

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS

CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

INSTITUTO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA

(Centro mixto C.S.I.C. - U.C.M.). MADRID

Publicación núm. 164

INVESTIGACIONES GEODINAMICAS EN LA ISLA DE LANZAROTE

por

R. VIEIRA, J. FERNANDEZ, C. DE TORO, A. G. CAMACHO
y M. V. RUYMBEKE



COMUNICACIONES PRESENTADAS EN LA «VI ASAMBLEA NACIONAL
DE GEODESIA Y GEOFÍSICA». MADRID, 1988

MADRID
1988

ESTACION GEODINAMICA DEL COMPLEJO JAMEOS DEL AGUA - CUEVA DE LOS VERDES (LANZAROTE). OBJETIVOS CIENTIFICOS Y ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES

VIEIRA, R.; FERNANDEZ, J.; TORO, C. Y GONZALEZ CAMACHO, A.

Instituto de Astronomía y Geodesia
(CSIC-UCM)
Facultad de Ciencias Matemáticas
Universidad Complutense. Madrid.

RESUMEN

En esta comunicación se hace una síntesis de la génesis, estado actual y planes de futuro en el complejo Geodinámico de la "Cueva de los Verdes" - Jameos del Agua cuya instalación se inició en 1986 y que recientemente ha comenzado la etapa de observaciones.

INTRODUCCION

Uno de los objetivos del proyecto de investigación "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" que patrocinado por el C.S.I.C. desarrolla el Instituto de Astronomía y Geodesia en Canarias es el de contribuir a la vigilancia e investigación permanente de la dinámica actual de dichas islas. Para ello se pensó en la instalación de una estación geodinámica, entendiéndose por tal un centro de auscultación permanente en el que se fueran instalando sensores diversos que complementariamente pudieran facilitar información sobre el estado actual y la evolución temporal de los parámetros que definen la dinámica actual de la zona. La colaboración cietamente entusiasta del Cabildo Insular de Lanzarote así como las condiciones interesantísimas para estas investigaciones de la isla en su conjunto y de la zona de Jameos del Agua-Cueva de los Verdes en particular nos decidieron a que Lanzarote fuera el laboratorio para iniciar estas investigaciones. Evidentemente una instalación permanente exige una mínima infraestructura de personal que en Lanzarote parece asegurada a través de la Casa de los Volcanes que el Cabildo Insular está contruyendo en las instalaciones de Jameos del Agua.

La estación geodinámica pretende ser una instalación científica permanente en donde se pueda llegar a centralizar a través de sensores instalados en los lugares adecuados, la información que dichos sensores nos faciliten sobre la dinámica local, regional y, en algunos casos concretos, global. Asimismo una estación de este tipo debe ser un centro de experiencias abierto a una investigación básica tanto desde el punto de vista científico como tecnológico. Por último aunque no por su importancia, la estación y toda su infraestructura debe estar en evolución continua

con colaboraciones, tanto a nivel nacional como internacional, de forma que pueda beneficiarse de las nuevas aportaciones y a su vez sea un lugar de atractivo científico para la comunidad investigadora de Ciencias de la Tierra. A todo lo anterior deben unirse una cuarta dimensión del problema que sería el vínculo de la Estación, a través de la Casa de los Volcanes en este caso, con la sociedad; no debe olvidarse que Lanzarote es un lugar de gran atractivo turístico y que justamente la zona en que se planteó la construcción de la estación es de los lugares de obligada visita por miles de personas diariamente; sería muy positivo si a la contemplación de las bellezas naturales pudiera añadirse, aunque con restricciones que exige un laboratorio de investigación, la información sobre algunos aspectos concretos de estas instalaciones y sus resultados más inmediatos.

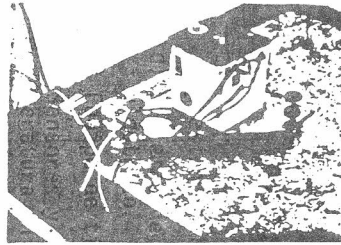
ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES

Como puede verse en la figura 1 el complejo geodinámico consta de tres módulos, la estación de la Cueva de los Verdes, la instalación del mareográfica de Jameos y el Centro de información y documentación aún no en funcionamiento que se encontrará en la sede de la Casa de los Volcanes

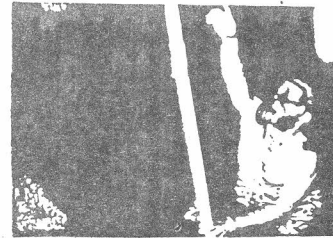
A finales de 1986, en colaboración con el Cabildo Insular, se seleccionó en el interior del Túnel Volcánico del volcán de la Corona en la llamada Cueva de los Verdes, pero suficientemente alejado de la parte de la misma que es visitada por el turismo, una zona para iniciar la instalación de los primeros sensores (figura 2). La construcción de una pequeña caseta, de un pilar para instalar los instrumentos así como tendido de la línea eléctrica se concluyó en los primeros meses de 1987 y en mayo se inició la instalación de instrumentos. En la actualidad se encuentra en funcionamiento:

- a) Un gravímetro LaCoste Romberg mod. G modificado como instrumento de masa estática (Van Ruymbeke, 1980) con todos los elementos necesarios para registro analógico de las variaciones de la gravedad.
- b) Un equipo de sismica de corto periodo con registro digital instalado por el Dr. Ortiz Ramís y dependiente del Museo Nacional de Ciencias Naturales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- c) Equipos para registro continuo de parámetros climáticos ambientales de presión, temperatura y humedad.
- d) Sistemas de alimentación a 220 v para el caso de fallos en el suministro eléctrico.
- e) Equipo de tiempo.
- f) Sensores y registradores analógicos para medidas de gran precisión de temperatura en roca en la zona del túnel próxima a la estación.

A finales de 1987 se procedió a la instalación de un mareógrafo de presión en el lago que forma la conjunción del túnel volcánico y el océano en Jameos del Agua. Los objetivos y resultados obtenidos hasta el momento en esta experiencia así como en las anteriores se describen en otras comunicaciones. En la zona alta de los Jameos del Agua está en periodo de construcción y acondicionamiento la Casa de los Volcanes; en dichas instalaciones se encuentra ya en funcionamiento el registrador analógico y el sistema de tiempo del mareógrafo.



ESTACION GEODINAMICA
"Cueva de los Verdes"



ESTACION MAREOGRAFICA
"Juncos del Agua"

- Gravímetro
- Clinómetros de corta y larga base
- Sismógrafos de corto y largo período
- Control de parámetros climáticos
- Control de temperatura en roca
- Equipo de tiempo
- Unidades de alimentación
- ...
- ...
- ...

- Mareógrafo de presión

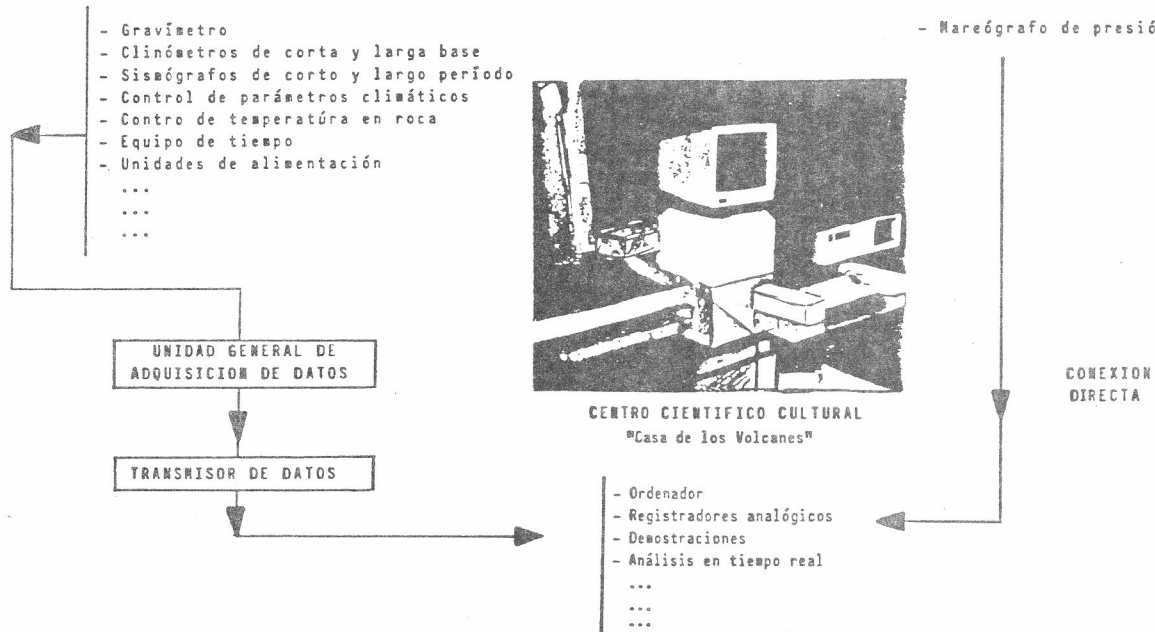


Figura 1

Por último creemos de interés informar sobre los planes inmediatos por parte del Instituto de Astronomía y Geodesia, siempre que se llegue a tener el apoyo local necesario, en estas investigaciones y que podemos resumir en los siguientes puntos:

