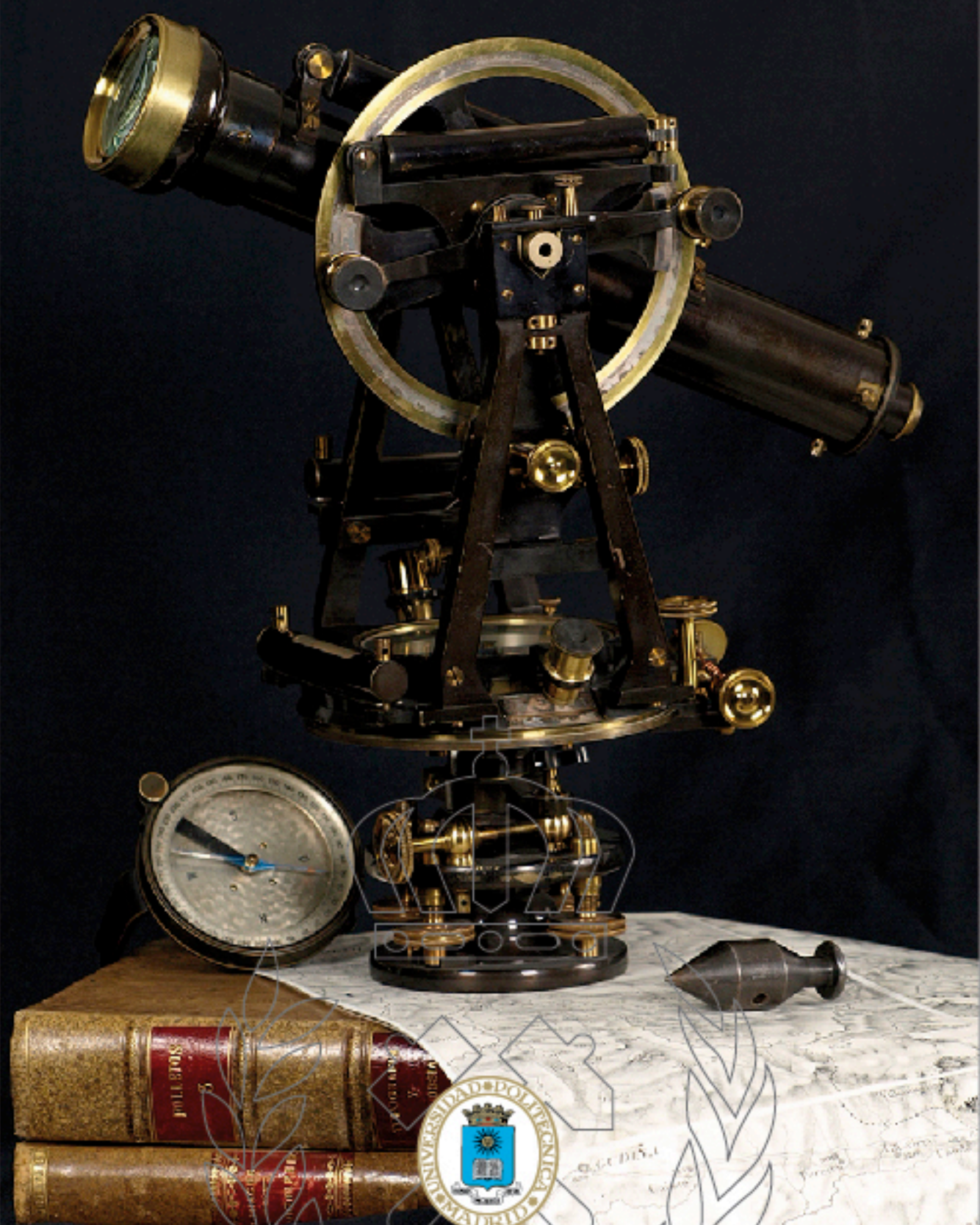


Instrumentos topográficos

de la E.T.S. de Ingenieros
de Minas de Madrid



POLITÉCNICA



POLITÉCNICA

Instrumentos Topográficos

de la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid

Angel Emilio de las Heras Molinos



**Escuela Técnica Superior de
Ingenieros de Minas de Madrid**

Proyecto Cristales Virtuales (TSI-070100-2009-207) cofinanciado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011.



PLAN AVANZA 2.0



Edita

Universidad Politécnica de Madrid

**Escuela Técnica Superior
de Ingenieros de Minas de Madrid**

c/ Ríos Rosas, 21
28003 Madrid. España

www.minas.upm.es

Autor

Ángel Emilio de las Heras Molinos

Diseño y producción

Estudio Fraile de Tejada

www.frailedetejada.com

Fotografías

Kiko Fraile

José Manuel Sanchis Calvete

Depósito Legal

M-48505-2011



La Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid es un centro de la Universidad Politécnica de Madrid que, por su antigüedad, ha conservado un valioso patrimonio científico y cultural, que hoy se agrupa en el Museo Histórico Minero Don Felipe de Borbón y Grecia, perteneciente a dicha Escuela. Aunque tal vez poco conocidos del público, son especialmente ricos los conjuntos de minerales, fósiles, libros antiguos, conchas, instrumentos ópticos, eléctricos, mecánicos, químicos, de medida y control, etc. Todos estos elementos se usaron durante los últimos doscientos años en la enseñanza de la ingeniería a las sucesivas promociones de estudiantes que, desde 1777, llenan nuestras aulas. Se han perdido muchos, porque el tiempo y la falta de sensibilidad por lo antiguo han hecho bastante daño, pero aún puede decirse que la colección es una de las mejores de España y merece conocimiento, respeto y cuidado.

Dentro de esta valiosa colección merece destacarse el conjunto de instrumentos topográficos. Se fueron acumulando éstos por los sucesivos profesores para las clases y la investigación. Mi memoria alcanza hasta los años 70 del pasado siglo, en los que el profesor de Topografía y Astronomía, D. Pedro Arsuaga Dabán, mostraba con orgullo su magnífica colección de teodolitos, niveles, brújulas, astrolabios y miras. Posteriormente, el catedrático de la asignatura, D. Ángel Valverde, llevó a cabo una excelente labor de conservación, durante muchos años, de todo aquel instrumental. Gracias a él, y a los profesores que le sucedieron, hemos “reconstruido” hace algún tiempo el conjunto de instrumentos que hoy se presenta en este libro.

También ha tenido la Escuela la fortuna de contar con un profesor, D. Emilio de la Heras, que une a su profundo conocimiento de la Topografía y de su historia un notable afán divulgador, una forma de expresión clara y asequible y la infinita



paciencia que hace falta para analizar uno a uno todos los instrumentos, reparar algunos, buscar en todos los datos esenciales de su fecha de fabricación, procedencia y uso, leer las actas y documentos antiguos de la Escuela para averiguar las fechas de adquisición y, en suma, recopilar la infinitud de datos que hacen este libro posible.

El libro es mucho más que un mero catálogo. Es también una interesante historia de la Topografía, fácil de entender y enormemente ilustrativa, y una historia de la enseñanza de esta asignatura en la Escuela. Desde sus inicios, la medición de distancias y ángulos se mostró esencial en las labores mineras, agravada por la dificultad de que muchas de estas labores eran y son subterráneas. Ello dio lugar a que el ingenio minero crease instrumentos específicos, que Emilio de las Heras tan bien explica, y a que la Topografía fuese siempre asignatura esencial en la formación de los ingenieros de minas.

Con la publicación de este libro, la Escuela pretende seguir la iniciativa, que ya tiene muchos años, de dar a conocer, por partes, su patrimonio histórico, cultural y científico. También establecer un catálogo, tan completo como sea posible, de los instrumentos antiguos o curiosos que constituyen dicho patrimonio. Por último, llevar al conocimiento del público en general algunos aspectos de la enseñanza de la minería, hoy poco conocida y valorada, aunque sea la base del suministro de las materias primas que todos necesitamos y empleamos diariamente.

Agradecemos sinceramente al profesor Emilio de las Heras su esforzada y desinteresada labor, su incansable paciencia, su erudición profunda, puestas todas al servicio de la Escuela. Auguramos para el libro, que es ameno y muy



documentado, un gran éxito entre todas las personas curiosas, con una mínima sensibilidad humanística, o simplemente interesadas por el desarrollo científico. Nos felicitamos, por fin, de que la Escuela cuente, en soporte de papel, un nuevo catálogo de los bienes que forman su patrimonio. La publicación de libros como éste es, sin duda, un elemento que contribuye a la conservación de dicho patrimonio.

Madrid, octubre de 2011

Benjamín Calvo Pérez

Director de la Escuela Técnica
Superior de Ingenieros de Minas

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Este libro está dedicado al Profesor D. Angel Valverde Gonzalo con ocasión de su reciente jubilación y en prueba de gratitud a sus méritos y años de servicio. También hago extensiva esta dedicatoria a todos los profesores de Topografía y Geodesia de la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid, que durante más de dos siglos, han sabido preservar estos instrumentos en las condiciones que hoy se encuentran, y que, por orden más o menos cronológico y esperando no olvidar a nadie, fueron y son los Sres. Lasala, Del Busto, Bárcena, Langreo, Arsuaga, Fernández Lleó, Irisarri, Torres, Lanaja, Gómez-Dégano, De la Vega, Iglesias y un servidor de ustedes.





CAPÍTULO I

Breve historia de los instrumentos topográficos.

1 En el principio Dios creó los cielos y la tierra. La tierra era caos y confusión...

Para poner un poco de orden en ese caos dicen que nació la Topografía... , bueno pero vayamos al grano, esta disciplina ha sido un elemento esencial en el desarrollo del entorno humano, desde el comienzo de los tiempos históricos (hacia el año 5000 AC) ha sido necesaria en la planificación y ejecución de casi todo tipo de construcciones, y a lo largo del tiempo los topógrafos se han servido de diversos instrumentos específicos para ejercer su actividad.

Los instrumentos de medida más antiguos y sencillos se empleaban en la construcción de edificios, para desviar cursos de agua, estaquillar parcelas de terreno y para determinar su superficie. La construcción de las vías romanas, los caminos carreteros, canales y grandes edificaciones, así como en el desarrollo de una geometría de guerra, aconsejaban el uso de instrumentos más complejos. Bastante después, para los levantamientos topográficos y la iniciación de trabajos geodésicos se precisaron nuevas mejoras en esos instrumentos.

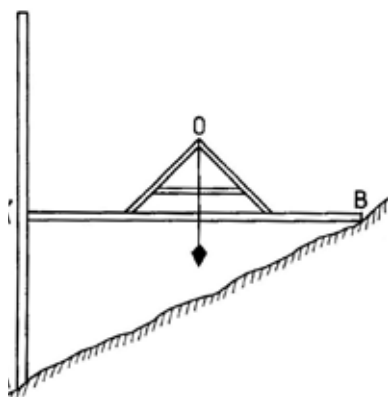
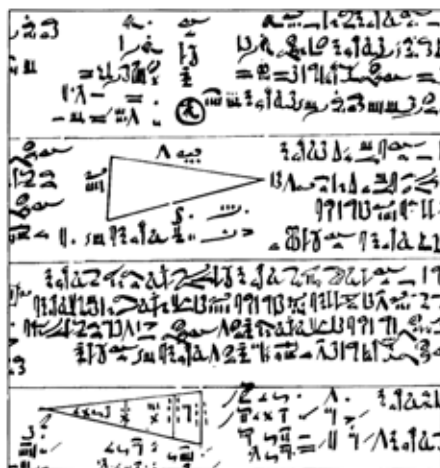
Los aparatos más simples: cuerdas, plomadas, escuadras, etc. fueron utilizados por agrimensores y constructores; el campo de aplicación de otro tipo de instrumentos más sofisticados y precisos iban a ser la astronomía, la geodesia y la topografía y se trataba de aparatos destinados exclusivamente a la medida de ángulos. También tenemos noticias de que los primeros instrumentos de este tipo provenían de Mesopotamia, (sumerios y caldeos), Egipto y China.

La observación de un objeto pesado colgado del extremo de una cuerda nos sugiere que su dirección es perpendicular a superficie terrestre. Este fenómeno ya fue constatado por los primeros pensadores de la antigüedad. También sabemos que los egipcios, hace más de 4.500 años, adaptaron este principio a la construcción, sentándose así los fundamentos de los primeros y rudimentarios instrumentos de posicionamiento y nivelación de estructuras, tales como la escuadra o las crucetas, que se hacían de plomo y de madera. Los constructores de entonces tuvieron así una visión clara y precisa de la verticalidad producida por una plomada; las primeras eran de piedra y de forma generalmente oval, lo cual era entonces un detalle irrelevante.

Estos instrumentos tan simples, que han permanecido prácticamente inalterados, han seguido utilizándose hasta nuestros días. La invención del nivel de burbuja, en los albores de la revolución industrial, permitió la fabricación de unos aparatos de nivelación más perfeccionados y con un coste asequible.

El entonces emergente **nivel de escuadra**, que permitía establecer con facilidad planos verticales y horizontales, pronto se reveló como un instrumento preciso, rápido y de fácil manejo, con él se iban a mejorar considerablemente las condiciones de trabajo.

Pero había algo que el nivel de escuadra no podía hacer fácilmente, era la transferencia exacta de un punto entre dos planos no horizontales. En este aspecto la plomada iba a continuar siendo un instrumento indispensable el ámbito de la construcción.



Un fragmento del papiro de Rhind y el nivel de escuadra.

Por otra parte, sabemos que los egipcios también eran capaces de replantear las parcelas que periódicamente inundaba el Nilo. *El papiro de Rhind*, descubierto en Tebas en 1858 y datado 3.000 años antes J.C., nos aseguran que contiene 87 problemas de aritmética, álgebra, geometría... con sus soluciones; mide 5 m de longitud por 32 cm de anchura y nos indica el nivel de matemáticas alcanzado por los constructores de pirámides. Los problemas que tenían que resolver eran puramente prácticos, como el anteriormente mencionado de recalcular los terrenos que habían estado inundados por las crecidas anuales del Nilo. En Turín existe otro papiro en el que se representan otros aspectos de aquellos planos parcelarios.

También se conservan reglas graduadas y algunas estatuas de agrimensores con sus cuerdas enrolladas alrededor del cuello, que utilizaban para medir y que en cada codo tenían un nudo.¹

A estos agrimensores, los griegos los llamaban *arpedonaptos*, que significa algo así como *los que echan la cuerda*, de ahí las voces francesas *arpentage* y *arpenteur* para definir lo que en español llamamos agrimensura y agrimensor. Durante el Im-

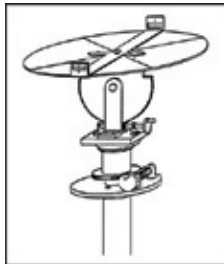
1 El codo (meh) era una unidad de longitud que medía unos 0,45 m.

perio Romano los agrimensores se establecieron como una profesión perfectamente regulada, ellos crearon las divisiones básicas del imperio, así como un registro para establecer los impuestos sobre las tierras conquistadas.



*Agrimensor egipcio y sus ayudantes
llevando la cuerda de medir y otras herramientas.*

Para la medida de ángulos horizontales utilizaban un aparato llamado **dioptra**, que ya era conocida por Arquímedes y Euclides en el siglo III AC. El matemático griego Herón de Alejandría (10-70 DC) lo describió en un tratado titulado precisamente *Dioptra*. En esa obra, al círculo graduado horizontal del instrumento, se le añade otro vertical. También allí se describía un instrumento de medida de distancias llamado odómetro. Se hablaba también de cadenas y cuerdas anudadas en codos para la medida de longitudes y se recurre al nivel de agua para determinar las diferencias de altitud. Igualmente nos habla de la groma para el trazado de perpendiculares, que era algo parecido a lo que, hasta ayer, llamábamos escuadra de agrimensor.



Interpretaciones modernas de la groma y la dioptra romana.

La palabra romana **groma** o *gruma* es probablemente una alteración de la palabra griega *gnomon* –νόμων- “indicator”; Martín López² dice que el instrumento equivalente griego era el asteriskos (estrella), que consistía en una pértiga vertical, que soportaba, en su extremidad superior, otra pieza formada por dos brazos horizontales iguales de hierro (Martín López dice que de madera), que medían aproximadamente medio metro de longitud, unidos en ángulo recto (*estela*), con unos puntos de mira en sus extre-

2 Martín López, J. “Historia de la cartografía y de la Topografía” Editado por el Instituto Geográfico Nacional. Madrid.

midades (*cornicula*); de cuyos brazos colgaban cuatro plomadas; este bloque, a su vez, descansaba sobre el pivote (afilado) de la extremidad superior de la pértiga, llamado *ferramentum*, así la cruceta podía girar alrededor de él, que hacía de eje vertical.

La groma servía principalmente para trazar alineaciones y direcciones perpendiculares. Por abuso del lenguaje, este término vino a designar el centro de un campamento militar romano o castro, donde también se situaba el foro cuando estos devenían en ciudades, y era la intersección de los dos ejes o líneas cardinales, el *cardo* (dirección N-S) y el *decumanus* (dirección E-O), el punto de partida de sus calles principales.

Los romanos adoptaron los instrumentos y métodos griegos, perfeccionándolos primero, para luego diseñar con ellos las grandes obras de ingeniería realizadas durante su imperio; y también las *centuriaciones*, que eran parcelaciones del terreno de las que existe constancia gráfica en forma de planos catastrales. La *centuria*, que aparte de su significado castrense (unidad de cien soldados, equivalente a la actual *compañía*) era la unidad de superficie utilizada y equivalía a unas 50 hectáreas.

La Topografía urbana no quedó al margen, pues, en los textos latinos, se cita con frecuencia el *Forma Urbis Romae*, un gran plano de Roma de 13 m de altura por 18 de anchura, grabado sobre 151 placas de mármol y realizado entre los años 203 y 208 DC.

Vitrubio, en siglo I AC, describió un nivel de agua al que llamaron **chorobates** o **corobates**. Se trataba de un instrumento ya conocido por los griegos, cuyo diseño se atribuyó a Carpos de Alejandría, muy adecuado para nivelar el terreno con una cierta precisión. Era una especie de bancada de hasta 20 pies de largo (casi 6 m), con un surco longitudinal en la parte superior que se rellenaba con agua y en cuyos extremos se colocaban miras para lanzar las visuales a los puntos a nivelar. En otros trabajos se puede leer que el acanalamiento de la bancada era de 1,5 m de longitud y una pulgada de profundidad. Del tablero, y en las proximidades de las esquinas, pendían cuatro plomadas. La horizontalidad se obtenía colocando la superficie del líquido en reposo y para hacerlo con mayor precisión había que tener en cuenta ese juego de plomadas. Vitrubio, como Herón, también también hace referencia a unos carros medidores de distancia mediante un dispositivo que contaba las vueltas de sus ruedas; se le llamó **Odómetro** en unos sitios, **Perambulator** en otros y también **Rueda de Withmann**.



