

# DEFORMACIONES DE ORIGEN TERMICO DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS GEOLOGICAS DE OVIEDO DETECTADAS A PARTIR DE LAS OBSERVACIONES DE MAREA GRAVIMETRICA

R. VIEIRA; A. GONZALEZ CAMACHO Y C. TORO

Instituto de Astronomía y Geodesia  
(C.S.I.C.-U.C.M.)  
Facultad de Ciencias Matemáticas.  
Universidad Complutense. Madrid.

## RESUMEN

Durante el periodo comprendido entre marzo y octubre de 1986 estuvo en funcionamiento en un sótano de la Facultad de Ciencias Geológicas de Oviedo una estación de registro continuo de la gravedad constituida por un gravímetro LaCoste Romberg mod. G modificado como instrumento de cero y sus elementos complementarios. Los resultados de los análisis de estas observaciones mostraban unas perturbaciones importantes que han sido estudiadas, a partir del análisis de los residuales, teniendo en cuenta la geología local, las características del propio edificio y de su estructura metálica, posibles causas instrumentales y la influencia de parámetros climáticos. Como conclusión se ha encontrado que existe una óptima correspondencia entre el espectro de dichos residuales y el de las temperaturas externas. Una vez eliminadas todas las demás causas, esta correspondencia se explica por los efectos que sobre la sensibilidad del sensor han tenido deformaciones, en forma de inclinación del edificio, que se producen por el fuerte gradiente térmico existente entre sus fachadas, principalmente en los meses de verano, y cuyos efectos se acentúan por la estructura metálica externa que para consolidar el edificio, con problemas de estabilidad por posibles causas de asentamiento, se colocó posteriormente a la construcción del mismo.

## INTRODUCCION

Con objeto de completar adecuadamente la zona norte de la Península de estaciones de mareas gravimétricas, de acuerdo con el plan establecido para la Red Ibérica, se instaló; en marzo de 1986, el equipo constituido por el LaCoste Romberg mod. G nº 665, transformado como gravímetro de cero, y los elementos auxiliares necesarios en un sótano de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad de Oviedo. Los resultados de esta experiencia presentaron desde el principio anomalías que posteriormente fueron comprobadas al realizar los correspondientes análisis de las observaciones registradas; sin embargo se creyó oportuno mantener la misma hasta septiembre, aproximadamente seis meses, con la finalidad de poder estudiar las causas de dichas perturbaciones. Como se describe en los puntos siguientes de este trabajo dos son las causas principales de las anomalías, por un lado el gravímetro no se encontraba debidamente

nivelado estando en situación de no mínima sensibilidad a las inclinaciones, por otro el edificio de la Facultad de Ciencias Geológicas presenta serias deformaciones por efecto térmico entre otros, que dieron lugar a que el gravímetro, a pesar de estar instalado en el sótano y a temperatura estable sufriese de forma detectable el efecto de las deformaciones que se hicieron más acentuada, como hemos podido establecer, cuando la temperatura externa fue alcanzando valores más altos, en los meses de julio y agosto.