- 1) Instalación de un sistema de adquisición y transmisión de datos desde la Cueva de los Verdes a la Casa de los Volcanes. Próximamente se procederá al tendido de la línea de conexión por parte del Cabildo y el módulo electrónico necesario para recepción y envío de información se encuentra en pleno desarrollo en colaboración con la empresa Geonica, S.A.
- 2) En colaboración con el Observatoire Royal de Belgique se realizaron, en el pasado mes de enero, experiencias sobre medidas térmicas de precisión en roca de las que se dan cuenta en otra comunicación. Esta colaboración ha permitido el desarrollo de nuevas tecnologías que serán implantadas en la Estación próximamente.
- 3) Por acuerdo entre el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y el State Seismological Bureau de Wuham (Rep. P. de China) se ha aprobado la construcción e instalación en la Cueva de los Verdes de un clinómetro de larga base que comenzará a realizarse en los primeros meses de próximo año.
- 4) En colaboración con el Observatoire Royal de Belgique se está diseñando un péndulo vertical cuya construcción y montaje en la Cueva de los Verdes se realizará dentro de 1989.
- 5) El Instituto de Astronomía y Geodesia instalará en la Cueva de los Verdes dos péndulos horizontales tipo Verbaandert-Melchior con sistema de registro fotográfico y calibración por tejidos dilatables.
- 6) Se procederá durante 1989 a la instalación de un equipo de registro digital de parámetros climáticos tanto en la Cueva de los Verdes como en Jameos.

Estas investigaciones se han realizado con fondos del proyecto "Estudio y evaluación de movimientos recientes de la corteza por métodos microravimétricos y de geodesia de precisión. Aplicación a zonas volcánicas en las Islas Canarias" que patrocina el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y con la colaboración del Cabildo Insular de Lanzarote; los autores desean expresar su agradecimiento al Cabildo y particularmente a los Sres. Soto, Naverán y Espino por su ayuda.

REFERENCIAS

- BRAVO, T. 1964: "El volcán y el malpaís de la Corona. La "Cueva de los Verdes" y los "Jameos". Pub. del Cabildo Insular de Lanzarote.

ESTUDIO TERMICO DE UNA ZONA DE LA CUEVA DE LOS VERDES (LANZAROTE, ISLAS CANARIAS)

J. FERNANDEZ, M. V. RUYMBEKE*

Instituto de Astronomía y Geodesia
(CSIC-UCM)
Facultad de Ciencias Matemáticas

*Observatoire Royal de Belgique

RESUMEN

Con el objetivo de conocer las variaciones de corto y largo periodo de la temperatura de la roca, así como una estimación de la precisión alcanzable en las mediciones, se ha realizado un estudio térmico de la zona de la Cueva de los Verdes, Lanzarote. Para ello se usaron instrumentos basados en la utilización de resistencias. Tras finalizar la campaña de observación, se dejaron instalados de manera permanente dos sensores en roca.

1. INTRODUCCION

Dentro de la colaboración existente entre el Observatoire Royal de Belgique y el Instituto de Astronomía y Geodesia (CSIC-UCM) se realizó, en la segunda quincena del mes de enero de 1988, un estudio térmico de la roca en una zona de la Cueva de los Verdes (Lanzarote, Islas Canarias) comprendida entre el Auditorium y la estación Geodinámica instalada en el túnel por el Instituto de Astronomía y Geodesia.

Los objetivos de la campaña eran dos: el conocimiento de las variaciones de corto y largo periodo de la temperatura y el estudio de los resultados obtenidos con los instrumentos de medida utilizados; para ver la posible utilización de las medidas térmicas con fines geodinámicos.

2. OBSERVACION

2.1. Instrumentación

Para la realización de la experiencia se usaron termómetros diferenciales desarrollados por Michel Van Ruymbeke, basados en la utilización de semiconductores termosensibles de elevado coeficiente térmico (resistencias "Fenwall Electronics") que dan una variación de la resistencia rápida, no lineal e inversa con la temperatura según la expresión

$$R(T) = R_0(T_0) e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

$$R_0(T_0) = 10000 \Omega ; T_0 = 298,15 \text{ K } (25^\circ\text{C})$$

El fabricante suministra una tabla de calibración. La precisión en medidas absolutas es $\pm 0.2^\circ\text{C}$ y la obtenida con registro continuo, en experiencias realizadas por el Observatoire Royal de Belgique, es de $\pm 0.001^\circ\text{C}$ (Flick et al., 1985). Se han empleado dos tipos de termómetros: 4 con salida directa en Ω y dos con salida en mV a través de electrónica VRL8751 desarrollada por Van Ruymbeke.

2.2. Método de observación

Para la observación de la temperatura se realizaron perforaciones en la roca de unos 10 cm de profundidad y aproximadamente 1.5 cm de diámetro. En estos taladros se introdujeron tubos de plástico para evitar la caída de tierra que impediría un contacto directo del sensor con la roca. Este se introducía hasta su contacto con la roca, dejando un tiempo antes de hacer la lectura con el fin de adquiriese su régimen normal de funcionamiento.

Se realizaron cuatro tipos de medidas según el tiempo dejado antes de la toma de datos: medidas rápidas (menos de 5 minutos), 5 minutos, 10 minutos y 20 minutos.

2.3. Perfiles medidos

En la experiencia las medidas de temperatura se realizaron en varios perfiles (Figura 1). Tres situados en la zona llamada los Coropiales, llana y de fácil acceso: uno horizontal de 12 puntos, con el objetivo de estudiar cual sería el mejor método de observación, otro tridimensional de ocho puntos abarcando las dos paredes del túnel volcánico y un tercer perfil vertical, realizado para el estudio del gradiente vertical, con 21 puntos. Se observó un cuarto perfil, horizontal, de 16 puntos, que une el Auditorium con la Estación Geodinámica.

3. ANALISIS DE LOS DATOS

Para la realización del análisis de los datos de temperatura se consideraron dos hipótesis previas: (1) la temperatura se considera constante en cada punto durante cada día y las variaciones observadas se consideran causadas por la deriva instrumental, al no ser posible modelar otras causas; (2) la deriva instrumental se considera lineal.

El método de análisis de los datos es el siguiente: un primer análisis con corrección de deriva y obtención de resultados provisionales para cada instrumento, perfil y día; selección del mejor instrumento y cálculo de los factores de normalización del resto; y finalmente un análisis conjunto de todos los datos corregidos de deriva, normalizados al mejor, obteniéndose resultados por perfiles y día.

Para los datos en mV se realizó un primer análisis y un ajuste lineal de las lecturas medidas (en cada punto y día) con los valores de temperaturas obtenidos en el análisis conjunto de los datos en Ω .

También se realizó un análisis global con todos los datos del conjunto de los sensores obteniendo resultados por perfiles y días de temperaturas, con su correspondientes valores de desviación típica.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el primer análisis de los datos en se pueden ver, para los diferentes perfiles, en las Tablas 1, 2, 3 y 4 con las precisiones en miligrados centígrados. Los instrumentos con salida en se redujeron al nº 1 con los siguientes factores de normalización:

INST.	F.N.	D.T.
2	1.004125	0.0010
3	1.007761	0.0007
4	1.004266	0.0004

Los resultados del análisis conjunto una vez normalizados los sensores fueron en cuanto a precisiones, del mismo orden a los del primer análisis. Se realizó el ajuste lineal para el instrumento VRL1 (nº 5) los días 19, 20, 21 y 26 de enero, obteniéndose para los coeficientes de la recta $T = A + B \times L_{mV}$ los valores:

DIA	A	B	EMC(°C)
19	17.89187	-0.00204	0.014
20	17.86718	-0.00162	0.015
21	17.80299	-0.00138	0.020
26	17.79712	-0.00143	0.014

En el análisis global, con los valores de temperaturas obtenidos con termómetros con salida en Ω y mV, para los días y perfiles con medidas simultáneas con ambos tipos de instrumentos,

DIA 19-1-1988 PERFIL HORIZONTAL COROPIALES

PUNTO	TEMPERATURA(°C)	DT(m°C)
2	18.286	11
3	18.120	5
4	18.066	8
5	18.029	0
6	18.025	9
8	18.070	4
9	18.141	14
10	18.038	5
11	18.083	24
12	18.084	9

DIA 20-1-1988 PERFIL HORIZONTAL AUDITOR.-EST.GEOD.

