

Gravimetría

1.	La gravimetría en el IGN	2
2.	Historia	3
a.	Período 1870-1901	3
b.	Período 1901-1942	6
c.	Período 1942-1971	8
d.	Período 1971-2000	10
3.	Museo	12

1. La gravimetría en el IGN

Desde 1870 el Instituto Geográfico Nacional, originalmente a través de la Brigada del Péndulo y actualmente por el Servicio de Gravimetría, realiza observaciones de la gravedad. En la actualidad, el Servicio de Gravimetría de la Subdirección de Astronomía, Geofísica y Aplicaciones espaciales, tiene por misión el establecimiento y mantenimiento de la Infraestructura básica de Gravimetría.

Desde las primeras medidas absolutas en España (realizadas en el IGN por Joaquín Barraquer y Rovira en 1882) no se han realizado medidas absolutas en España hasta la última década del siglo XX por J. Makinen con el gravímetro absoluto Jila 5. El Instituto Geográfico Nacional ha adquirido los gravímetros absolutos FG5 (número 211) y el A10 (número 006). El primer paso fue la asistencia a la intercomparación Internacional de Gravímetros absolutos (ICAG2001) en Sèvres (París) en el Bureau Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) para tener una referencia del comportamiento entre gravímetros absolutos. Entre 2000 y 2003 se han construido y observado estaciones, principalmente en la Península Ibérica, como parte de la Red de Orden Cero. Se han realizado otras intercomparaciones además de ICAG2001. La primera intercomparación de gravímetros absolutos realizada en España entre el Centro Europeo de Geodinámica y sismología de Luxemburgo y el Instituto Geográfico Nacional de España en Abril de 2003, en el observatorio Geofísico de San Pablo de los Montes (Toledo). También se ha participado en la ICAG2003 en Walferdange, Luxemburgo. En cada estación se realizan también medidas del gradiente de la gravedad, pues los gravímetros absolutos miden a una altura nominal de aproximadamente 1,30 m sobre el suelo. La red absoluta de Orden Cero se completará para mejorar las exactitudes de las redes anteriores existentes IGSN71 y RGFE73.

Datos y productos

- Estaciones RED ABSOLUTA de ORDEN CERO
- Estaciones RED ABSOLUTA de PRIMER ORDEN
- Mapas de Anomalías Gravimétricas:
 - a. [Aire Libre](#)
 - b. [Bouguer](#)
- Mapa Línea de Calibración
- Mapa de Red de Bases Gravimétricas Relativas
- Interpretación de datos

Teoría general

- [Conceptos](#)
- [Gravedad Normal](#)
- Teoría sobre las medidas:
 - Métodos
 - FG5
 - A10
 - [Lacoste Romberg](#)

- Determinación del Gradiente de la Gravedad
- Registro Continuo de la Aceleración de la Gravedad

2. Historia

a. Período 1870-1901

Tabla de Medidas pendulares de la Gravedad (Gravimetry, Torge 1989, excepto españolas).

Los primeros trabajos realizados en España reconocidos por la Asociación Internacional de Geodesia son los de D. Joaquín María Barraquer y Rovira. El péndulo de Repsold, anterior al de Defforges y fabricado por primera vez en 1866, fue utilizado para un gran número de determinaciones absolutas en Alemania (Albrecht, Borrass), en Austria (Oppolzer) y en España (Barraquer). Fue construido por Repsold después de la muerte de Bessel, pero reproduciendo los cálculos de éste último. De carácter preliminar y hechas con el único péndulo de inversión de Repsold que poseía el Instituto Geográfico y Estadístico, fundado en 1870, el Sr. Barraquer realizó medidas en los antiguos locales del Instituto en la calle Jorge Juan número 8 de Madrid durante el año 1877. A éstas siguieron las realizadas en la biblioteca del Observatorio Astronómico de Madrid en los años 1882 y 1883, empleando para ello esta vez dos aparatos de péndulo de Bessel fabricados por Repsold, uno grande y otro pequeño. La determinación de la longitud del péndulo matemático fue certificada por el BIPM de Sévres, París. Obtiene el primer valor absoluto de la gravedad en Madrid con un error de 1,6 miligales.



Péndulo pequeño de Barraquer (1882). (IGN).