Según se describe en Julivert, M. et al. (1969) la ciudad de Oviedo "está edificada sobre un Cretáceo medio recubierto por una delgada película de materiales terciarios". Más bien podríamos decir que el núcleo antiguo de la ciudad se asienta sobre materiales de cretáceo y que al desplazarnos hacia el oeste comienza una delgada capa del Terciario que se va engrosando progresivamente llegando a constituir un semicírculo en el que los niveles más potentes podemos situarlos al Norte con la falda del Naranco, al Oeste en Buenavista y Llamaquique y al Sur Prado Picon y Los Catalanes. De acuerdo con Julivert, M. et al., es precisamente al este de la Facultad de Ciencias Geológicas, pero a pocos metros de su fachada, por donde pasa el límite de contacto, esencialmente disconforme, Cretaceo-Terciario. El conjunto terciario "está constituido en su parte más baja por una masa irregular de cantos y bloques del material subyacente englobados en una matriz arcillosa roja y a veces en un cemento calizo", según los autores antes citados. El edificio de la Facultad de Ciencias Geológicas ha presentado problemas de estabilidad que se manifestaron con absoluta claridad al abrirse grietas en el mismo; los arquitectos consideraron necesario construir un armazón metálico externo al que arriostraron la construcción original, quedando un conjunto rígido y evitando en principio los problemas que se habían planteado. Con posterioridad se ha abierto una zanja en las proximidades, posiblemente conectada con la inestabilidad observada. Estos datos reflejan evidentemente lo poco afortunado de la elección del emplazamiento de la estación gravimétrica en un lugar puntualmente crítico y con una dinámica peculiar. Otra cuestión de interés que es necesario señalar es el fuerte gradiente térmico existente sobre todo en los meses de verano entre la fachada orientada al mediodía y la opuesta; esto que es común para todas las edificaciones creemos que en el caso estudiado tiene una importancia relevante ya que la estructura metálica externa, soporte actual del edificio, está sometida a calentamientos asimétricos que generan fuertes tensiones.

## METODO DE TRABAJO

En la Tabla 1 se recoge el análisis armónico de la serie observada de acuerdo con el formato habitual en las investigaciones de mareas gravimétricas. El alto valor de los errores, principalmente en las frecuencias diurnas, tanto de cada uno de los armónicos en amplitud y fase como de las bandas completas, fue el primer factor que nos llamó la atención desde los análisis iniciales, hechos sobre el primer mes de observación. Para poder sacar conclusiones fiables sobre estas perturbaciones se ha seguido el siguiente método:

- 1º) Análisis armónico de las observaciones
- 2º) Elección de un modelo de marea basado en el punto 1º
- 3º) Separación del conjunto de las observaciones de la marea gravimétrica a partir del modelo definido en el punto 2º
- 4º) Gráfica y análisis armónico del conjunto de residuales
- 5º) Comparación de dichos residuales con los diferentes fenómenos naturales,

TRANS IBERIAN PENINSULA PROFILE

STATION OVIEDO (F.GEOLOGIA)

STATION 0419 OVIEDO F.GEOLOGIA VERTICAL COMPONENT SPAIN  
 43 21 N 05 51 W H 246 M P 5 D 20 KM  
 DELGADA COBERTERA DISCONTINUA DE TERCIARIO, ESCASAMENTE DEFORMADA Y AFECTADA  
 POR UNA RED DE FALLAS, SOBRE MATERIALES DEL CRETACEO MEDIO.  
 INSTITUTO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA.

C.S.I.C.-U.C.M.

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS.  
 MADRID-28040

GRAVIMETRO LACOSTE ROMBERG MOD.G 434 MET. DE CERO (M. VAN RUYMBEKE, O.R.B.)  
 CALIBRATION: VALLE DE LOS CAIDOS, FUNDAMENTAL STATION  
 INSTALATION: R.VIEIRA  
 MANTENANCE : A.ALLER,C.TORO,R.VIEIRA

LEAST SQUARE ANALYSIS / VENEDIKOV FILTERS ON 48 HOURS / PROGRAMMING B. DUCARME  
 POTENTIAL CARTWRIGHT-TAYLER-EDDEN / COMPLET DEVELOPMENT  
 COMPUTING CENTER OF UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
 COMPUTER IBM 360 PROCESSED ON 87/10/10

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 86 323/86 428 86 5 4/86 5 6 86 511/86 622 86 627/86 721 86 725/86 814  
 434 86 817/86 829 86 9 1/86 9 9

