



ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE PUERTOS  
República Oriental del Uruguay



INSTITUTO DE AGRIMENSURA

# DETERMINACIÓN DE COTAS REFERIDAS AL CERO WARTHON EN EL RÍO DE LA PLATA

Ing. Agrim. Fabian Barbato – Ing. Agrim. Jorge Faure Valbi  
[fbarbato@anp.com.uy](mailto:fbarbato@anp.com.uy) – [jfaure@fing.edu.uy](mailto:jfaure@fing.edu.uy)

Agosto 2014

# Marco del trabajo.

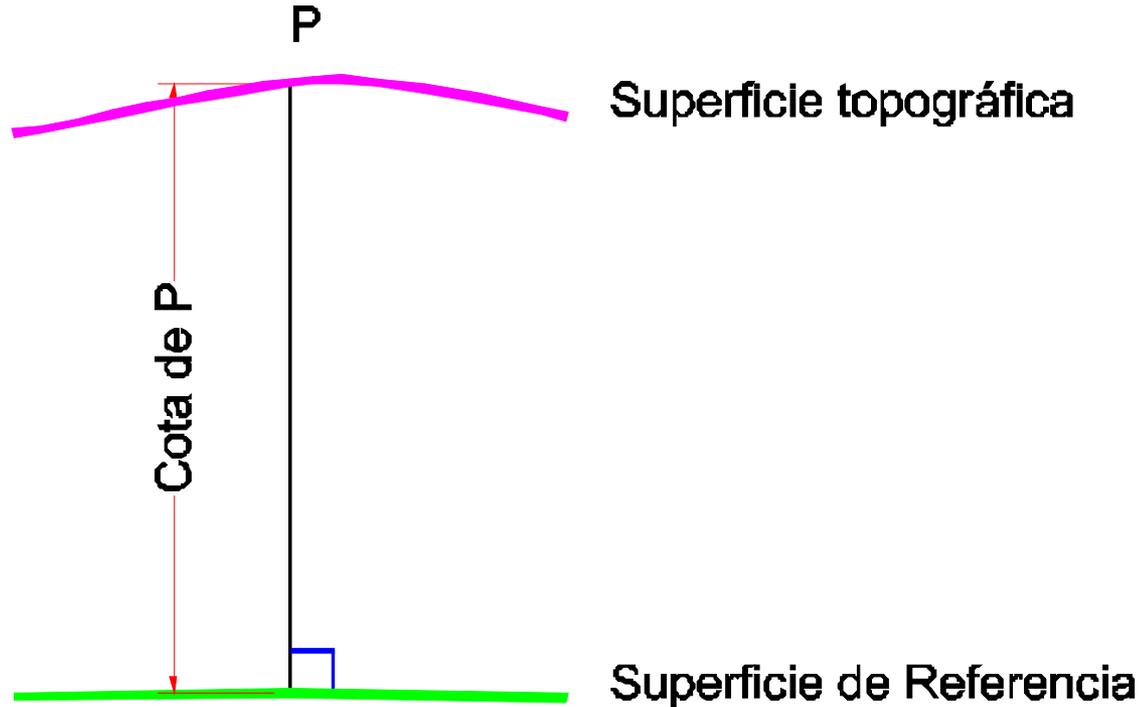
Se encuadra en las actividades desarrolladas en el marco de la Asesoría que el IA brinda a la ANP:

**“Análisis, Estudio y Validación de la Metodología ANP para la realización de relevamientos y posicionamientos topográficos marinos (hidrográficos) de precisión para planificación, control y gestión de dragados.”**

Participan por IA: Ing. Roberto Perez Rodino, Ing. Rodolfo Méndez, Ing. Ricardo Yelicich, Ing. Esteban Striewe.

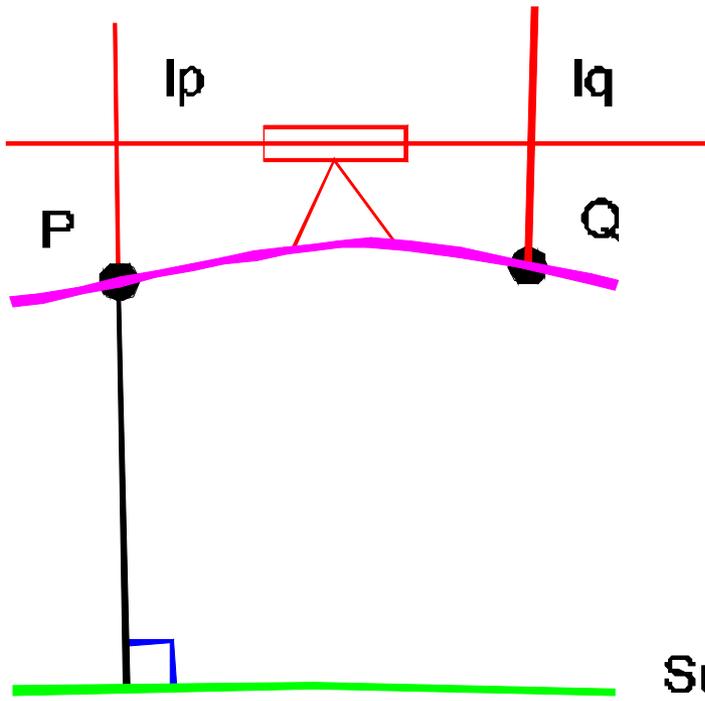
# Cota

Distancia desde el punto a una superficie de referencia.



