

# INSTALACION, OBSERVACION Y ANALISIS DE LOS PRIMEROS MESES DE REGISTRO DEL MAREOGRAFO DE PRESION INSTALADO EN EL LAGO DE JAMEOS DEL AGUA (LANZAROTE)

R. VIEIRA; C. TORO; A. GONZALEZ CAMACHO Y J. FERNANDEZ  
Instituto de Astronomía y Geodesia  
(CSIC-UCM)  
Facultad de Ciencias Matemáticas  
Universidad Complutense. MADRID

## RESUMEN

Dentro del proyecto de investigación geodésica y geofísica desarrollado por el Instituto de Astronomía y Geodesia en Canarias, se ha instalado en el lago formado por la intersección del túnel volcánico del volcán de la Corona, con el océano, un mareógrafo de presión con registro analógico y digital cuyo objetivo científico, es por un lado el estudio del nivel del mar como parámetro de interés para la auscultación del riesgo volcánico y por otro la evaluación del efecto oceánico de carga como corrección a ser tenida en cuenta para las observaciones gravimétricas, clinométricas y extensométricas previstas en la Cueva de los Verdes. Los registros obtenidos, de una gran calidad al estar desprovistos de efectos perturbadores de corto período tales como oleajes y vientos, han sido analizados armónicamente y se han obtenido los principales armónicos del potencial perturbador. La comparación de estos resultados con los obtenidos por otros mareógrafos costeros nos permiten conocer los retardos producidos por la estructura del propio túnel en su desarrollo submarino.

## INTRODUCCION

La influencia de los efectos oceánicos sobre una gran parte de las observaciones geofísicas y geodésicas es sobradamente conocida, basta con un ejemplo: aún en los centros de los continentes, alejado a miles de km de la costa, las mareas oceánicas pueden dar lugar a variaciones de la gravedad que hoy en día están por encima del nivel de resolución de los modernos gravímetros (Melchior, P. 1983). Es también sabido que la superficie definida por el nivel medio de océanos o geode, es la superficie de referencia utilizada más frecuentemente en geodesia. Desgraciadamente el fenómeno de la marea oceánica es tremendamente complicado dada la cantidad de variables que intervienen en el mismo lo que hace prácticamente imposible llegar a un modelo global que en las precisiones requeridas hoy en día en aplicaciones en Ciencias de la Tierra, responda convenientemente. Es necesario no solo mejorar el método matemático si no también aumentar considerablemente la cantidad y calidad de las observaciones mareográficas especialmente en zonas costeras o en el océano abierto en donde exista un considerable déficit de las mismas. Las Cartas de Schwiderski (Schwiderski, 1980) para los principales armónicos del potencial astronómico, del que derivan las fuerzas generadoras del fenómeno, han

supuesto un avance considerable; basadas en el método de interpolación hidrodinámica utiliza datos mareográficos como condiciones en las ecuaciones hidrodinámicas que plantea; la falta de calidad o escasez de estos datos es una de las causas de los fallos de las mismas (Schwidorski, 1983). Dentro del proyecto que venimos desarrollando en Canarias uno de los objetivos es precisamente llegar a disponer de una información oceánica suficiente para por un lado poder corregir adecuadamente nuestras observaciones gravimétricas y de marea terrestre y por otro estar en disposición de, a partir de observaciones de las mareas oceánicas, definir y controlar las variaciones del nivel medio del mar a escala local. No debemos olvidar que, como se ha comprobado en zonas volcánicas costeras continentales e insulares, uno de los parámetros indicativos de las deformaciones superficiales previas a las erupciones es precisamente la variación anómala del nivel del mar. (Corrado et al., 1981).

Como un primer paso en la línea antes indicada y considerando las enormes posibilidades que el lago de los Jameos del Agua, formado en la intersección del túnel volcánico del volcán de la Corona con la superficie del mar, tiene principalmente en la línea de vigilancia del nivel del mar, se decidió instalar allí un mareógrafo. Las ventajas del emplazamiento son considerables ya que dicho lago conectado con el océano, sufre el flujo y reflujo de las mareas, ciertamente con un desfase pero liberado de las perturbaciones de oleajes, corrientes, etc., que afectan a los mareógrafos convencionalmente instalados.