Interpretación del Corobates.



El perambulator u odómetro según figura en el catálogo de 1901 de la firma madrileña Hijo de Recarte.

Con motivo de la exposición *Ingeniería romana en España* (marzo-julio de 2002), en el Museo Arqueológico de Madrid, pudimos ver una reconstrucción de un corobates.

2 Y después vinieron el cuadrante, el astrolabio y la ballestilla.

Durante la Edad Media, uno de los libros escritos para conocer los recursos del Reino de Inglaterra fue el Domesday Book, de Guillermo II (1086), se trata de una anticipación al Catastro, y dicen que cubría todo el país. En él figuraban ya los nombres de los propietarios de las parcelas, la superficie, su calidad e informaciones específicas de todo tipo sobre la zona y sus habitantes, pero no incluía mapas mostrando su exacta localización. Mas tardíamente, en España, podemos hablar de una obra similar, mandada hacer por Pedro I de Castilla, entre 1350 y 1366, era el libro de las Behetrías de Castilla.

Poco después, el matemático italiano Leonardo de Pisa, también conocido como Fibonacci (1170-1240), publicó el primer tratado de álgebra del occidente cristiano (1223) donde nos explicaba la manera de medir las distancias y alturas de puntos inaccesibles, aplicando la semejanza de triángulos, para ello empleaba un “nuevo” instrumento³ llamado **cuadrante**. Su descripción se remonta al Alamgesto del Gran Tolomeo, ~~de la estirpe de Cleopatra~~. Se trataba de un instrumento bastante grande al que los árabes dieron su propia conformación reduciendo su tamaño para hacerlo fácilmente transportable. Consistía en un cuarto de círculo, de madera dura y bien curada, dividido en grados, en uno de cuyos lados había una alidada de pínulas. El hilo del que pendía una pequeña plomada actuaba como índice en el limbo graduado para la medida angular, a la vez que señalaba la vertical. Este instrumento, con relativamente pocas variantes, permaneció en uso hasta pasado el siglo XVIII.

Entre los “nuevos” instrumentos angulares cabría destacar también el **astrolabio** (portador de estrellas) instrumento sencillo que, como el cuadrante, fue adquiriendo complejidad a medida que se le encontraban nuevas aplicaciones. Dice la leyenda que lo descubrió Tolomeo cuando un asno pisó su esfera celeste, aunque hay algunos malpensados se lo atribuyen a Hiparco de Nicea (190-120 AC), quien, en su día, estimó la distancia de la Tierra al Sol y editó el primer catálogo en el que reseñaba nada menos que 850 estrellas con sus posiciones y brillos.

Parece ser que, el astrolabio fue introducido en Europa por los árabes y que estaba especialmente diseñado para hacer mediciones astronómicas, lo que no impidió su uso en levantamientos topográficos. Nos lo describe Raimundo Lulio, en 1295, como un instrumento de navegación muy corriente en el Mediterráneo. Básicamente era un círculo graduado a intervalos de 5 minutos de arco y dotado de un brazo-alidada de puntería, que giraba alrededor de su centro, todo ello suspendido de una anilla. Se podía utilizar en vertical y en horizontal, según se midieran ángulos cenitales o acimutales. Por otra parte, las primeras noticias del uso de Cartas de Navegación por marineros occidentales se registraron en el segundo cuarto del S. XIII.

Otro instrumento sencillo de medida de aquella época, que se empleó tanto en navegación como en topografía, fue la **ballestilla**, también conocida como *báculo de Jacob*, en reconocimiento a Jacob Ben Makir, que parece ser que fue su inventor, en el S. XIII. Otro judío provenzal, Leví Ben Gerson, la describe en 1342 diciendo

³ Aunque a decir verdad era ya bastante antiguo y conocido por los árabes, que se beneficiaron de los trabajos greco-romanos en este campo antes que los europeos.



Un astrolabio y la reproducción de un cuadrante de la época (Museo Naval de Madrid).

que constaba de dos piezas de madera, la mayor, llamada *flecha* o *radio*, y la menor, *martillo*, *sonaja* o *traversario* que se deslizaba por la primera conservándose siempre la ortogonalidad entre ellas.

Como en el caso del astrolabio y del cuadrante, la ballestilla se empleaba para determinar la altura de los astros sobre el horizonte; una vez hecha la coincidencia horizonte-astro se leía la distancia angular en la flecha. En topografía se utilizaba, tanto en la medida de ángulos, como en la determinación de distancias por semejanza de triángulos. Además de las denominaciones anteriores también se la conoce como, *cruz geométrica* o *varilla dorada*. En la segunda mitad del siglo XV el astrónomo Regiomontanus se refiera a ella como *radio astronómico*.

Abordamos ahora el problema de las graduaciones; Tolomeo nos habla de ello en el primer libro del Almagesto, allí menciona la división de la circunferencia en 360 partes, y estas, a su vez en otras 60 unidades. Se dice que este sistema de unidades fue introducido en Grecia por Hiparco de Nicea, hacia el siglo II antes de Cristo, y que muy probablemente fue importado de la India o de Egipto, cuyos astrónomos lo empleaban en sus instrumentos de medida para determinar las coordenadas de los astros. En otro lugar se puede leer que procedía de Babilonia y la cifra de 360 hace referencia a los días del año lunar.



Una ballestilla de tres sonajas y su empleo.

3 Dicen que Marco Polo trajo la brújula de oriente.

La brújula magnética⁴ es uno de esos instrumentos que, por modestos que sean, no dejan de ser importantes en la historia de la topografía y de la navegación. Probablemente se inventó en China, dicen que durante la dinastía Qin (221-206 AC), otros se remontan mucho más atrás y la datan 2500 años AC, pero no nos lo creemos demasiado. Eso sí, dicen que los chamanes chinos utilizaban imanes naturales o piedras de magnetita⁵ que colocaban sobre unas tablillas, con determinados signos grabados en ellas, con las que predecían el destino de las personas. Después alguien se dio cuenta que los imanes eran más útiles como indicadores de determinadas direcciones y el destino la brújula cambió.

Lo que podríamos llamar aguja indicadora era al principio un trozo de magnetita en forma de cuchara (o paleta) que, colocado sobre una superficie de bronce pulido, indicaba siempre la dirección sur.



La brújula china (de cuchara) y la de navegación.

Otros nos cuentan que para hacer las primeras brújulas se colocaban imanes sobre una tabla de madera cuadrada que contenía inscripciones indicando los puntos cardinales y ciertas constelaciones conocidas relacionadas con ellos. Hacia el siglo VIII de nuestra era, las agujas magnéticas utilizadas como indicadores de dirección sustituyeron a los imanes naturales (en forma de cuchara o paleta) y, hacia el año 1000, buena parte de las embarcaciones chinas ya estaban dotadas de este tipo de instrumentos destinados a hacer la navegación más segura y con mayor radio de acción.

Al principio, los chinos introducían una aguja magnética en el interior de un trocito de caña, que se hacía flotar sobre el agua de un recipiente para indicar la dirección, pero el invento solo funcionaba bien si el mar estaba en calma.

Además de los fideos, se cuenta que Marco Polo fue quien introdujo la brújula en Europa, aunque hay quien opina que fueron los árabes los que antes la pasearon por

4 Hay otro tipo de brújulas llamadas giroscópicas o girocompás que se orientan a la dirección del norte geográfico.

5 Mineral compuesto de óxido de hierro que se orienta en una dirección aproximada al polo norte.

el Mediterráneo y supongo que más de uno se fijaría en ella. De todos modos parece que fueron los italianos quienes se encargaron de darla forma y mejorar su soporte, pues, como acabamos de decir, hasta entonces las brújulas utilizadas en navegación eran simples agujas de hierro, imantadas por frotación cada cierto tiempo con una piedra de magnetita y colocadas sobre una tabla de madera que flotaba sobre el agua de un recipiente ad hoc.

Cuentan que un armero de Positano (famoso balneario cercano a Nápoles), llamado Flavio Gioia (1260-1315), modificó su montaje, pegando la aguja sobre un disco de cartón en el que previamente se había dibujado una **rosa de los vientos**, haciéndola así más práctica para la navegación. También tenía marcadas las divisiones de la circunferencia, en grados, y 32 direcciones celestes. Este ha sido el modelo de brújula náutica que, con algunas variantes, ha perdurado, prácticamente, hasta mediados del siglo XX.

Por su parte, el alquimista francés Pierre de Marincourt (Peter Peregrinus de Maricourt), en 1269, escribió su Epístola a Magnete, en ella se hace una descripción de la brújula diciendo que la aguja se monta sobre un pivote metálico, apoyado en su centro de gravedad y situado en el centro de una caja de madera cerrada por un cristal transparente. De hecho la palabra brújula, parece ser que deriva de la expresión buxula, en referencia a que la caja que contenía la aguja estaba hecha de madera de boj o boxus.

No recuerdo dónde he leído que, a comienzos del siglo XIV, se hablaba de una brújula portátil metida en una caja de madera, apoyando la idea de que la brújula seca era ya conocida en Europa por esa época. Ese modelo de brújula, con la aguja pegada a un cartón que le hacía girar alrededor de un eje-soporte, también se describe en un comentario de la Divina Comedia de Dante (1380) que dice así *“Los navegantes tienen una brújula que en el medio tiene enclavada con un perno, una ruedecilla de papel liviano que gira en torno a dicho perno; la ruedecilla tiene muchas puntas y una de ellas tiene pintada una estrella traspasada por una punta de aguja; cuando los navegantes desean ver dónde está la tramontana, marcan dicha punta con el imán”*.

Con la brújula se produjo durante la Edad Media un salto cualitativo de considerable importancia en la historia de la topografía y la navegación, condicionando de alguna manera sus métodos e instrumentos.

A partir del siglo XVI, la caja de la aguja se mantuvo en equilibrio mediante un mecanismo de suspensión que permitía conservar la horizontalidad por medio de dos ejes que giraban uno alrededor de otro, inventado por un científico (médico y matemático), también italiano, llamado Girolamo Cardano (1501-1576), por eso, a este mecanismo, lo llamamos cardan.

Fue en 1936 cuando el finlandés Tuomas Vohlonen construyó la primera brújula portátil en el interior de un recipiente lleno de líquido, en principio diseñada para uso individual. Desde entonces las brújulas actuales de navegación utilizan una aguja o disco magnetizados dentro de una cápsula llena con algún tipo de líquido, generalmente aceite, queroseno o alcohol; dicho fluido hace que la aguja se detenga más rápidamente en vez de oscilar repetidamente a un lado y otro del norte magnético.

A principios del siglo XX, algunas brújulas tenían un accesorio formado por un soporte rectangular de latón que permitía utilizarlas como transportador de ángulos, y con el que se podían tomar medidas exactas de rumbos directamente de un mapa⁶ y, si tenían un borde achaflanado y graduado, se podían también medir o referir distancias en el plano. Este sistema se ha aplicado también a las brújulas modernas; en los comercios del ramo se pueden ver unas pequeñas brújulas embutidas en una placa de plástico con escalas laterales para tomar medidas de distancias en mapas, y con marcas luminosas para usarla en condiciones de escasa luminosidad, junto a mecanismos ópticos de acercamiento y observación (espejos, prismas, etc.) para facilitar la toma de medidas a objetos lejanos con cierta precisión.

Por lo visto, la brújula se utilizó por vez primera como herramienta de orientación en la minería subterránea en la ciudad minera de Massa (Italia). Allí, desde el siglo XIII, venían empleándose agujas magnetizadas flotantes para determinar la dirección de los túneles. En la segunda mitad del siglo XV, la brújula formaba parte del equipo básico que utilizaban los mineros de Tirol, y poco tiempo después se publicó un tratado que contenía los usos de la brújula en trabajos subterráneos, escrito por el minero alemán Rühle von Calw (1463-1525). La brújula minera por excelencia es la llamada brújula de suspensión, que se colgaba de un cable para la toma de rumbos en la galería, que se ha seguido fabricando, al menos, hasta hace 25 años por casa Breithaupt.



Brújula minera de suspensión Breithaupt con clinómetro (catálogo de 1976).

El ingeniero geógrafo francés, Michel Maissiat (1770-1815), perfeccionó la brújula añadiéndola un círculo graduado (o semicírculo) vertical y otras mejoras dentro del campo de aplicaciones topográficas; creaba así un instrumento de fácil manejo, resistente, rápido y más seguro que la plancheta, convirtiéndola en un aparato de uso universal, destinado a trabajos de mediana precisión y expandiendo su uso por todo el mundo.

En los levantamientos topográficos, las brújulas se emplearon principalmente en los trabajos de relleno, midiendo los ángulos horizontales (rumbos) que formaban las visuales dirigidas a los puntos más representativos del terreno, con la dirección del polo norte magnético, y los verticales para determinar el desnivel entre el punto de estación y el punto visado y luego se medía la distancia entre ellos.

⁶ Ver ficha III-8-2.

El ángulo formado entre el polo norte magnético y el polo norte verdadero se llama declinación y está sujeto a variaciones geográficas seculares, anuales, mensuales y diurnas, además de otro tipo de variaciones accidentales, como las derivadas de la presencia de minerales y materiales férricos en las proximidades.

En el **Renacimiento**, cuando el hombre era la medida de todas las cosas, se sintió la necesidad de ir más allá en la medida de las distancias y de los ángulos, tanto por motivos militares (recordemos la aparición de la artillería) como para la navegación (es la época de los grandes descubrimientos). Aparecen de nuevo los métodos indirectos de medida de distancias y altitudes de objetos a partir de medidas angulares, basados en la semejanza de triángulos.

Bajo el imperio de Carlos V, se encargaron los primeros mapas de los Países Bajos a un cartógrafo y topógrafo flamenco llamado Jacob van Deventer (1500-1575). Se dice que fue su discípulo Gemma Frisius (1508-1555) quien tuvo la idea de establecer ¿por vez primera? una cadena de triángulos para cartografiar un territorio. Este hombre había creado en Flandes un taller de construcción de instrumentos matemáticos (que así llamaron entonces a este tipo de aparatos) que pronto adquirió cierta notoriedad. Precisamente, y también por encargo del Emperador esa triangulación se hizo con instrumentos por él fabricados. Así mismo hizo otros encargos para el Cesar Carlos destinados a abastecer al Imperio, principalmente cuadrantes y brújulas.



La escuadra romana de Orme.

Amparo Verdú nos cuenta que su hijo, Felipe II, encargó al matemático de la Universidad de Alcalá Pedro de Esquivel la elaboración de un gran mapa de España para el que se construyeron los instrumentos de observación necesarios. En 1566 inició los trabajos de campo, y aunque no se conoce con certeza el destino de este mapa. Hay quienes creen que puede ser el conocido como Atlas de El Escorial, compuesto por veinte hojas que forman un mapa de la Península que, por su carácter reservado, no llegó a publicarse nunca, quedando depositado en sus archivos.

Otro instrumento netamente topográfico y que aparece referenciado en esta época fue la **escuadra de agrimensor**⁷, construido a partir de un cilindro metálico dotado de unas

7 Isaac Moreno "Topografía romana". Topografía y Cartografía. Vol. XXIII-nº137. Nov-Dic 2006.

ranuras verticales, que definen de forma precisa una serie de planos verticales, llamados meridianos, de modo que las alineaciones a través de éstas presentan valores angulares de 45 o 90 grados, en función de su disposición.

Desde el siglo XVI se venía mencionando este instrumento en tratados relacionados con la agrimensura, en los que se describía pormenorizadamente su uso. Pero, ahora sabemos que se trataba de un aparato bastante más antiguo, se remonta a la época romana; en el museo de Coblenza (Alemania), había catalogada una escuadra del tiempo de los romanos que, según parece, desapareció después de la Segunda Guerra Mundial. En 1997 y durante las obras de construcción de la autopista A29, entre Amiens y Saint Quintín, en la Picardía (Francia), se halló otro ejemplar de la misma época y excelentemente conservado, lo que permitió realizar un estudio sobre el grado de precisión del aparato, representado en la figura de la página anterior.

Esta escuadra, denominada de l'Orme, por ser este el lugar de su hallazgo, posee 16 pínulas de 0,6 mm de anchura y permitía medir ángulos de $22^{\circ} 30'$ ($360/16$) y sus múltiplos. Su campo de visión era de 39 cm para una visual de 50 m. A la vista de las pruebas realizadas, se podría deducir una precisión angular de hasta medio grado, lo que nos induce a pensar que la escuadra de agrimensor era un instrumento más perfeccionado que la groma, y con el que se conseguían resultados más precisos, pues tenía la ventaja de no verse afectada por el viento, que entorpecía constantemente el trabajo con la groma, al no dejar quietas a las plomadas.

4 Y para medir distancias ¡Vivan las caenas!

Además de con la cuerda anudada, de cáñamo bien curado e impregnado en algún tipo de resinas, breá o pez, en aquellos tiempos las distancias se medían también con las **perchas** (del latín *portare*). Se trataba de unos reglones de madera de buena calidad, generalmente de abeto bien curado, embebido en aceite hirviendo y barnizado después, que podían medir desde

10 pies (de ahí su nombre latino *decenpeda*) hasta 20. En el siglo XVIII, las que menciona Sicre⁸, son de 10 y equivalen a una

longitud de entre 2,40 y 3 metros, según regiones (en Italia y Francia solían ser de 2.963 m). Más o menos en la misma época, Jorge Juan y Ulloa se refieren a otras de 20 pies, cuando describen la medida de la base de la triangulación realizada por la expedición hispano-francesa que fue a medir el grado de meridiano en el Ecuador (entonces perteneciente al Virreinato



La cadena de agrimensor.

8 Teresa Sánchez Lázaro "Instrumentos Topográficos del siglo XVIII". Informes de la Construcción, Vol. 41 n° 405, enero-febrero, 1990.

de Perú). Los reglones más modernos solían tener una longitud entre 2 y 5 metros, cuyos extremos estaban guarnecidos con cantoneras de cobre, y su longitud debía ser periódicamente contrastada contra un patrón.

La invención de la **cadena de agrimensor** unos la atribuyen a un matemático y cartógrafo inglés llamado Aaron Rathbone (1572-1618) y otros a su paisano, coetáneo y colega Edmund Gunter (1581-1626). Hoy equivaldrían a las cintas métricas o rodetes metálicos. Estaban formadas por una serie de eslabones, cuya forma era la de una varilla de hierro con anillos en los extremos y unidos entre sí, generalmente del tamaño de un pie; las cadenas más largas solían medir 100 pies, aunque la cadena inglesa más común era de 66 pies de longitud (20 m aproximadamente) y estaba formada por 100 eslabones de 7,92 pulgadas. Se ha utilizado durante más de 300 años con pequeñas variaciones, fundamentalmente en el tipo de unidad empleada. En España se empleaban cadenas de 10 varas (cerca de 8 m en Aragón y de 8,36 en Castilla) según nos cuenta el Sr Sicre, en el mencionado artículo de Teresa Sánchez Lázaro, que veremos más adelante. Con la llegada del Sistema Métrico Decimal los eslabones de los modelos más modernos pasaron a ser de 20 cm y las cadenas medían 10 y 20 m (de 50 y de 100 eslabones). Según Martín López⁹, en España se utilizaron cadenas en la delimitación de los términos municipales para la formación del Mapa Topográfico Nacional, aparte de otras aplicaciones, generalmente, más relacionadas con la agrimensura.