# Caso terrestre

Conocida la cota de un Punto P, mediante nivelación geométrica determinamos la cota de Q.



$$\Delta h(PQ) = l_P - l_Q$$

$$Cota(Q) = Cota(P) + \Delta h(PQ)$$

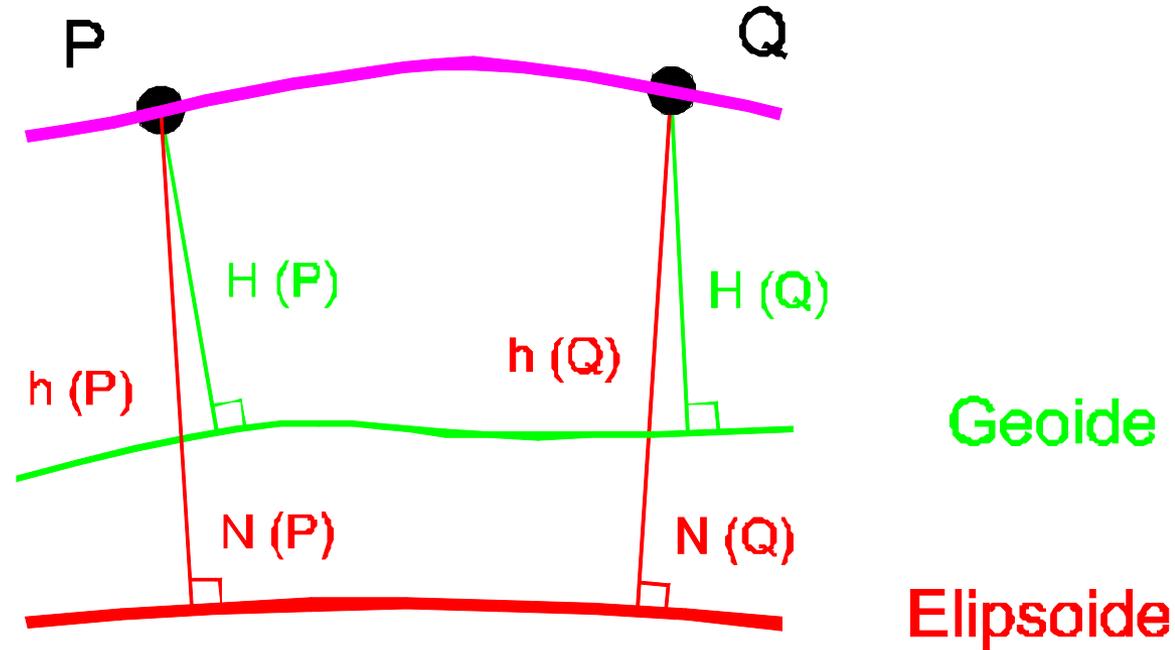
Utilizando receptores GNSS, también podemos determinar la cota de P, aplicando modelos geoidales.

$$h(P) = H(P) + N(P)$$

$$h(Q) = H(Q) + N(Q)$$

$$\Delta h = \Delta H + \Delta N$$

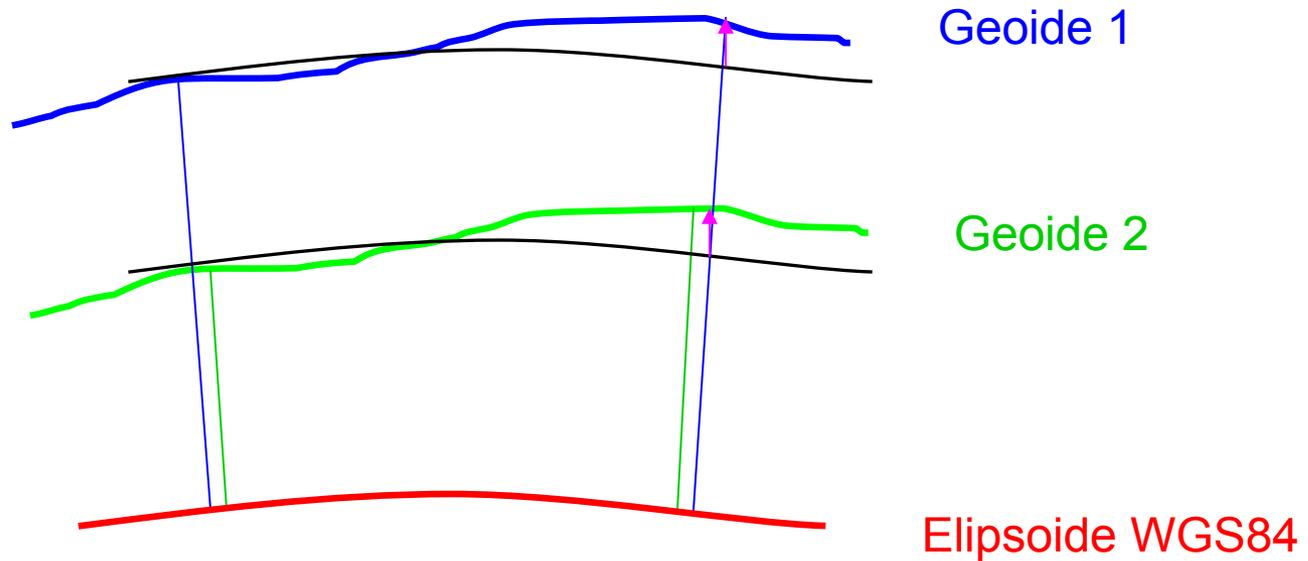
$$\Rightarrow \Delta H = \Delta h - \Delta N$$



