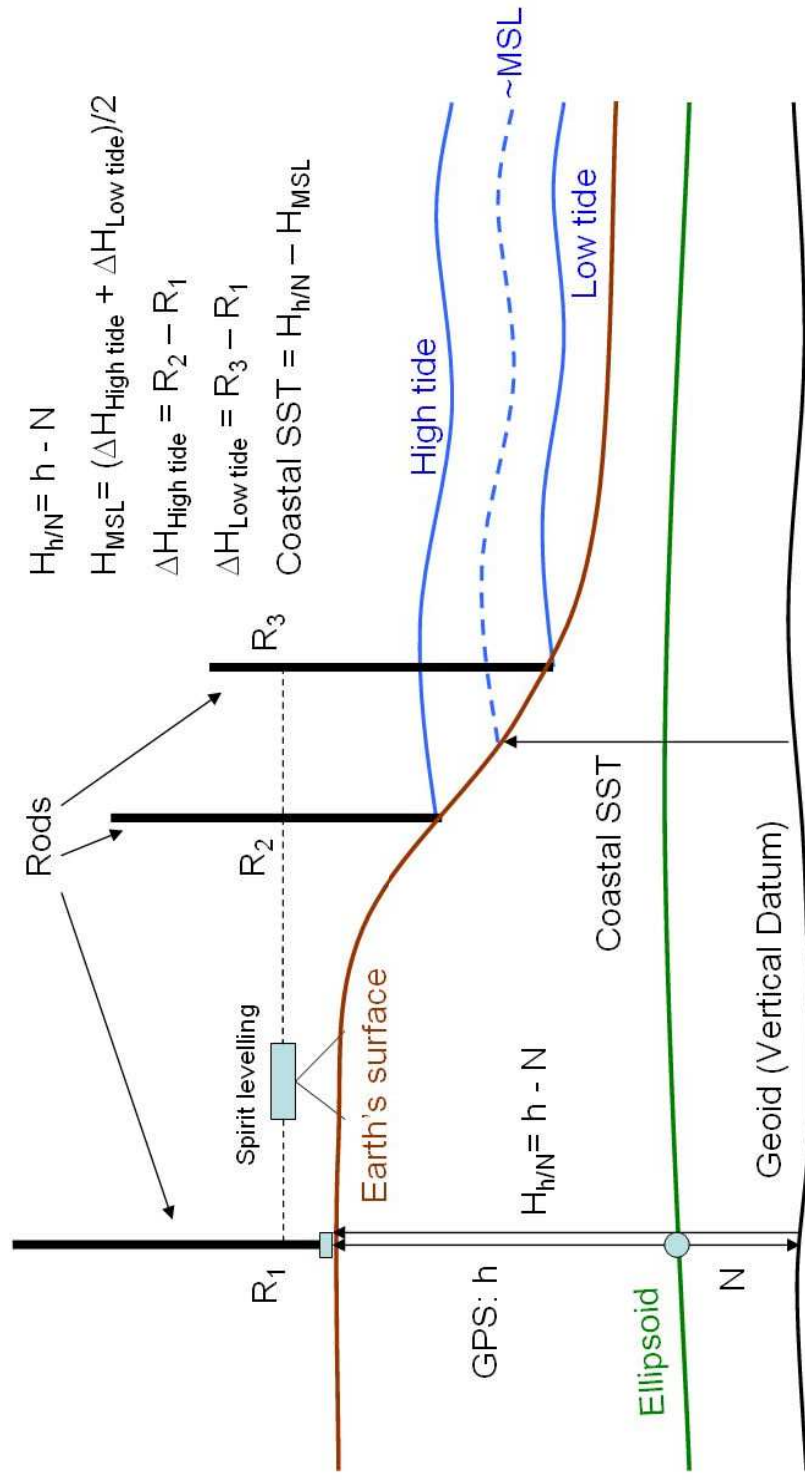
DE P.F.	DES NIVEL PROMEDIADO	A P.F.
Nodal PUNTA CARRETAS	+ 1 ^m . 434.75	1-0101-A
1-0101-A	+ 0.008.65	1-0101-B
1-0101-B	+ 0.191.00	1-0102-A
1-0102-A	- 0.990.54	1-0102-B
1-0102-B	+ 1.685.90	1-0103-A
1-0103-A	+ 3.910.85	1-0103-B
1-0103-B	- 4.913.14	1-0104-A
1-0104-A	+ 1.454.09	1-0104-B
1-0104-B	- 2.466.74	1-0105-A
1-0105-A	+ 0.552.97	1-0105-B
1-0105-B	- 1.010.46	Nodal (1) Agraciada
		Nodal (1) Agraciada

Planillas nivelación CDM

2) Red Geodésica MRGMVD // Vértices con Altura referida al Cerro Oficial.