A partir del siglo XX, las cadenas fueron, poco a poco, sustituidas por las cintas métricas o rodetes, en sus modalidades de acero, de tela (armada con hilo metálico) y de poliéster que hoy conocemos. No obstante, en el catálogo de Breithaupt de 1987 seguían ofreciéndose cadenas de agrimensor de acero galvanizado, de 20, 25, 30 y 50 metros, marcados con chapitas como las antiguas, y con eslabones de 25 cm, con sus juegos de agujas y todo.

5 Un Tour por el Puy de Dôme con D. Blas Pascal y...

Hacia 1643, el que fuera amanuense de Galileo cuando este quedó ciego, Evangelista Torricelli (1608-1647), intentando resolver un problema de fontanería que le habían presentado los bomberos de Florencia, demostró que la presión del aire era suficiente para hacer subir una columna de mercurio hasta 76 cm y construyó el primer **barómetro** (1644), gracias al cual se pudieron determinar desniveles y altitudes, aunque sin mucha precisión, pero la suficiente para la cartografía a determinadas escalas.

Blas Pascal, niño prodigio donde los haya¹⁰, ya conocía los experimentos con barómetros de su amigo Evangelista y, hacia 1646, comenzó a cuestionarse qué fuerza era la que hacía que parte del mercurio se quedase dentro del tubo y qué era lo que llenaba el espacio por encima del mercurio hasta el final del tubo. Un año después publicó *Experiences nouvelles touchant le vide* (*Nuevos experimentos sobre el vacío*), donde detallaba una serie de reglas básicas que, de alguna manera, justificaban este comportamiento.

⁹ Historia de la Cartografía y de la Topografía. C.N.I.G.-IGN.

¹⁰ A los 16 escribió un ensayo sobre las cónicas y a los 19 inventó una "máquina aritmética" de calcular.

El 19 de septiembre de 1648 y tras algunos meses de preparación, Pascal realizó, junto al marido de su hermana mayor, un tal Florin Périer, el experimento esencial para demostrar la relación entre la presión atmosférica y el desnivel del terreno. Nos lo contaba su cuñado, con estas palabras:

“El clima incierto el pasado sábado (...) [pero] alrededor de las cinco de la mañana (...) se hizo visible el *Puy-de-Dôme* (...) por lo que decidí hacer un intento. Varias personas importantes de la ciudad de *Clermont* me pidieron que les hiciera saber cuándo haría la ascensión (...) estaba encantado de tenerles conmigo en este gran trabajo (...)”.

“(...) a las ocho llegamos a los jardines de la Orden de los Mínimos, que tiene la menor elevación en la ciudad (...) Primero vertí dieciséis libras de *mercurio* (...) en un recipiente (...) luego tomé diversos tubos de cristal (...) cada uno de cuatro pies de largo y herméticamente sellados en un extremo y abiertos en el otro (...) luego los coloqué en el recipiente [de mercurio] (...) y observé que el mercurio ascendía hasta 26 pulgadas y $3\frac{1}{2}$ líneas¹¹ por encima del mercurio del recipiente (...) Repetí el experimento dos veces más estando sobre el mismo lugar (...) con el mismo resultado en cada ocasión (...)”.

“Adherí uno de los tubos al recipiente y marqué la altura del mercurio y (...) solicité al Padre Chastin, de la Orden de los Mínimos (...) que vigilase si ocurría algún cambio a lo largo del día (...) Tomando el otro tubo y una parte del mercurio (...) anduve hasta la cima del *Puy-de-Dôme*, unas 500 brazas¹² más alta que el monasterio, en dónde el experimento (...) mostró que el mercurio alcanzaba una altura de sólo 23 pulgadas y 2 líneas (...) Repetí el experimento cinco veces con cuidado (...) cada uno en diferentes puntos de la cima y resultó la misma altura del mercurio, en cada caso...”.

No sé si las nuevas generaciones de aficionados al ciclismo habrán oído hablar del Puy-de-Dôme, nosotros lo conocemos mejor porque, hasta hace pocos años, era una etapa casi obligada del Tour de Francia, donde aquellos míticos corredores españoles de los años cincuenta y sesenta del siglo pasado, Federico Martín Bahamontes (ganador del Tour de 1959) y Julio Jiménez solían hacer alarde de poderío. También fue el escenario del duelo entre Raymond Poulidor y Jacques Anquetil, en el Tour de 1964, uno de los hechos más memorables de aquella cima.

Aquel viejo volcán, de 1.464 m de altitud, fue sin duda alguna, mucho más famoso en España por el ciclismo que por los experimentos de D. Blas; quién, poco después, repitió el ensayo en París, llevando su barómetro hasta lo alto del campanario de la iglesia de Saint-Jacques-de-la-Boucherie¹³, de unos cincuenta metros de altura, descendiendo el mercurio unas dos líneas. Estos y otros experimentos de Pascal

¹¹ Línea: aproximadamente 2 mm (duodécima parte de una pulgada).

¹² Braza: Una braza española equivale 1,6719 metros y una braza inglesa a 1,8288 metros, no sé si había brazas francesas pero estas dos cifras nos pueden dar una idea de su valor.

¹³ De la que hoy solo queda la famosa tour Saint-Jacques, tras los trabajos de “cosmética urbana” llevados a cabo durante la Revolución de 1789.

fueron aclamados por la Europa de entonces por establecer el principio y el valor del barómetro para la determinación de las altitudes. Poco después, con ese instrumento se hizo la altimetría de un mapa de Suiza ¿el primero? con representación del relieve y sus altitudes principales, publicado en 1712.

Dos siglos después que Pascal demostrara la relación entre la altitud y la presión, su paisano Lucien Vidie inventó un modelo de barómetro (1844) mucho más cómodo y resistente que el de mercurio, al que le llamó holostérico o anerode, y cuyo funcionamiento se basa en las deformaciones que las variaciones de presión producen en los metales, debido a su elasticidad, y que son transmitidas a una aguja que indica su valor sobre un círculo graduado en mm de Hg y en hectómetros. Este ha sido el modelo de barómetro más utilizado a lo largo de la historia.

6 Del nivel de agua al nivel de anteojo, pasando por el de burbuja.

Antes hemos visto como se las apañaban los romanos para calcular desniveles con ese artilugio llamado corobates, luego D. Blás Pascal nos dio una idea para nivelar y calcular altitudes en grandes territorios; pues bien, heredero del corobates fue el **Nivel de agua**¹⁴, que según Perini (1750) se trataba de un instrumento formado por una caja alargada de madera que contenía en su interior un tubo metálico que comunicaba tres vasos entre sí. Para ponerlo en estación había que colocar la caja más o menos horizontal, comenzando por verter agua en uno de los vasos y, observando su curso, se modificaba la inclinación de la caja hasta que el agua alcanzaba el mismo nivel en los tres vasos. Para mantener esa situación estable se ataba la caja, en esa posición, con una cuerda a un gancho.

Melquisedec Thevenot (ca.1620-1692) aportó la idea de construir **el nivel de burbuja o nivel de aire**, pero la falta de apoyo y de recursos técnicos de la época impidió su realización práctica hasta cien años después. Nos cuenta M. Ruiz Morales, en la Revista Topografía y Cartografía¹⁵, que en el domicilio de este hombre se gestó la creación de la Academia de Ciencias de Paris, hacia 1666.

No existe certeza acerca de la fecha en que aparecieron los niveles de burbuja, pero en 1671, un ingeniero geógrafo militar francés, llamado Moesson, escribió un libro sobre fortificaciones donde aparece un nivel de burbuja acoplado a una alidada, quizás sea este también el origen del nivel de anteojo, aunque otro francés, llamado Antoine de Chezy (1718-1798), director de la Escuela de Puentes y Caminos, en 1770 construyó un anteojo dotado de nivel de burbuja esférico; no tenía tornillos nivelantes y se colocaba sobre un trípode de tal forma que le permitiera girar alrededor de un pivote horizontal.

Ahora sabemos que, a través del retículo de un anteojo dotado de un nivel de burbuja, se pueden lanzar visuales horizontales a las miras para determinar el desnivel entre el punto de estación y los demás puntos visados, y por tanto sus altitudes. Pero también entonces alguien debió de intuirlo y combinando adecuadamente

¹⁴ Ver ficha III-2-8.

¹⁵ Vol. XIX nº 113-2002.

una plataforma nivelante, un nivel de burbuja y un anteojo fueron capaces de crear unos instrumentos denominados **niveles ópticos**, que garantizaban de forma eficaz la horizontalidad de la visual.

Como ya se ha comentado, la determinación expedita de altitudes, que hasta mediados del siglo XIX se había llevado a cabo con barómetros de mercurio, se vio favorecida por la invención del **barómetro aneroide**, gracias al ingenio de Lucien Vidi, en 1847, mucho más reducido, más resistente y más práctico que el de mercurio.

Por otro lado, también mediado el siglo XIX se iniciaron en muchos países de Europa los trabajos de la nivelación de precisión de su territorio, para ello se recurrió a estos niveles de anteojo, pero ya más perfeccionados.

7 Llegan las planchetas, pero siguen los goniómetros: El Grafómetro.

Parece ser que la plancheta¹⁶ la inventó un suizo llamado Leonard Zubler (1563-1609) que la vendía como “un nuevo instrumento geométrico que permite medir todas las dimensiones de altura, anchura, longitud y profundidad fácilmente y sin cálculo”, pero la popularizó un profesor



La plancheta y su uso.

bohemio ¡ojo, de Bohemia! de la Universidad de Altorf, al comienzo del siglo XVII, llamado Johannes Praetorius (1537-1616), razón por la que se la conoce también con el nombre de “mensula praetoriana”¹⁷ o “tavoleta pretoriana” en Italia.

El invento consistía en un tablero horizontal que giraba alrededor del eje vertical, soportado por un trípode. El tablero se orientaba con una declinatoria y se nivelaba con un nivel de burbuja. Sobre él se fijaba una hoja de papel de dibujo y sobre este una alidada, de pínulas al principio, y de anteojo más tarde, con la que se trazaban sobre el papel las líneas correspondientes a

las visuales dirigidas a los puntos más representativos del terreno a levantar y se medía su distancia al punto de estación (las coordenadas polares) o se determinaba el punto por intersecciones desde los extremos de una base. El instrumento se podía situar, también en los vértices de una poligonal previamente establecidos y desde ellos se radiaban los puntos de interés para el levantamiento. Generalmente

¹⁶ Ver fichas III-3-10, III-3-12 y III-3-44.

¹⁷ Straub, A. H. of Civil Engineering. Londres. 1960.

no se hacían medidas angulares, salvo los ángulos de elevación o depresión, para la determinación de la cota, sino que directamente se representaban gráficamente las direcciones y se medían las distancias con la cadena de agrimensor (o con las perchas), que se llevaban al papel a la escala convenida.

Tuvieron mucho éxito y fueron de gran utilidad en los levantamientos de los mapas franceses e italianos, principalmente en el siglo XVIII y buena parte del XIX. En España, no sabemos exactamente las causas, pero no tuvo tanta aceptación, quizás porque no se hizo realmente cartografía en serio hasta bien entrado el siglo XIX, cuando la taquimetría, los goniómetros y las brújulas resultaban más confortables y rápidos.

Se dice que fue Niccolò Fontana Tartaglia (1500-1557) quien transformó la escuadra de agrimensor en un **grafómetro** aplicándole un círculo graduado y en algunos casos añadiendo una aguja magnética, o brújula, en el centro¹⁸, pero otras fuentes señalan que fue un ingeniero, inventor de instrumentos científicos y eminente grabador inglés, instalado en París, llamado Philippe Danfrie (1531-1606) quién, hacia 1597, lo describió en un tratado¹⁹, donde también daba instrucciones acerca de su uso.



Arriba el grafómetro de pínulas y a la derecha un círculo holandés (h. 1650) (Museo Galileo).



Los grafómetro²⁰ estaban constituidos por un semicírculo horizontal de latón, dividido en grados y solidario de una alidada que se dirigía hacia el punto de referencia. Sobre el conjunto se deslizaba otra alidada que se dirigía al otro punto a medir

18 Evaristo Luciani. "History of Land-Surveyor and Surveyors. From the origins up to 1900". Consiglio Nazionale Geometri. Roma Julio 1978. p. 213.

19 Declaration de l'usage du Graphometre...? Paris 1597.

20 Ver ficha III-3-7.

dotada de un nonio o vernier en el que se podía leer el ángulo, generalmente, con una precisión de un minuto. Solían llevar también una pequeña brújula en el centro y se colocaba sobre algún tipo de soporte vertical, tal como un chuzo o un trípode de espiga, situado en el vértice del ángulo a medir.

En la segunda mitad del siglo XVII, se le ocurrió a alguien, que debía ser holandés (ya se dirá por qué) la idea de asociar, en un solo instrumento, un astrolabio y una brújula, que poco después, y con algunas mejoras, se transformaría en el llamado **círculo holandés**; instrumento que no debió tener mucha aceptación, pues son bastante raros de encontrar en los museos. A diferencia del grafómetro francés, este instrumento es de círculo completo y colocado sobre un trípode permite la lectura de ángulos horizontales y, como el grafómetro, frecuentemente lleva acoplada una pequeña brújula. Este aparato estuvo muy ligado al desarrollo de la cartografía del siglo XVII, en el país que le dio nombre. Dicen, que de él derivó el grafómetro, aunque, como hemos visto en párrafos anteriores, para entonces ya estaba inventado.

Casi 200 años después, un matemático extremeño llamado, Juan Justo García (1752-1830), nos decía en su obra *Los elementos de aritmética, álgebra y geometría* (Salamanca 1782), a propósito de este instrumento que, “Se coloca sobre un pie, y por medio de dos tornillos se le pone derecho, inclinado, o en cualquier otra situación que requiera la dirección de las miras a los objetos que forman los ángulos. Para dirigir a estos las líneas visuales hay una regla o alidada movable alrededor del centro que tiene en medio una línea central con una flor de lis en su extremo, que señala los grados. Al lado de ella hay doce divisiones, cada una de las cuales equivale por lo común a $11/12$ de grado o a $55'$, para sacar el valor del ángulo con más exactitud cuando la línea central no señala en el instrumento (un) número fijo de grados”¿?

Y continúa diciendo: “Cuando los objetos están a más distancia que de ocho a nueve mil varas, se usa de un antejo, que con otro colocado en el diámetro inmóvil, descubre con más claridad los objetos”. Aquí, no cabe duda que el autor ha errado en la distancia, pues si con los antejos actuales de 30 aumentos, resulta muy difícil ver un jalón a 2.000 m de distancia, con los de aquella época, que no solían pasar de 10 aumentos, resultaba imposible alcanzar las 9.000 varas (aproximadamente 7.500 m), lo más probable es que a esa cifra la sobre un cero, o más...

8 El antejo, su retículo y otras cosas.

Hasta ahora hemos hablado del antejo, o telescopio, sin conocer muy bien su origen. Roger Bacon (1214-1292), un monje inglés que, aparte de sus oraciones, dedicó su vida al cultivo de la astronomía y de la medicina. En esta última materia tuvo bastante éxito utilizando lentes para corregir los defectos de la visión (debió ser el primer oftalmólogo). Fue también uno de los precursores de las ciencias experimentales. Pues bien, trescientos años después, en 1608, un fabricante de lentes holandés, llamado Hans Lippershey (1570-1619) descubrió que, al combinar una lente convexa con otra cóncava, se producía un aumento de tamaño de los objetos observados que permitía ver con detalle cosas distantes, así inventó **el catalejo**. Una de las primeras piezas que fabricó se la regaló a Mauricio de Nassau para que la uti-

lizara en su guerra contra nosotros ¡será...! Para nuestro consuelo, hay quien opina que el inventor fue un óptico catalán, gerundense por más señas, llamado **Juan Roger** coetáneo suyo; pero, quien quiera que sea el inventor, parece ser que fue Galileo el primero que acertó en extraer del aparato un provecho científico decisivo para la ciencia con su rudimentario anteojo que apenas tenía 30 aumentos. Sesenta años después, Newton construía un telescopio de reflexión, que eliminaba la aberración cromática, que desdibujaba un tanto la imagen de los de refracción.

También los matemáticos y géometras posteriores vieron que este descubrimiento podía reportar grandes ventajas a los instrumentos topográficos sustituyendo en ellos a la alidada de pínulas, para darlos mayor alcance y precisión.

Unos aseguran que fue el gran astrónomo alemán Johannes Kepler (1571-1630) quien, en 1611, modificó el anteojo de Galileo para dar lugar al **anteojo astronómico** de imagen invertida y otros dicen que esto fue obra del jesuita Padre Schneider, astrónomo contemporáneo de Galileo. La mejora consistía en utilizar una lente convergente también en el ocular, con lo que se lograba aumentar el campo visual a costa de que las aberraciones se hicieran más notables, deteriorando un poco la calidad de la imagen. Este tipo de anteojo ha sido el más utilizado, con ligeras modificaciones, en topografía hasta que a principios del siglo pasado se inventó el de enfoque interno que veremos más adelante.

Luego apareció otro viejo conocido nuestro, llamado Christian Huygens (1629-1695), para colocar un **retículo** al anteojo, en forma de cruz, para afinar mejor las punterías por medio de una línea de fe, formada al unir el centro del retículo con el del objetivo, que se le llamó eje de colimación; modificó también la estructura del sistema óptico, creando el ocular que lleva su nombre, combinando lentes fabricadas con distintos componentes, con objeto de eliminar la aberración cromática.

Aparte de Huygens, parece ser que el Abate Picard (1620-1682), que era conocido en este mundillo por haber hecho una medida del arco del meridiano de París, también asoció, hacia 1668, un **retículo** al anteojo, formado por dos hilos de tela de araña dispuestos en cruz entre dos lentes planas. Había nacido un nuevo tipo de goniómetro para medir (por ahora) ángulos en el plano horizontal, a condición de mantener fijo el limbo en ese plano. Teniendo en cuenta que el descubridor del retículo era un religioso, podemos pensar que la idea de colocar una cruz en el anteojo fue de lo más oportuna y, si se puede decir, hasta milagrosa. Más o menos al mismo tiempo un tal William Gascoigne añadió a los goniómetros el tornillo de movimiento *lento*, también conocido como movimiento *particular* en los ambientes, que contribuyó considerablemente a mejorar la precisión de las visuales.