A partir de la cota de P, obtenemos la cota de Q.

$$Cota(Q) = Cota(P) + \Delta H$$

Lo importante es la variación de  $\Delta N$



# Control.

Conocer cotas de puntos fijos y verificar la bondad del modelo geoidal.

Conociendo adicionalmente la Cota de un Punto R.

$$h(P) = H(P) + N(P)$$

$$h(R) = H(R) + N(R)$$

$$\Delta h = \Delta H + \Delta N$$

$$\Rightarrow \Delta H = \Delta h - \Delta N$$

$$Cota_{GNSS}(R) = Cota(P) + \Delta H$$

Tengo entonces la Cota de R, calculada y dato.

$$Dif = Cota_{GNSS}(R) - Cota_{DATO}(R)$$

# Caso acuático.

No se disponen de puntos fijos con cota conocida para evaluar la bondad del modelo geoidal.



Superrficie del mar

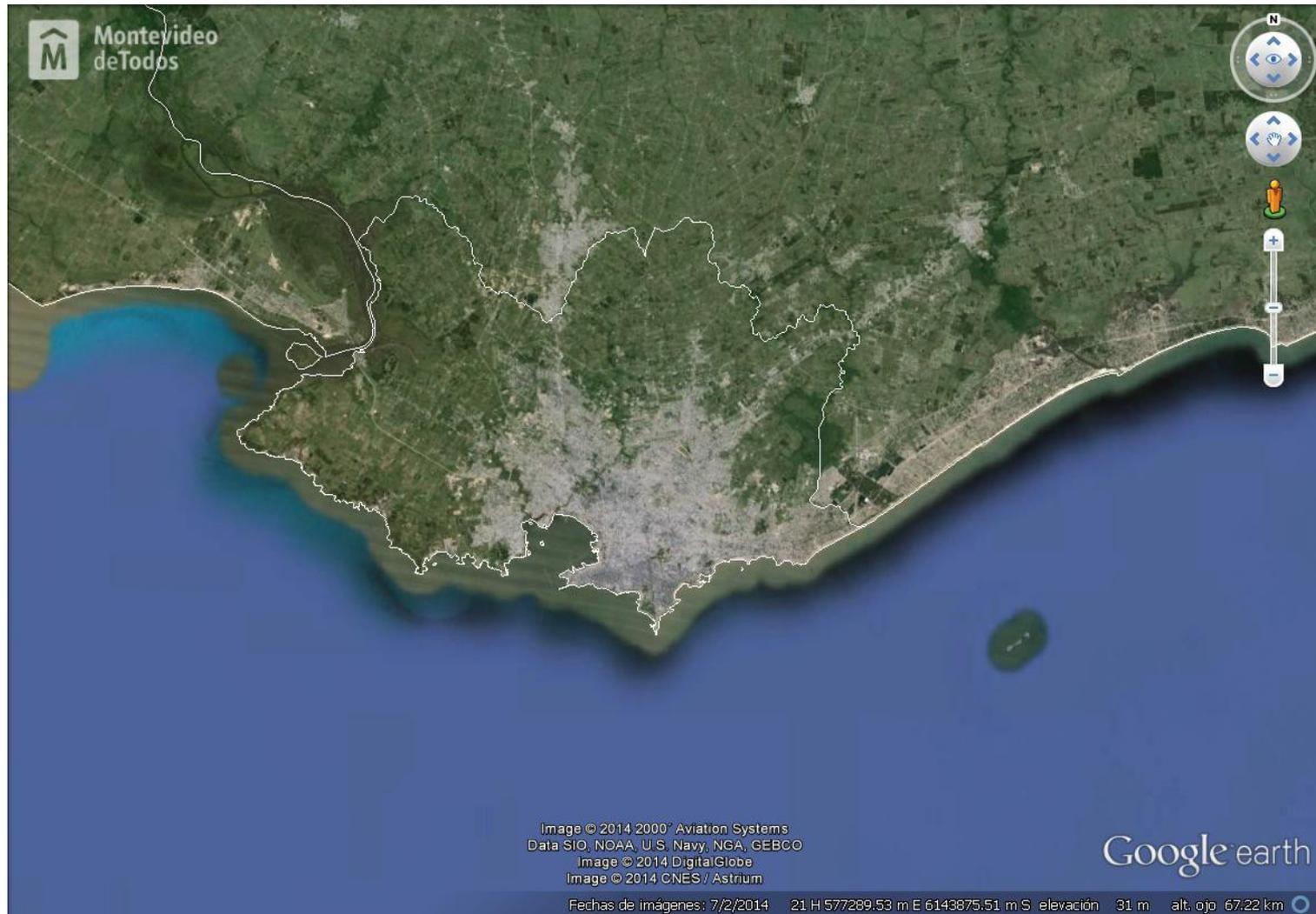


Geoide



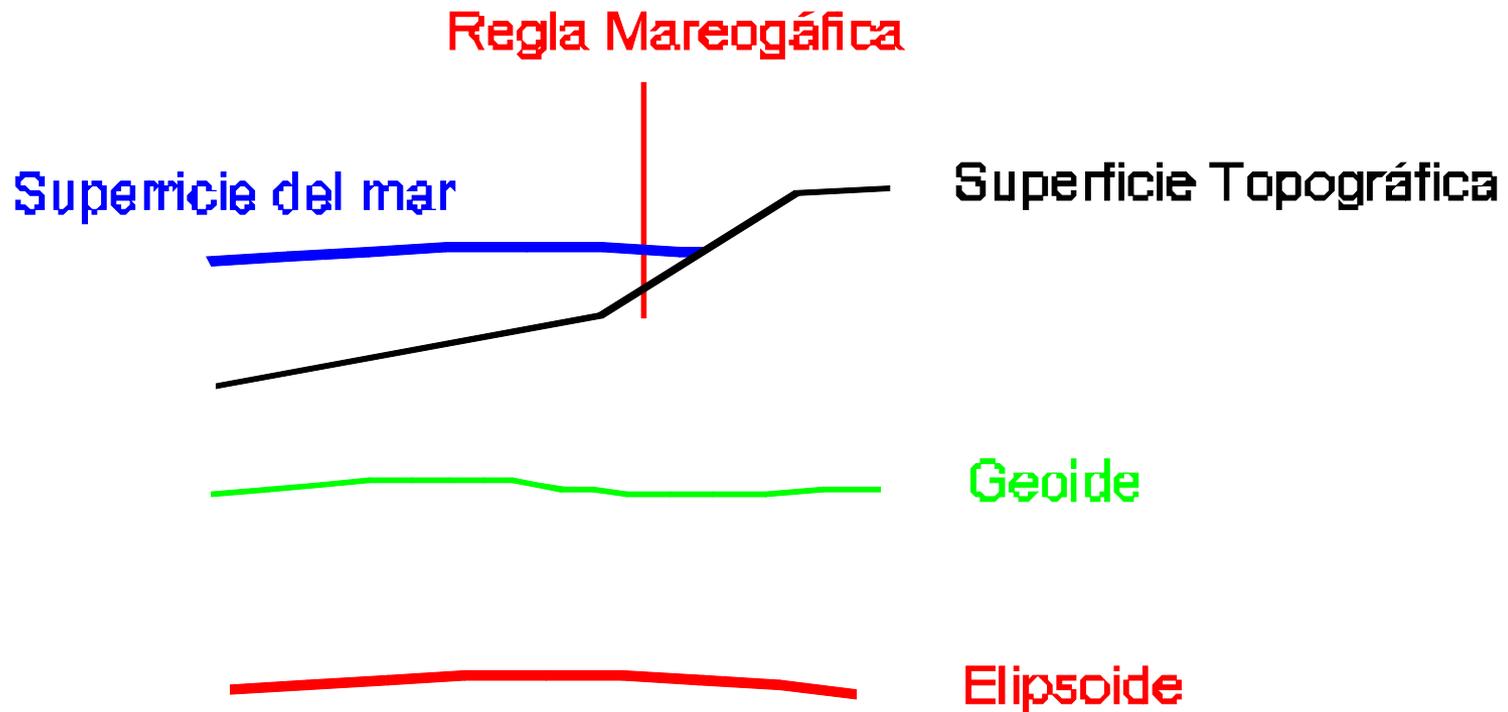
Elipsoide

No se disponen de puntos fijos con cota conocida para evaluar la bondad del modelo geoidal.



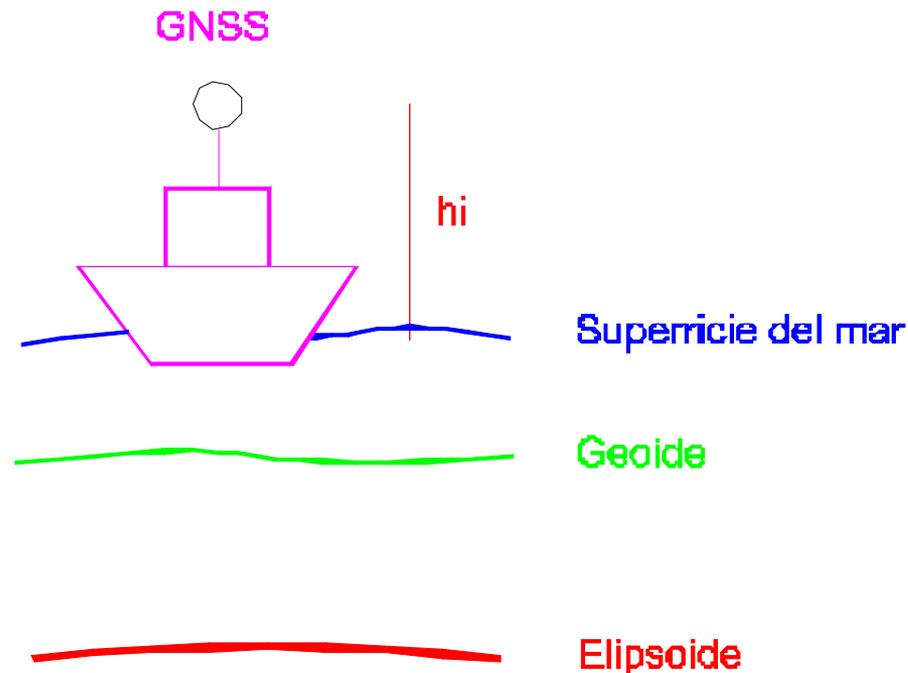
# Objetivo final.