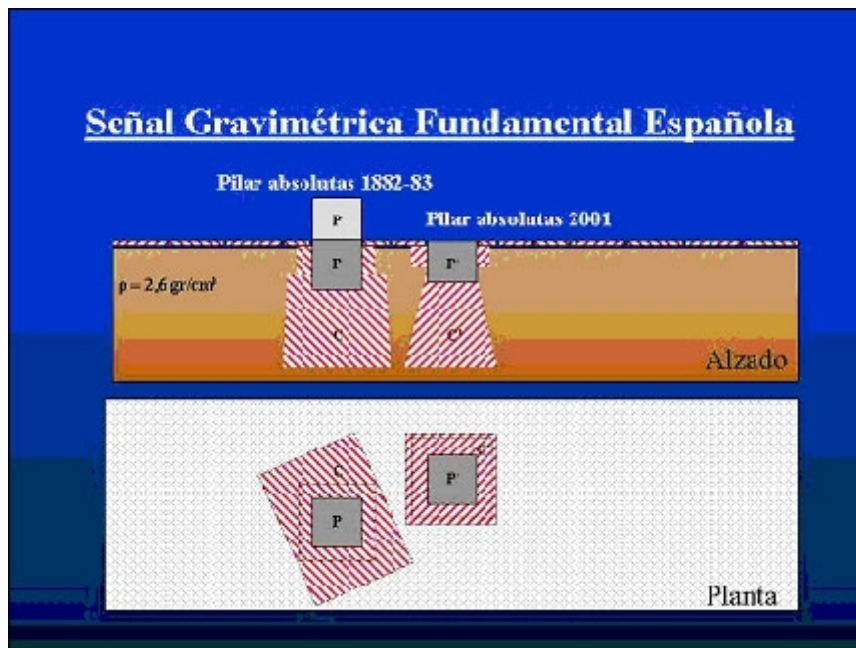
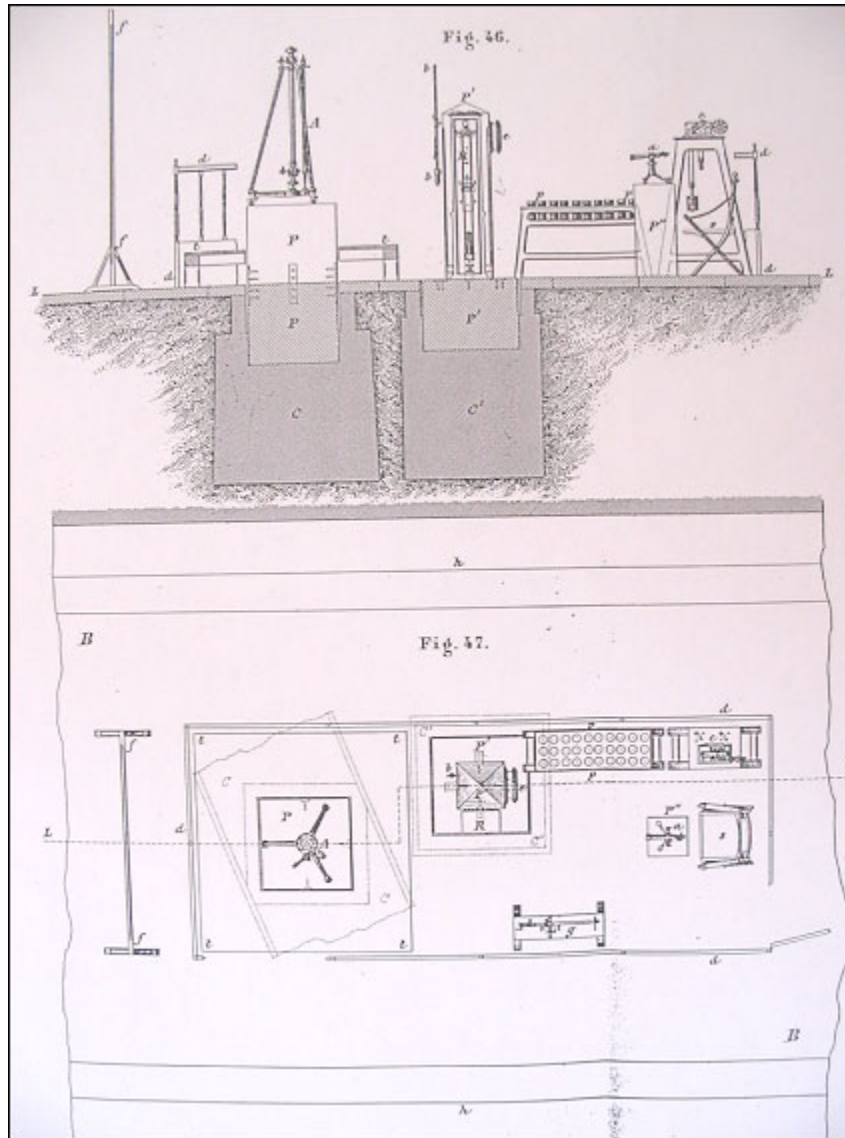
Ocho años después, según describe D. Guillermo Sans Huelín, reciben el encargo de la dirección General D. Antonio los Arcos y D. Príamo Cebrián de continuar las medidas absolutas. Denominando obra magistral al trabajo del Sr. Barraquer, ciñéndose a los mismos programas y procedimientos, los conceptúan de doctrina para el desarrollo en España de los análogos relativos a la medida de la fuerza de la gravedad. Eligen Pamplona (Octubre de 1892) por estar en la ruta de París, donde debían dirigirse, La Coruña (Agosto y Septiembre de 1893) y Barcelona (Noviembre y diciembre de 1893); sólo por D. Antonio los Arcos en el Observatorio Astronómico de San Fernando