Esta estación en resumen tiene como objetivos los de vigilancia y contribución al mejor conocimiento de la marea en la zona; así mismo de los resultados y de su comparación con los de otros mareógrafos próximos, como es el de Arrecife del Instituto Español de Oceanografía, se podrán sacar conclusiones que ayuden a entender el régimen de movimiento del agua en el túnel y posiblemente den una información de interés sobre la forma del mismo y sus conexiones con el océano. Más a largo plazo será necesario o al menos muy conveniente completar una red mareográfica que comprenda el conjunto de las islas conectadas todas a una estación central en la que, en tiempo real, se pueda disponer de las informaciones sobre variaciones anómalas del nivel del mar. Es claro que este objetivo que a nosotros se nos antoja posible esta fuera de nuestro alcance.

## DESCRIPCION DE LA ESTACION

El mareógrafo instalado es un sensor de presión marca Keller Tipo PR-36W-05. En la tabla 1 se recogen las características principales del equipo.

### SENSOR DE PRESION KELLER TIPO PR-36W Nº W192

Transductor: Piezoresistivo diferencial  
 Rango de temperatura: 0° a 40°  
 Rango de variación de presión: 0 a 0.5 bar  
 Máxima sobrepresión: 2,0 bar  
 Sensibilidad: 422 mV/bar  
 Alimentación: 15 a 30 VDC

Calibración:

Presión	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Salida en mA	3.99	7.18	10.38	13.59	16.81	20.02

Precisión mejor  $\pm 0.1\%$  f.e.

Compensación electrónica de temperatura en el rango de funcionamiento

Tabla 1

La salida del sensor se registra en sistema analógico que lleva incorporado la base de tiempo (Figura 1).

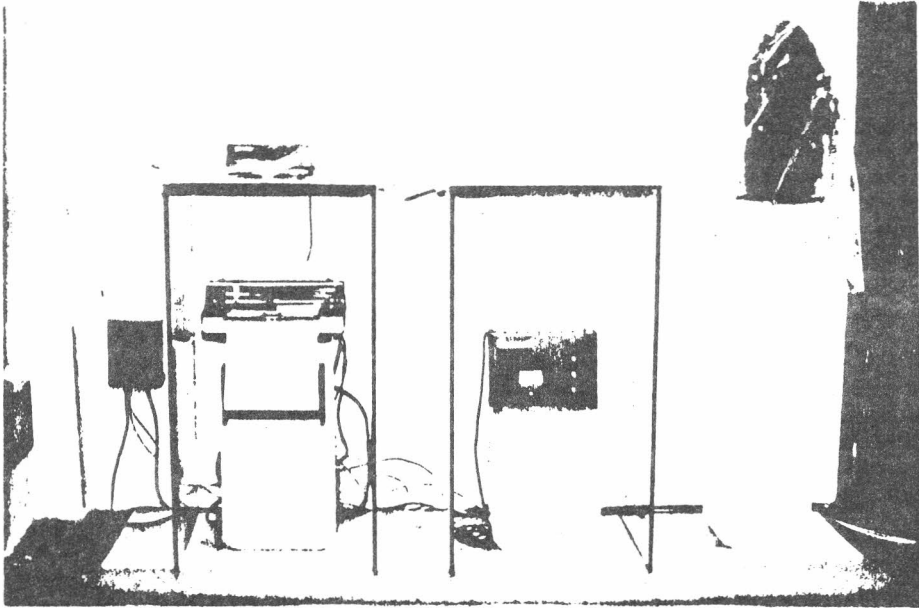


Figura 1

El programa de análisis ha sido desarrollado en el Instituto de Astronomía y Geodesia por C. de Toro sobre la base de los programas del Dr. B. Ducarme del Observatorio Royal de Belgique.

Las observaciones efectuadas desde su instalación en julio de 1987 hasta finales de abril del presente año únicamente tienen dos lagunas, una de 20 días por avería en el sistema de registro y otra de 5 por fallo en la alimentación.

## RESULTADOS

En la Tabla 2 se da el análisis completo del periodo de observación que como cabía de esperar indica el acentuado carácter semidiurno de la marea en estas latitudes. Esto puede verse mejor en las gráficas de la Figura 2 en la que se representa el espectro de potencia de un intervalo del registro completo. En la 2.a se ve en conjunto la zona del espectro correspondiente a periodos que van desde 3 a algo más de 24 horas, claramente se distinguen las ondas de 24, 12, 8, 6 y 4 horas algunas de estas últimas subarmónicos de las ondas principales. En las Figuras 2.b y 2.c se muestran aspectos parciales de la misma zona del espectro.