TIME INTERVAL 172.0 DAYS 3792 READINGS 7 BLOCKS

WAVE GROUP		ESTIMATED AMPL.		AMPL.		PHASE		RESIDUALS	
ARGUMENT	N WAVE	R.M.S.	FACTOR	R.M.S.	DIFF.	R.M.S.	AMPL.	PHASE	
115.-11X.	11 SIGMQ1	0.46	0.26	2.0154	1.1167	-28.29	31.75	0.26	-57.2
124.-126.	10 2Q1	0.85	0.29	1.0825	0.3708	-18.55	19.65	0.29	-111.2
127.-129.	11 SIGMA1	0.97	0.29	1.0274	0.3033	-4.35	16.88	0.15	-150.0
133.-136.	20 Q1	7.18	0.27	1.2086	0.0461	-2.73	2.19	0.44	-50.4
137.-139.	10 RO1	1.10	0.26	0.9793	0.2329	-12.80	13.63	0.34	-133.3
143.-145.	16 O1	35.47	0.26	1.1434	0.0083	-0.22	0.42	0.51	-164.7
146.-149.	10 TAU1	0.31	0.50	0.7604	1.2230	64.25	92.02	0.44	140.4
152.-155.	15 NO1	2.72	0.29	1.1159	0.1176	6.98	6.04	0.35	110.6
156.-158.	7 K11	0.46	0.26	0.9774	0.5618	-10.35	32.91	0.12	-138.3
161.-163.	10 P1	16.19	0.31	1.1211	0.0212	18.57	1.08	6.32	104.3
164.-168.	23 S1K1	48.86	0.27	1.1199	0.0062	4.52	0.31	3.96	103.5
172.-174.	8 TETA1	0.31	0.27	0.6740	0.5680	59.37	48.22	0.47	144.7
175.-177.	14 J1	2.84	0.28	1.1660	0.1167	2.52	5.74	0.13	86.0
181.-183.	7 SO1	0.39	0.26	0.9613	0.6471	7.25	38.57	0.10	149.6
184.-186.	11 OO1	1.49	0.19	1.1143	0.1400	-0.73	7.18	0.06	-163.1
191.-195.	14 NU1	0.08	0.19	0.3025	0.7285	-2.07	137.42	0.22	-179.3
215.-22X.	19 EPS2	0.27	0.13	0.9238	0.4464	9.02	27.35	0.08	149.7
233.-23X.	20 2N2	1.08	0.10	0.8865	0.0809	10.52	5.20	0.40	150.7
243.-248.	24 N2	7.94	0.12	1.0435	0.0164	12.15	0.90	1.98	122.5
252.-258.	26 M2	45.36	0.12	1.1420	0.0030	10.92	0.15	8.73	100.2
262.-264.	5 LAMB2	0.36	0.12	1.2174	0.4077	23.78	19.19	0.14	95.4
265.-265.	9 L2	1.25	0.06	1.1168	0.0547	6.65	2.80	0.16	111.4
267.-273.	9 S2	23.36	0.11	1.2640	0.0062	8.81	0.28	3.94	65.3
274.-277.	12 K2	5.82	0.09	1.1566	0.0176	10.48	0.87	1.06	96.2
282.-285.	15 ETA2	0.31	0.09	1.0904	0.3317	0.98	17.38	0.02	165.1
292.-295.	11 2K2	0.07	0.06	0.9769	0.7595	27.69	44.37	0.04	123.0
335.-375.	16 M3	0.64	0.06	1.1199	0.1056	-0.52	5.37	0.07	-4.6

STANDARD DEVIATION D 11.30 SD 4.31 TD 2.24 MICROGAL  
 STUDENT FACTOR T(S=95(,M> 142)=1.96

O1/K1 1.0209 1-O1/1-K1 1.1954 M2/O1 0.9988  
 CENTRAL EPOCH TJJ= 2446598.0

Tabla 1

instrumentales y de otros posibles orígenes que pudieran contribuir al ruido observado, tales como cambios de presión, variaciones de temperatura interna y externa, inestabilidad local del sensor, inestabilidad del edificio etc....

- 6º) A partir de las comparaciones antes citadas se ha llegado a las conclusiones que se señalan en el apartado correspondiente.
- 7º) Una vez suficientemente estudiado el efecto perturbador se ha procedido a cambiar la estación de emplazamiento y se han realizado las observaciones y análisis que se recoge en Toro, C. et al. 1988, y que no presentan mayores dificultades.