PUNTO	TEMPERATURA(°C)	DT(m°C)
21	18.417	18
22	18.217	27
23	18.040	35
24	18.130	22
25	18.041	26
26	17.844	24
27	17.817	25
28	17.810	25
29	17.656	26
30	17.668	21
31	17.903	25
32	17.837	24
33	17.843	22
34	17.835	35

DIA 21-1-1988 PERFIL HORIZONTAL AUDIT.-EST. GEOD.

DESVIACIONES TÍPICAS DEL MISMO ORDEN QUE SOLO CON LOS DATOS OBTENIDOS CON LECTURA EN 0.

DIA 26-1-1988 PERFIL HORIZONTAL ZONA COKOPIALES

PUNTO	TEMPERATURA(°C)	D.T.(m°C)
2	18.075	6
12	18.084	9

5. INSTALACION DE TERMOMETROS FIJOS

Una vez finalizadas las medidas de los perfiles, se dejaron instalados en la pared del tubo volcánico, en las proximidades de la estación geodinámica, dos termómetros VRL8756, de manera permanente, con lo que se han venido realizando lecturas, dos veces por semana, habiéndose detectado, en un plazo de 80 días un variación máxima de la lectura de 370 mV que corresponderían a unos 0.6°C.

El siguiente paso en este aspecto es conectar estos sensores a un registrador analógico o un sistema de adquisición de datos, poner también registro continuo de la temperatura del aire, con el fin de analizar las variaciones de largo periodo de temperatura en roca y aire, y la relación entre ambas.

6. CONCLUSIONES

En la campaña se encontró un gradiente vertical en la zona estudiada de 33 m°C/m y una diferencia de temperatura entre el Auditorium y la Estación Geodinámica, de 0.5°C. Hemos comprobado que podemos obtener precisiones del orden de la centésima de grado y mejores; si queremos tener estas precisiones en todas las medidas, necesitamos conocer bastante bien la deriva, así como las variaciones diarias de la temperatura en roca (análisis de registro continuo).

El método que produce los mejores resultados para perfiles pequeños, con distancias cortas entre los puntos de toma de datos, es esperar 10 minutos antes de la lectura; para los perfiles con grandes distancias entre puntos, esperar 20 minutos.

7. AGRADECIMIENTOS

Esta experiencia ha sido financiada con fondos del proyecto de investigación "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" que financia el C.S.I.C.

Agradecemos la colaboración en la experiencia al Dr. Ricardo Vieira Díaz, responsable del Proyecto de Investigación y director del Instituto de Astronomía y Geodesia y del Prof. P. Melchior director del Observatoire Royal de Belgique, así como la inestimable ayuda prestada por el Cabildo Insular de Lanzarote, muy especialmente por D. Manuel Espino Falcón técnico de dicha Institución.

8. BIBLIOGRAFIA

- J. FLICK, M. VAN RUYMBEKE and P. MELCHIOR, (1985): Instrumental developments at the underground laboratory for geodynamics (Walferdange Grand Ducht of Luxemburg). Proc. X Int. Symp. on Earth Tides. PP. 83-94. C.S.I.C. Madrid.
- M. VAN RUYMBEKE, (1974): Mesures thermiques au laboratoire de geodynamique de Walferdange. Obs. Roy. Belg. /Comm. B, n° 86/S. Geoph. |2| Ciel et Terre, n° 4, Vol. 90.

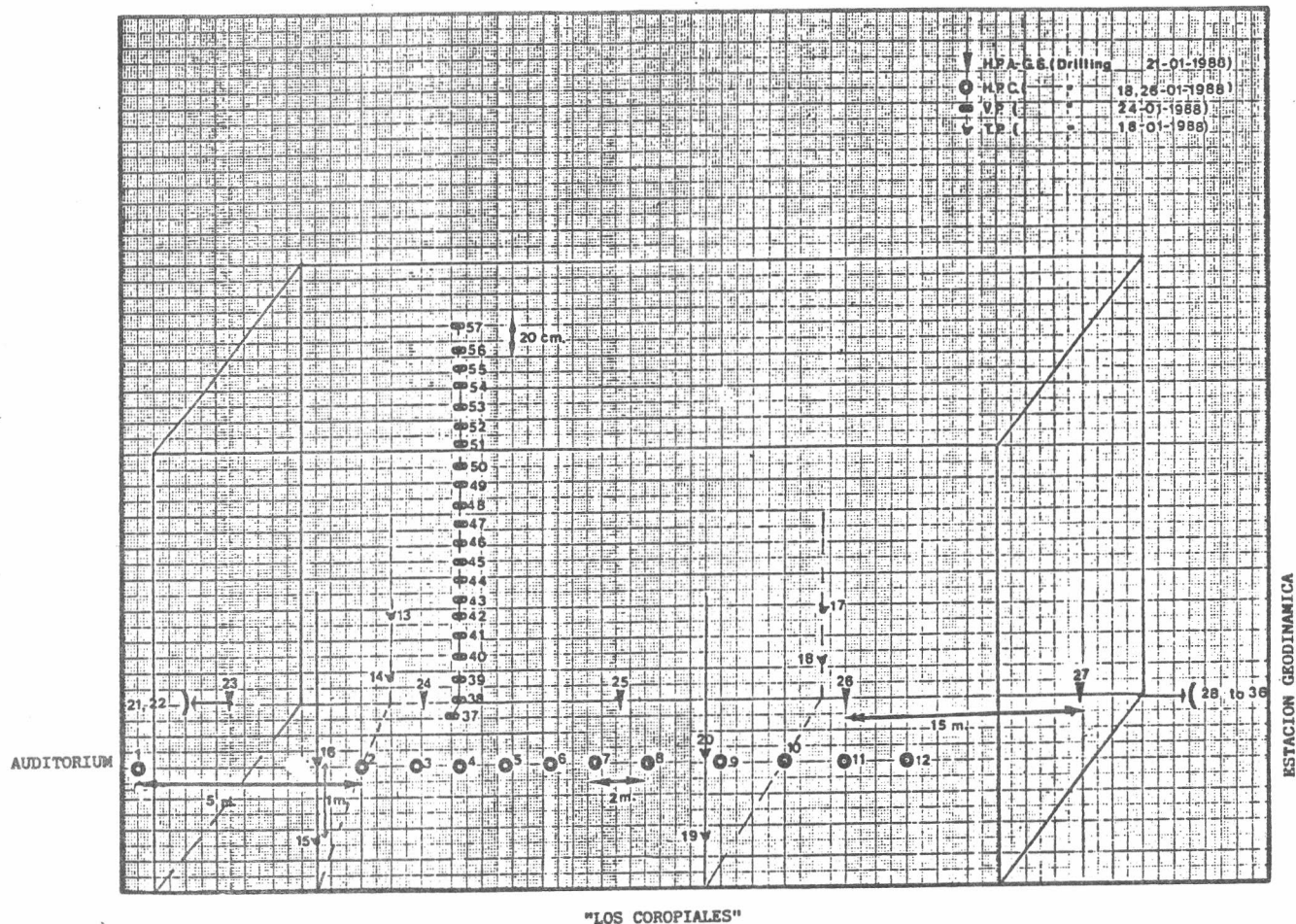


Figura 1. Esquema de los perfiles térmicos medidos

Tabla 1.
PERFIL HORIZONTAL EN LOS COROPIALES
PRECISIONES EN mC

INSTRUMENTO	1	2	3	4
DIA				
18-01-88	40*	40*	5**	10*
19-01-88				20*
20-01-88				20*
24-01-88			3**	
26-01-88		1**	10**	

- * Sensor en el agujero 5 minutos antes de lectura
- ** Sensor en el agujero 10 minutos antes de lectura
- *** Sensor en el agujero 20 minutos antes de lectura
- *V 5 minutos antes de lectura y lecturas rápidas
- V Medidas con lecturas rápidas y esperando 5 y 10 minutos