Basic procedure to determine local separation between geoid (vertical datum) and Mean Sea Level





FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE GEODESIA
PROYECTO FINAL: MRGMVD



Operador: Pedro Alvez

Fecha: 16 de Octubre

Punto	Lectura (1)				Lectura (2)				DH	Cota	Observaciones
	Atrás	Media	Adelante	DH (1)	Atrás	Media	Adelante	DH (2)			
3-0086	2.314				2.356					34.580	
	2.040		0.673	1.641	2.019		0.714	1.642			
	1.964		1.268	0.772	1.925		1.248	0.771			
	2.583		0.232	1.732	2.566		0.190	1.735			
	0.295		1.700	0.883	0.310		1.684	0.882			
			2.745	-2.450			2.759	-2.449			
A0001				2.578				2.581	2.580	37.160	



En cada vértice MRGMVD:

- 1) Nivelación geométrica vinculada con Red Nivelación CDM.
- 2) Posicionamiento satelital GNSS

Resumen de Datos Procesados:

30 puntos conociendo el doble dato:

- 1) Altura referida al cero oficial
- 2) Coordenadas, altura elipsoidal

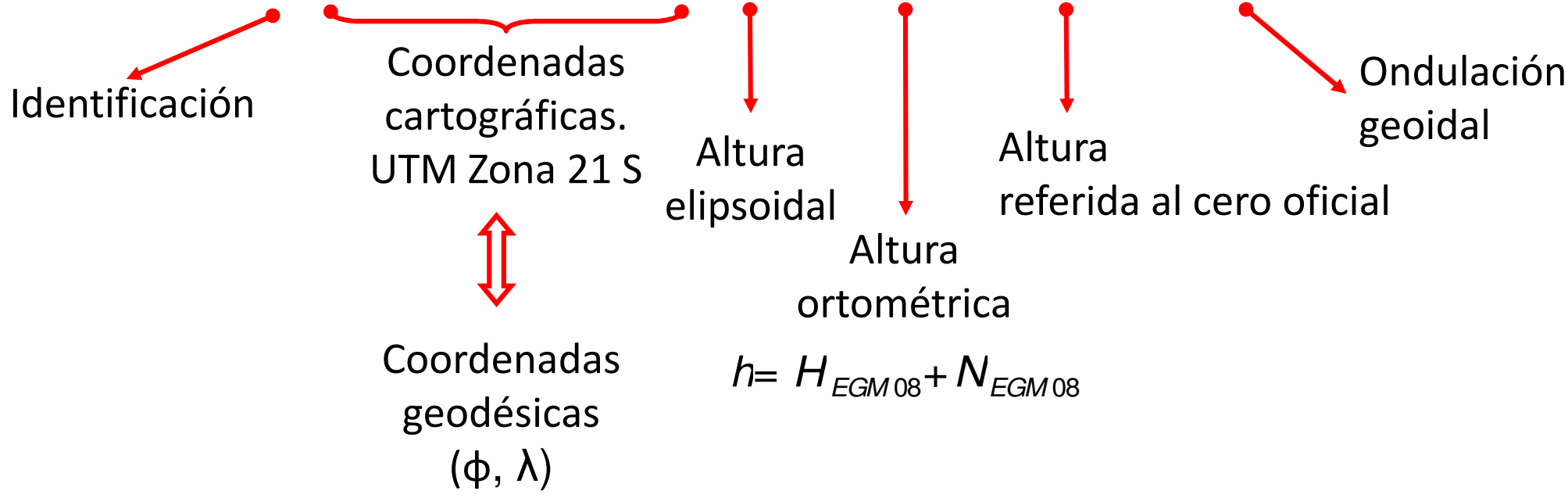
Mediante modelación matemática determinar una corrección aplicable al dato generado por el GNSS para obtener la altura oficial