## RESULTADOS

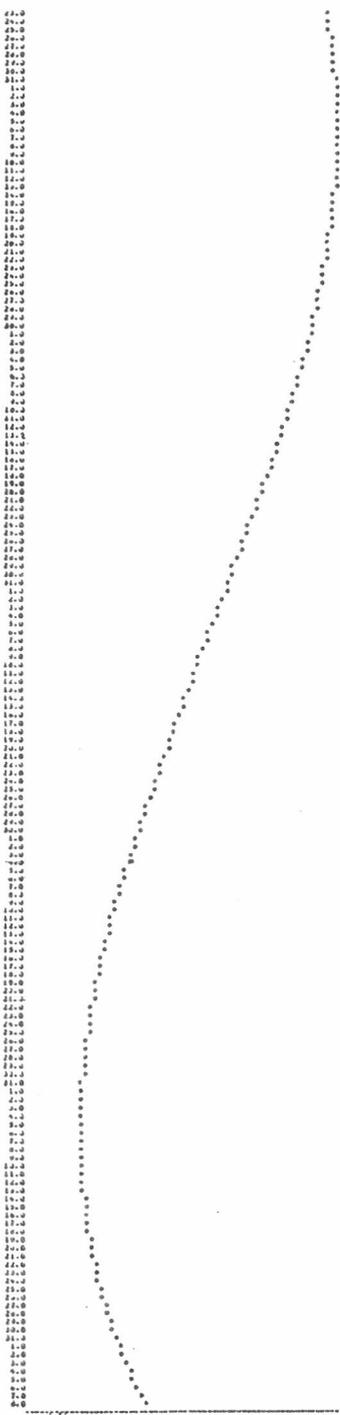
En la Tabla 1, como hemos comentado se da el análisis armónico de la serie observada que nos ha servido de base para la elección del modelo de mareas a sustraer al conjunto de observaciones. En la Figura 1 puede verse la gráfica de la deriva durante los meses de observación; este gráfico muestra una alta correlación con la temperatura media diurna en Oviedo que aumenta lentamente desde aproximadamente los 5º en marzo a 15º en junio y 20º en agosto comenzando posteriormente a descender.

En la Tabla 2 se dan los valores obtenidos, en función de la posición de los niveles, para la sensibilidad a la inclinación del gravímetro. Estos valores se han deducido a partir de experiencias realizadas a lo largo de los seis meses de toma de datos. La sensibilidad ha variado, como indica dicha tabla, con la posición de los niveles lo que por otro lado explica en gran parte el gráfico de la Figura 1. El valor medio de la sensibilidad a la inclinación es de 16.5  $\mu$ gales/segundo de arco, cuando nos inclinamos en el sentido del nivel longitudinal y mucho menor, 0.6  $\mu$ gales/segundo de arco, cuando lo hacemos en el del transversal. La influencia de la presión atmosférica sobre las mareas gravimétrica está perfectamente evaluada y aunque dependiendo parcialmente del sensor puede cuantificarse aproximadamente en 0.3  $\mu$ gales/mbar; ciertamente no es posible explicar por la presión residuales del orden de 15 a 20 microgales que se dan en los valores horarios correspondientes a las horas comprendidas entre el orto y el ocaso del Sol en los meses más calurosos.

En la Figura 2 puede verse la gráfica correspondiente a un intervalo de siete días elegido al azar de entre la serie completa de los residuales. En paralelo a dicho registro se incluye para los mismos días de registro de la temperatura y de la humedad obtenidos en el Observatorio Meteorológico de Oviedo. Esta estación meteorológica se encuentra aproximadamente a 2 km de la Universidad y por comprobaciones puntuales realizadas, la temperatura en esta última es del orden de 2 a 4 grados superior. De este ejemplo de comparación podemos sacar las siguientes conclusiones igualmente patentes en el resto de la serie que por cuestiones de extensión no se incluye en el presente trabajo.