Tabla 2
PERFIL TRIDIMENSIONAL EN LOS COROPIALES
PRECISIONES EN mC

INSTRUMENTO	1	2	3	4
DIA				
18-01-88		100*		40*
25-01-88	3**		10**	

Tabla 3
PERFIL VERTICAL EN LOS COROPIALES
PRECISIONES EN mC

INSTRUMENTO	1	2	3	4
DIA				
24-01-88	4**			
25-01-88	30 V		50 V	30*V
26-01-88	30 V			

Tabla 4
PERFIL HORIZONTAL AUDITORIUM-EST.GEOD.
PRECISIONES EN mC

INSTRUMENTO	1	2	3	4
DIA				
21-01-88	50*		200**	17*
27-01-88	10***	10***	20***	

LAS VARIACIONES PERIODICAS DE LA GRAVEDAD OBSERVADAS EN EL TUNEL VOLCANICO DE LA CUEVA DE LOS VERDES (LANZAROTE)

R. VIEIRA, J. FERNANDEZ Y C. TORO

Instituto de Astronomía y Geodesia
Facultad de Ciencias Matemáticas
Universidad Complutense
28040 M a d r i d

RESUMEN

En el marco de los proyectos de investigación que sobre Mareas Terrestres y Geodinámica en las Islas Canarias desarrolla el Instituto de Astronomía y Geodesia, se ha instalado en el interior del túnel volcánico del Volcán de la Corona en Lanzarote, en la zona llamada Cueva de los Verdes, una estación Geodinámica. Uno de los sensores, ya en funcionamiento desde mayo de 1987, es un gravímetro LaCoste Romberg mod. G modificado como instrumento de masa estática (Van Ruymbeke, 1985) con registro continuo, sobre sistema analógico, de las variaciones de la gravedad. En este trabajo se presentan los primeros resultados obtenidos y se discuten dichos resultados teniendo en cuenta las singularidades de Lanzarote, isla con volcanismo reciente, con fuertes anomalías térmicas, con corteza no continental, etc. y del lugar de emplazamiento de la estación a menos de 3 km de la costa y por consiguiente con una importante influencia oceánica.

1. CARACTERISTICAS DE LA ESTACION

Como se describe en Vieira, et al. 1988, la estación Geodinámica de la Cueva de los Verdes se ha instalado en el interior de uno de los mayores túneles volcánicos conocidos que, con origen en el volcán de la Corona, se extiende aproximadamente unos 6 km bajo la superficie de la isla en dirección oeste hasta llegar a la costa continuando al menos dos km de trayectoria submarina. Las condiciones del emplazamiento resultan privilegiadas no solo por la grandeza y belleza del lugar sino por sus inmejorables posibilidades para la investigación geodinámica.

En mayo de 1987 se instaló el gravímetro LaCoste Romberg mod. G, nº 434 modificado como instrumento de cero. Este gravímetro está todavía en funcionamiento y salvo un periodo de desconexión por avería en el sistema de alimentación, la serie obtenida es de gran calidad. El gravímetro, previamente a esta experiencia, ha estado participando, junto con otros tres, en las observaciones de la línea de marea gravimétrica Kevo-Bruselas-Madrid (Ducarme et al. 1985), lo que ha permitido comprobar sus constantes de calibración y posibilita extender dicha línea hasta la latitud de 29°N.

STATION CUEVA DE LOS VERDES VERTICAL COMPONENT 6PAIN
 29 09 N 13 26 W H 060 M P 40 D 1 KM

INSTITUTO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA.

C. S. I. C. - U. C. M.
 FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS.
 28040 - MADRID
 GRAVIMETRO LACOSTE ROMBERG MOD. G 434 METODO DE CERO
 REGISTRADOR MICROSCRIBE
 CALIBRACION: BRUXELLES FUNDAMENTAL STATION
 INSTALACION: R. VIEIRA
 MANTENANCE: R. VIEIRA

LEAST SQUARE ANALYSIS / VENEDIOV FILTERS ON 48 HOURS / PROGRAMMING B. DUCARME
 POTENTIAL CARTWRIGHT-TAYLER-EDDEN / COMPLET DEVELOPMENT
 COMPUTING CENTER OF UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
 COMPUTER IBM 360

INERTIAL CORRECTION PROPORTIONAL TO THE SQUARE OF ANGULAR SPEEDS
 NORMALISATION FACTOR 0.99203
 PHASE LAG O1 0.20 M2 0.40 O1/M2 0.50
 INSTRUMENTAL LAG 172.42 MIN.
 CORRECTION FOR DIFFERENTIAL ATTENUATION M2/O1 1.00121 /MODEL 2/

434 87 515/87 525 87 528/87 6 3 87 711/871011 871111/871129 8712 3/88 215
 434 88 219/88 3 4 88 3 8/88 314 88 317/88 430 88 5 4/88 6 7

TIME INTERVAL 391.5 DAYS 7584 READINGS 9 BLUCKS

WAVE GROUP ARGUMENT	N WAVE	ESTIMATED AMPL. K.M.S.	AMPL. FACTOR	R.M.S.	PHASE DIFF.	R.M.S.	RESIDUALS AMPL.	PHASE
INVERTED READINGS								
115.-11X.	11 61GMQ1	0.21 0.03	1.0826	0.1299	0.35	6.87	0.02	175.1
124.-126.	10 201	0.09 0.03	1.3326	0.0413	-0.25	1.78	0.12	-1.9
127.-129.	11 61GM1	0.98 0.03	1.2166	0.0335	0.25	1.58	0.05	5.4
133.-136.	20 01	5.98 0.03	1.1824	0.0052	-2.38	0.25	0.27	-65.9
137.-139.	10 R01	1.17 0.03	1.2131	0.0272	-1.60	1.20	0.06	-32.5
145.-145.	16 01	30.14 0.03	1.1408	0.0010	-1.38	0.05	0.88	-124.4
146.-149.	10 TAU1	0.75 0.04	0.7104	0.1115	1.42	8.97	0.16	177.8
152.-155.	15 ND1	2.39 0.02	1.1488	0.0116	0.10	0.58	0.02	168.1
156.-158.	7 K11	0.44 0.03	1.1149	0.0636	-3.99	3.26	0.04	-120.8
161.-162.	3 P11	0.78 0.03	1.0861	0.0430	0.33	2.26	0.05	174.8
165.-163.	7 P1	13.69 0.03	1.1130	0.0025	0.26	0.13	0.50	172.9
164.-164.	3 61	0.26 0.05	0.8769	0.1555	-2.93	10.34	0.08	-170.7
165.-165.	11 K1	41.20 0.03	1.1087	0.0007	0.41	0.04	1.11	164.5
166.-166.	2 FS11	0.40 0.03	1.3587	0.1028	-4.42	4.34	0.05	-42.7
167.-168.	7 PH11	0.67 0.03	1.2749	0.0627	0.31	2.60	0.05	4.0
172.-174.	8 TETA1	0.43 0.03	1.0878	0.0851	7.19	3.43	0.06	121.3
175.-177.	14 J1	2.38 0.03	1.1467	0.0127	-0.12	0.63	0.03	-170.6
181.-183.	7 S01	0.33 0.02	0.9578	0.0719	1.01	4.30	0.07	175.2
184.-186.	11 D01	1.29 0.02	1.1352	0.0151	0.88	0.76	0.04	145.6
191.-195.	14 NU1	0.24 0.02	1.1035	0.0789	4.81	4.08	0.02	123.3
INVERTED READINGS								
215.-221.	19 EPS2	0.47 0.02	1.1172	0.0554	-8.41	2.64	0.07	-108.6
235.-236.	10 2M2	1.42 0.03	0.9769	0.0185	-1.64	1.08	0.27	-171.3
237.-238.	10 NU2	1.74 0.02	0.9947	0.0138	-5.03	0.79	0.33	-153.7
243.-245.	13 M2	10.74 0.02	0.9822	0.0022	0.81	0.13	1.96	175.6
246.-248.	11 NU2	2.15 0.02	1.0351	0.0111	0.49	0.61	0.26	175.9
252.-258.	26 M2	57.76 0.02	1.0092	0.0004	2.59	0.02	9.08	163.3
262.-264.	5 LAMB2	0.44 0.02	1.0519	0.0529	-0.08	2.88	0.05	-179.2
265.-265.	9 L2	1.69 0.01	1.0417	0.0091	3.55	0.50	0.22	151.8
267.-272.	5 Y2	1.63 0.02	1.0441	0.0137	5.75	0.75	0.25	139.2
273.-273.	4 52	28.18 0.02	1.0585	0.0008	4.48	0.04	3.56	141.7
274.-277.	12 K2	7.65 0.02	1.0561	0.0023	4.06	0.12	0.94	145.0
282.-285.	15 ETA2	0.44 0.02	1.0745	0.0391	11.01	2.08	0.10	116.2
292.-295.	11 2K2	0.10 0.01	0.9551	0.0833	4.68	4.98	0.02	159.5
INVERTED READINGS								
335.-347.	5 M03	0.28 0.01	1.0530	0.0504	-2.02	2.74	0.02	-32.5
353.-375.	11 M3	1.05 0.01	1.0735	0.0140	2.31	0.74	0.09	28.9
STANDARD DEVIATION D 1.65 SD 1.18 TD 0.68 MICROGAL								
STUDENT FACTOR T(S=95(,M/ 296)=1.96								
O1/K1 1.0289 1-O1/1-K1 1.2949 M2/O1 0.8846								
CENTRAL EPOCH TJJ= 2447125.0								

Tabla 1

En la Tabla 1 se dan los resultados del análisis de la serie comprendida entre el 15 de mayo de 1987 y el 7 de junio de 1988. En este análisis se ha considerado, dada la buena calidad de las observaciones, la máxima separación de armónicos posible para el intervalo de registro.