Resulta interesante la comparación con los resultados del mareógrafo de Arrecife (Frutos Fernández, Inst. Español de Oceanografía, 1973)

RED DE MAREA OCEANICA - COMPONENTE VERTICAL

ESTACION JAMEOS DEL AGUA, CASA DE LOS VOLCANES, LANZAROTE.  
 SITUACION 29 09 N - 13 25 W  
 ORGANISMO RESPONSABLE INSTITUTO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA  
 ( C.S.I.C. - U.C.M. )

MAREOGRAFO 001 (SENSOR DE PRESION)  
 REGISTRADOR MICROSCRIBE  
 INSTALACION R.VIEIRA  
 CALIBRACION R.VIEIRA  
 MANTENIMIENTO R.VIEIRA, J.M. ESPINO

ANALISIS MINIMOS CUADRADOS. FILTROS DE VENEDIKOV SOBRE  
 INTERVALOS DE 48 HORAS.  
 POTENCIAL CARTWRIGHT-TAYLER-EDDEN.  
 DESARROLLO COMPLETO  
 CENTRO DE PROCESO DE DATOS DE LA UNIVERSIDAD  
 COMPLUTENSE DE MADRID. COMPUTADOR I.B.M. 4381

INTERVALO DE OBSERVACION 87 712/87 819 87 9 9/8710 7 871012/88 425  
 290.0 DIAS 6432 LECTURAS 3 BLOQUES  
 EPOCA CENTRAL FJ= 2447132.0

GRUPO ARGUMENTO N ONDA	AMPLITUD		FACTOR DE		FASE		RESIDUALES	
	H	E.Q.M.	AMPL.	E.Q.M.	DIF.	E.Q.M.	AMPL.	FASE
115.-11X. 11 SIGMQ1	0.08	0.04	0.3439	0.1621	-12.16	27.00	0.20	-175.0
124.-126. 10 2Q1	0.43	0.04	0.5222	0.0524	17.84	5.76	0.56	166.4
127.-129. 11 SIGMA1	0.28	0.04	0.2762	0.0434	43.32	9.01	0.97	168.8
133.-136. 20 Q1	1.64	0.04	0.2630	0.0068	63.50	1.48	6.68	167.3
137.-139. 10 RO1	0.33	0.04	0.2746	0.0359	72.43	7.48	1.32	166.3
143.-145. 16 O1	4.51	0.04	0.1380	0.0013	-65.77	0.53	36.22	-173.5
146.-149. 10 TAU1	0.08	0.06	0.1839	0.1371	-69.12	42.72	0.47	-171.1
152.-155. 15 NO1	0.17	0.04	0.0667	0.0161	49.78	13.85	2.87	177.4
156.-158. 7 KII	0.14	0.04	0.2752	0.0835	-17.13	17.38	0.44	-174.8
161.-163. 10 P1	1.45	0.05	0.0955	0.0033	34.80	2.01	16.35	177.1
164.-164. 3 S1	0.60	0.08	1.6795	0.2180	37.74	7.47	0.38	80.2
165.-168. 20 K1	5.27	0.05	0.1148	0.0010	38.65	0.50	48.21	176.1
172.-174. 8 TETA1	0.06	0.04	0.1128	0.0862	88.13	43.81	0.57	174.4
175.-177. 14 J1	0.08	0.04	0.0312	0.0158	-31.41	29.06	2.91	-179.2
181.-183. 7 SO1	0.06	0.04	0.1480	0.0930	87.60	36.03	0.50	172.7
184.-186. 11 OO1	0.12	0.03	0.0836	0.0202	-28.56	13.86	1.53	-177.9
191.-195. 14 NU1	0.03	0.03	0.1031	0.0996	34.68	55.35	0.29	176.9
215.-22X. 19 EPS2	0.43	0.06	0.8144	0.1168	-35.48	8.22	0.36	-136.4
233.-236. 10 2N2	1.85	0.07	1.0302	0.0404	2.57	2.25	0.25	160.5
237.-23X. 10 MU2	2.25	0.07	1.0374	0.0305	-15.98	1.68	0.71	-119.7
243.-245. 13 N2	14.08	0.07	1.0362	0.0050	11.24	0.28	3.37	125.4
246.-248. 11 NU2	2.52	0.06	0.9752	0.0250	13.90	1.47	0.82	132.3
252.-258. 26 M2	64.92	0.06	0.9151	0.0009	24.12	0.06	35.15	131.0
262.-264. 5 LAMB2	0.42	0.06	0.8051	0.1190	21.28	8.47	0.26	144.5
265.-265. 9 L2	1.30	0.05	0.6467	0.0226	47.25	2.00	1.73	146.6
267.-272. 5 T2	1.35	0.06	0.6979	0.0319	45.40	2.62	1.61	143.4
273.-273. 4 S2	24.01	0.06	0.7275	0.0019	47.17	0.15	28.16	141.3
274.-277. 12 K2	6.71	0.05	0.7470	0.0050	44.14	0.39	7.30	140.2
282.-285. 15 ETA2	0.41	0.04	0.8207	0.0840	63.09	5.86	0.54	137.1
292.-295. 11 2K2	0.06	0.02	0.4644	0.1822	89.10	22.48	0.16	158.1
DESVIACION TIPICA	D	0.25	SD	0.30	( 0.1 MM )			