Determinar cotas referidas al Cero Wharton del fondo del Río de la Plata en la zona del Canal de acceso al Puerto de Montevideo.



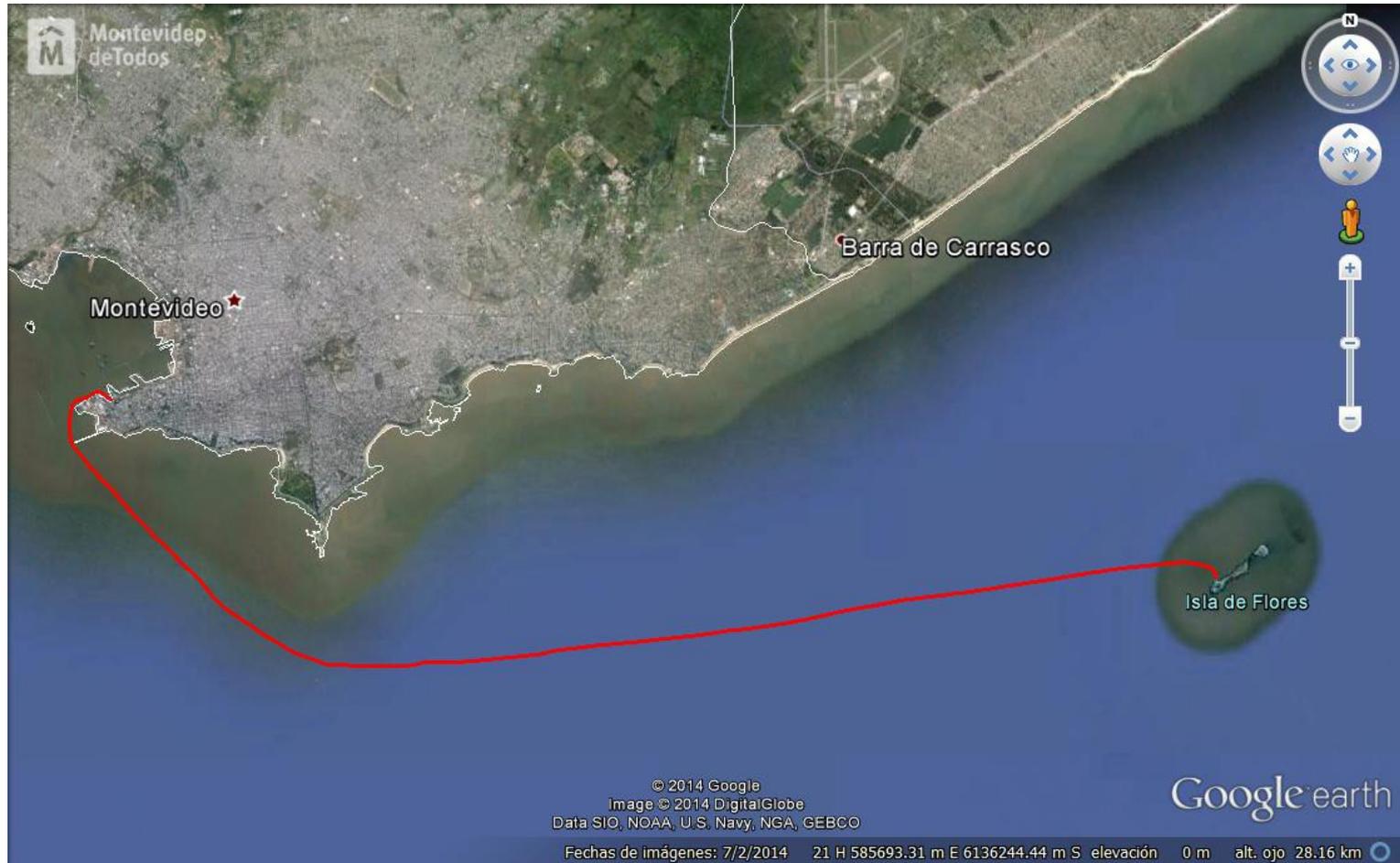
# Método actual de mediciones.