Es de gran interés el cálculo del efecto oceánico ya que por la situación de la estación la influencia de la marea oceánica, tanto por la atracción neutoniana como por la carga, es muy fuerte y la no óptima corrección de la misma imposibilita cualquier interpretación de dichos resultados desde el punto de vista geofísico.

El cálculo del efecto oceánico directamente a partir de las Cartas de Schwiderski (Schwiderski, 1980) puede dar lugar a errores ya que la cuadrícula de $1^\circ \times 1^\circ$ de dichas cartas es muy superior al tamaño de la toda la isla debiéndose proceder a una disminución del tamaño de dicha rejilla para de esta forma evitar los errores procedentes del cálculo del efecto oceánico de zonas próximas. En la Tabla 2 se dan los valores del efecto oceánico calculado a partir de Schwiderski eliminando los polígonos de acuerdo con el programa del International Center on Earth Tides del Dr. B. Ducarme. No obstante, en la actualidad se está trabajando en la prolongación de las Cartas Iberia (Vieira, et al., 1986) hasta la zona de la Islas Canarias por lo que en breve se dispondrá de resultados mejores teniendo en cuenta la forma y dimensiones no solo de Lanzarote sino de todo el archipiélago Canario.

También en la Tabla 2 se dan para los principales armónicos, los vectores residuales (X, χ) diferencias entre los vectores (L, λ) efecto oceánico obtenido a partir de las Cartas de Schwiderski y (B, β) diferencia de la amplitud y fase observada y la calculada a partir del modelo de Molodensky I y que figura en las dos últimas columnas de la tabla 1. Una primera interpretación de los resultados que aún consideramos provisionales, hasta no disponer de una corrección oceánica más ajustada a la realidad, podemos resumirlo en los siguientes puntos:

- 1º) De acuerdo con el trabajo de Yanshin et al. (1986) la componente $X \cos \chi$ da valores positivos que en el caso de M_2 son superiores a 2. Esto significaría una muy buena comprobación de la influencia que sobre esta componente tiene la estructura de la litosfera y las anomalías geotérmicas. No obstante la confirmación final de este importantísimo punto quedará supeditada a la optimización del cálculo del efecto oceánico a partir de las Cartas de Schwiderski suplementada en la zona de la Islas Canarias con las nuevas cartas desarrolladas en nuestro Instituto.

	L	λ	X	χ	$X \sin \chi$	$X \cos \chi$
Q_1	0.17	44.53	0.3654	-91.58	-0.3653	-0.0010
O_1	0.78	260.55	0.3718	173.80	0.0401	-0.3696
K_1	0.96	152.08	0.2651	-146.38	-0.1468	-0.2207
N_2	2.40	179.72	0.4668	17.28	0.1386	0.4457
M_2	11.67	164.01	2.5921	-13.50	-0.6053	2.5214
S_2	4.38	140.76	0.8282	-43.28	-0.5678	0.6029
K_2	1.37	137.98	0.4497	-56.82	-0.3764	0.2461

Tabla 2

- 2º) No resulta posible por el momento sacar ninguna conclusión de interés respecto a la extensión del perfil Kevo-Bruselas-Madrid a Lanzarote ya que como decíamos en el punto anterior la corrección oceánica resulta crítica.
- 3º) Los resultados del análisis que se recogen en la Tabla 1 han sido normalizados de acuerdo a la intercomparación realizada en Madrid con otros 3 gravímetros LaCoste Romberg modificados como instrumentos de cero, los números 402 y 487 del Observatoire Royal de Belgique y el 665 del Instituto de Astronomía y Geodesia. Es de destacar la calidad de los resultados obtenidos hasta el momento, sobre todo teniendo en cuenta que aún sobre las observaciones no se ha realizado corrección por variación de presión atmosférica lo que mejorará aún más - los errores cuadráticos medidos de los armónicos y las desviaciones de los grupos.

AGRADECIMIENTOS

Estas investigaciones se desarrollan 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. Los autores desean expresar su agradecimiento al Cabildo Insular de Lanzarote y especialmente a los Sres. Naverán, Soto y Espino por su colaboración tanto en la instalación como en el mantenimiento de la estación.

REFERENCIAS

- VAN RUYMBEKE, M. 1985: Transformation of mine LaCoste Romberg gravimeters in feedback system. Bull. Ing. Marées Terrestres, nº 93, pp.6202-6228.
- VIEIRA, R., FERNANDEZ, J., TORO, C. 1988: La Estación Geodinámica de la Cueva de los Verdes (Lanzarote): primeros resultados de las experiencias realizadas. Rev. R. Ac. Cien. Exactas, Físicas y Naturales (en prensa)
- DUCARME, B., VIEIRA, R., KAARIAINEN, J., 1986: An european tidal gravity profile over 30 deg. latitude difference (Kevo-Bruxelles-Madrid). Proc. of the Tenth International Symposium on Earth Tides (Edit. R. Vieira). C.S.I.C. Madrid. pp. 199-212.
- YANSHIN, A. L., MELCHIOR, P., KEILIS-BOROK, V.I., DE BEKER, M., DUCARME, B. and SADOVSKY, A.M., 1986: Global distribution of tidal anomalies and an attempt of its geotectonic interpretation. Proc. of the Tenth International Symposium on Earth Tides (Edit. R. Vieira). C.S.I.C. Madrid. pp. 731-755.

SCHWIDERSKY, E. W., 1980: On charting global Ocean Tides. Rev. of Geophysics and Space Physics. Vol. 18 n° 1 pp. 243-268.

VIEIRA, R., TORO, C., MEGIAS, E., 1986: Ocean tides in the nearby of Iberian Peninsula. Part I: M₂ Iberia Map. Proc. of the Tenth International Symposium on Earth Tides (Ed. R. Vieira). C.S.I.C. Madrid. pp. 679-698.

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).