$$H_{of} = H_{EGM08} - corr$$

$$(H_{EGM08} = h - N_{EGM08})$$

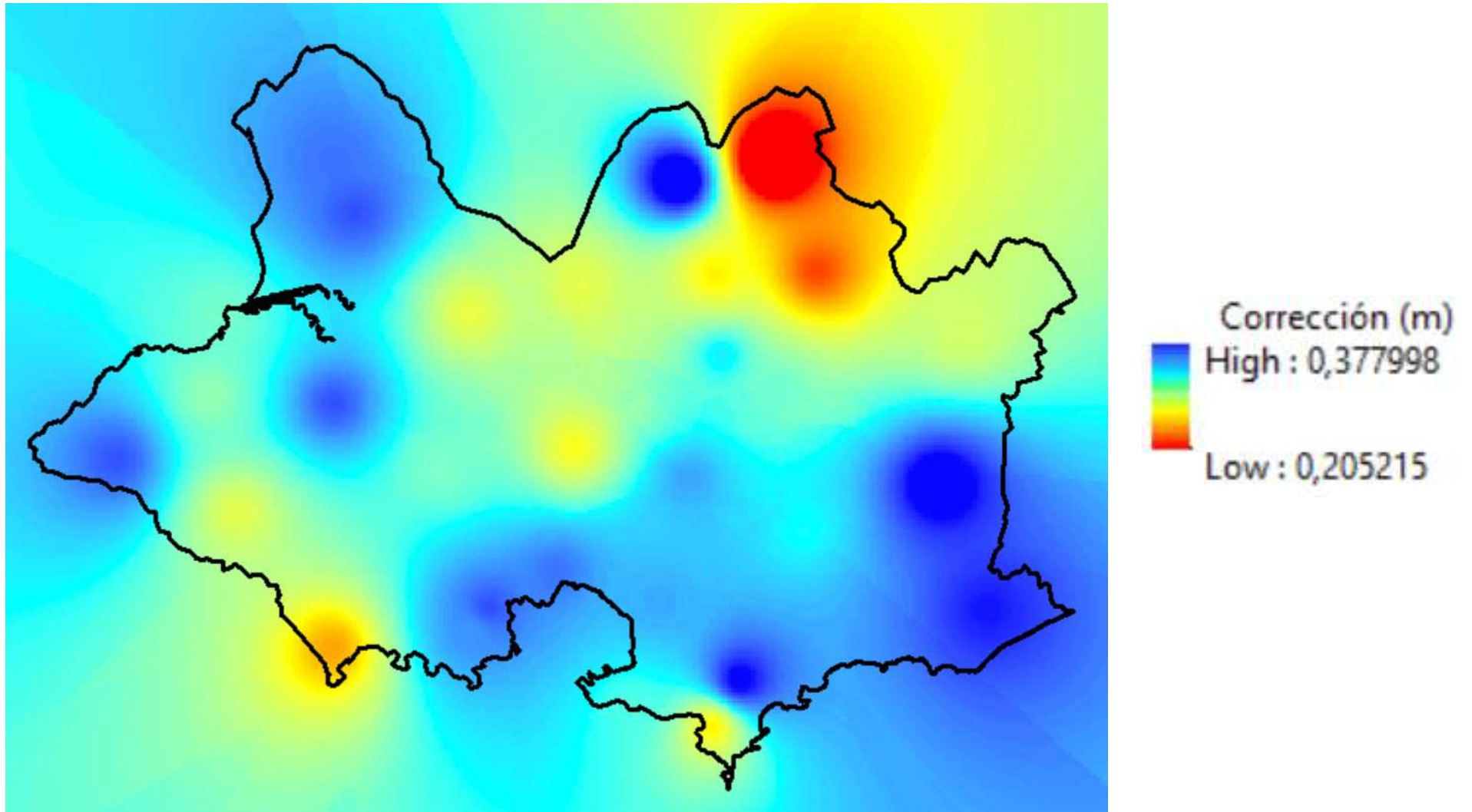
	UTM		h	EGM08	H OFICIAL	EGM08
	E	N		H		
A0001	555096.59	6145162.12	52.3490	37.5070	37.1600	0.3470
A0002	558413.50	6147404.89	31.7548	16.9248	16.6170	0.3078
A0003	559387.15	6143278.61	47.8001	33.0291	32.7380	0.2911
A0006	570600.62	6141146.92	18.9629	4.3919	4.0500	0.3419
A0007	566650.01	6144820.11	32.8994	18.1964	17.8850	0.3114
A0008	562776.94	6147121.85	32.3073	17.5263	17.1790	0.3473
A0011	575309.33	6144453.27	37.3537	22.7887	22.4550	0.3337
A0013	576483.80	6148822.55	44.5358	29.9108	29.5880	0.3228
A0014	571457.42	6151332.60	58.0377	43.3127	43.0220	0.2907
A0018	579836.28	6151825.07	58.1577	43.5357	43.2840	0.2517
A0019	585068.28	6149651.52	48.6710	34.1640	33.8690	0.2950
A0021	584152.17	6144299.50	42.9070	28.5030	28.1340	0.3690
A0022	579329.65	6142616.43	72.9240	58.4710	58.1510	0.3200
A0023	585868.42	6139833.09	21.3934	7.1504	6.7940	0.3564