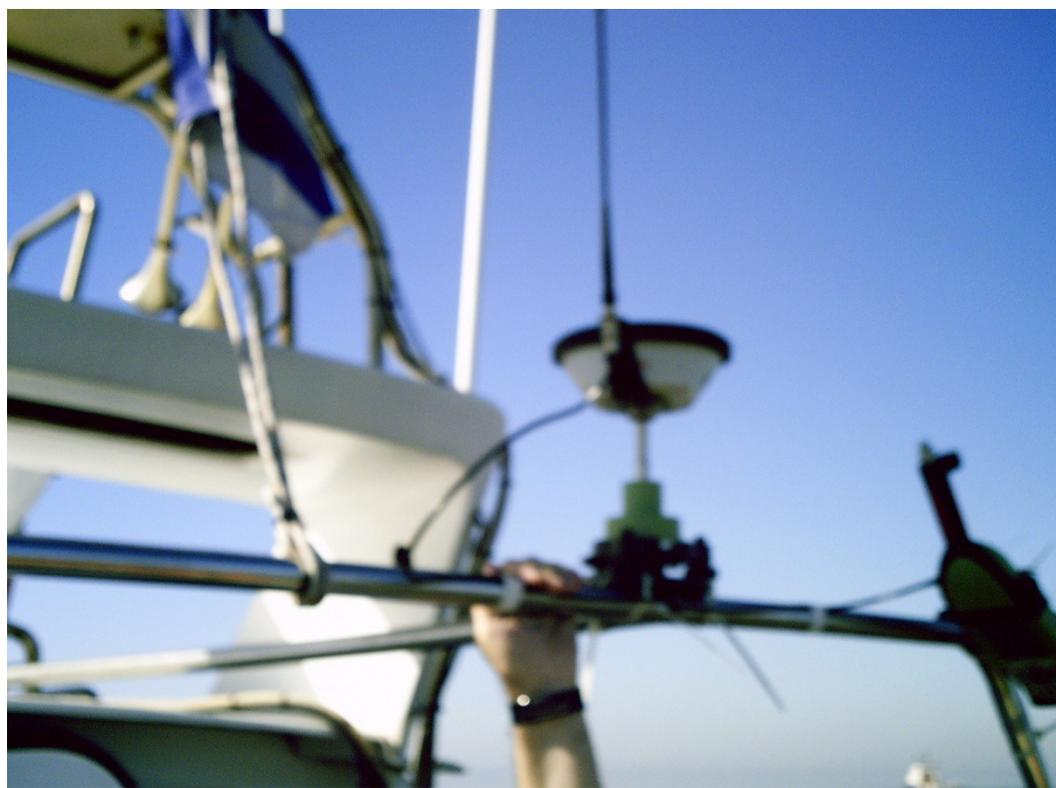
Basado en suponer la superficie del mar como superficie de referencia, es decir, con cota constante. A partir de mediciones satelitales realizadas durante navegaciones a Isla de Flores, se analiza la bondad de esa suposición.



$$Cota(pelo\_agua) = Cota(antena\_GNNS) - h_i$$

# Navegación realizada.





### Tramo 1: 0 a 5km

<b>Máxima cota</b>	1.014	Variación máxima	0.345
<b>Mínima</b>	0.669		
<b>Promedio</b>	0.820		
<b>Desv. Std.</b>	0.064		
<b>3*Desv. Std</b>	0.192		
<b><math>\mu+3\sigma</math></b>	1.012	Intervalo confianza	0.384
<b><math>\mu-3\sigma</math></b>	0.628		

### Tramo 2: 5 a 10km

<b>Máxima cota</b>	1.091	Variación máxima	0.606
<b>Mínima</b>	0.485		
<b>Promedio</b>	0.778		
<b>Desv. Std.</b>	0.064		
<b>3*Desv. Std</b>	0.191		
<b><math>\mu+3\sigma</math></b>	0.969	Intervalo confianza	0.381
<b><math>\mu-3\sigma</math></b>	0.588		

### Tramo 3: 10 a 15km

<b>Máxima cota</b>	0.152	Variación máxima	0.477
<b>Mínima</b>	-0.325		
<b>Promedio</b>	-0.109		
<b>Desv. Std.</b>	0.103		
<b>3*Desv. Std</b>	0.310		
<b><math>\mu+3\sigma</math></b>	0.202	Intervalo confianza	0.621
<b><math>\mu-3\sigma</math></b>	-0.419		

### Tramo 4: 15 a 20km

<b>Máxima cota</b>	0.193	Variación máxima	0.662
<b>Mínima</b>	-0.469		
<b>Promedio</b>	-0.109		
<b>Desv. Std.</b>	0.134		
<b>3*Desv. Std</b>	0.403		
<b><math>\mu+3\sigma</math></b>	0.294	Intervalo confianza	0.806
<b><math>\mu-3\sigma</math></b>	-0.512		