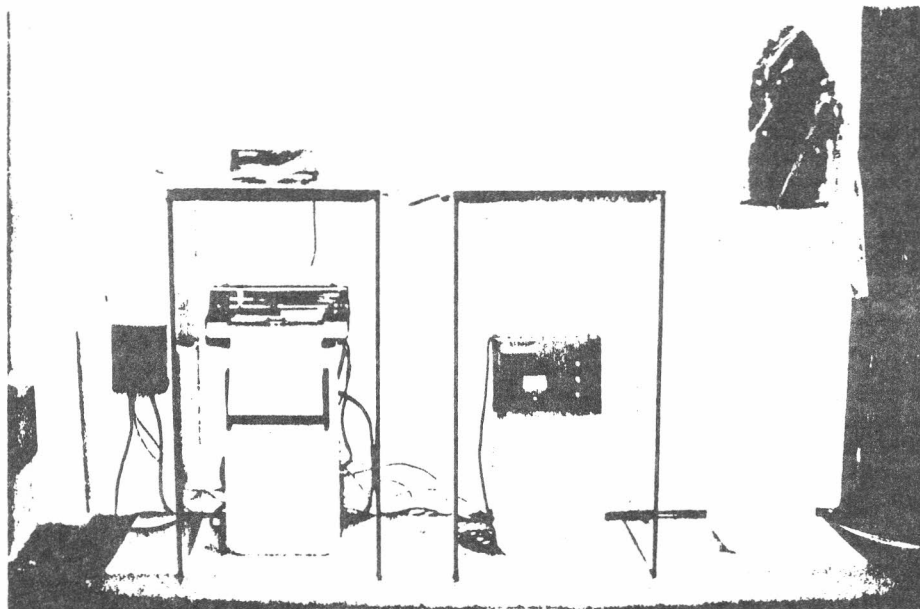


Figura 1

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

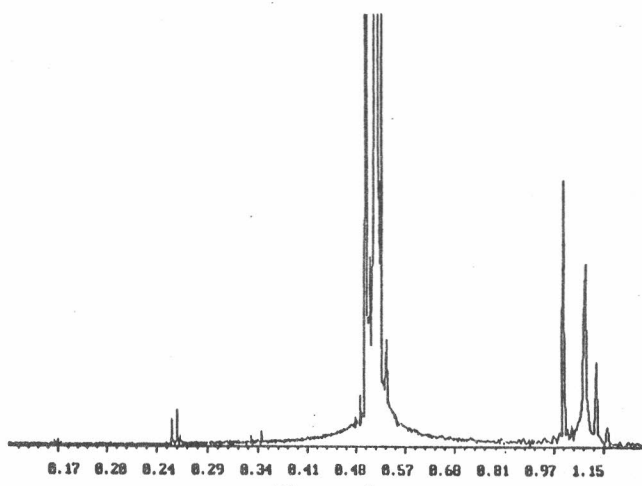


Figura 2.a

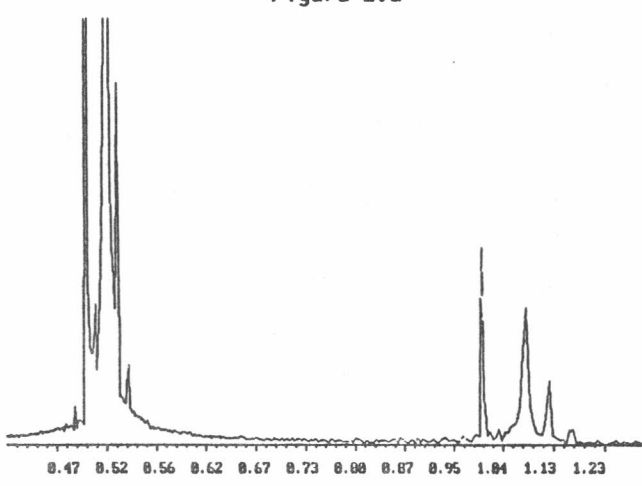


Figura 2.b

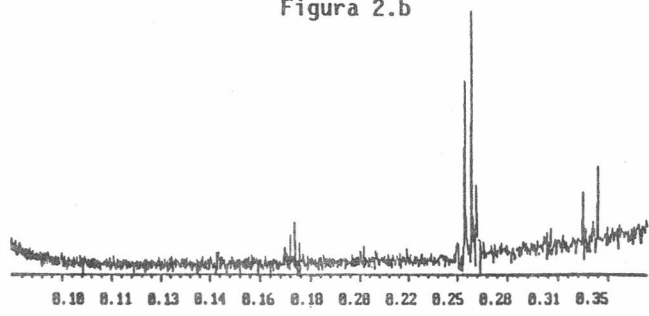


Figura 2.c

	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
JANEOS	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.

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA
DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE — MADRID

(Antes Seminario de Astronomía y Geodesia)

- 1.—Efe­mé­ri­des de 63 Asteroi­des para la opo­si­ción de 1950 (1949).
- 2.—E. PAJARES: Sobre el cálculo gráfico de valores medios (1949).
- 3.—J. PENSADO: Or­bi­ta del sistema visual σ^2 U Maj (1950).
- 4.—Efe­mé­ri­des de 79 Asteroi­des para la opo­si­ción de 1951 (1950).
- 5.—J. M. TORROJA: Correc­ción de la ór­bi­ta del Asteroi­de 1395 "Ari­be­da" (1950).
- 6.—R. CARRASCO y J. M. TORROJA: Rectifi­ca­ción de la ór­bi­ta del Asteroi­de 1371 "Resi" (1971).
- 7.—J. M. TORROJA y R. CARRASCO: Rectifi­ca­ción de la ór­bi­ta del Asteroi­de 1560 (1942 XB) y efe­mé­ri­des para la opo­si­ción de 1951 (1951).
- 8.—M. L. SIEGRIST: Or­bi­ta pro­vi­sio­nal del sistema visual Σ 728-32 Ori­o­nis (1951).
- 9.—Efe­mé­ri­des de 79 Asteroi­des para la opo­si­ción de 1952 (1951).
- 10.—J. PENSADO: Or­bi­ta pro­vi­sio­nal de Σ 1883 (1951).
- 11.—M. L. SIEGRIST: Or­bi­ta pro­vi­sio­nal del sistema visual Σ 2052 (1952).
- 12.—Efe­mé­ri­des de 88 Asteroi­des para la opo­si­ción de 1953 (1952).
- 13.—J. PENSADO: Or­bi­ta de ADS 9380 = Σ 1879 (1952).
- 14.—F. ALCÁZAR: Apli­ca­cio­nes del Radar a la Geodesia (1952).
- 15.—J. PENSADO: Or­bi­ta de ADS 11897 = Σ 2438 (1952).
- 16.—B. RODRÍGUEZ-SALINAS: Sobre varias formas de proceder en la determi­na­ción de pe­rí­o­dos de las marcas y pre­dic­ción de las mismas en un cierto lugar (1952).
- 17.—R. CARRASCO y M. PASCUAL: Rectifi­ca­ción de la ór­bi­ta del Asteroi­de 1528 "Conrada" (1953).
- 18.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Or­bi­ta de ADS 1709 = Σ 228 (1953).
- 19.—J. BALTÁ: Recientes progresos en Radioastronomía. Radiación solar hiperfrecuente (1953).
- 20.—J. M. TORROJA y A. VÉLEZ: Correc­ción de la ór­bi­ta del Asteroi­de 1452 (1938 DZ₁) (1953).
- 21.—J. M. TORROJA: Cálculo con Cracovianos (1953).
- 22.—S. AREND: Los polinomio­es ortogonales y su apli­ca­ción en la repre­sen­ta­ción matemática de fenó­me­nos experimen­ta­les (1953).
- 23.—J. M. TORROJA y V. BONGERA: Determi­na­ción de los instan­tes de los con­tac­tos en el eclipse total de Sol de 25 de febrero de 1952 en Cogo (Guinea Española) (1954).
- 24.—J. PENSADO: Or­bi­ta de la estrella doble Σ 2 (1954).
- 25.—J. M. TORROJA: Nueva ór­bi­ta del Asteroi­de 1420 "Radcliffe" (1954).
- 26.—J. M. TORROJA: Nueva ór­bi­ta del Asteroi­de 1557 (1942 AD) (1954).
- 27.—R. CARRASCO y M. L. SIEGRIST: Rectifi­ca­ción de la ór­bi­ta del Asteroi­de 1290 "Alber­tine" (1954).
- 28.—J. PENSADO: Dis­tri­bu­ción de los pe­rí­o­dos y excentricidades y relación pe­rí­o­do-excentricidad en las binarias visuales (1955).
- 29.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Nueva ór­bi­ta del Asteroi­de 1372 "Haremari" (1955).
- 30.—M. DE PASCUAL: Rectifi­ca­ción de la ór­bi­ta del Asteroi­de 1547 (1929 CZ) (1955).
- 31.—J. M. TORROJA: Or­bi­ta del Asteroi­de 1554 "Yugoslavia" (1955).
- 32.—J. PENSADO: Nueva ór­bi­ta del Asteroi­de 1401 "Lavonne" (1956).
- 33.—J. M. TORROJA: Nuevos métodos astronómicos en el estudio de la figura de la Tierra (1956).
- 34.—D. CALVO: Rectifi­ca­ción de la ór­bi­ta del Asteroi­de 1466 "Mündleira" (1956).
- 35.—M. L. SIEGRIST: Rectifi­ca­ción de la ór­bi­ta del Asteroi­de 1238 "Predappia" (1956).