A0025	577113.08	6137352.74	45.1906	30.8296	30.4680	0.3616
A0026	574278.45	6140102.72	33.4092	18.9242	18.5910	0.3332
A0027	573247.25	6136489.77	25.1985	10.7885	10.4720	0.3165
A0028	562767.97	6155768.50	26.3530	11.5030	11.1610	0.3420
A0029	563508.31	6153895.59	43.8694	29.0394	28.6920	0.3474
B0010	567608.59	6150341.74	64.7136	49.9526	49.6630	0.2896
B0016	574978.08	6154999.27	96.4751	81.7571	81.3790	0.3781
B0017	578197.14	6155670.90	82.7692	68.0832	67.8780	0.2052
C0004	562733.09	6138472.53	26.4756	11.8366	11.5690	0.2676
C0005	568256.00	6139914.84	38.6359	24.0549	23.7070	0.3479
C0009	558919.16	6150322.26	18.8318	3.9818	3.6700	0.3118
C0012	571257.14	6145534.54	55.8965	41.2475	40.9630	0.2845
C0015	576243.48	6151686.98	63.8412	49.1722	48.8910	0.2812
C0020	578495.17	6147511.16	60.5371	45.9651	45.6520	0.3131
FI	576119.87	6135699.86	71.8574	57.5224	57.2410	0.2814
UYMO	567629.27	6139091.90	158.0830	143.5110	143.1750	0.3360