Antes de que el Abate Picard nos enseñara su retículo, un paisano suyo, el matemático **Pierre Vernier** (1580-1637) había ideado un nuevo sistema de índices para la lectura de los ángulos, al que dio nombre con su apellido, destinado a aumentar la precisión de las medidas angulares de los limbos. Otro vecino nuestro, el portugués Pedro Nunes había inventado, antes que Vernier, un mecanismo muy parecido que se llamó nonio, también en honor a su apellido, aunque no veo tan clara esa relación, pero será así... Treinta años después, otro polifacético científico inglés, Robert Hooke

(1635-1703), famoso por sus polémicas con Newton a cuenta de la ley de la gravitación universal, diseñó otro sistema de índices para la lectura de ángulos, pero esta vez lo bautizaron con el nombre de **tornillo micrométrico**, que se aplicaría también a los instrumentos topográficos con la misma finalidad que el nonio o el vernier.

9 Levando anclas. El siglo XVIII y los instrumentos de navegación.

Volvemos grupas ahora para retomar los instrumentos típicos de la navegación, recordemos que nos habíamos quedado plantados en la brújula, el astrolabio y la ballestilla; pues bien, a ese respecto hay que decir que, en el siglo XVIII, John Hadley (1682-1744), basándose en el Cuadrante de Davies²¹, construyó el Octante, este instrumento, cuya estructura era también de madera, permitió a los marinos medir el ángulo de elevación de un astro sobre el horizonte, con mayor exactitud que con los aparatos mencionados al principio. Angulo que, como sabemos, servía para determinar la Latitud del lugar de observación. Conociendo así una de las dos coordenadas geográficas necesarias para calcular la posición del buque en alta mar. Para calcular la otra coordenada, la Longitud, aún habrá que esperar un buen rato.

Una modificación del octante de Hadley dio lugar al **Sextante**. El culpable fue un tal John Campbell²² quien, en 1759, amplió el sector del instrumento anterior de 45° a 60°, dando lugar a un nuevo aparato que, por razones obvias, se llamó sextante. De paso se mejoraron algunas cosillas. Gracias a los nuevos desarrollos de las técnicas mecánicas de precisión, la madera fue definitivamente abandonada, en favor del metal como material de construcción de este tipo de aparatos, haciendo su empleo más flexible y preciso. Los constructores de instrumentos siguieron enredan-



El octante y el sextante.

21 Instrumento derivado de la ballestilla y descrito en la obra de Davies "Seaman's Secrets", que desde 1594 sustituyó al astrolabio y al viejo cuadrante. Se fabricó hasta principios del S. XIX.

22 Aunque otros se lo achacan a otro John, de apellido Bird, que vivió entre 1756 y 1760.

do y después crearon el **Círculo de Reflexión**, que, diseñado por Tobías Mayer, no era más que un sextante cuyo arco se prolongó hasta cubrir toda la circunferencia, pero parece ser que no tuvo mucho éxito, y dado que el sextante pareció colmar las expectativas de los marineros, siguió empleándose hasta hace muy pocos años con escasas modificaciones.

El caso de la determinación de la Longitud en alta mar fue bastante más complicado. Hasta que llegó un buen hombre²³, carpintero, herrero, mecánico y relojero, llamado John Harrison (1693-1776), que, en la Inglaterra de 1735, construyó y presentó a la Royal Academy el primer reloj marítimo de precisión, se le denominó H1 (en honor a la primera letra de su apellido). Desde entonces ha sido una pieza imprescindible a bordo de los buques para transportar y guardar permanentemente la hora de Greenwich por esos mares de Dios. La clave estaba en que el reloj tenía un sistema de compensadores para corregir el efecto de contracción y dilatación que las variaciones de temperatura y humedad tenía sobre sus piezas durante la singladura, al tiempo que se reducían las fricciones al mínimo. Hay que tener en cuenta que aquellas largas navegaciones de la época podían durar meses y años; y a todo esto había que contar con los movimientos del buque en alta mar que hacía aún más complicada la marcha del reloj. Con este sistema de compensaciones se logró que el cronómetro mantuviera la precisión necesaria para la conservación de la hora de Greenwich a lo largo de la travesía, a fin de hallar esa coordenada geográfica con la precisión debida, que junto con la latitud determinaban la posición del buque en el océano.

Los dos primeros cronómetros (H1 y H2), aunque fiables, eran piezas de maquinaria delicada y voluminosa; El H4, bastante más pequeño, fue más satisfactorio y, en 1761, se instaló en un buque que partía rumbo a Jamaica. Cuando regresó a Inglaterra, después de 147 días de navegación, el reloj sólo había variado 1 minuto y 54 segundos. El problema de las longitudes quedaba resuelto. Sin embargo, la fabricación del cronómetro resultaba cara y complicada.

Amparo Verdú²⁴ nos cuenta en su tesis doctoral que este señor, dedicó la mayor parte de su vida a “construir una serie de relojes prácticamente exentos de fricción, que no necesitaban lubricante ni limpieza, con materiales indemnes a



El cronómetro nº 4 (H4), de Harrison, que llevó el Capitán Cook en su segundo y tercer viaje alrededor del mundo (13 centímetros de diámetro y 1,45 Kg. de peso).

23 En el sentido de benefactor de la humanidad... y de sus herederos, pues, al final, y tras cuarenta años de trabajo y litigios judiciales, sus hijos obtuvieron las 20.000 libras del premio establecido por el Parlamento inglés, en 1714, a quien hallase una forma efectiva de determinación de la Longitud en alta mar durante la navegación.

24 “Enlaces geodésicos intercontinentales. Investigación sobre los enlaces occidentales Europa-África”. UPM. Madrid 2007.

la herrumbre y unos elementos móviles perfectamente equilibrados entre sí, por mucho que se bambolease o se agitase el mundo a su alrededor. Prescindió del péndulo y combinó diversos metales en la maquinaria, de modo que cuando una de las partes se dilataba o contraía con los cambios de temperatura, las demás contrarrestaban el cambio manteniendo constante la marcha del reloj.”

“Sin embargo, todos y cada uno de sus logros fueron rechazados por ciertos miembros de la élite científica, que desconfiaban de Harrison. Quienes tenían a su cargo la concesión del premio cambiaban las normas del concurso cuando les venía en gana, con el fin de favorecer a los astrónomos en perjuicio de Harrison y sus colegas mecánicos. Pero la utilidad y la precisión del enfoque de Harrison acabaron por triunfar y finalmente pudo fabricarse en serie.”

“Bajo la protección del rey **Jorge III**, un Harrison envejecido y agotado reclamó la recompensa a que tenía derecho, en 1773, tras cuarenta años de intrigas políticas, guerras internacionales, revoluciones científicas y catástrofes económicas.”

Por otro lado, dos franceses llamados Le Roy y Berthond, se dedicaron a perfeccionarlo y, entre 1767 y 1772, varios barcos de esa nacionalidad ensayaron los nuevos cronómetros obteniendo resultados bastante más satisfactorios. En 1772, el cronómetro de Harrison hizo más agradable el segundo viaje de Cook.

10 Nuevos instrumentos para la medida de la Tierra y sus artífices.

También el siglo XVIII fue un gran momento para la instrumentación topográfica y geodésica; fue la época de las grandes expediciones para medir los arcos de meridiano en Ecuador, por Bouguer, La Condamine... acompañados por Jorge Juan y Antonio de Ulloa, por parte española, y en Laponia, esta a cargo de Maupertius, Clairaut, Celsius y otros grandes matemáticos de la época, con la finalidad de aclarar una gran cuestión que se había puesto encima de la mesa: si la tierra estaba achatada por los polos o por el ecuador. Con este motivo, y con la irrupción del anteojero en el siglo anterior, la instrumentación adquirió un gran desarrollo. También hay que relacionar este auge con la revolución industrial en ciernes, que iba a desarrollarse principalmente en Inglaterra, y que motivó el florecimiento de una importante industria de instrumentos científicos, de gran precisión, que se exportaron por toda Europa.

Los instrumentistas provenían de diferentes oficios, principalmente de los gremios de relojeros y de ópticos. Por otro, lado era un trabajo que se heredaba de padres a hijos y nietos, etc., es el caso de las firmas inglesas John Dollon (1706-1761), George Adams (1704-1773), Jesse Ramsden (1735-1800), Edward Troughton (1753-1835) y el que fuera aprendiz y empleado de Ramsden, William Simms (1793-1860), las dos últimas acabarían fusionándose hacia 1825. En Alemania el pionero fue Johann Christian Breithaupt, mecánico de la corte del Landgrave Federico II, quien se estableció hacia 1762 en Kassel; en Suiza fue Jakob Kern (1790-1867) quien fundó su firma en Aarau, casi cincuenta años después, en 1819. Todas comenzaron fabricando objetos sencillos como transportadores, compases y útiles de dibujo, o de óptica en general, pero supieron dar un paso más allá, pasando después brújulas y octantes, para luego derivar

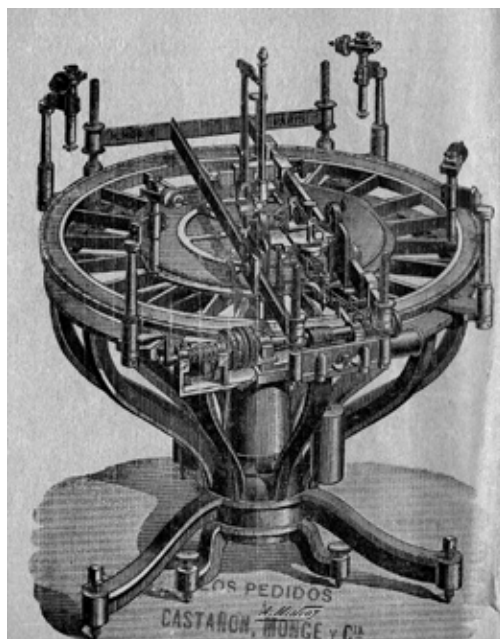
hacia instrumentos más complicados y delicados, muchos de estos por encargo de observatorios astronómicos y gobiernos, que como el francés, el inglés y ciertos territorios alemanes e italianos iniciaron en este siglo sus mapas nacionales.

Era evidente, y Amparo Verdú viene a corroborarlo en su tesis, que España entonces estaba muy retrasada en cuanto a la formación de su cartografía en relación con los países europeos, lo cual era muy cierto, sobre todo tras el fracasado proyecto de Jorge Juan, al parecer por intrigas cortesanas, de hacer un mapa de España a escala 1:100.000, basado en una Geodesia aún por hacer. En 1733, Jacques Cassini había comenzado los trabajos del Mapa Nacional de Francia, a escala 1:86.400, apoyándolo en su red geodésica. Inglaterra hizo lo mismo, tras su enlace geodésico con Francia, el rey **Jorge III** ordenó el levantamiento del país, en 1791, a escala 1:63.360 (una pagada: una milla).

También nos contaba que aquí, los acontecimientos políticos y la guerra de la independencia, iniciada tras los sucesos del 2 de mayo de 1808 en Madrid, supusieron un parón en la vida nacional que duró casi 50 años, quedando en suspenso, durante ese tiempo, cualquier tipo de proyecto técnico o científico que pudiera haber sido planteado anteriormente. Por si fuera poco, durante la invasión francesa los archivos y bibliotecas españolas fueron saqueados por las tropas invasoras francesas.

Sin embargo, hay que decir, en favor del invasor, que por un decreto de 30 de noviembre de 1809, José Bonaparte creaba en España un Depósito General de Cartas Geográficas, de Planos y Diseños Topográficos, imitación del *Depôt de la Guerre* francés, creado por Luis XIV en 1688.

Por aquí, durante la Guerra de la Independencia, los ingenieros geógrafos de los ejércitos francés e inglés realizaron numerosos trabajos topográficos y cartográficos, publicándose algunos mapas de excelente calidad, donde se corrigieron algunos de los errores de Tomás López, quien, precisamente, en 1802, había publicado su Mapa General de España, a escala 1:1.250.000. En alguna parte he leído que, durante la “Guerra Peninsular”, el Duque de Wellington llevaba un carruaje-imprenta para imprimir los mapas que iban haciendo los topógrafos del Cuerpo de Ingenieros Reales quienes, según cuenta E. Langfor²⁵, utilizaban para medir las distancias y registrar los recorridos de su ejército, el ya conocido odómetro, que ellos llamaban *perambulator*. El



La máquina de dividir limbos de Ramsden.

²⁵ En su biografía del Duque de Wellington.

caso es que aquella cartografía se la llevaron a sus países y no volvió por aquí hasta pasados algunos años, gracias al celo del gran cartógrafo del siglo XIX D. Francisco Coello de Portugal y Quesada.

Volviendo a los instrumentistas, hay que señalar que George Adams, Jr. (1750-1795) creó su primer taller en 1735 y llegó a ser el principal fabricante inglés de instrumentos; sucedió a su padre, George Adams (1704-1773), quien, al parecer, había inventado una escuadra de agrimensor con espejos, cuando era el *instrument-maker* de S.M. el Rey Jorge III y, por si fuera poco, óptico del Príncipe de Gales.

Uno de los desafíos que se plantearon entonces estos artífices fue el de la división de los limbos; era un problema peliagudo que se agudizó cuando comenzó la fabricación de octantes y sextantes de reducidas dimensiones destinados a la navegación. Por más que el vernier pudiera proporcionar lecturas de gran sensibilidad, de nada servía si las graduaciones del círculo (o sector) no eran todas del mismo tamaño. Por ello se hizo necesaria la construcción de una máquina capaz de graduar con exactitud los limbos. Esta llegó, en 1775, de la mano del científico, astrónomo y artífice británico Jesse Ramsden, que de aprendiz de relojero pasó a construir instrumentos matemáticos.

Al principio dedicó su máquina a la división de los sectores de los octantes y sextantes exclusivamente, pues debía ser la actividad más rentable entonces. Los fabricantes de instrumentos acudían a él con sus círculos, o con sus sectores, para grabar las divisiones sobre ellos. Este sistema de trabajo permitió abaratar la producción al tiempo que aumentaba la calidad y precisión de los aparatos. Más tarde se dedicó a construir sus propios instrumentos, con notable éxito, pues introdujo en ellos microscopios con tornillos micrométricos para facilitar las lecturas angulares.

11 Y el teodolito habitó entre nosotros...

Teodolito es una palabra formada por los vocablos griegos *Theao*, que significa mirar, y *Hodos*, que quiere decir camino. Como se puede ver, esta etimología, que resulta un tanto cotilla, no se corresponde esencialmente con el objeto, ya que un teodolito es un instrumento diseñado para medir ángulos, es decir, un goniómetro, lo cierto es que no se conoce bien la razón para llamarlo así. También podemos decir que hay tanta confusión acerca de la etimología de la palabra teodolito como acerca de sus orígenes, parece ser que en la primera vez que se emplea esa palabra fue en la obra de Leonard Digges *A geometric practice named Pantometría* escrita hacia 1571, en ella se refería



El Gran teodolito de Ramsden.

a este aparato como un instrumento de medida de ángulos horizontales solamente. Posteriormente, se denominó *altacimut* a un aparato que medía también los ángulos verticales (con un semicírculo) y que tenía dos alidadas, una para cada limbo, más tarde se eliminó la del limbo horizontal para dejar solo una que servía para ambos limbos. En 1791, George Adams Jr. llamó a este instrumento “common theodolite”, reservando el término teodolito para aquellos instrumentos, que estaban dotados de telescopio y arcos graduados o sectores circulares verticales ligados al anteojo y que, parece ser, se venían utilizando en Londres desde la primera mitad del siglo XVIII. Se atribuye a un tal Jonathan Sisson la construcción del primer teodolito, hacia 1725, sustituyendo la alidada de pínulas del altacimut por un anteojo, que 35 años después, John Dollond perfeccionaría con su famoso anteojo acromático.

El teodolito pasó a ser un instrumento de precisión moderno cuando Jesse Ramsden, hacia 1787, construyó su famoso *Gran Teodolito* de tres pies para la Royal Society de Londres, con unos círculos graduados que permitían medir ángulos con precisión de segundos; y que fue utilizado para el enlace geodésico entre Greenwich y París. Tuvo una vida muy larga pues no lo jubilaron hasta 1853.

Otro famoso instrumento geodésico, que también se construyó a finales del siglo XVIII fue el llamado *círculo de Borda* que también tuvo un uso muy prolongado, pues según Martín López (op. cit.), estuvo en uso en Francia hasta 1870. Su constructor, Jean Charles Borda (1733-1799) había sido marino y matemático.

Se especula con la idea de que el primero en cambiar los hilos del **retículo** por una grabación en la propia lente fue Tobías Mayer (1723-1762) que hasta entonces -y también hasta bastante después- se fabricaban con hilos de tela de araña, y de otras procedencias.



El Círculo de Borda.

A lo largo del siglo XVIII, los telescopios fueron mejorando sus prestaciones ópticas y mecánicas. Por otro lado los aparatos se dotaron de limbos mejor graduados, tanto horizontales como verticales, muchos con círculos completos en vez de sectores; a esto habría que añadir las mejoras de otros accesorios de los instrumentos. Todo esto, unido a una época en que tuvieron lugar grandes exploraciones geográficas, tanto navales como terrestres, dio lugar a que, a lo largo del siglo siguiente hubiera en el mercado una gran cantidad de fabricantes que revolucionaron el panorama de la topografía, (menos en el de la navegación) que, desde finales del siglo XVIII y durante todo el siglo XIX, hizo que contásemos en Europa, no solo con los ya mencionados Dollond (*establecido hacia 1750*), Adams (*h. 1750*), Troughton (*h. 1770*), Simms (*h. 1817*), J. Kern (*h. 1819*), si no que a este grupo se añadirán otros poco después, como Thomas Cooke (*h. 1837*) quien, como Simms, pero cien años después, acabó uniéndose a Troughton y Cassela (*h. 1848*), todas ellas instaladas en el Reino Unido. Las firmas alemanas Breithaupt (*h. 1780*), Lingke-Hildebrandt (*1791*), Fennel (*h. 1851*) Askania (*h. 1871*) y Carl Zeiss (*que, en 1847, comenzaron fabricando microscopios y a finales de siglo entraron en el negocio*

de la topografía) las italianas: *La Filotecnica*, (h. 1865) creada por Ignacio Porro y continuada por Salmoiraghi, y *Galileo* (h. 1862), a la que tanto contribuyó en su desarrollo el ingeniero Hermenegildo Santoni, durante el siglo XX; y ¡por favor! no olvidemos a los franceses, con su acreditada firma *Morin* (h. 1880), por nombrar únicamente aquellas de las que existen instrumentos en la Escuela.