- 36.—J. PENSADO: Distribución de las inclinaciones y de los polos de las órbitas de las estrellas dobles visuales (1956).
- 37.—J. M. TORROJA y V. BONGERA: Resultados de la observación del eclipse total de Sol de 30 de junio de 1954 en Sydkoster (Suecia) (1957).
- 38.—ST. WIERZBINSKI: Solution des équations normales par l'algorithme des cracoviens (1958).
- 39.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Rectificación de la órbita del Asteroide 1192 "Prisma" (1958).
- 40.—M. LÓPEZ ARROYO: Sobre la distribución en longitud heliográfica de las manchas solares (1958).
- 41.—F. MÚGICA: Sobre la ecuación de Laplace (1958).
- 42.—F. MARTÍN ASÍN: Un estudio estadístico sobre las coordenadas de los vértices de la triangulación de primer orden española (1958).
- 43.—ST. WIERZBINSKI: Orbite améliorée de h 4530 = γ Cen = Cpd—48°, 4965 (1958).
- 44.—D. CALVO BARRENA: Rectificación de la órbita del Asteroide 1164 "Kobolda" (1958).
- 45.—M. LÓPEZ ARROYO: El ciclo largo de la actividad solar (1959).
- 46.—F. MÚGICA: Un nuevo método para la determinación de la latitud (1959).
- 47.—J. M. TORROJA: La observación del eclipse de 2 de octubre de 1959 desde El Aaiun (Sahara) (1960).
- 48.—J. M. TORROJA, P. JIMÉNEZ-LANDI y M. SOLÍS: Estudio de la polarización de la luz de la corona solar durante el eclipse total de Sol del día 2 de octubre de 1959 (1960).
- 49.—E. PAJARES: Sobre el mecanismo diferencial de un celóstato (1960).
- 50.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Sobre la diferencia entre los radios vectores del elipsoide internacional y el esferoide de nivel (1960).
- 51.—J. M. TORROJA: Resultado de las observaciones del paso de Mercurio por delante del disco solar del 7 de noviembre de 1960 efectuadas en los observatorios españoles (1961).
- 52.—F. MÚGICA: Determinación de la latitud por el método de los verticales simétricos (1961).
- 53.—M. LÓPEZ ARROYO: La evolución del área de las manchas solares (1962).
- 54.—F. MÚGICA: Determinación simultánea e independiente de la latitud y longitud mediante verticales simétricos (1962).
- 55.—P. DÍEZ-PICAZO: Elementos de la órbita de la variable eclipsante V 499 Scorpionis (1964).
- 56.—J. M. TORROJA: Los Observatorios Astronómicos en la era espacial (1965).
- 57.—F. MARTÍN ASÍN: Nueva aportación al estudio de la red geodésica de primer orden española y su comparación con la red compensada del sistema europeo (1966).
- 58.—F. SÁNCHEZ MARTÍNEZ: La Luz Zodiacal. Luz del espacio interplanetario (1966).
- 59.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Variaciones de las coordenadas geodésicas de los vértices de una red, por cambio de elipsoide de referencia (1966).
- 60.—F. SÁNCHEZ MARTÍNEZ y R. DUMONT: Fotometría absoluta de la raya verde y del continuo atmosférico en el Observatorio Astronómico del Teide (Tenerife), de enero de 1964 a julio de 1965 (1967).
- 61.—M. REGO: Estudio del espectro de la estrella 31 Aql. en la región $\lambda\lambda$ 4000-6600 Å (1969).
- 62.—C. MACHÍN: Mareas terrestres (1969).
- 63.—J. M. TORROJA: La estación para la observación de satélites geodésicos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid (1969).
- 64.—M. J. SEVILLA: Reducción automática de posiciones de estrellas (1970).
- 65.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid en 1969 (1970).
- 66.—M. J. SEVILLA: Los cálculos de estación en triangulación espacial (1970).
- 67.—MANUEL E. REGO: Determinación de las abundancias de los elementos en la atmósfera de la estrella de alta velocidad 31 Aql. (1970).
- 68.—M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Análisis cualitativo del espectro de la estrella peculiar HD 18474 (1971).
- 69.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Universidad Complutense de Madrid en 1970 (1971).

- 70.—R. VIEIRA y R. ORTIZ: Descripción de un aparato para medida de coordenadas (1971).
- 71.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Universidad Complutense de Madrid en 1971 (1972).
- 72.—M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Observación y estudio teórico del espectro de la estrella peculiar HD 18474 (1972).
- 73.—M. J. SEVILLA: Cálculo de las constantes de distorsión y parámetros del disco obturador para cámaras balísticas (1973).
- 74.—R. PARRA y M. J. SEVILLA: Cálculo de efemérides y previsiones de pasos de satélites geodésicos (1973).
- 75.—M. REGO y M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Resultado de las observaciones de α Peg efectuadas desde el satélite europeo TDI (1973).
- 76.—E. SIMONNEAU: Problemas en la determinación de abundancias de elementos en las estrellas en condiciones de equilibrio termodinámico local y alejadas del equilibrio termodinámico local (1974).
- 77.—J. ARANDA: Construcción de modelos de estructura interna para estrellas en la secuencia principal inicial (1974).
- 78.—R. ORTIZ, M. J. SEVILLA y R. VIEIRA: Estudio de la calibración, técnica de medida y automatización de datos en un comparador para medidas de placas estelares (1974).
- 79.—M. J. SEVILLA: Método autocorrector para el cálculo de direcciones de satélites geodésicos y análisis de los errores en la restitución de un arco de órbita (1974).
- 80.—M. A. ACOSTA, R. ORTIZ y R. VIEIRA: Diseño y construcción de un fotómetro fotoeléctrico para la observación de ocultaciones de estrellas por la Luna (1974).
- 81.—T. J. VIVES, C. MORALES, J. GARCÍA-PELAYO y J. BARBERO: Fotometría fotográfica UVB del cúmulo galáctico King 19 (1974).
- 82.—R. ORTIZ y R. VIEIRA: Control automático en posición y tiempo de los sistemas de obturación de las cámaras de observación de satélites geodésicos (1974).
- 83.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Universidad Complutense de Madrid en 1972 y 1973 (1974).
- 84.—M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA y M. REGO: α CrB en el ultravioleta lejano (1975).
- 85.—J. M. TORROJA, R. VIEIRA, R. ORTIZ y M. J. SEVILLA: Estudio de mareas terrestres en España (1975).
- 86.—M. J. SEVILLA y R. PARRA: Levantamiento gravimétrico de Lanzarote (1975).
- 87.—P. KUNDANMAL SUKHWANI: Modelos teóricos de curvas de luz. Su aplicación al sistema β Lyrae (1975).
- 88.—M. J. SEVILLA: Coordenadas astronómicas y geodésicas, Desviación relativa de la vertical (1975).
- 89.—C. TEJEDOR: Fotometría fotoeléctrica R. G. U. del cúmulo galáctico IC 2581 (1976).
- 90.—M. J. SEVILLA: Nuevos coeficientes para la reducción automática de posiciones de estrellas (1976).
- 91.—M. REGO: Técnicas observacionales en espectroscopía astrofísica (1976).
- 92.—M. J. SEVILLA: Determinación de la latitud por distancias cenitales de la polar, método de Littrow (1976).
- 93.—T. J. VIVES: Determinación fotométrica del tipo espectral de la componente desconocida de una estrella binaria eclipsante (1976).
- 94.—M. REGO y M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Contraste y determinación por métodos astrofísicos de fuerzas de oscilador (1977).
- 95.—M. J. SEVILLA y R. CHUECA: Determinación de acimutes por observación de la Polar. Método micrométrico (1977).
- 96.—JOSÉ M. GARCÍA-PELAYO: Fotometría R G U en un campo del anticentro galáctico, cerca del NGC 581 (1977).
- 97.—JOSÉ M. GARCÍA-PELAYO: Datos fotométricos de 2.445 estrellas estudiadas en la región de Casiopea, entre los cúmulos abiertos Trumpler 1 y NGC 581 (1977).
- 98.—PREM K. SUKHWANI y RICARDO VIEIRA: Spectral Analysis of Earth Tides (1977).
- 99.—JOSÉ M. TORROJA y RICARDO VIEIRA: Earth Tides in Spain. Preliminary results (1977).
- 100.—PREM K. SUKHWANI y RICARDO VIEIRA: Three different methods for taking in account the gaps in spectral analysis of Earth Tides records (1978).
- 101.—R. VIEIRA: Mareas terrestres (1978).
- 102.—M. J. SEVILLA y A. NÚÑEZ: Determinación de la longitud por el método de Mayer. Programas de cálculo automático (1979).
- 103.—M. J. SEVILLA y A. NÚÑEZ: Determinación de la latitud por el método de Sterneck. Programas de cálculo automático (1979).
- 104.—M. J. SEVILLA: Determinación de la latitud y la longitud por el método de alturas iguales. Programas de cálculo automático (1979).
- 105.—P. K. SUKHWANI y A. GIMÉNEZ: Corrección de efectos atmosféricos para imágenes tomadas desde satélites Landsat (1979).
- 106.—M. J. SEVILLA: Inversión de matrices simétricas en el método de mínimos cuadrados (1979).