	UTM			EGM08		
	E	N	h	H	H OFICIAL	EGM08
A0001	555096.59	6145162.12	52.3490	37.5070	37.1600	0.3470
A0002	558413.50	6147404.89	31.7548	16.9248	16.6170	0.3078

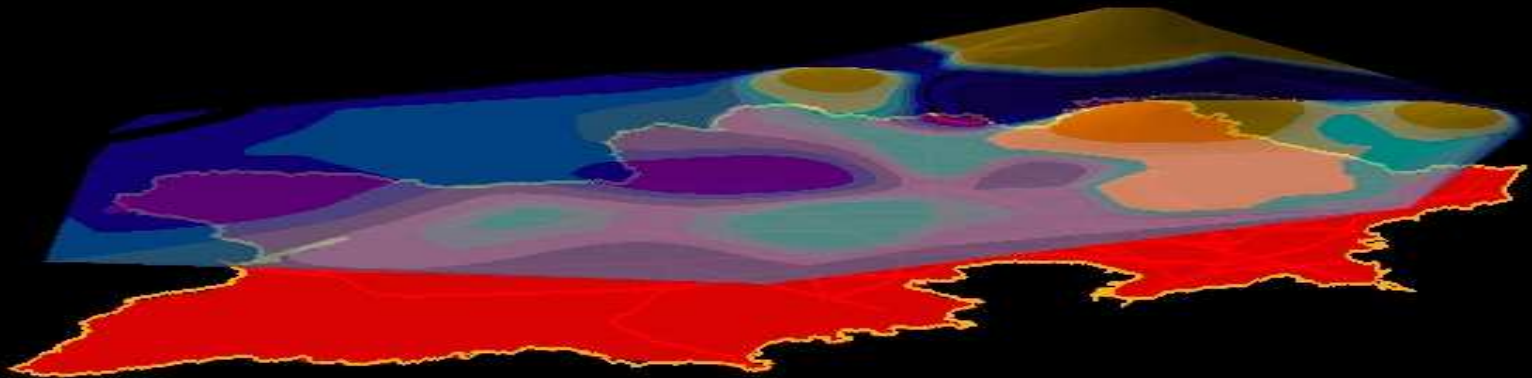
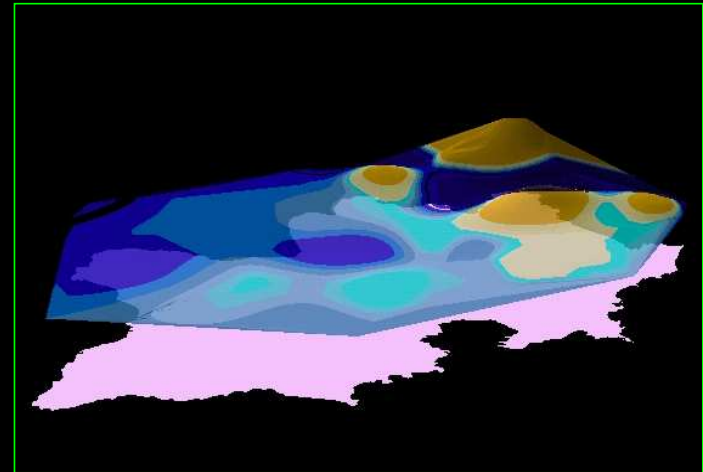
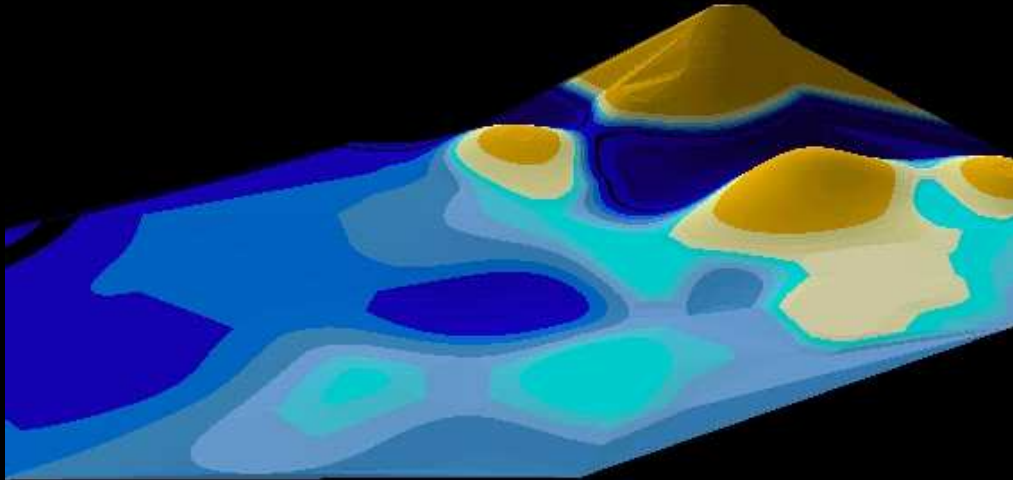


Sistema de Referencia compatible con las bases del IGM (Instituto Geográfico Militar).
 Sistema oficial: SIRGAS-ROU98.

Solución GIS



Comportamiento similar OSU91 EGM96



Solución Analítica

Implica el análisis de distintas funciones matemáticas que permiten modelar la corrección para toda la zona de estudio, a partir de puntos con el doble dato conocido.

$$\Delta N_i = X_1 + X_2 (\cos \varphi_i \cdot \cos \lambda_i) + X_3 (\cos \varphi_i \cdot \text{sen} \lambda_i) + X_4 \text{sen} \varphi_i + v_i$$

$$\Delta N_i = X_1 + X_2 (\cos \varphi_i \cdot \cos \lambda_i) + X_3 (\cos \varphi_i \cdot \text{sen} \lambda_i) + X_4 \text{sen} \varphi_i + X_5 \text{sen}^2 \varphi_i + v_i$$

$$\Delta N_i = X_1 (\cos \varphi_i \cdot \cos \lambda_i) + X_2 (\cos \varphi_i \cdot \text{sen} \lambda_i) + X_3 \text{sen} \varphi_i + X_4 \left(\frac{\text{sen} \varphi_i \cdot \cos \varphi_i \cdot \text{sen} \lambda_i}{W_i} \right) + X_5 \left(\frac{\text{sen} \varphi_i \cdot \cos \varphi_i \cdot \cos \lambda_i}{W_i} \right) + v_i$$