En las fichas del tercer capítulo de este trabajo también observaremos, cómo, hacia mediados del siglo XIX, los aparatos topográficos se van pareciendo cada vez más a los que hemos conocido muchos de nosotros durante los años escolares, pero hay que tener en cuenta que, durante todo el siglo XIX, muchos trabajos topográficos de menor entidad se hacían todavía con el grafómetro (con o sin brújula) y la cadena de agrimensur.

Para justificar la aparición de tantas firmas constructoras de instrumentos a lo largo de los siglos XVIII y XIX debemos decir que la topografía fue la Cenicienta de las ciencias hasta que los terrenos se encarecieron. Solo adquirió entidad propia cuando estos fueron objeto de tasación y especulación, debido a la presión demográfica que se dio en las ciudades por la revolución industrial, cuando mucha gente del campo se trasladó a las ciudades en busca de mejor fortuna. Así que podemos decir, que el éxito de la topografía se debe, en buena parte, a la especulación del suelo.

Otros instrumentos que también se utilizaron mucho en esta época fueron la brújula topográfica y la plancheta, tanto en operaciones catastrales como en la confección de los mapas nacionales de los diferentes países. De la primera se hizo un uso exhaustivo en nuestro país, tanto para un tipo de trabajo como para el otro; mientras que la plancheta fue más utilizada en el resto de Europa, pues, como ya se ha dicho en otro lugar, aquí cuajó poco su aplicación.

12 ¡Abajo las cadenas! El equipaje del Sr. Sigre.

Dice E. Luciani (14) que un profesor de Módena, llamado Geminiano Montanari (1633-1687), construyó el primer anteojo diastimométrico en 1674, aplicando al anteojo una especie de micrómetro que consistía en series de cables paralelos y equidistantes. Según el número de hilos que aparecían en el campo del anteojo, cubriendo la imagen, se podía deducir la distancia al objeto. Cien años más tarde, en 1788, el matemático y óptico inglés, W. Green, concibió la medida indirecta de distancias con la estadía o mira. Treinta años después, este descubrimiento fue mejorado notablemente por Ignacio Porro en Italia y por G.F. Reichembach en Alemania.

Con este procedimiento, a lo largo del primer cuarto del siglo XIX, la medida directa de distancias -que hasta entonces se hacía con reglones o perchas, cuerdas, cintas métricas y con cadenas- fue poco a poco sustituida por la medida indirecta mediante la estadía o mira, que consistía en un reglón vertical, graduado en las unidades de longitud locales, que visto a través de un anteojo, dotado de un retículo con hilos estadimétricos, equidistantes y paralelos al hilo horizontal de la cruz, permitía medir, además de los ángulos, distancias en función de la cantidad de unidades de mira enmarcadas entre los hilos horizontales extremos del retículo del anteojo, equidistantes del hilo central.

Con este sistema era posible medir distancias de hasta 250 m con una sola visual, acelerando las medidas considerablemente (la celerimetría de Porro, luego llamada taquimetría), procedimiento que abrió el camino para una nueva generación de goniómetros llamados taquímetros, que eran teodolitos dotados de un anteojo con retículo estadimétrico.

No quiero cerrar este siglo sin volver a mencionar el interesantísimo artículo de la profesora de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Teresa Sánchez Lázaro, sobre los Instrumentos Topográficos del siglo XVIII (10). Dicho artículo nos trae aspectos muy curiosos sobre el tipo de instrumentos empleados en España durante ese siglo y de su aplicación en la construcción de carreteras. Comienza diciendo que, el 22 de mayo de 1778, Jorge Sicre, ¿un ingeniero militar? Comisionado en el Reino de Aragón para el proyecto de obras en la carretera de Zaragoza a Lérida, dirigió a su superior una carta solicitando diversos útiles de topografía para llevar a cabo la labor encomendada. Se trataba de “Tres perchas de 10 pies cada una con objeto de medir exactamente una base; una cadena de 10 varas de largo, eslabonada de pie a pie, para medir las distancias de los perfiles que se corten; una plancheta; dos niveles de agua; un azadón; dos banderas de bayeta de dos varas de ancho, mitad negra y mitad blanca, para que se distingan desde lejos, de cualquier modo que se proyecten, sea contra la falda de un monte o en el horizonte; cuatro mozos ágiles que nos sigan durante la comisión, para que una vez instruidos en el modo de manejar las reglas de nivelar, llevar los instrumentos de una parte a otra, medir distancias con la cadena y comprender las señales que establezcamos para entendernos en las que la voz no alcanza, nos ahorren el trabajo y detención que ocasionaría el tomarlos nuevos en cada pueblo”.

Más adelante, propone Sicre, que “dado que hay que trabajar en descampado, alguno de los mozos sea elegido de entre los miñones, para, de esta forma, poseer de paso escolta armada”. Pide también tiendas de campaña para hacer noche inmediatos al trabajo y concluye presumiendo del equipo que él aporta:

“Yo traigo un cuadrante geográfico, un grafómetro o círculo entero, una plancheta inglesa, una brújula y dos reglas graduadas para nivelar, instrumentos que ni se hallarían, ni pudieran hacerse aquí, y de los cuales usaremos los oficiales que me acompañan y yo según lo pidan las circunstancias del terreno, para el más pronto y exacto desempeño de la comisión”.

Como vemos, esta carta constituye un verdadero catálogo de los aparatos topográficos más comunes utilizados por los topógrafos e ingenieros en el último tercio del siglo XVIII.

13 El siglo XIX. La hora del catastro y los mapas nacionales.

El catastro de la Europa continental se inició en 1808, fue su impulsor Napoleón Bonaparte, quien decía que “Un buen catastro será mi mayor logro en derecho civil”. Se hizo entonces un inventario de Francia que contenía todas las parcelas existentes, su uso, su valor... Parece ser que se triangularon y midieron 100 millones de parcelas, y que se reflejaron en planos a escala de 1:2500 y 1:1250, aunque no dicen lo que

tardaron, no sé yo, si no eran demasiadas parcelas y muchos planos para los medios de entonces y a esas escalas...

Rápidamente se propagó esta fiebre catastral por algunos países de la Europa del norte, pero esa idea no prosperó demasiado en los países del Mediterráneo, los Balcanes y en general en la Europa oriental, debido, por un lado a los elevados gastos de mantenimiento y a conflictos fronterizos, y por otro debido a nuestro carácter, parece que somos un poco reacios a relacionarnos con la Hacienda Pública.

Pero qué duda cabe que toda esta actividad hacía necesario el uso de unos instrumentos que aún estaban por fabricar; y que los nuevos inventos y descubrimientos de finales del siglo XVIII, así como sus aplicaciones prácticas, tuvieron, hasta la llegada del nuevo siglo, una aplicación, hasta entonces bastante limitada, generalmente reducida a ciertos ambientes científicos (observatorios y expediciones), la navegación y localmente en la agrimensura. Fue a partir de 1800 cuando se generalizó el uso de estos instrumentos en otros campos, debido al incremento de las obras públicas (canales, presas, carreteras y ferrocarriles) y a la formación de los mapas nacionales y catastros, que algunos países ya habían comenzado en el siglo anterior. Recordemos que poco antes, en 1747, se había iniciado la publicación de la Enciclopedia de Diderot (1713-1784) y D'Alambert (1717-1783) y, tras la Revolución, se había proclamado la República en el vecino país del norte.

Comienza el siglo XIX con Francia metida de lleno en las Guerras Napoleónicas contra prácticamente toda Europa, poco después de terminar estas, aparecieron las primeras locomotoras funcionales que, aunque con numerosos problemas técnicos aún, hizo que se desarrollara el ferrocarril, prácticamente en todo el mundo. En 1829 irrumpe en la vida de los ingleses la locomotora "Rocket" que alcanzaba la asombrosa velocidad de 24 km/h; la primera, llamada South Wales, se construyó en 1804 y no llegaba a los 8 km/h, más o menos la misma velocidad que las legiones romanas. Parece ser que, desde el principio, estos medios de tracción se aplicaron a la minería, donde, desde hacía tiempo, en esas zonas, ya se habían instalado raíles para el transporte del mineral con vagonetas. En España, la primera locomotora se instaló en Cuba, en 1837, para acercar la caña de azúcar a los ingenios o factorías de transformación. En 1848 se establece el primer ferrocarril de pasajeros en la España peninsular, que unía Barcelona con Mataró.

En realidad la revolución industrial se había iniciado en el último tercio del siglo anterior, aunque por alguna de las causas apuntadas más arriba, su desarrollo no tuvo lugar hasta el siglo XIX. Lo mismo ocurrió con sus aplicaciones y las de los grandes descubrimientos técnicos anteriores, como la máquina de vapor, ideada por Watt en 1769 para bombear el agua de las minas, la lanzadera textil mecánica, la hiladora de algodón, etc. Podemos decir que la primera revolución industrial se caracterizó por la existencia de materias primas abundantes y baratas, la utilización del vapor como fuente de energía y, desde 1830, la fabricación en cadena. Mas tarde, y para dar salida a la mercancía, se construyen nuevos caminos, puentes, etc., y se emprenden las grandes obras públicas.

A mediados del siglo se iniciaban en la provincia de Madrid las obras del Canal de Lozoya, luego llamado de Isabel II, con la construcción de presas, acueductos, caminos,

etc. En Barcelona se renueva el puerto, se construyen ferrocarriles para dar salida a su incipiente industria textil y la ciudad se abre hacia el interior con el Plan Cerdá. Lo mismo se podría decir de otras regiones industriales como Asturias y las provincias Vascongadas y, por supuesto, en otros países de nuestro entorno cultural corregido y aumentado.

Para realizar las grandes obras nacionales e internacionales (recordemos el Canal de Suez) se necesitaban enormes cantidades de materias primas, carbón, hierro, cemento, etc., lo que hizo preciso la exploración del territorio en su busca, produciéndose un auténtico boom de la minería; también en esta época se instalaron (o se formaron) aquí grandes compañías internacionales para su exploración y explotación como Río Tinto y otras.

14 La apoteosis del taquímetro y la mira parlante.

Ya se ha comentado que los primeros teodolitos capaces de medir simultáneamente los ángulos horizontales y verticales, aparecieron hacia finales del siglo XVIII, pero su empleo no se generalizó hasta bien entrado el XIX. En 1823, Ignacio Porro, un topógrafo y artillero italiano que luego dedicó sus días a la investigación y a la puesta en práctica de sus conocimientos técnicos en la construcción de instrumentos topográficos, modificó el ángulo paraláctico de los anteojos para perfeccionar la medida estadimétrica de distancias. Algunos años después, bautizó a su instrumento con el nombre de “**taquímetro**”, palabra que viene del griego takhyo: rápido y metron: medida. Para hacerse acreedor de ese nombre, su anteojo tenía que ir dotado de un retículo con hilos estadimétricos. La vida de este instrumento iba a ser larga e intensa y su época de gloria irá desde mediados del siglo XIX, hasta el último cuarto del siglo XX.

Antes de que Porro inventara el taquímetro, un alemán llamado G.F. Reichenbach (1771-1826) construyó, en 1803, otra máquina para graduar limbos que mejoraba la de Jesse Ramsden. Se basaba en el sistema de copias, principio que, al parecer, se ha seguido empleando hasta hace muy poco. Unos años después creó varias firmas para fabricación de instrumentos topográficos, donde diseñó y construyó, entre otras cosas, un teodolito repetidor y un sistema de centrado forzoso para poligonales de precisión.

Volviendo al sistema estadimétrico de medida de distancias, hay que reseñar que la **mira parlante**, tal como la conocemos hoy, se la debemos a Adrien Bortaloue (1798-1868), que fue el ingeniero encargado de llevar a cabo la Nivelación General de Francia, y la del Canal de Suez. Hacia 1830, perfeccionó el método de nivelación geométrica con el uso de este tipo de mira; de este modo, el aparatista hacía directamente las lecturas sobre ella, sin que tuviera que intervenir un segundo operador para señalar, en la mira, la línea central del retículo, hacer la lectura y apuntarla, con lo que se ganaba tiempo y se ahorra personal auxiliar en las operaciones topográficas.

Inventada la mira parlante, enseguida aparecieron enredadores que se dedicaron al estudio y construcción de un tipo de instrumentos, que llamaron, al principio taquímetros reductores y, cuando se perfeccionaron más, autorreductores -uno de sus precursores fue nuestro amigo, Porro. Aparatos que contaban con un dispositivo óptico-mecánico que permitía conocer, por lectura directa sobre la mira, las distancias

reducidas (horizontales) y los desniveles, sin tener que hacer ningún tipo de cálculo, como sucedía en el taquímetro común. Esos dispositivos variaban la distancia entre los hilos estadimétricos del retículo en función de la inclinación del anteojo del aparato.

Instrumentos de este tipo, o con prestaciones parecidas, se fabricaron en Francia, cuyo diseñador, el capitán Sanguet (1866), lo denominó *clisímetro* o medidor de pendientes; la versión inglesa fue el *Omnimeter* (1878) de Eckholds 26, también llamado *taquímetro logarítmico*, que medía las tangentes de los ángulos de inclinación. En España, y con algún retraso, se fabricaron los autorreductores de Mendizábal-Fungairiño, de Mas y Zaldúa, Elola y otros. En Italia, Roncagli y Urbani, en 1890, utilizaron una placa de vidrio móvil, con doble graduación horizontal, cuya distancia entre hilos variaba en función del ángulo cenital observado, para determinar la distancia reducida de una manera directa.

En esta especie de carrera no podía faltar Alemania y, hacia 1851, Otto Fennel, que había montado un pequeño taller en Kassel al calor de Breithaupt, muy pronto adquirió fama internacional gracias a la construcción de un taquímetro autorreductor que disponía de un anteojo analítico dotado de un retículo, cuya línea de base era un arco circular, el instrumento, conocido como *Hammer-Fennel*, estaba basado en un desarrollo anterior del también llamado *taquímetro autorreductor de Hammer* de 1893 y en ciertas ideas de Porro. El taller en 1900, pasó a su hijo Adolf quien, con sus descendientes, ha continuado la tradición familiar ¿hasta nuestros días?

Una aclaración, en América suelen llamar **tránsito** a los taquímetros que utilizan un vernier, o nonio, de lectura sobre los círculos graduados, que en estos casos son metálicos y capaces de apreciar hasta el minuto en la medida de los ángulos. Allí llaman teodolito a aquellos goniómetros cuya óptica es más evolucionada, que tienen mecanismos más precisos y sobre todo, las lecturas angulares se realizan sobre limbos de vidrio y se aproximan mediante un micrómetro de tipo óptico y un microscopio en lugar de nonios, llegándose al segundo (o la décima de segundo) en la apreciación de los ángulos.

Durante todo el siglo XIX siguieron usándose las cadenas de agrimensor para la medida de distancias, en algunos casos ya adaptadas al sistema métrico decimal; para el trazado de ángulos fijos siguieron empleándose las alidadas y las **escuadras**, algunas incorporaron limbos horizontales para ampliar su campo de aplicación, que al final devinieron en **pantómetras**²⁶, en otros casos se mejoraron con anteojos; por otro lado se crearon también un tipo de escuadras de bolsillo a base de espejos y prismas²⁷.

15 Un catálogo de mediados del siglo XIX.

Del siglo XIX existen numerosos catálogos de casas importadoras y de los propios fabricantes españoles de instrumentos científicos, algunos se pueden encontrar en las bibliotecas de las escuelas, facultades y en los antiguos institutos de secundaria.

²⁶ Ver fichas III-3-8 y III-3-9.

²⁷ Ver ficha III-3-3.

En la segunda mitad del siglo operaban en Madrid al menos dos firmas dedicadas al negocio de importación, venta, y a veces fabricación y reparación de aparatos, una era la de Antolín Ortega (que tenía su sede en la calle Príncipe nº 21, otra era Recarte y Cia cuyo almacén estaba en la calle Echegaray nº 8, y el comercio en el 15 de la vecina carrera de San Jerónimo. En la Biblioteca Nacional se puede ver un catálogo del primero, correspondiente al año 1859, y en él se ofrecen todo tipo de instrumentos, con su precio en reales. Veamos algunas de aquellas curiosas ofertas:

Alidadas de pínulas y de anteojo, con o sin brújula, con o sin semicírculo para pendientes cuyos precios oscilaban entre los 440 y los 180 reales (rs).

Anteojos micrométricos para medir distancias, entre 180 y 240 rs.

Barómetros aneroides con esferas de papel o de metal de 12, 16 y 31 cm de diámetro, barómetros metálicos de Bourdon, que costaban entre: 400 y 500 rs.

Brújulas de mina, para interior y exterior, gran modelo llamado “bolsillo de minero” por 3800 rs, brújulas alemanas de Mr. Lingke, solo para interior (1800 rs.), brújulas inglesas y francesas del Capitan Kater, etc...

Cadenas de 20 m con 20 agujas, de 10 m con 10 agujas, cintas de acero con rodajas de madera (para recogerlas) de 15 y 10 m,

Cintas métricas con medidas españolas y francesas (SMD) con tejido metálico de 10, 15, 20 y 30 m y más baratas aquellas que no llevaban ese tejido, cintas inglesas con tira de acero con divisiones francesas, de 5 y 10 m;

Dobles centímetros de madera de boj y de marfil, divididos en mm, los de boj “en diez pedazos”; dobles metros en boj y en nogal, divididos también en diez pedazos que se podían unir mediante rosca.

Reglones de 2 y 3 m, con nivel central y dos reglas graduadas en dobles mm para tomar las pendientes

Miras inglesas divididas en mm (600 rs), francesas parlantes (a 400 rs el juego), francesa de niveleta de 4 m a 320 rs.

Eclímetros o niveles de Chezy (Chidzy en el catálogo) con juego de nuez y trípode, otros con tornillo de aproximación y plataforma nivelante de cuatro tornillos.

Grafómetros de pínulas con semicírculos de 16, 22, y 27 cm, con y sin brújula, los había también de dos anteojos, todos con su caja (desde 220 hasta 1300 rs.).

Círculos repetidores de 16 y 22 cm de diámetro, con dos anteojos de 24 cm y plataforma nivelante de tres tornillos, con apreciaciones de 1' y 20" con anteojos de 36 cm. Círculos de reflexión de 27 cm de diámetro

Teodolitos ingleses (charolados) con dos anteojos, brújula, limbo cónico de 6 pulgadas que aprecia los 20", (aunque comienzan a fabricarse ya con un solo anteojo), se los denomina como “del Capitan Heverest” (con hache), geodesta que dio nombre al pico más alto del planeta. También se ofrecen teodolitos de Mr Combes para trabajos subterráneos, repetidores, franceses, etc con unos precios que oscilaban entre los 1000 y los 3400 rs.

Niveles charolados ingleses con anteojos de 62, 40 y 37 cm de longitud, niveles alemanes Ertel, franceses de Goutt (1200-2200 rs.); niveles de agua en latón (240 rs.)

Sextantes de bolsillo de 85 mm de diámetro con anteojo y espejos (500 rs)

Pantómetras, con y sin brújula o anteojo, pantógrafos de metal y de ébano, planímetros franceses, ingleses y alemanes.