(Octubre y diciembre de 1894), D. Rafael Aparici Puig y D. Arturo Mifsut Macón en Valencia (Otoño de 1895), D. Eduardo Escribano en Granada (1897) y finalmente D. Príamo Cebrían y D. Felipe de la Rica en Valladolid (1901).

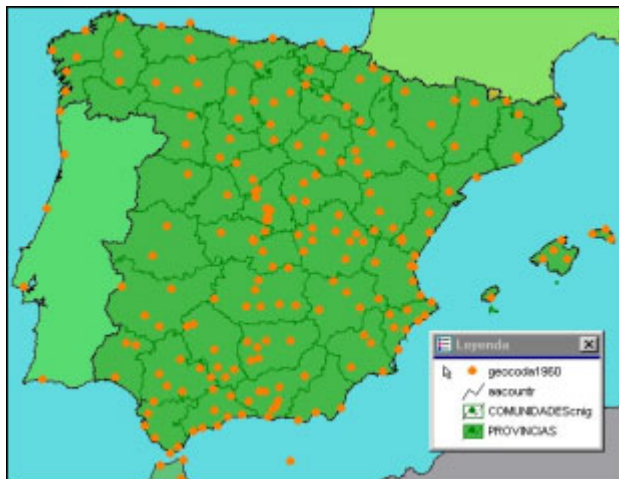
Estando proyectadas inicialmente las estaciones absolutas de Badajoz y de Formentera, no se tienen datos de que estas estaciones fueran observadas ni calculadas. Sin embargo, en el informe de E. Borrass de 1909 sí existe otra determinación relativa de la gravedad en España. La estación de Vigo (La Guía) fue observada D. Antonio los Arcos en el año 1893, con el instrumento de absolutas.



Mapa de España de Determinaciones absolutas de la Intensidad de la Gravedad (1915).



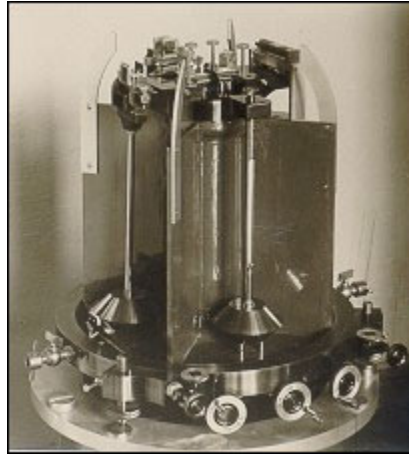
b. Período 1901-1942



Mapa de Medidas pendulares de la Gravedad (hasta el año 1942, más de 200 estaciones).

La estación de referencia fundamental española de gravedad está en la biblioteca del Observatorio Astronómico Nacional de Madrid, sita en el Parque del Retiro. Ha sido ligada dos veces con Potsdam, estación fundamental para la red mundial de estaciones de gravedad. La primera en 1901 por el observador del Instituto Geodésico de Prusia Dr. Oscar Hecker, con un aparato de Sterneck de cuatro péndulos de dicha institución. Fue con motivo del viaje de observaciones por el Atlántico (Río de Janeiro, Lisboa y Madrid). La segunda vez en 1903 con el aparato de péndulos español del Instituto Geográfico, como se explica más adelante. El profesor Borrass, que fue informador de Gravimetría en la antigua Asociación Geodésica Internacional, sólo tuvo en cuenta el primer enlace de 1901, obteniendo para Madrid, en el sistema de Potsdam el valor $g=979,981 \pm 0,002$ gales.