$$\Delta N_i = X_1 (\cos \varphi_i \cdot \cos \lambda_i) + X_2 (\cos \varphi_i \cdot \text{sen} \lambda_i) + X_3 \text{sen} \varphi_i + X_4 \left(\frac{\text{sen} \varphi_i \cdot \cos \varphi_i \cdot \text{sen} \lambda_i}{W_i} \right) + X_5 \left(\frac{\text{sen} \varphi_i \cdot \cos \varphi_i \cdot \cos \lambda_i}{W_i} \right) + X_6 (a \cdot W_i + h_i) + v_i$$

$$\Delta N_i = X_1 (\cos \varphi_i \cdot \cos \lambda_i) + X_2 (\cos \varphi_i \cdot \text{sen} \lambda_i) + X_3 \text{sen} \varphi_i + X_4 \left(\frac{\text{sen} \varphi_i \cdot \cos \varphi_i \cdot \text{sen} \lambda_i}{W_i} \right) + X_5 \left(\frac{\text{sen} \varphi_i \cdot \cos \varphi_i \cdot \cos \lambda_i}{W_i} \right) + X_6 (a \cdot W_i + h_i) + X_7 \left(\frac{1 - f^2 \cdot \text{sen}_i^2 \varphi}{W_i} \right) + v_i$$

Solución Numérica

Ingreso:

Latitud

Longitud

Altura elipsoidal

Altura ortométrica

Salida:

Altura oficial

			GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS		
		LATITUD	-34	43	28.00263	-34.72444518	-0.606055899
		LONGITUD	-56	6	32.65318	-56.10907033	-0.979288017
		ALTURA ELIPSOIDAL	54.123				
		ALTURA ORTOMETRICA (EGM08)	49.723				
		ALTURA OFICIAL	49.503				
A	11211.68347		W	0.998913318			
B	-20213.83519						
C	3787.326227		Corrección	0.220280902			
D	19768.62017						
E	4782.026595						
F	-34122.9079						
G	0.000175571						
a	6378137						
e ²	0.00669438						
corr medio	0.316096667						

1	$\cos \varphi \cos \lambda$	$\cos \varphi \sin \lambda$	$\sin \varphi$	$\cos \varphi \sin \varphi \sin \lambda / W$	$\cos \varphi \sin \varphi \cos \lambda / W$	$aW+h$
1	0.458303309	-0.682260558	-0.569630238	0.389059027657932	-0.261347424469713	6371260.116

Evaluación de Precisión (QA/QC)



Puntos testigos no utilizados para definir el modelo, sobre los cuales se lo evalúa.

					ARCMAP		ANALITICO	
	Norte	Este	H ort EGM08	Alt MONO	Alt modelo	Dif	Alt modelo	Dif
3-0113	6146241.53	583751.59	19.236	18.900	18.897	-0.003	18.919	0.019
2-0201-B	6138692.27	584075.28	21.102	20.874	20.755	-0.119	20.739	-0.135
2-0202-A	6140004.38	583547.23	33.936	33.469	33.592	0.123	33.578	0.109
3-0022	6143451.84	575246.59	40.948	40.725	40.618	-0.107	40.620	-0.105
1-0704-D	6147958.73	571191.89	47.242	47.049	46.939	-0.110	46.921	-0.128
3-0046	6146781.29	569948.92	28.792	28.581	28.491	-0.090	28.472	-0.109
1-0503-C	6142152.38	571849.91	7.156	7.020	6.825	-0.195	6.838	-0.182
3-0060	6145049.90	562784.41	35.562	35.344	35.238	-0.106	35.242	-0.102
1-0807-A	6155495.86	565762.77	28.422	28.126	28.091	-0.035	28.105	-0.021
1-0403-E	6139927.21	577577.90	53.769	53.537	53.436	-0.101	53.427	-0.110
1-0402-B	6138910.10	576730.28	48.436	48.129	48.097	-0.032	48.097	-0.032
3-0104	6156942.79	575351.08	79.024	78.760	78.705	-0.055	78.759	-0.001
1-0602-B	6151608.13	581522.42	49.723	49.465	49.451	-0.014	49.443	-0.022
ESNAL_1	6139414.74	587692.03	5.329	4.996	4.979	-0.017	4.958	-0.038
ANP_001	6136598.35	571873.66	6.213	5.907	5.893	-0.014	5.906	-0.001
ANP_008	6137900.16	573582.23	3.434	3.114	3.112	-0.002	3.116	0.002
ANP_010	6139587.17	573176.24	3.624	3.303	3.293	-0.010	3.305	0.002
ANP_011	6140116.13	572653.83	3.799	3.570	3.468	-0.102	3.481	-0.089
ANP_012	6140494.06	572147.97	4.618	4.294	4.285	-0.009	4.301	0.007
ANP_014	6141157.16	570684.42	5.618	5.303	5.276	-0.027	5.304	0.001
ANP_018	6140095.08	568733.42	3.989	3.671	3.644	-0.027	3.683	0.012
ANP_021	6138324.49	568422.03	12.275	11.952	11.939	-0.013	11.975	0.023
ANP_027	6138308.22	566348.38	19.382	19.065	19.053	-0.012	19.089	0.024
						-0.047		-0.038