Planchetas francesas y alemanas (Ertel).

Papel tela inglés para calcar a 12 rs el metro y papel vegetal.



El planímetro polar y un compas de reducción.

El catálogo, que contiene más instrumentos relativos a otros campos del conocimiento, se termina con estas palabras:

“El Sr Ortega, que hace años está dedicado al comercio de esta clase de instrumentos, que por su profesión tiene conocimiento de los mismos y que ha visitado las principales fabricas extranjeras con cuyos fabricantes tiene correspondencia, ofrece encargarse de toda clase de pedidos que se le hagan, con la equidad y prontitud que es posible; también se componen toda clase de instrumentos”.

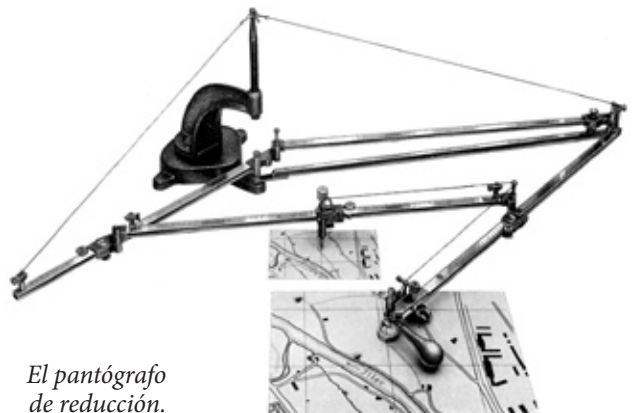
De la segunda firma, Recarte y Recarte Hijo, también existen numerosos catálogos de la época. En la Escuela de Minas hay, al menos uno de 1901, que yo sepa.

16 Algunos instrumentos de gabinete.

Para realizar los trabajos de gabinete existían otro tipo de instrumentos, con ellos se dibujaban los planos y se hacían medidas, eran los escalímetros, transportadores de ángulos, curvímetros, planímetros, pantógrafos... También aparecieron entonces las reglas de cálculo y las primeras calculadoras mecánicas (en la Escuela hubo un aritmómetro, según uno de los inventarios del gabinete de topografía). Veamos algunos de ellos.

En el primer cuarto del siglo XIX, aparece un instrumento llamado **planímetro**, que se utilizaba para medir superficies irregulares sobre un plano. Se basaba en la teoría de integrales de línea o de recorrido y parece ser que fue inventado por un profesor de la Academia de Florencia llamado Tito Gonnella.

Según Wikipedia, y tras algunas controversias, la opinión de los historiadores acerca de la **regla de cálculo** es que fue inventada entre 1620 y 1630, poco tiempo después



El pantógrafo de reducción.

del descubrimiento, por John Napier, del concepto y propiedades de los logaritmos naturales en 1614, y una vez que se realizó su conversión a la base decimal por Henry Briggs en 1617.

Edmund Gunter fue el primero que refirió los logaritmos a una escala lineal, era la famosa *línea de Gunter*, dada a conocer en su libro *Canon triangulorum*, que publicó en Londres en 1620. Un año después, otro gran matemático inglés de la época, William Oughtred, amigo de Napier, al igual que lo eran Briggs y Gunter, yuxtapuso las escalas de dos *líneas de Gunter*, ideando así la regla de cálculo actual, tanto en su versión lineal como circular. La regla de cálculo, tal como hoy la conocemos²⁸, data pues de mediados del siglo XVIII y la construyó un profesor inglés llamado Partridge, basándose en los estudios previamente mencionados sobre las escalas logarítmicas de su paisano y colega Edmund Gunther.

Otro instrumento, llamado **Pantógrafo**, se utilizaba para copiar figuras a escala diferente. Se trataba de un mecanismo bastante antiguo pero hasta el siglo XIX no pudo tener aplicación con la precisión necesaria para los trabajos cartográficos. Desde aquellos días y prácticamente hasta ayer, se ha venido utilizando para dibujar, ampliar o reducir cualquier tipo de figura, en nuestro caso mapas y planos principalmente.

La teoría del pantógrafo se describe en los *Principiae* de Descartes sobre los paralelogramos y, parece ser que fue llevado a la práctica, en 1603, por un jesuita alemán llamado Christopher Scheiner; aunque en alguna parte también se dice que la invención del pantógrafo se atribuye al Gran Arquímedes, hacia el año 250 AC. De cualquier manera se trata de una idea bastante antigua.

Estaba formado por una serie de varillas interconectadas, de forma que cumplirían ciertas propiedades de los paralelogramos; el conjunto se podían mover respecto de un punto fijo (pivote).

Para trabajar con él, se dejaba fijo el pivote, y se desplazaba el punto de referencia sobre el dibujo original; un lapicero situado en el punto de copiado reproducía la imagen original, generalmente a una escala menor si se buscaba precisión, este dispositivo, era poco recomendable para hacer ampliaciones de las figuras, determinada por la relación de distancias entre ciertas varillas. Invirtiendo el punto de referencia por el punto de copiado se reproduce la imagen a una escala mayor. Para cambiar de escala había que variar la distancia entre los puntos de articulación (rótulas) de las varillas, conservando siempre la condición de paralelismo entre ellas, dos a dos.

Además, este instrumento, tiene aplicaciones en diversos campos de la mecánica, como el pantógrafo de ferrocarril, el gato hidráulico, el pantógrafo de oxicorte, o como la aplicación ya comentada del dibujo; con ligeras modificaciones también se podía emplear para hacer varias copias simultáneas de un mismo documento.

²⁸ Ver ficha III-6-4.

17 En el umbral del siglo XX. El invar y la cuña óptica.

Fue Charles Edouard Guillaume quien, en 1896, descubrió una aleación de hierro (64%) y níquel (36%) con muy poco carbono y algo de cromo a la que llamó invar (relativo a invariable y también llamado FeNi36, y nivarox), que por su bajo coeficiente de dilatación se empleó enseguida en la fabricación de piezas de precisión y, especialmente hilos, cintas y miras para medir longitudes o bases geodésicas o topográficas. Presisamente, en la segunda parte de este trabajo se hace mención a la medida de dos bases por este procedimiento en el término municipal de Madrid.

Parece ser que, en 1906, la Casa Zeiss aún no tenía conocimiento de la existencia de este material y utilizó un tubo de acero para construir una mira horizontal, pero, en 1923, la modificó empleando ya en su fabricación la nueva aleación. La concesión del Premio Nobel de Física de 1920 a su descubridor ayudó mucho a su difusión. Más o menos por las mismas fechas, Heinrich Wild (1877-1951), de quien tendremos ocasión de hablar más adelante, construyó la mira invar vertical para hacer nivelación de alta precisión con los nuevos niveles que ya disponían de burbuja partida, lámina de caras planoparalelas y retículo de cuña.

Nos cuentan que, hacia 1886, nuestro viejo conocido, el Capitán Sanguet inventó un sistema de medida de distancia que consistía en acoplar una cuña óptica ante el objetivo del anteojo, haciéndose la lectura con dos hilos diferentes del retículo, uno con la cuña y otro sin ella. Después de diferentes aplicaciones por parte de otras firmas, en 1924, la Casa Zeiss, en cooperación con el ingeniero suizo R. Boohardt (1884-1967), fabricó un prototipo de instrumento autorreductor mediante la aplicación de este tipo de cuñas o prismas colocados ante el objetivo, formando un telémetro autorreductor de media imagen que permitía leer en miras horizontales la distancia reducida con una precisión de 1 cm en 100 m (1/10.000), que no estaba nada mal. También en nuestra Escuela tenemos un ejemplar de este instrumento²⁹.

18 El tamaño si importa... ¡cuanto más pequeños mejor!

Desde el comienzo del siglo XX se venía especulando en hacer aparatos más manejables, en cuanto a tamaño y peso. Además era necesario mejorar la precisión en las lecturas angulares para aprovechar mejor las posibilidades que nos brindaba el progreso de la óptica. Los sistemas de lectura de limbos debían ser simples y rápidos, de forma que permitiesen acelerar un poco más el trabajo de campo, para ello se pensó que deberían estar próximos al ocular del anteojo y, a ser posible, que fueran visibles ambos limbos a la vez, para evitar que el observador, en cada lectura, tuviera que cambiar de posición; y, por último, las partes más sensibles del aparato, los limbos, tenían que estar mejor protegidas contra los golpes y de la intemperie (humedad, polvo, etc.).

Las mejoras más destacables ocurrieron entonces, cuando el liderazgo del diseño y la fabricación pasó del Reino Unido a los nuevos fabricantes de Alemania y Suiza.

²⁹ Ver ficha III-3-47.

Sabemos que, hacia 1900 era posible hacer lecturas angulares con mayor precisión en un limbo de 25 cm de diámetro, que en un limbo de 90 cm del año 1800, pero esto no iba a quedar así, muy poco tiempo después, esos 25 cm de diámetro quedarían reducidos a menos de 10 cm con los nuevos dispositivos y materiales que no tardaron en llegar.

El ingeniero suizo Herinrich Wild, en 1908, entró a colaborar con la firma Carl Zeiss de Jena (Alemania). Poco tiempo después inventó un dispositivo óptico que reducía considerablemente el tamaño del viejo antejo astronómico de los goniómetros y los niveles, dando paso a lo que se llamó “antejo de enfoque interno”, que significó un gran paso en la carrera por la reducción del tamaño del instrumento. Hasta entonces, los antejos llevaban una lente de enfoque positiva, pero nuestro hombre pronto se dio cuenta que cambiándola por otra negativa se podía reducir su tamaño.

El Sr. Wild también fue el primero en diseñar los ejes mecánicos de los instrumentos de forma cilíndrica, empleando metales muy duros en su construcción, y a los que más tarde acopló rodamientos a bolas para reducir la fricción. Hasta entonces (y aún después), lo normal era hacer los ejes de forma troncocónica..

Otro de sus logros fueron los niveles de burbuja partida o de coincidencia, y también lo fue el micrómetro de láminas planoparalelas, aunque, se dice que este tipo de micrómetro lo había utilizado ya Porro en sus teodolitos cincuenta años antes, desconozco si hay constancia de ello. En 1918 inventó, combinando un sistema de prismas, el micrómetro óptico de coincidencia, lo que prácticamente duplicaba, por medios ópticos, el número de divisiones de los limbos; sistema que poco después se mejoró acoplándole un dispositivo de láminas de caras planoparalelas. Cuatro años después, en 1922, la Casa Zeiss, aplicando estas ideas construyó el prototipo del famoso Th1, primer teodolito óptico (o bastante más óptico que los demás) con las innovaciones antes mencionadas, y del que esta Escuela también posee un ejemplar³⁰.

Podemos decir que el punto de partida de los mayores progresos en la instrumentación topográfica se dio durante de la Primera Guerra Mundial (PGM)₃₂ (1914-1918), debido a la enorme necesidad que hubo de telémetros y otros dispositivos ópticos para la regulación del tiro artillero (tanto naval como de campaña y antiaérea), para bombardeos aéreos, etc. Estas mejoras continuaron una vez terminada la guerra, en Suiza, Italia y Alemania, pero destinándose a unas aplicaciones más pacíficas, cual era la reconstrucción de lo destruido en la batalla, principalmente vías férreas, carreteras, embalses... que tanto trabajo proporcionaron a los ingenieros de entonces.

Buena parte de la reducción del peso y volumen de los instrumentos se consiguió, en gran medida, gracias al empleo de nuevos materiales como el duraluminio (aleación de cobre y aluminio), que se había descubierto poco tiempo antes y de otras aleaciones ligeras, junto con otros avances técnicos. Ya se ha comentado cómo se había reducido el tamaño de los antejos, construyéndose excelentes piezas que no sobrepasan los 15 cm de longitud, gracias al uso de las lentes de enfoque interno. Es-

30 Ver ficha III-3-58.

tos materiales, junto a la nueva maquinaria, permitieron hacer los tubos del anteojo de una sola pieza sin soldaduras.

Otra de las grandes aportaciones a la construcción de instrumentos en esta época fue la incorporación de los círculos de vidrio graduados (limbos) a los teodolitos fabricados en serie. Los **limbos de vidrio** se habían empleado por primera vez en 1884, en un teodolito minero fabricado por los hermanos Josef y Jan Fric, de Praga³¹, pero su fabricación en serie no se inició hasta el segundo cuarto del siglo XX.

Ya se ha dicho que, en la debida proporción, y con las modernas máquinas de graduación de limbos, se pudo disminuir también **su diámetro** sin que sufriera la exactitud de sus divisiones ni la precisión de los resultados. El siguiente paso fue adosar el microscopio de lectura al anteojo principal, lo que permitía hacer las dos lecturas angulares (horizontal y vertical) de un solo vistazo y sin retirarnos del anteojo; y es importante reseñar que al mismo tiempo se leían de una vez los dos extremos de los limbos, gracias a los micrómetros de coincidencia mencionados antes.

Otros fabricantes también contribuyeron a simplificar las lecturas de los círculos horizontales y verticales, con mecanismos más sencillos que el micrómetro de coincidencia, así Hensoldt montó microscopios de estima con escalas para hacer las lecturas angulares de los limbos con mayor rapidez. La casa Fennel, a su vez, también para facilitar las lecturas angulares, incorporó lo que llamó el microscopio vernier, a sus instrumentos.

19 Los fabricantes del Reino Unido tenían sus propias ideas.

En noviembre de 1927, el ingeniero y profesor de la Escuela de Caminos, D. Toribio Cáceres de la Torre, dio una conferencia en la Escuela de Minas, titulada *Perfeccionamientos modernos en la construcción de aparatos topográficos* en la que exponía algunas ideas de un colega suyo inglés llamado W.H. Connell, sobre las nuevas líneas de fabricación de aparatos de la casa Cooke, Trouhton & Simms, de la que entonces era gerente.

Decía que, poco antes de la PGM, se había iniciado una era de transformación rápida en la tipología de los aparatos topográficos clásicos de finales del siglo XIX, y que, lejos de ser interrumpida por la tragedia mundial, había sido espoleada por las necesidades militares de mapas topográficos y de aparatos de puntería y localización de objetivos, en tierra, mar y aire; aparatos de precisión, susceptibles de aguantar las peores condiciones climatológicas, de instalación y de transporte. De los programas de fabricación llevados a cabo entonces han quedado muchas aplicaciones para la topografía de uso corriente en tiempo de paz.

Luego exponía la filosofía de la firma diciendo que: prácticamente todas las casas importantes dedicadas a la fabricación de aparatos adoptaron diferentes líneas de tra-

³¹ Pavel Hánek y Antonin Svejda. "Instrumentos topográficos históricos de la Región de Bohemia" Topografía y Cartografía Vol. XVIII-Nº 105. Julio-Agosto 2001.

bajo que se podían condensar en dos epígrafes que se reseñan a continuación: el primero establecía que los aparatos debían tener la mayor precisión y alcance posibles, ser ligeros, con trípodes estables y reducir al mínimo los trabajos de comprobación y corrección (lo mismo cabría decir de los instrumentos de gabinete); en segundo lugar, que la toma de datos en campo debía ser rápida y segura.

La forma de llevar a cabo este plan difería de unas firmas a otras, los alemanes llevaron hasta extremos inverosímiles la reducción de peso y volumen, construyendo unos extraordinarios aparatos de precisión y de gran alcance, pero esto exigía también un cuidado y manejo más delicado y, en caso de averías, los aparatos solo podían repararse en el propio taller del fabricante; mientras que los británicos prefirieron no ir tan lejos en la disminución de peso y volumen de sus instrumentos, reduciéndolos aproximadamente en dos tercios del tamaño de los modelos antiguos, para unas prestaciones semejantes, pero mejorándolos en aspectos tales como la robustez, duración, facilidad para la limpieza y mantenimiento, y haciendo que las averías fueran fácilmente reparables en los pequeños talleres del ramo.

Una característica común a todos ellos fue el empleo de los modernos anteojos de enfoque interno, absolutamente impermeables al agua y al polvo; bien equilibrados y con ausencia de deformaciones, lo que se lograba empleando, como se ha comentado anteriormente, tubos torneados de duraluminio (metal de poca densidad y elevado coeficiente de elasticidad) en lugar de tubos soldados de latón; características imprescindibles para que el eje de colimación del anteojo permaneciera prácticamente invariable con el uso.

También decía que las máquinas de grabar los retículos de la casa Cooke, Troughton & Simms afinaban hasta las 25 micras, que los ejes se torneaban con máquinas repetidoras, con errores inferiores a los dos segundos, y que se ajustaban a rasqueta para evitar el uso de materiales abrasivos, que (por mucho cuidado que se tuviese con ellos) siempre dejaban polvo microscópico escondido en los poros del bronce, material con el que entonces se fabricaban, que a la larga desajustaba los ejes. Las máquinas automáticas para dividir limbos y los aparatos especiales para su centrado permitían asegurar las máximas prestaciones. En Europa se abandonó definitivamente la plataforma nivelante inglesa de cuatro tornillos para pasar a la de tres³², y se hicieron también otras mejoras de menor calado.

20 Suiza entra en el juego y gana la partida.

Heinrich Wild, que debía ser bastante inconformista, parece que no estaba muy a gusto en Jena y, en 1921, junto a varios socios creó, en un pueblecito del valle del Rin, llamado Heerbrugg, su propia fábrica de aparatos ópticos (topográficos, fotogramétricos, etc.). Como consecuencia de ello, tres años después, aparecía el Teodolito Universal Wild T2³³, con un diseño, en el que, como en el caso del Zeiss Th 1, se sustituyeron los limbos de metal por otros de vidrio, bastante más pequeños,

32 Aunque en los EEUU aun se encuentran muchos instrumentos de cuatro tornillos.

33 Ver ficha III-3-57.

se redujo su diámetro a 9,5 cm el horizontal y a 7 cm el vertical, y para aumentar la precisión en las lecturas se incorporaron micrómetros ópticos de coincidencia. Todo ello contribuyó a una importante reducción en el tamaño del aparato, debido también a la incorporación de nuevas mejoras en los anteojos de enfoque interno. A partir de 1930 comenzó la fabricación en serie de los teodolitos T2 y T3.

En 1931, y por razones que desconozco, dejó a sus socios de Wild-Heerbrugg para irse a trabajar, por su cuenta, a Zúrich (se ve que le iban más las grandes ciudades que los grandes espacios vacíos), como ingeniero-diseñador de instrumentos. Cuatro años después presentó el diseño de un aparato fotogramétrico que iba a tener un éxito de enormes proporciones, lo llamó Estéreo-Autógrafo, del que también la Escuela posee un ejemplar, aunque de un modelo posterior 36 (fabricado hacia 1960), adquirido con fondos de la Ayuda Americana a España, y cedido por el Gabinete de Fotogrametría de la UPM, que tiene su sede en la E.T.S. de Ingenieros Agrónomos. Casi al mismo tiempo, nuestro hombre, firmó un contrato de colaboración con la Casa Kern para diseñar un nuevo teodolito, el DKM 2³⁷, que también gozaría de gran prestigio entre los profesionales de la Topografía.