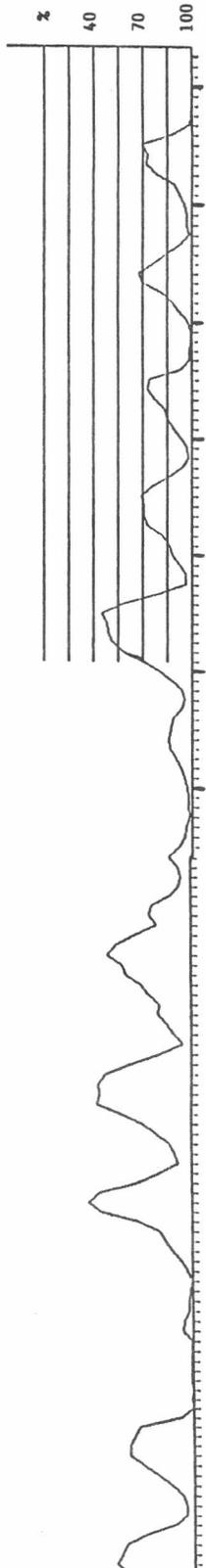
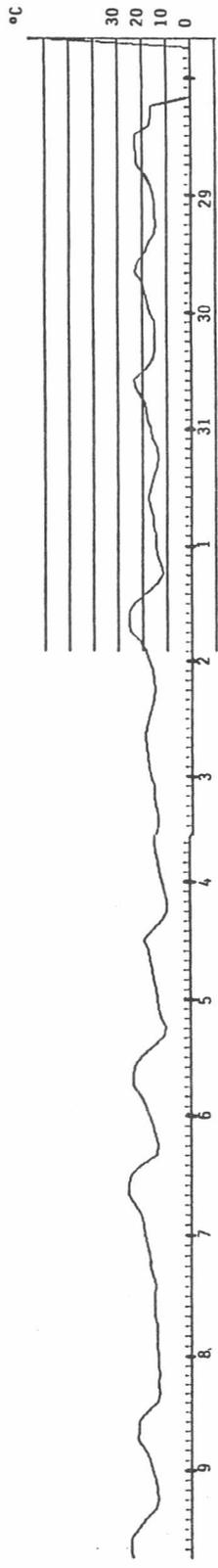
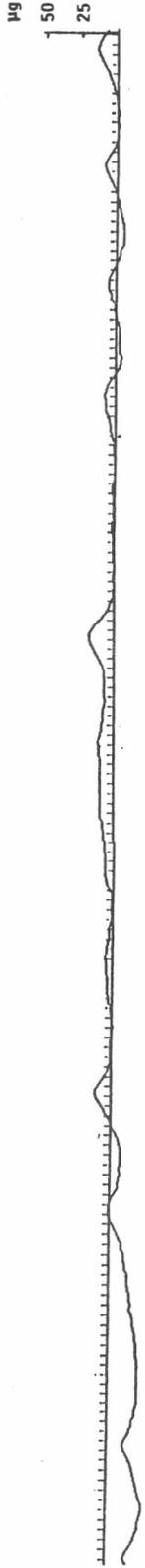
- 1º) Existe una correspondencia prácticamente punto a punto con un muy pequeño desfase entre la gráfica de residuos observados con el gravímetro y la de temperatura externa.
- 2º) En los días de temperatura sin picos diurnos apreciables, que lógicamente coinciden con los días nublados o de lluvia, no se aprecian valores significativos en los residuales.