(continúa en la cuarta de cubierta)

- 107.—A. GIMÉNEZ: Análisis de la curva de luz del sistema binario eclipsante S Velorum (1979).
- 108.—M. J. SEVILLA: Determinación del acimut de una referencia por observación de la estrella polar. Programa de cálculo automático (1979).
- 109.—M. J. SEVILLA: El sistema IAU (1976) de constantes astronómicas y su repercusión en la reducción de posiciones de estrellas (Primera parte) (1980).
- 110.—M. J. SEVILLA y R. PARRA: Determinación de la latitud por el método de Horrebow-Talcott. Programas de Cálculo Automático (1980).
- 111.—M. J. SEVILLA: Determinación de la latitud y la longitud por fotografías cenitales de estrellas (1980).
- 112.—R. VIEIRA y M. OREJANA: Comunicaciones presentadas en las XLI y XLII Jornadas del Grupo de Trabajo de Geodinámica del Consejo de Europa, Luxemburgo (1979-80).
- 113.—M. J. SEVILLA: Sobre un método de cálculo para la resolución de los problemas geodésicos directo e inverso (1981).
- 114.—R. VIEIRA, J. M. TORROJA, C. TORO, F. LAMBAS, M. OREJANA y P. K. SUKHWANI: Comunicaciones presentadas en el IX Symposium Internacional de Mareas Terrestres. Nueva York (1981).
- 115.—M. A. MONTULL, M. J. SEVILLA y A. GONZÁLEZ-CAMACHO: Aplicación de la V. L. B. I al estudio del movimiento del Polo (1981).
- 116.—A. GONZÁLEZ-CAMACHO y M. J. SEVILLA: Algunas relaciones entre diferentes ejes que se consideran en la rotación de la Tierra (1981).
- 117.—R. VIEIRA, F. LAMBAS y E. GIMÉNEZ: Modificaciones realizadas en un gravímetro LaCoste Romberg mod. G para su utilización en registro continuo de la gravedad (1981).
- 118.—R. VIEIRA: La microrred de mareas gravimétricas del Sistema Central (1981).
- 119.—J. M. TORROJA y R. VIEIRA: Informe sobre el desarrollo del programa de investigación sobre mareas terrestres en el último bienio (1981).
- 120.—F. LAMBAS y R. VIEIRA: Descripción, estudio de la precisión y aplicaciones geodésicas y geofísicas de los nuevos niveles de lectura electrónica (1981).
- 121.—M. J. SEVILLA: Programación del método de la cuerda (1981).
- 122.—J. M. TORROJA: Historia de la Ciencia Árabe. Los Sistemas Astronómicos (1981).
- 123.—M. J. SEVILLA y R. VIEIRA: Comunicaciones presentadas en la Sesión Científica de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, celebrada el día 13 de enero de 1982 (1982).
- 124.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Aplicación del método de colocación a la reducción de placas fotográficas de estrellas (1982).
- 125.—M. J. SEVILLA y A. G. CAMACHO: Deformación rotacional de una tierra elástica (1982).
- 126.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Obtención de las medidas de la precisión en la determinación de la latitud y la longitud por fotografías cenitales de estrellas (1982).
- 127.—M. J. SEVILLA, A. G. CAMACHO y P. ROMERO: Comunicaciones presentadas en la IV Asamblea Nacional de Astronomía y Astrofísica. Santiago de Compostela (1983).
- 128.—M. J. SEVILLA: El sistema IAU (1976) de constantes astronómicas y su repercusión en la reducción de posiciones de estrellas (Segunda parte) (1983).
- 129.—M. J. SEVILLA: Geodesia por satélites y navegación (1983).
- 130.—L. GARCÍA ASENSIO, A. G. CAMACHO, P. ROMERO y M. J. SEVILLA: Comunicaciones presentadas en la V Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica (1983).
- 131.—M. J. SEVILLA: Anomalías de la gravedad basadas en el sistema geodésico de referencia 1980 (1983).
- 132.—J. M. TORROJA: Historia de la Física hasta el siglo XIX. La Mecánica Celeste (1983).
- 133.—A. G. CAMACHO y M. J. SEVILLA: The Molodensky Problem for an homogeneous liquid core (1984).
- 134.—J. M. TORROJA: La obra astronómica de Alfonso X El Sabio (1984).
- 135.—H. MORITZ: Sistemas de referencia en Geodesia (1984).
- 136.—H. MORITZ: Rotación de la Tierra (1984).
- 137.—A. G. CAMACHO y M. J. SEVILLA: Autofrecuencias del movimiento del Polo para un modelo de Tierra de tipo Jeffreys Molodensky (1984).
- 138.—J. M. TORROJA: Nuevas definiciones en el problema de la medida del tiempo (1984).
- 139.—M. J. SEVILLA: Astronomía Geodésica (1984).
- 140.—M. J. SEVILLA y M. D. MARTÍN: Diseño de una Microrred en la Caldera del Teide para el estudio de deformaciones de la corteza en la zona (1986).
- 141.—R. VIEIRA, C. DE TORO y V. ARAÑA: Estudio Microgravimétrico en la Caldera del Teide (1986).
- 142.—M. J. SEVILLA, M. D. MARTÍN y A. G. CAMACHO: Análisis de Datos y Compensación de la primera campaña de observaciones en la Caldera del Teide (1986).
- 143.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Hamiltonian Formulation of the polar motion for an elastic earth's model (1986).
- 144.—P. ROMERO y M. J. SEVILLA: The Sasao-Okubo-Saito equations by Hamilton Theory. First Results (1986).

(continúa en la segunda de cubierta)

- 145.—R. VIEIRA, M. J. SEVILLA, A. G. CAMACHO y M. D. MARTÍN: Geodesia de precisión aplicada al control de movimientos y deformaciones en la Caldera del Teide (1986).
- 146.—R. VIEIRA, J. M. TORROJA, C. DE TORO, B. DUCARME, J. KAARIANEN, E. MEGÍAS y J. FERNÁNDEZ: Comunicaciones presentadas en el X Symposium Internacional de Mareas Terrestres. Madrid, 1985 (1986).
- 147.—M. J. SEVILLA, A. G. CAMACHO y P. ROMERO: Comunicaciones presentadas en el X Symposium Internacional de Mareas Terrestres. Madrid, 1985 (1986).
- 148.—M. J. SEVILLA: Formulación de modelos matemáticos en la compensación de redes Geodésicas: III Curso de Geodesia Superior (1986).
- 149.—H. LINKWITZ: Compensación de grandes redes geodésicas: III Curso de Geodesia Superior (1986).
- 150.—H. HENNEBERG: Redes geodésicas de alta precisión: III Curso de Geodesia Superior (1986).
- 151.—M. J. SEVILLA: Cartografía Matemática (1986).
- 152.—P. ROMERO y M. J. SEVILLA: Tratamiento Canónico del problema de Poincare. Movimiento del Polo. (1986)
- 153.—A. G. CAMACHO y M. D. MARTÍN: Constreñimientos internos en la compensación de Estaciones. (1986)
- 154.—J. OTERO: An Approach to the Scalar Boundary Value Problem of Physical Geodesy by Means of Nash-Hörmander Theorem. (1987)
- 155.—M. J. SEVILLA: Introducción al Problema Clásico de Molodensky. (1987)
- 156.—F. SANSÓ: Problemas de Contorno de la Geodesia Física. (1987)
- 157.—M. J. SEVILLA: Colocación mínimos cuadrados. (1987)
- 158.—L. MUSSIO: Estrategias del Método de colocación. Ejemplos de aplicación. (1987)
- 159.—M. J. SEVILLA, P. MUÑOZ, J. VELASCO y P. ROMERO: Calibración de un Distanciómetro de infrarrojos en una Base Interferométrica (1987).
- 160.—A. RIUS, J. RODRÍGUEZ, M. J. SEVILLA, R. VIEIRA, J. FERNÁNDEZ, C. DE TORO, A. G. CAMACHO y V. ARAÑA: Comunicaciones presentadas en la Sesión Científica de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, celebrada el día 4 de mayo de 1988 (1988).
- 161.—R. VIEIRA, A. G. CAMACHO y C. DE TORO: Cálculo de la Corrección de Marea en la Península Ibérica (1988).
- 162.—A. G. CAMACHO, R. VIEIRA, C. DE TORO y J. FERNÁNDEZ: Estudio Gravimétrico de la Caldera del Teide (1988).
- 163.—A. J. GIL, M. J. SEVILLA, G. RODRÍGUEZ y J. OTERO: Aplicaciones de la colocación y Estudios del Geoide (1988).