Aprovechando los recursos que ofrecía la óptica, también se aumentó el diámetro del objetivo de los anteojos, con el fin de mejorar su luminosidad y aumentar su poder separador, lo que contribuyó también a un mayor alcance y precisión en las punterías.

La siguiente modificación tuvo como protagonista a esa molesta plomada de gravedad, que nunca se quedaba quieta. Se fueron acoplando las de tipo óptico, mucho más cómodas, a los nuevos modelos de teodolitos, taquímetros y niveles.

Otro de los dilemas de los primeros años del siglo XX, que tenía bastante desconcertados a los fabricantes, porque suponía un encarecimiento del producto, se centró en la discusión sobre las preferencias en el tipo de graduación de limbos. Había una serie de países liderados por Francia, entre los que estaban Italia y España, que se decantaban por el sistema centesimal, mientras que el Reino Unido, EEUU, Alemania, Austria y Rusia lo hacían por el sexagesimal.

La idea de sustituir, en la división del círculo y en la edición de tablas numéricas (taquimétricas, de logaritmos, valores naturales, etc.), el viejo grado babilónico (360°) por el nuevo grado francés (400^g), conservándose en la subdivisión el sistema decimal, redundaría en beneficio de la fusión del cálculo astronómico con el geodésico y el topográfico.

En el primer tercio del siglo pasado, Europa exportaba al mundo todo tipo de instrumentos topográficos y fotogramétricos; en Suiza, Wild producía ya los teodolitos T0, T1, T2 y T3; de la Casa Kern de Aarau salían los DKM 1, DKM 2 y DK 3 (que con el tiempo sería el DKM 3); en Alemania la casa Zeiss de Jena fabrica sus modelos I, II, III y IV; pero también había en aquel país otros fabricantes de prestigio que ya se han mencionado, como Breithaupt, Hildebrand, Fennel y Askania; en Italia seguían produciendo instrumentos firmas como, La Filotecnica de Salmoriaghi, sucesor de Ignacio Porro, Officine Galileo y, una nueva empresa, radicada en Roma, llamada

OMI (Ottico Mecánica Italiana); por su parte, en el Reino Unido continúan Cook y Throughton & Simms, que, en 1926, unieron sus fuerzas para crear una sola empresa (las dos últimas ya lo habían hecho), Stanley y la Hilger & Wats, entre otros. Por último, en Francia H. Morín y SOM (Società Optique et Mecanique) fabricaban también goniómetros de calidad.

Pero esta época tan floreciente para la instrumentación terminó muy pronto, pues la crisis de 1929 dio al traste con grandes proyectos de obras públicas que se estaban haciendo, o estaban a punto de comenzar, en varios países, principalmente en los Estados Unidos, y las empresas fabricantes dejaron de vender aparatos y trataron de ponerse a la capa, como se dice en términos náuticos, en espera de tiempos mejores. Vamos, un panorama muy parecido al actual.

Pero la técnica y la investigación siguieron adelante cogidas de la mano y, en 1936, un ingeniero de la Casa Zeiss, de origen ucraniano, llamado Smakula, mejoró la óptica de los instrumentos de la casa mediante el sistema de vaporización al vacío, creando una película en las lentes con la que se evitaba el efecto de las reflexiones múltiples, cuya consecuencia era una pérdida considerable de luz en los anteojos, obteniendo algo parecido a lo que actualmente conocemos como la óptica azul. La palabra inglesa *coated* que aparece muy a menudo en los objetivos de las cámaras fotográficas y en los prismáticos hace referencia a aplicaciones de este tipo pero mejoradas.

Otro ingeniero de la firma Askania de Berlín, llamado Gigas (y que más tarde pasaría a Zeiss), instaló, hacia 1942, en su teodolito de 27 cm, un dispositivo de registro fotográfico de las lecturas de los limbos, que posteriormente adoptaron los fabricantes de referencia, Wild y Zeiss-Jena, algún tiempo después en sus aparatos T3 y Theo 002, pero enseguida se abandonó ese camino por la delicadeza del material sensible empleado para el registro.

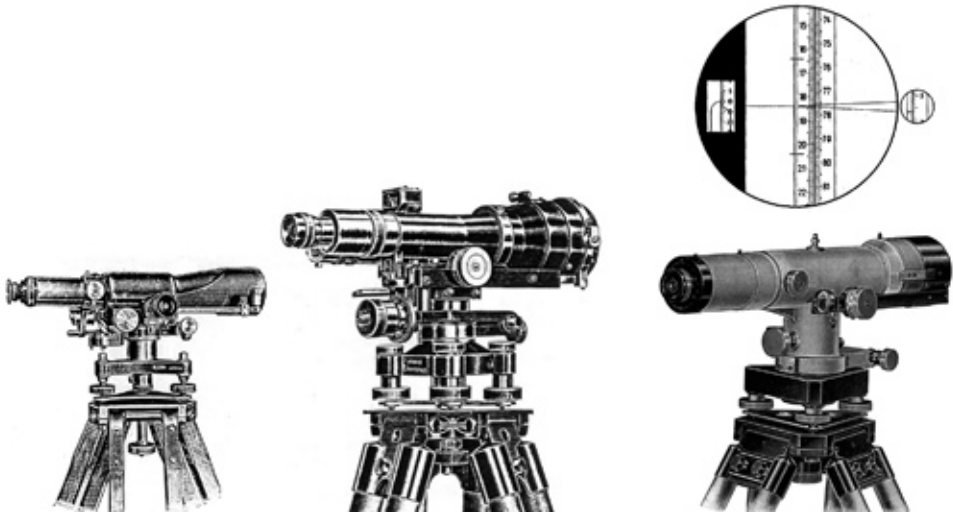
En los años treinta se desarrollaron también otro tipo de aparatos destinados al dibujo, más o menos automático, de planos y mapas, se trataba de coordinatógrafos (cartesianos y polares), sistemas optico-mecánicos de rotulación y plantillas diseñadas al efecto, cámaras técnicas para ampliación y reducción de mapas, etc.

Tanto la casa Coradi, de Ginebra como la firma Aristo³⁴ de Hamburgo, se habían especializado en este tipo de instrumentos auxiliares para la topografía y el posterior dibujo de los planos. Una y otra fabricaron excelentes coordinatógrafos. En la figura adjunta se muestra uno de aquellos modelos de los años



El coordinatógrafo Aristo de 70x70 cm (h. 1930).

³⁴ Esta firma comenzó fabricando teodolitos, niveles, miras, instrumentos de dibujo, etc. Y hacia 1872 comenzó a fabricar también reglas de cálculo en madera de boj.



Niveles de alta precisión, de izquierda a derecha, Kern, Wild y Zeiss, retículo de cuña y nivel de coincidencia (h. 1930).

previos a la Segunda Guerra Mundial, capaces de situar puntos en el plano, por coordenadas, con una precisión de $\pm 0,1$ mm. En cuanto a tamaño, el mayor era de 150×200 cm y el más pequeño de 20×20 cm. Hoy estos ingenios mecánicos han sido sustituidos por los plotters electrónicos gobernados por computadoras.

Otro instrumento diseñado para la medida de distancias fue el telémetro, pero, salvo los de las cámaras fotográficas, el resto eran de aplicación casi exclusivamente militar. Los primeros telémetros de imagen partida, dentro del mismo ocular, se fabricaron a finales del siglo XIX, dando lugar a los telémetros artilleros o de base fija y a los topográficos o de base móvil, más tarde llegaron los de tipo estereoscópico. Como antecedente se puede citar una especie de prototipo fabricado por Ramsden hacia 1790, y cien años después, el de Barr & Stroud (1888). Las grandes empresas del sector, Wild y Zeiss, también se ocuparon de la fabricación de este tipo de aparatos e hicieron buenos negocios durante la belicosa primera mitad del siglo XX.

Por otro lado, también se mejora en esta época el embalaje de los teodolitos, taquímetros y niveles con estuches en forma de campana de acero, que aumentó su protección y facilitó su transporte. Parece ser que en principio fue una novedad de la Casa Wild, enseguida copiada por el resto de fabricantes, salvo la Casa Zeiss que se mantuvo fiel al tradicional estuche de madera, hasta que el plástico sentó sus reales en estos dominios.

21 Nuevos niveles para nuevos retos: la Nivelación de Alta Precisión (NAP).

Hacia los años veinte del mismo siglo, casi todos los países europeos habían terminado su nivelación de precisión, pero era preciso ir más allá con ese término y algunos se plantearon un nuevo reto, que llamaron nivelación de alta precisión (N.A.P.), con errores kilométricos del orden de $0,5$ mm; para ello era preciso la fa-

bricación de nuevos instrumentos alimétricos capaces de no sobrepasar ese límite. Pero veamos cómo estaban las cosas entonces.

En el mundo de los niveles de anteojo, la novedad de los años de entreguerras (1919-1939) fue la aparición de los modelos de línea reversibles, con sistema de burbuja partida, lo que mejoró considerablemente la precisión de la visual, a la vez que hacía, prácticamente, inútiles los tornillos de la base nivelante del aparato, con el consiguiente ahorro de tiempo. En algunos modelos se incorporó un limbo acimutal al conjunto para leer ángulos horizontales, lo que en algunos casos podía ser interesante; también se añadieron hilos estadimétricos a la cruz del retículo para la determinación indirecta de la distancia a la mira.

Entonces, en la Casa Zeiss de Jena, donde también se hacían niveles más sencillos, comenzó la producción de un aparato de alta precisión que llamaron *modelo A*, tenía el retículo de cuña y, ante el objetivo se colocaba una placa de vidrio de caras plano-paralelas, con un micrómetro para controlar el movimiento de giro de la placa, y por tanto medir el desplazamiento vertical del hilo horizontal del retículo hasta hacerlo coincidir con una división exacta de la mira, también llevaban un nivel de burbuja partida, visible a través del anteojo (ver figura adjunta); con características similares Wild fabricó su modelo *N3*; y, siguiendo esa misma línea, Kern creaba el modelo *NK3*. Prácticamente, todos los fabricantes construyeron miras invar verticales de doble graduación. También otros fabricantes europeos: alemanes, italianos, franceses, ingleses, húngaros y rusos produjeron este tipo de aparatos.

Otro de los logros de la época fue el aporte de ideas para la creación de un nuevo tipo de nivel que tendría su desarrollo en los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, el **nivel automático**, que incorporaba prismas o espejos pendulares en el camino de la visual por el interior del anteojo, para compensar el efecto de su falta de horizontalidad.

Los primeros resultados no aparecieron hasta 1946, cuando el ruso Stodolkjewich puso en práctica estos principios. Una nueva casa, llamada ahora Carl Zeiss (sin el Jena de antes), se instaló después de la guerra en Obercochen (Alemania Occidental)³⁵, que basándose en estas ideas fabricó, en 1950, el nivel *Ni2*³⁶, un instrumento que en lugar de nivel tórico de burbuja, estaba dotado de un compensador mecánico que se encargaba automáticamente de horizontalizar la visual y que fue el precursor de los actuales sistemas, llamados de compensación por gravedad. La Escuela cuenta con un ejemplar, en perfecto estado, de este modelo. En 1956, la firma Askania traspasó este principio a sus teodolitos, instalando un sistema de este tipo en el limbo vertical de sus goniómetros que cooregía automáticamente el error del eclímetro.

22 Mientras tanto en España...

Hasta donde yo sé, para hablar de los primeros instrumentos fabricados en España hay que remontarse al siglo XVII, cuando el Duque de Medinaceli, D. Juan Fran-

35 Jena quedó en Alemania Oriental donde, varios años después de terminada la guerra, también continuó la fabricación; entonces era zona de influencia soviética.

36 Ver ficha III-2-22.

cisco de la Cerda, se dirigió al catedrático de Matemáticas del Colegio Imperial de Madrid, el jesuita José Zaragoza, para encargarle una colección de lo que entonces se llamaba instrumentos matemáticos, con la intención de regalárselos a Carlos II en su décimocuarto cumpleaños.

El artífice parece ser que fue el propio Zaragoza, con algunos ayudantes, quien en un cortísimo periodo de tiempo realizó los catorce instrumentos (uno por año cumplido) que se reseñan a continuación: una regla de latón, una pantómetra militar, un triángulo filar, una cruz geométrica, un rombo gráfico, dos triángulos equiláteros de diferente tamaño, un anteojo, un compás armónico y otro de varillas, una cadena, una mesa de palosanto con su pie y una escuadra de una vara. Se acompaña la colección con un libro explicativo del uso de estos aparatos titulado “Fábrica y uso de varios instrumentos mathemáticos con que sirvió al Rey N.S.D. Carlos II el día de su catorce cumpleaños el excelentísimo señor D. Juan Francisco de la Cerda, Duque de Medinaceli, Segorve, Cardona y Alcalá, sumiller de Corps de Su Majestad et. Dispuestos y explicados por el Rmo. P. Joseph Zaragoza, de la Compañía de Jesús, calificador de la Suprema, catedrático de theología de los colegios de Mallorca, Barzelona y Valencia y de mathematica en el Imperial de Madrid; y en la misma facultad maestro del Rey Nuestro Señor. En Madrid, por Antonio Francisco de Zafra, día 5 de noviembre de 1675”.

El arcón que contiene estos instrumentos se conserva en la Biblioteca Nacional y actualmente está expuesto en el propio museo.

También tenemos noticias de otro artífice de mediados del siglo XVIII llamado Diego Rostriaga (Castilflorte 1713-Madrid 1783) relojero e instrumentario y estudiante de Latín, de Filosofía, de Matemáticas y de Mecánica aplicada a las Artes. Comenzó a construir, para el entonces Príncipe de Asturias y luego el Rey Carlos III, brújulas geodésicas, pantómetras, barómetros de mercurio, máquinas neumáticas, bombas, relojes, pirómetros y otros instrumentos de Física y de Cálculo, entre ellos, una escopeta de viento (que, hasta hace poco, estaba en el Instituto San Isidro) y dos esferas armillares (en la Biblioteca Nacional). Su hermano Celedonio y su hijo Leocadio fueron también aventajados prácticos en estas técnicas.

A mediados del siglo XIX comenzó la triangulación geodésica española de primer orden y, poco después, hacia 1870, se iniciaba la formación del Mapa Topográfico Nacional y el Catastro parcelario, también las obras públicas, la minería, etc., experimentaron un crecimiento muy importante. Para ello hacían falta buenos instrumentos y en cantidad, la mayor parte fueron importados de Francia, Alemania, Italia e Inglaterra principalmente. Pero también se necesitaban instrumentos de menor precisión para los trabajos de poligonación y relleno: taquímetros, brújulas, escuadras, miras, jalones, rodetes, cadenas, etc. Buena parte de este material se podía fabricar aquí, sin ningún problema y no faltaron empresarios dispuestos a ello.

Volvemos a encontrar algunos instrumentistas a finales del siglo XIX, entre ellos podemos destacar la acreditada casa de Atilano Bastos y Amado Laguna de Rins, de Zaragoza.

Amado Laguna de Rins (1849-1907), era militar e ingeniero agrónomo y, en 1883 creó, en Zaragoza, junto a Atilano Bastos, una sociedad para la construcción de aparatos de precisión en el campo de la Topografía y de la Geodesia, a partir de un taller creado por Bastos en 1880. En 1897 se quedó con la totalidad de este negocio, dedicado a la fabricación de escuadras, prismáticos, brújulas, taquímetros, teodolitos, planímetros, aparatos para la telegrafía óptica, pantógrafos etc.; productos que alcanzaron un éxito notable, no solo en España, sino que sus instrumentos se exportaron también a varios países hispanoamericanos como Cuba, México, Chile y Argentina.

En 1907, la Revista Minera, se hacía eco del fallecimiento de D. Amado con estas palabras “Con motivo de la sentida muerte del ingeniero D. Amado Laguna de Rins, la fábrica de aparatos de topografía y geodesia, y demás instrumentos de precisión, de antiguo establecida en Zaragoza, ha pasado a su señora viuda, la cual ha otorgado poderes a su hijo D. Miguel Angel Laguna, y ha encargado la dirección técnica de los talleres al ilustrado ingeniero D. Ramón Ríos Balaguer. Ambos señores llevaban ya bastante tiempo al frente de esta industria. Continúa, pues, la organización que ha hecho tan conocida y acreditada la fábrica de Zaragoza”.

En 1920, la empresa se convirtió, con un capital de 500.000 pts., en S.A. Amado Laguna de Rins. Dos años después la industria contaba con una plantilla de 150 trabajadores e ingresos superiores al millón de pesetas anuales. Tras la creciente demanda, Amado Laguna se lanzó a la construcción de nuevos instrumentos como calibradores, contadores, curvímetros, gemelos, telémetros, higrómetros, niveles de agua, pluviómetros, sismógrafos etc.

D. Amado, fue también un político conservador y, como tal alcanzó la alcaldía de Zaragoza, después de haber sido concejal en varias ocasiones. También creó La Mutua de Accidentes de Zaragoza, de la que fue su primer presidente³⁷.

Creo recordar que estuvieron fabricando instrumentos de este tipo hasta 1970 aproximadamente, fecha en que, ante la competencia exterior, tuvieron que reciclarse e introducirse en otros tipos de negocios más rentables en el ámbito de la automoción. Esta casa creó escuela y de ella salieron buenos mecánicos que con el tiempo acabaron instalándose por su cuenta como Isidoro Sánchez y José Berdala.

José Berdala Layta se inició en el mundo de la topografía en 1888, año en el que ingresó en el taller de mecánica de precisión de Bastos y Laguna, en Zaragoza. En 1900 puso su propio taller en la misma ciudad, consiguiendo ocho años después el primer premio y Medalla de Oro en la Exposición Hispano-Francesa de Zaragoza por sus trabajos de precisión en el ámbito de la Topografía y la Relojería. Viendo que en este tipo de negocios había un cierto porvenir, se trasladó a Madrid en 1910, donde construyó sus primeros niveles de anteojo y teodolitos del tipo Troughton, lo cual era todo un hito en la tecnología topográfica española. Uno de sus principales clientes fue el Instituto Geográfico, para el que construyó varias brújulas con anteojo excéntrico. También se encargaba de las reparaciones de todo tipo de instrumentos, tanto de los centros oficiales, como de profesionales particulares; pero, como otros, no pudo supe-

³⁷ Almarza, Fernando: Amado Laguna de Rins; publicación de La Cadiera, Zaragoza, abril 1967.

rar la competencia de las firmas extranjeras, que por aquella época empezaron a tener representaciones en este país y venían con equipos más perfeccionados y tenían un know how mundialmente reconocido. No obstante continuó con la construcción de aparatos por encargo, como unos sistemas de telegrafía óptica para el ejército. También hay que resaltar que, en 1926, recibió una Medalla de Plata y Mención Honorífica por sus trabajos relacionados con los aparatos topográficos.