-526.07-206.30-263.74-101.28 -10.45 106.10 226.01 349.44 672.07



Gráfica de deriva entre el  
 23-3-86 y el 8-9-86.  
 Coeficientes polinomio de  
 deriva:  
 A= 439.53 B=0.2534 C=4.0800  
 E.M.C. = 42.2962  
 Valor Medio Desviación = -1

Figura 1



REGISTROS DIGITALIZADOS DEL 28-7-86 al 9-8-88  
OVIEDO

FIGURA 2

Como consecuencia de lo anterior se deduce que el gravímetro está registrando, simultáneamente con las variaciones de gravedad, una perturbación de origen térmico no achacable a variaciones en la habitación donde se encuentra instalado sino directamente relacionadas con la temperatura externa. En otras palabras prácticamente los residuales obtenidos son en la realidad una medida de la temperatura a través del "termómetro" constituido por las dilataciones estructurales del edificio y la respuesta por inclinación del gravímetro. Creemos que de forma absolutamente fortuita por primera vez un gravímetro ha realizado funciones simultáneas de registro de, no solo la componente vertical de las fuerzas de marea, sino de las componentes horizontales de inclinación de la estación solidaria al propio sensor.

### POSIBLE EXPLICACION Y CUANTIFICACION DEL FENOMENO OBSERVADO

Partimos de las siguientes premisas.

- a) El efecto, al margen de las correcciones menores, es un efecto térmico
- b) El edificio está situado en una zona inestable, orientado en su fachada principal al mediodía y con un acentuado gradiente térmico en sus fachadas
- c) El gravímetro se ha instalado en posición de no mínima sensibilidad a la inclinación y mantenido en esta situación. La posición aproximada del brazo del péndulo y de los niveles es de 45°NW-SE. Es decir que inclinaciones en dirección NS y EW afectan prácticamente por igual a ambos niveles.
- d) La sensibilidad media a las variaciones de inclinación en las direcciones paralelas (nivel longitudinal) y perpendicular (nivel transversal) al brazo del péndulo del gravímetro, determinada en la experiencia realizada es

inclinación de 6" en la dirección longitudinal 100 $\mu$ gales

inclinación de 6" en la dirección transversal 4 $\mu$ gales

Supongamos, Figura 3, una estructura simple metálica como aproximación a la realidad, que en condiciones normales, Figura 3.a, mantiene una temperatura igual en ambas fachadas y en la que por consiguiente no se observan deformaciones. Esto ocurrirá como habíamos comentado en los días nublados y durante algunas horas por las noches. En la Figura 3.b esta misma estructura se encuentra bajo el efecto de la

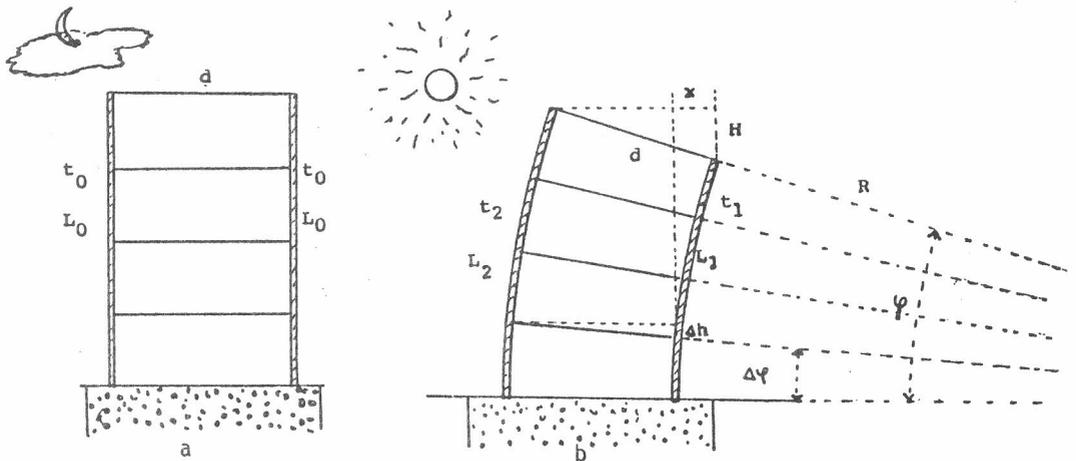


Figura 3

radiación solar directamente sobre una de sus fachadas, temperatura  $t_2$  mientras en la opuesta la temperatura es  $t_1$ , siendo  $t_2 > t_1 > t_0$ . En el caso más simple de deformaciones por dilatación térmica y remitiéndonos a los anclajes verticales tendremos:

$$\begin{aligned}\Delta L_1 &= L_0 \cdot \alpha (t_1 - t_0) \\ \Delta L_2 &= L_0 \cdot \alpha (t_2 - t_0)\end{aligned}\tag{1}$$

siendo  $\alpha$  el coeficiente de dilatación térmica del material empleado. Debido a la simplificación y geometría que hemos supuesto, los pilares verticales adoptan forma de arcos de circunferencia y de acuerdo con la Figura 3 y con (1) tendremos:

$$\begin{aligned}L_1 &= L_0 (1 + \alpha (t_1 - t_0)) & L_2 &= L_0 (1 + \alpha (t_2 - t_0)) \\ \phi &= \frac{1}{R} L_0 (1 + \alpha (t_1 - t_0)) = \frac{1}{R+d} L_0 (1 + \alpha (t_2 - t_0))\end{aligned}$$

eliminando R, queda:

$$\phi = \frac{1}{d} L_0 \alpha (t_2 - t_1)\tag{2}$$

que nos permite calcular el ángulo de giro de la estructura

Supongamos un caso numérico en que  $L_0 = 30$  m ;  $d = 10$  m  $l = 3$  m y  $\alpha = 20 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Por (2) obtenemos para una variación térmica  $t_2 - t_1 = 10^\circ\text{C}$  la inclinación

$$\phi = \frac{L_0 \alpha (t_2 - t_1)}{d} = 124''$$

Si consideramos solo el primer piso con  $l = 3$  m

$$\Delta\phi = \frac{l \alpha (t_2 - t_1)}{d} = 12.4''$$

En este caso práctico que hemos elegido quedará

$$\begin{aligned}\Delta H &= d \text{ sen } \phi = 6 \text{ mm} \\ \Delta h &= d \text{ sen } \Delta\phi = 0.6 \text{ mm}\end{aligned}$$

Igualmente podemos calcular el desplazamiento horizontal de la parte superior de la estructura (Figura 3.b):

$$x = R - R \cos \phi = \frac{d(1 + \alpha(t_2 - t_0))}{\alpha(t_2 - t_0)} (1 - \cos \phi)\tag{3}$$

en el ejemplo que venimos empleando y para  $t_2 - t_0 = 15^\circ\text{C}$  resulta  $x = 9$  mm.

En el caso real el gravímetro estuvo instalado en el sótano y de acuerdo con la teoría desarrollada y las Figuras anteriores, no debería sufrir más variación que aquellas indicadas por los cambios de la distribución de masas, pero estas son muy pequeñas y no justifican los residuales observados. Si esto es así, lo que realmente está indicando el gravímetro es que la tensión generada entre ambas fachadas transmitida al zócalo del edificio, que hasta ahora hemos supuesto indeformable, produce la deformación de este zócalo tendiendo todo el conjunto a levantarse por la fachada más insolada y hundirse por la opuesta. Esta tensión origina las deformaciones observadas que ya no responderían exactamente al supuesto planteado ya que tendríamos que tener en cuenta las características geológicas de la zona y del anclaje del edificio. Asimismo ella es la que ha debido causar la abertura de grietas y casi con toda seguridad ha influido en las fallas superficiales que se han puesto de manifiesto en la zona próxima a la fachada más caldeada y que se extiende por la parte ajardinada anterior a la misma llegando hasta la calle próxima según pudimos apreciar en su día.

Por último, teniendo en cuenta la posición exacta del gravímetro respecto a las fachadas, la Tabla de sensibilidades (Tabla 2), las amplitudes de los residuos del orden máximo de 15 a 20  $\mu$ gales y que prácticamente el sensor es insensible a las variaciones en el nivel transversal, llegamos a que el gravímetro ha estado sometido a inclinaciones diurnas en la dirección del brazo del péndulo de aproximadamente un segundo de arco. Dado que este brazo, paralelo al nivel longitudinal, estaba orientado aproximadamente a 45° de la línea de fachada concluimos que las inclinaciones diurnas del edificio, observadas en el sótano, son del orden de 1.4".