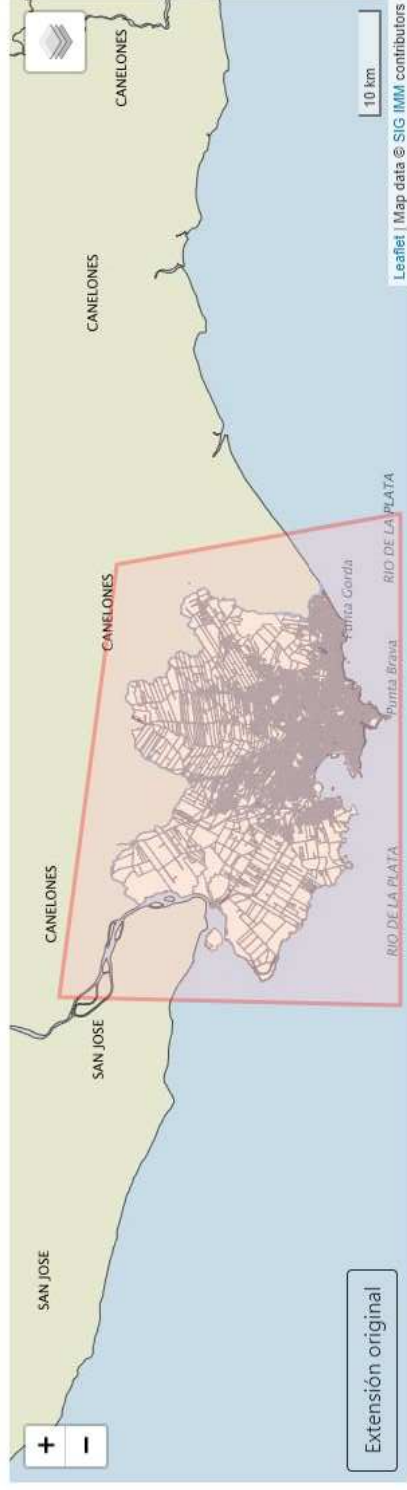
Precisión alcanzada por el Método GIS Interpolado y analítico : 0.05m.



MODELO DE TRANSFORMACIÓN DE ALTURAS PARA MONTEVIDEO

[Documentación técnica](#) [Ayuda](#)

E-mail: geodesia@imm.gub.uy



— Puede ingresar los datos manualmente:

Latitud:

Grados: ± 00	Minutos:	Segundos:
--------------	----------	-----------

Longitud:

Grados: ± 00	Minutos:	Segundos:
--------------	----------	-----------

Altura Flincoidal:

Altura Ortométrica:

Esperando a intgis.montevideo.gub.uy...

Desarrollo y Tecnología de app Web

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó **HTML** y las funcionalidades están implementadas mediante uso del lenguaje **JavaScript** y para Gráficos utilizamos **bootstrap y CSS**.

La aplicación fue programada por:
Maximiliano Schmidt y Belen Olivera
Supervisión: *Victoria Alvarez*
Servicio de Geomática(IM)

Testeo y Validación:
Fabian Barbato – Jorge Faure – Enrique Luque