Tabla 2

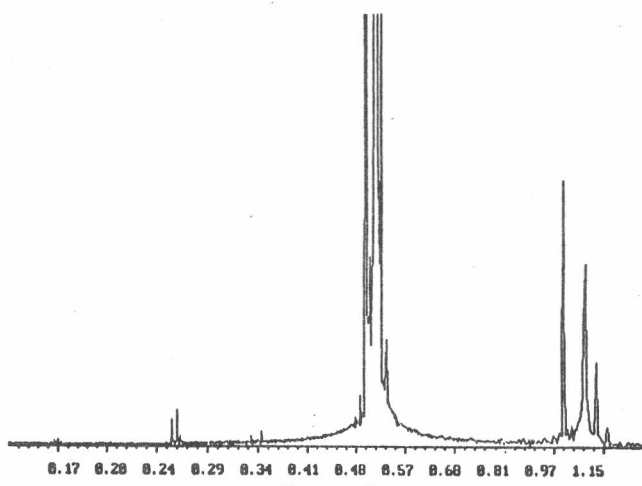


Figura 2.a

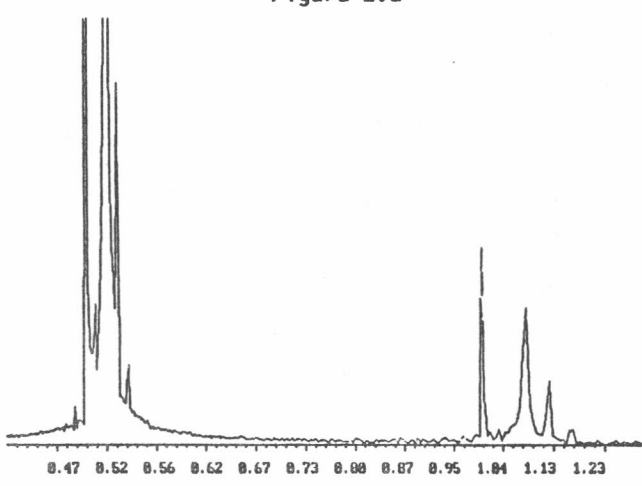


Figura 2.b

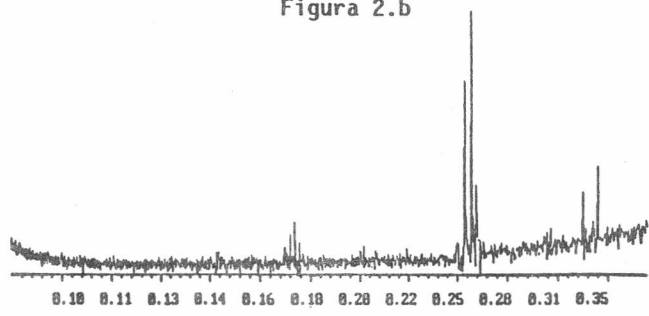


Figura 2.c

	D I U R N A S				S E M I D I U R N A S							
	$O_1$		$K_1$		$N_2$		$N_2$		$S_2$		$K_2$	
	Amplitud	Fase	Amplitud	Fase	Amplitud	Fase	Amplitud	Fase	Amplitud	Fase	Amplitud	Fase
ARRECIFE	4.95	-74.90	5.69	22.60	18.73	-6.90	82.57	6.21	27.30	30.82	7.56	32.94
JAMEOS	4.51	-65.85	5.17	39.50	14.04	11.40	64.72	24.12	23.99	47.15	6.71	44.07
	$\frac{A_1}{A_2} = 1.0976$		$\frac{A_1}{A_2} = 1.1006$		$\frac{A_1}{A_2} = 1.3340$		$\frac{A_1}{A_2} = 1.2719$		$\frac{A_1}{A_2} = 1.1380$		$\frac{A_1}{A_2} = 1.1401$	
	$\Delta = 9.05$		$\Delta = 16.70$		$\Delta = 18.30$		$\Delta = 17.91$		$\Delta = 16.33$		$\Delta = 11.13$	

TABLA 3

situados a menos de 12' de latitud y 6' de longitud, distancia lo suficientemente corta para que las diferencias observadas no se deban únicamente al cambio del régimen global en la zona y si a los efectos particulares del emplazamiento del mareógrafo. En la Tabla 3 se recogen los resultados de esta comparación de la que en principio destaca la disminución considerable de amplitud en Jameos y el desfase entre la marea observada en ambos puntos que es del orden de 50 minutos. Estas dos importantes variaciones son debidas a los efectos de la forma del túnel y de su conexión con el océano. Evidentemente estas investigaciones se encuentran en sus inicios por lo que no es posible dar por el momento conclusiones de mayor interés. Si podemos decir que dentro de la actividad programada para los próximos meses figura:

- a) Instalar un nuevo sensor próximo al ya en funcionamiento pero directamente en la zona de costa. El objetivo es poder realizar comparaciones entre ambos y continuar la investigación que hemos iniciado sobre la hidrodinámica en el túnel.