Deseamos poner de manifiesto que los mejores niveles ópticos de burbuja, aquellos empleados en los más delicados instrumentos geodésico y astronómicos, tienen una resolución de unos dos segundos de arco, con los que por tanto sería imposible visualizar las inclinaciones que se han detectado y cuantificado a través del gravímetro. Hoy en día, sin embargo, con niveles electrónicos, algunos ya comerciales y basados en una idea surgida en nuestro Instituto (Lambas, F. et. al 1983) pueden registrarse inclinaciones del orden de centésimas de segundo de arco.

Estas investigaciones se han realizado dentro del proyecto "Estudio de largos periodos y de efectos de presión estructurales y oceánicos sobre las variaciones de la gravedad" financiado por la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Los autores desean expresar su agradecimiento a los profesores de la Facultad de Geología de Oviedo - Dres. Corretgé, Pérez Estrau y Aller por su colaboración en estas investigaciones.

## REFERENCIAS

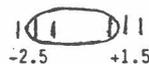
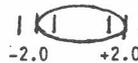
- JULIVERT, M.; TRUYOLS, T. (1969): "Sobre la naturaleza del contacto cretaceo-terciario en la zona urbana de Oviedo". *Breviora Geologica, Asturica*. Año XIII nº 2. pp. 17-25.
- TORO, C.; VIEIRA, R. (1988): "Variaciones periodicas de la gravedad observadas en la Facultad de Ciencias Físicas de Oviedo". VI Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica (en prensa).

FECHA	NL	NT	INCL. NL	LECTURAS EN $\mu$ gales	$\Delta\mu$ gales	INCL. NT	LECTURA EN $\mu$ gales	$\Delta\mu$ gales
18-3-1986	-2.0; +1.5	-2.2 ; +2.0	-26" +26"	-683.4 357.5	1041.0	-26" +26"	10.3 7.8	2.5
10-6-1986	-1.0; +2.5	-1.7 ; +2.5	-26" +26"	-494.0 364.0	858.4	-26" +26"	5.2 17.4	12.2
23-7-1986	-0.6; +2.9	-1.5 ; +2.8	-26" +26"	-364.1 364.7	728.8	-26" +26"	-17.4 41.1	58.5
30-9-1986	-1.1; +2.4	-2.1 ; +2.1	-26" +26"	-316.1 494.8	810.9	-26" +26"	5.2 17.4	12.2

NL = Nivel longitudinal

NT = Nivel transversal

Lecturas de niveles: ejemplos



Sensibilidad a la inclinación:

día 18-3-1986	NL 20.0 $\mu$ gales/segundo de arco	NT 0.35 $\mu$ gales/segundo de arco
día 10-6-1986	NL 16.5 $\mu$ gales/segundo de arco	NT 0.40 $\mu$ gales/segundo de arco
día 23-7-1986	NL 14.0 $\mu$ gales/segundo de arco	NT 0.43 $\mu$ gales/segundo de arco
día 30-9-1986	NL 15.6 $\mu$ gales/segundo de arco	NT 0.43 $\mu$ gales/segundo de arco

Sensibilidad media en el intervalo de observación:

NL  $S_L = 16.5 \mu$ gales/segundo de arco NT  $S_T = 0.6 \mu$ gales/segundo de arco

Tabla 2

LAMBAS, F.; VIERIA, R.; GIMENEZ, 41983): "Automatic control module of tides calibrations and data acquisition for LaCoste Romberg gravimeters mod. G and D". Proc. Ninth Int. Sym. on Earth Tides. New York 1981 (Ed. J. T. Kuo). Schwiezesbart, Stuttgart. pp.293-298.