A fines de 1901 el Excmo. Sr. Director Gral. del Instituto Geográfico y Estadístico encarga a D. José Galbis y al ingeniero Geógrafo D. Bernabé Estrada que estudiaran los métodos adoptados en otros países para la determinación relativa de la gravedad, en la biblioteca y adquirir datos. Como no encontraron mucho, buscaron en los juicios ajenos, atendiendo a los de los sabios existentes que formaban la AGI, según escribieron ellos mismos en sus memorias. Entregan al Excmo. Sr. Dtor. Gral. una Memoria el 24-XII-1901, que tenía más carácter histórico que didáctico.



Péndulos de Von Sterneck (1886). (IGN)

$$T=2\pi(l/g)^{1/2}$$

$$T^2/T'^2 = g'/g$$

El Sr de la Rica propone en 1902 la adquisición de un aparato de péndulo similar al que el Dr. Oscar Hecker utilizó en su determinación relativa de la pesantez en Madrid a fines de 1901, al regreso de su periplo científico a través del Atlántico (Rio de Janeiro y Lisboa). El 23 y 24 de Junio de 1903 realiza el Dr. Hecker las observaciones en Potsdam. El 24 de Agosto de 1903 llega el aparato de relativas a Madrid: Aparato para la suspensión de cuatro péndulos, semejante al utilizado por el Instituto Geodésico Prusiano (Potsdam) con las modificaciones del profesor Hecker, además de 4 péndulos invariables, modelo Sterneck modificado para dicho aparato. El 16 de Octubre de 1903 realiza D. José Galbis las primeras observaciones, pues careciendo el Instituto en su local de condiciones necesarias al nuevo aparato se hace imprescindible un nuevo emplazamiento. Obtiene D. José Galbis autorización de D. Francisco Iñiguez (Director del Observatorio Astronómico de Madrid) para hacer los primeros experimentos en la "...biblioteca de este centro científico, donde está situado el pilar que sirvió para anteriores determinaciones de la intensidad de la fuerza de la gravedad en Madrid."

Con los trabajos realizados durante varias décadas por la llamada "Brigada del Péndulo", se publican los primeros mapas de anomalías de la gravedad en España con los datos de más de 200 estaciones en Península y Canarias.



Mapas de Anomalías de Aire Libre y de Bouguer realizados por D. Guillermo Sans Huelin y presentados en la Asamblea de Geodesia y Geofísica Internacional celebrada en Octubre de 1924 en Madrid.

c. Período 1942-1971

Estudios geofísicos en la faja pirítica del Sur de la Península Ibérica con la Balanza de Torsión de Eotvos-Schweydar. Densificaciones provinciales con los nuevos gravímetros relativos de muelle de cuarzo WORDEN. Entre otras provincias observadas se encuentran Ávila, Toledo, Huelva, Ciudad Real, Segovia, Navarra, País Vasco, Burgos, Palencia, Santander, Gerona, etc.

Mapas de anomalías de Anomalías de Bouguer y para el cálculo de las reducciones Topo-isostáticas, por Luis Lozano Calvo.

Estudio de Anomalías de Aire Libre, Bouguer e Isostática para la Península Ibérica (1964) por Luis Lozano Calvo.

Observaciones Mundiales de la Red IGSN71 (International Gravity Standardization Network 1971).



Gravímetro WORDEN (1948). IGN.



Mapa de anomalías de Bouguer de la Provincia de Toledo (1963).

d. Período 1971-2000

Red Fundamental Mundial IGSN71

En el año 1974 se aprueba la International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN71), en la que se acepta la modificación ya reseñada de la gravedad absoluta en Potsdam, que pasa a ser:

$$g = 981260.0 \text{ mgal}$$

Y se constituye una red de estaciones fundamentales en todo el mundo formada por:

- 10 estaciones absolutas
- 1200 mediciones de péndulo
- 12000 mediciones de gravímetros Lacoste-Romberg
- 11700 mediciones excéntricas

Se obtienen 24974 relaciones de observación y se deducen

- 1854 valores de la gravedad
- 96 valores de escala de gravímetros
- 26 derivas de 26 instrumentos

Consultar: The International Gravity Standardization Net 1971 UIGG-IAG Publicación especial nº 4, Profesor Morelli).