- b) El mareógrafo de Jameos del Agua se encuentra ya conectado con la sala de instrumentos de la Casa de los Volcanes. Vamos a desarrollar los programas necesarios para que del ordenador, situado en dicha instalación, podamos obtener información sobre la marea y sobre posibles anomalías en el nivel del mar.
- c) Se va a continuar estudiando y mejorando si es posible el cálculo de efecto oceánico en la estación de la Cueva de los Verdes situada a poco más de 1 km de Jameos del Agua. Un problema de gran interés es llegar a modelar para esta zona el efecto oceánico. Ambas estaciones se encuentran sobre el terreno ganado al océano tras la erupción prehistórica del Volcan de la Corona y resulta complicado llegar a conocer sobre todo el efecto de carga de la marea oceánica.

Estas investigaciones se realizan dentro del proyecto " Estudio y evaluación de movimientos recientes de la corteza por métodos microgravimétricos y de geodesia de precisión. Aplicación a zonas volcánicas en las Islas Canarias" financiado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y con la colaboración del Cabildo Insular de Lanzarote al que expresamos nuestro agradecimiento y especialmente a los Sres. Soto, Naverán y Espino por su ayuda y mantenimiento de las instalaciones.

#### REFERENCIAS

- MELCHIOR, P., 1983 : "The Tides of the Planet Earth". Pergamon Press, Oxford.
- SCHWIDERSKI, E. W., 1980 : "On Chanting Global Ocean Tides". Rev. of Geophysics and Space Physics, vol. 18 nº 1 pp. 243-268.
- SCHWIDERSKI, E. W., 1983: "Application of the NSWC Ocean Tides Models to Interactions of Oceanic and Terrestrial Tides". Proc. of the Ninth Int. Symp. on Earth Tides (Ed. J. T. Kuo). E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. pp. 419-430.
- CORRADO, G., LUONGO, G., 1981: "Ground deformation measurements in active volcanic areas using tide gauge". Bull. Volcanol. Vol. 44-3 pp.505-511.
- FRUTOS FERNANDEZ, 1973: "Constantes armónicas de marea de las Islas Baleares, Canarias y Costa occidental de Africa". Bol. 170. I.E.O. Madrid.