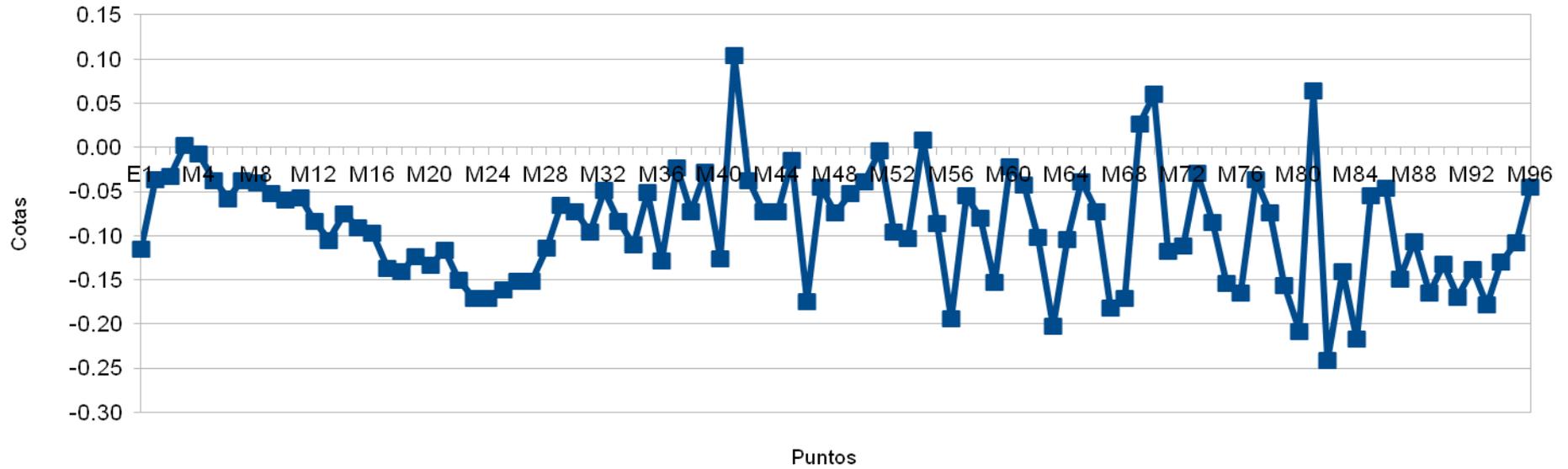
### Tramo 5: 20 a 25km

<b>Máxima cota</b>	0.371	Variación máxima	0.819
<b>Mínima</b>	-0.448		
<b>Promedio</b>	-0.040		
<b>Desv. Std.</b>	0.136		
<b>3*Desv. Std</b>	0.408		
<b><math>\mu+3\sigma</math></b>	0.367	Intervalo confianza	0.816
<b><math>\mu-3\sigma</math></b>	-0.448		

### Tramo 6: 25 a fin

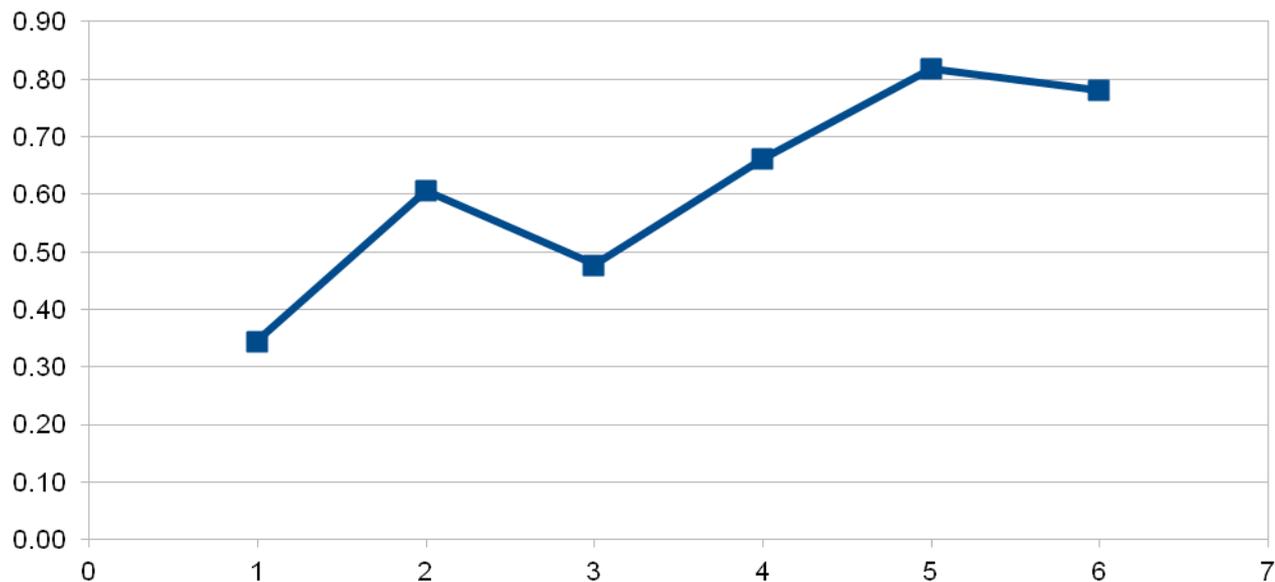
<b>Máxima cota</b>	0.332	Variación máxima	0.781
<b>Mínima</b>	-0.448		
<b>Promedio</b>	-0.037		
<b>Desv. Std.</b>	0.133		
<b>3*Desv. Std</b>	0.398		
<b><math>\mu+3\sigma</math></b>	0.361	Intervalo confianza	0.796
<b><math>\mu-3\sigma</math></b>	-0.435		