De estas estaciones fundamentales corresponden a España:

1. 10966 ROTA K y P
2. 14492 MALLORCA J y K
3. 14503 MADRID A, B, C (IGN), J, K, L, M, N
4. 18012 BARCELONA J, L

A partir de ese momento, se adopta en España IGSN 71 y el valor de la gravedad del SR 1967.

Red Gravimétrica Fundamental Española RGFE73.

Se establece en España la RED GRAVIMÉTRICA FUNDAMENTAL ESPAÑOLA 1973 (RGFE 73), constituida por 101 estaciones observadas con 4 gravímetros Lacoste-Romberg y que se calcula apoyada en 3 estaciones fijas de IGSN 71:

1. BARCELONA J
2. MADRID C (IGN, $g=979955,61 \pm 0,21 \text{ mgal}$)
3. LISBOA A



Línea de Calibración Santander Málaga.

Se establece línea de calibración gravimétrica española 1975 (LCGE-75), que comprende las estaciones RGFE 73:

1. SANTANDER B
2. BURGOS B
3. ARANDA B
4. MADRID C
5. MANZANARES B
6. BAILEN B
7. GRANADA B
8. MÁLAGA B

Y otras 45 estaciones más deducidas a partir de éstas (ver: Presentación de la primera edición de los Mapas Gravimétricos de la Península Ibérica. F. Alonso IGC. Asamblea de Grenoble XVI A. G. De la IUGG). En esta comunicación se reseñan todas las estaciones que componen RGFE 73 con sus altitudes y gravedad, las estaciones de la red gravimétrica portuguesa RGFE 73 y la relación de las Bases Principales de la Línea de Calibración Santander-Málaga (LCGE-75).

- Densificaciones en el sistema IGSN71.
- Observación de la Red de Mareas Terrestres.
- Cartografía de anomalías gravimétricas:
 - Avance del Mapa Gravimétrico (1972).
 - Mapa de Anomalías Bouguer (1974).
 - Anomalías de Aire Libre y de Bouguer (1978).
 - Estudio gravimétrico de la Península y Baleares (1996).

3. Museo Instrumentos



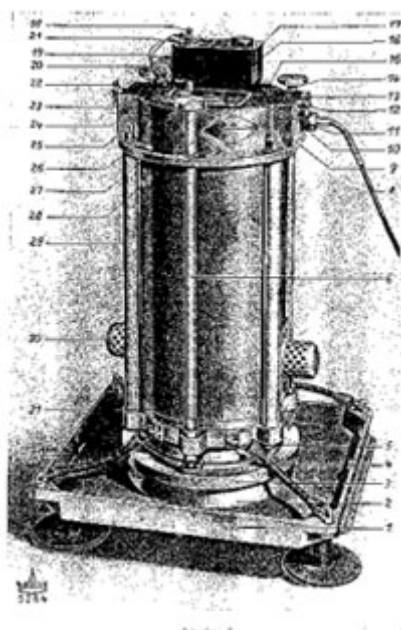
Péndulo pequeño de Barraquer (1882). (IGN)



Gravímetro relativo de Von Sterneck (1901). IGN



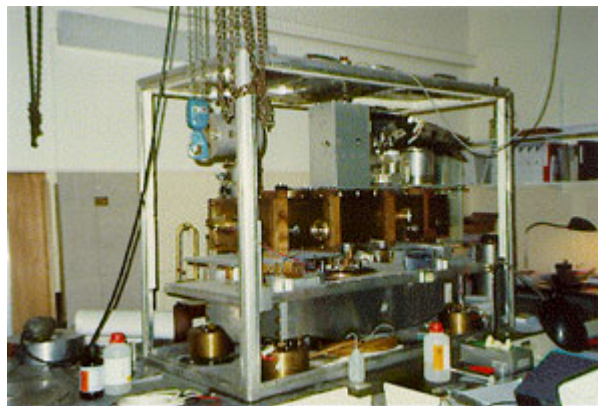
Balanza de Torsión de Eotvos-Schweydar (1923)



Gravímetro Relativo Askania Electro-mecánico n°25 (1942). IGN



Gravímetro WORDEN (1948). IGN



Aparato de Sakuma (Caída Libre). Instrumento del BIPM (Sèvres, París)

Instrumentos Auxiliares



Anteojo de Pasos para determinación de la longitud

Cartografía