## COTAS

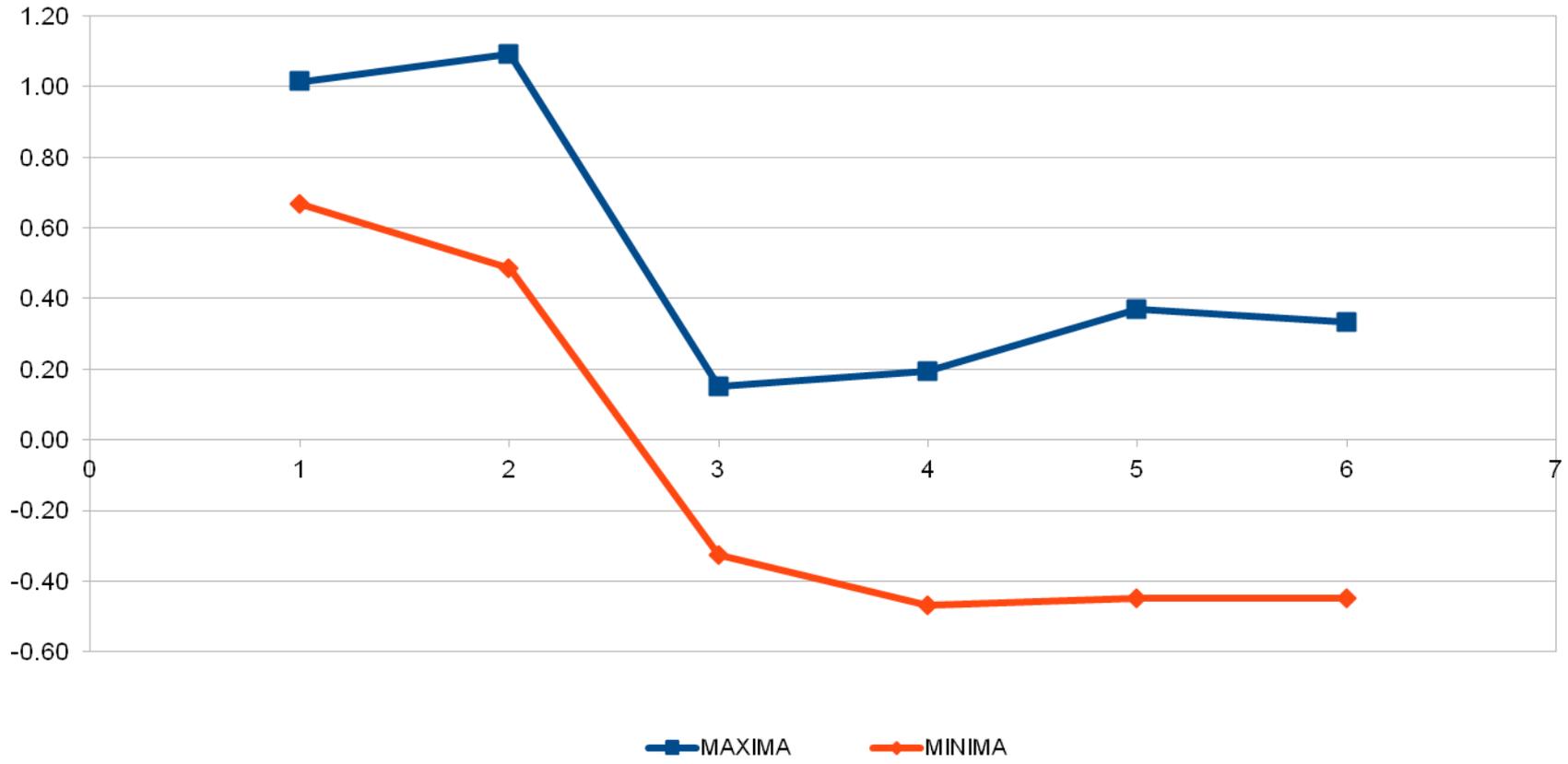


	PROGRESIVAS		COTAS			VARIACION	DESV.			
TRAMO	INICIO	FIN	MAXIMA	MINIMA	PROMEDIO	MAXIMA	STD.	INTERVALO		DIF.
1	0	5	1.014	0.669	0.820	0.345	0.064	0.628	1.012	0.384
2	5	10	1.091	0.485	0.778	0.606	0.064	0.588	0.969	0.381
3	10	15	0.152	-0.325	-0.109	0.477	0.103	-0.419	0.202	0.621
4	15	20	0.193	-0.469	-0.109	0.662	0.134	-0.512	0.294	0.806
5	20	25	0.371	-0.448	-0.040	0.819	0.136	-0.448	0.367	0.816
6	25	final	0.332	-0.448	-0.037	0.781	0.133	-0.435	0.361	0.796

**VARIACION MAXIMA EN COTA POR TRAMO**



# COTAS MAXIMAS Y MINIMAS POR TRAMO



# Conclusiones.

- ▶ La metodología aplicada, consistente en suponer la superficie del mar como superficie de referencia, con cota constante, no resulta satisfactorio.
  - ▶ Se debe analizar alternativas, fundamentalmente aplicar mediciones GNSS, complementadas con sondajes, aplicando modelos geoidales.
- 