Su sucesor, Enrique Berdala, se instaló en Barcelona en 1931, con un negocio de venta y reparación de aparatos topográficos, representando a la firma Fennel de Kassel y a sus antiguos mentores de Laguna de Rins. Hoy la casa Berdala sigue funcionando en aquella ciudad, desde donde también distribuyó equipos de la casa Zeiss, cuya división topográfica hoy casi ha desaparecido, y continúa con la venta y reparación de este tipo de instrumentos.

En 1897, el otro técnico del taller de Bastos y Laguna, Isidoro Sánchez montó su taller de fabricación y reparación de aparatos, en la Ronda de Atocha nº 6³⁸ de Madrid. Allí fabricaban brújulas y aparatos de encargo, uno de los cuales fue el taquímetro autorreductor de Mendizabal y Fungairiño; también hacían todo tipo de reparaciones. El hijo del fundador se anunciaba en los años treinta como *Constructor de Instrumentos de Topografía y de toda clase de aparatos mecánicos. Reparación de todo tipo de aparatos topográficos, Aritmómetros, Brunsvigas³⁹, Sumadoras, etc.* En los últimos cuarenta años esta empresa se ha caracterizado por su dinamismo; y prácticamente ha resistido hasta hoy, pero dejando la fabricación para los japoneses, con los que tenían relaciones comerciales. Fueron los representantes de Sokkisa-Sokkia en España y actualmente están relacionados con Topcon, otro gigante japonés de la topografía. En 2001 se vendió la empresa al grupo Inland, grupo que dos años más tarde fusionó una serie de empresas para formar Inlandgeo, que recientemente ha sido adquirida por Topcon, según tengo entendido.

Cuando hablabamos de los taquímetros autorreductores hemos hecho referencia al Tte. Coronel de EM y profesor de topografía de la Escuela de Guerra, D. Alejandro Más y Zaldúa⁴⁰, diciendo que proyectó varios instrumentos, destacándose el taquímetro-autorreductor de 1903. También hemos mencionado a los ingenieros, Mendizabal y Fungairiño, diciendo que, hacia 1912, diseñaron su taquímetro autorreductor (Ficha III-3-16), y a otro militar coetáneo, y viejo amigo nuestro, el General D. José de Elola Gutiérrez, que concibió otro instrumento de similares características, al que bautizó con el nombre de *taquímetro-brújula autorreductora*, pues bien, que yo sepa, todos ellos fueron fabricados por artífices nacionales.

38 Luego, creo recordar que estaba, más abajo, si mal no recuerdo era el nº 26.

39 Calculadoras de manivela y palanquitas de la marca Brunswig.

40 El militar y escritor Alejandro Mas Zaldúa nació el 9 de julio de 1841 en Avilés (Asturias). Ingresó en la Academia de Estado Mayor del Ejército en septiembre de 1875. Fue profesor de la Escuela Superior de Guerra, y tomó parte en la comisión encargada de levantar el plano de El Ferrol (Galicia). En 1894 trabajó en la comisión del mapa militar. Tras una enfermedad adquirida en Filipinas volvió a su puesto de profesor, cargo que ostentó varios años, simultaneándolo con trabajos profesionales y algunas comisiones al extranjero. Fue autor de las obras: *Fototopografía práctica*, *Taquímetro gráfico o taquigrafómetro*, *Taquímetros autorreductores*, *Aplicaciones topográficas de la fotografía-estereofotogrametría*, *Orientación*. *Apuntes de Topografía*, *Métodos topográficos*, *Tablas taquimétricas...* y *La Estereofotogrametría* en 1913.

Desconozco si hubo otros fabricantes españoles, pero sabemos que, antes de la guerra civil, existían en Madrid varios talleres óptico-mecánicos de reparación de instrumentos topográficos, como el de “J. Herrero”, que se anunciaba como *Constructor de aparatos científicos (Reparaciones y verificaciones) Teodolitos, taquímetros, brújulas, niveles, prismáticos... científicos en general*, y puntualizaba: *Especialidad en aparatos Wild y Zeiss*. Su taller estaba en la calle de Leganitos nº 46. En Juan Montalvo 31 estaba el “Laboratorio Electrofísico”, donde se reparaban todo tipo de aparatos geofísicos, como sismógrafos, gravímetros, etc. “José Santamaría” se anunciaba como *Carpintero constructor de aparatos de fotografía y topografía*, en su taller, de la calle San Simón nº 6, también se reparaban y pintaban las miras, reglones y jalones. Otro *Taller de precisión y mecánica fina* era el de “Luis Conlledo y Cía.”, de la calle Doctor Santero 23, donde se construían engranajes y se reparaban *máquinas parlantes, aparatos de proyección, óptica, geodesia y similares (teodolitos, brújulas, niveles, planímetros, pantógrafos...)*, además de *contadores de agua de todos los sistemas y calibres*. Los “Sobrinos de R. Prado S.L.”, tenían su sede central en la calle del Príncipe nº 12, y en ella ofrecían aparatos de *Óptica y Física-Radio-Historia Natural-Telefonía-Telegrafía-Pararrayos-Timbres-Electricidad*. También eran los “Depositorios exclusivos en España de *Telefon A.B.L.M. Ericson*”. En la casa “Germán Weber”, que ha existido hasta hace relativamente poco tiempo, estaba la representación de la firma Kern en Madrid y allí se llevaban a reparar los instrumentos de esa marca. No podemos olvidar a la “Casa Castañón y Cía. S.A. Ingenieros”, fundada en 1902, y establecida poco después en el primer tramo de la Gran Vía⁴¹, dedicada a la importación y venta de todo tipo de materiales para la topografía, desde instrumentos de precisión hasta papeles para el dibujo técnico, pasando por las cajas de compases, libretas de campo, planímetros, pantógrafos, etc. Tampoco a la “Papelería Alemana & Guillermo Koehler” que anunciaba instrumentos de Topografía y Óptica, material de campo y dibujo, y además eran los agentes de la firma Breithaupt en Madrid. También en Madrid estaba la casa “Valluerca Hnos.” acreditada papelería de la calle del Carmen que, aparte de suministrar papel de dibujo y libretas de campo, importaba además este tipo de instrumentos, principalmente desde Inglaterra.

Por un anuncio del tomo correspondiente a 1903 de la Revista Minera nos enteramos de que en Barcelona también había, a principios de siglo, al menos, un taller de aparatos topográficos; en efecto, en aquella propaganda se ponía a la venta un teodolito construido por una firma denominada “Casa Rosell”; el aparato tenía un limbo de 14 cm diámetro y apreciaba angularmente hasta el minuto. Allí también se decía que podían adquirirse varios niveles con brújula (uno de ellos Troughton). En la misma revista se ofertaba además otro tipo de material topográfico de cálculo como tablas taquimétricas y de senos y cosenos⁴², tanto en sistema centesimal como sexagesimal, realizadas por D. Alberto Herrera, ingeniero del Cuerpo de Minas. De todo lo cual se daba razón en la administración de la propia revista.

Como ya se ha comentado, España importaba también gran número de instrumentos procedentes de fabricantes europeos como los ya mencionados Wild, Zeiss, Kern, Brei-

41 En el nº 13 de la entonces llamada Avda. del Conde de Peñalver.

42 ¿De valores naturales?

thaupt, Fennel Morín, Salmoiraghi, Galileo y otros. Ante estos competidores, los talleres españoles solo podían aspirar a convertirse en talleres de reparación y poco más. Luego les llegaría la hora a los fabricantes franceses y británicos, que se habían mantenido, un poco a trancas y barrancas, gracias a las ex colonias. Poco después fueron cayendo el resto, hasta dejar prácticamente sola a la firma Leica (ex Wild) en Europa.

No obstante, durante el primer tercio del siglo XX, aún se podía ver en España a los profesionales de la agrimensura utilizar la alidada de pínulas, la cuerda y la cadena de agrimensor, tal y como refleja Jesús de Federico en su obra “Topografía”, publicada en los años veinte, allí se dice: *“denominase pínulas a una reglilla provista, paralelamente a sus lados de dimensión mayor, de una ranura terminada en una especie de ventanilla circular, por la que se enfila la vista hacia el objetivo con que se opere. La alidada de pínulas consta en esencia de una regla metálica horizontal, en cuyos extremos se elevan las dos pínulas; ... Las cuerdas usadas con este objeto suelen ser de las llamadas de cordelillo y de torcido muy esmerado, estando corrientemente pintadas con pinturas aislantes para disminuir sobre ellas las influencias atmosféricas, ..., la cadena tiene casi siempre la longitud de 10, 20 ó 25 metros, y está formada por eslabones de 0,05 a 0,20 de metro de largo, y provista de sus correspondientes asas, cuyas dimensiones suelen formar parte de la totales que corresponden al primer eslabón, ..., las mejores cadenas son de alambre de acero, de unos 3 mm. de diámetro”*.

Aparte de estos anacronismos que solo reflejan un tipo de trabajo muy específico del ámbito rural, el siglo XX se caracterizó, además de por los adelantos ya mencionados, por nuevas aportaciones de las tradicionales firmas suizas, alemanas, italianas, principalmente, y otras firmas, hasta entonces desconocidas por aquí, procedentes de Japón, tales como Sokia, Topcom, Pentax y Nikon, y de Estados Unidos hay que mencionar a las firmas Baush&Lomb, Trimble, etc... Poco antes de la caída del Muro de Berlín, algunos países de la órbita soviética también se abrieron al libre comercio de la topografía, países como Alemania del Este (la antigua RDA) con la casa Zeiss de Jena y Hungría con la firma M.O.M. y otras, comenzaron a comercializar instrumentos de este tipo salidos de sus fábricas, con cierto éxito, y hoy podemos encontrar en los comercios del ramo instrumentos procedentes de la extinta Unión Soviética, lo que hoy se llama Federación Rusa (con algunas excepciones).

23 Ni cadenas, ni rodetes, ni miras: distanciómetros electrónicos (EDM)⁴³.

Nos cuenta Daumlich⁴⁴ que el primer distanciómetro electro-óptico se fabricó en Rusia en 1936, y se llevó a cabo gracias a los trabajos del Instituto Nacional de Óptica. Después de la Segunda Guerra Mundial, los suecos se afanaron para que este tipo de instrumento llevase su impronta y, en 1948, AGA fabricó su renombrado **Geodímetro**. Casi diez años después, y en Sudafrica, Wadley construyó, en 1957, otro distanciómetro de mayor alcance, utilizando, en vez de ondas de luz visible o infrarrojas, las microondas, ese aparato se llamó **Telurómetro** y se utilizó en nume-

43 Electronic Distance Measurement.

44 Daumlich. Surveying Instruments. 1982. Ed Walter de Gruyter. Berlín N.Y.

rosos trabajos de trilateración durante la segunda mitad del siglo XX, sobretudo en países en vías de desarrollo, donde no existían redes de triangulación geodésica o estas no eran lo suficientemente densas.

Tardarían diez años más en aparecer los distanciómetros electro-ópticos de láser. Wild fabricó, en 1968, el DI-10, distanciómetro de “reducidas dimensiones”, que combinado con un teodolito reportó grandes ventajas a la topografía y la geodesia, proporcionando medidas de distancias con gran precisión y rapidez. A este le siguieron otros equipos europeos, americanos y japoneses que ya estaban tratando de incorporarse al mercado occidental de la instrumentación topográfica.

A partir de estas fechas, el avance fue vertiginoso, pasando rápidamente de los distanciómetros excéntricos (respecto al goniómetro) a los superpuestos sobre el propio anteojo o bien sobre un travesañó apoyado sobre la carcasa de los muñones del aparato. Esto fue posible gracias a la reducción de tamaño y peso que estos instrumentos experimentaron en el transcurso del tiempo, permitiendo así colimar los puntos más cómodamente, con un solo movimiento horizontal, en el caso del travesañó superpuesto a los muñones, o con una sola puntería vertical, en el caso del montaje en el propio anteojo.

24 Del taquímetro electrónico a la estación total robotizada y otros alardes de la técnica.

La electrónica revolucionó el panorama de la topografía en dos aspectos: primero asociando un dispositivo de medida electrónica de distancias (MED) al anteojo del taquímetro y luego presentando automáticamente en pantalla las lecturas de los limbos para su visualización. La taquimetría había llegado a ser electrónica pero había que seguir apuntando las lecturas en la libreta.

El acto de anotar en ella todas las medidas realizadas con el aparato en el campo provocaba errores con bastante frecuencia, que, a veces, podía tener fatales consecuencias. Ya se ha mencionado que algunos fabricantes trataron de facilitar esta operación introduciendo dispositivos fotográficos para el registro de los datos, pero fue un sistema que no prosperó por su incomodidad y múltiples fallos.

La aparición de los sistemas electrónicos o digitales de captación y lectura de ángulos facilitó esas labor y supuso otro gran avance en el camino hacia la Estación Total (ET), pero antes tuvieron que salir al mercado los teodolitos electrónicos y, poco tiempo después, sobre ellos se montaron unos distanciómetros, cada vez más reducidos.

Si se podían visualizar las lecturas en una pantalla, estaba claro que no iba a resultar muy difícil su memorización en soporte magnético o de otro tipo. El siguiente paso que



El taquímetro electrónico Tachymat TC1.

se dio para mejorar la captura de datos fue conectar colectores o libretas electrónicas al aparato para su registro automático. Hay que decir que al principio se conectaban, de forma más o menos artesanal, ciertos dispositivos que ofrecía el mercado de las calculadoras manuales y agendas electrónicas, aprovechando su memoria para el almacenamiento de los datos, recordemos la agenda Psion: una especie de agenda-calculadora, con software propio para registrar, realizar algunos cálculos y, de paso, controlar el funcionamiento del taquímetro. Luego, este tipo de colectores pasaron a ser tarjetas magnéticas de registro que, conectadas al ordenador, a través de un dispositivo intermedio, descargaban en él los datos de campo. Poco tiempo después, ya era posible el volcado directo de los datos, por medio de un “modem”, y su envío a través de la línea telefónica a la oficina para su comprobación, oficina que podía estar a cientos de kilómetros de distancia. De este modo, un teodolito electrónico provisto de un sistema de registro automático pasó a denominarse primero **semiestación**, pero estas tuvieron una vida muy efímera, pues al poco tiempo se incorporó el distanciómetro al cuerpo del anteojo del aparato y comenzó la revolución actual de las **estaciones totales**, un nombre, a mi juicio, demasiado prosaico para denominar un aparato que es una auténtica maravilla de la tecnología y tan fácil de manejar... (a veces). Esto ocurría hacia 1985, poco más o menos.

En la figura adjunta podemos ver un Tachymat TC1, que salió al mercado de la mano de Wild en 1979; en él se registraba las lecturas sobre cintas magnéticas de tipo casete. Se trataba de un instrumento muy caro y delicado, hoy costaría el equivalente a 20.000 €; cuando el precio de una ET ahora puede oscilar entre los 800 y 1600.

De la captación electrónica de ángulos, tanto en su versión incremental como absoluta, pasamos casi sin darnos cuenta a la concepción de la actual estación total, mejorando la lectura angular así como la medida de distancias. También mediante la electrónica se construyeron sistemas compensadores de uno, dos o tres ejes para mantener permanentemente la verticalidad del instrumento.

Sería extenso y no muy ilustrativo dar un repaso a los **progresos** experimentados por las estaciones totales durante el tiempo transcurrido desde 1980 hasta hoy, pero no me resisto a mencionar las últimas novedades del mercado.

Las estaciones motorizadas aparecieron en los años 90 de la mano de la firma sueca Geotronics, son muy útiles para replanteos, pues introduciendo las coordenadas de los puntos a materializar en el terreno en el ordenador de la Estación Total, esta se autoorienta, en función de un punto conocido, y dirige al peón con el prisma hacia el punto buscado, quedando primero marcada su dirección; después se establece la distancia mediante el sistema de prueba y error. Otros modelos más evolucionados son capaces de seguir al prisma en sus movimientos mediante un sistema de búsqueda y seguimiento, y tienen la posibilidad de registrar los datos del punto desde un controlador solidario al jalón porta prisma por medio de señales de radio, sin necesidad de un operador a cargo del aparato. Ejemplo de este tipo de instrumento lo tenemos en la Estación TCA del Sistema 1000 de Leica, que nos ofrece 10cc de precisión angular y 2.500 metros de alcance.

Otro de los progresos ha sido el de los modernos distanciómetros láser que no precisan prisma para medir distancias, siempre que la visual se dirija a zonas en las que la onda electromagnética pueda rebotar. Su aplicación es muy útil en el levanta-

tamiento de fachadas de edificios, facilitando los trabajos de restauración y, sobre todo, evitando riesgos al no tener que situar el prisma en sitios peligrosos. Actualmente se pueden registrar distancias de hasta 300 m con este sistema.

Desde hace más de una ~~década~~ ^{decada} hay en el mercado distanciómetros submilimétricos, con alcances que varían entre 2 y 15 km, pero de extraordinaria precisión; el Mekometer 5000 ofrece en sus folletos valores de $\pm 0.2 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ ppm}$; precisión que se consigue, entre otras cosas, utilizando como onda portadora un haz láser visible en la banda del rojo, generado por un tubo He-Ne, efectuándose la modulación por medio de un cristal de efecto Pockel. El sistema Monmos de Sokkia logra precisiones del orden de $0,8 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$, mediante emisión de ondas en la zona del infrarrojo, y creo recordar que la firma Geotronics hace algunos años sacó otro modelo de prestaciones similares.

Respecto a los instrumentos altimétricos, Pentax ofrece su nivel automático Autofocus AFL, con un sistema de autoenfoque, similar al de las cámaras fotográficas. Va provisto de un colector de datos, cámara CCD, microchip... y son capaces de leer automáticamente sobre una mira con código de barras, calcular desniveles y compensarlos, medir las distancias y dentro de poco estarán también motorizados. De todos son conocidos los modernos niveles de este tipo fabricados por Wild-Leica, Topcon, Sokkia, etc., que no sabemos aún si llamarles digitales, automáticos o electrónicos, pues todos atienden a esas tres características. También podemos abrir un debate para bautizar al aparato, ahora mismo, yo sugiero el palabra “autodigitrónicos”, se admiten otras propuestas.

Digno de reseñar es el sistema de alimentación fotovoltaica que la casa Geo5 ha acoplado a sus estaciones totales, y que no tardarán en copiar otras empresas, evitándose así gasto de batería cuando las circunstancias lo aconsejen, es decir, instrumentación alimentada por paneles solares.

La última innovación ha consistido en asociar una antena GPS a una Estación Total. La firma Geodimeter convocó un concurso europeo para hallar una denominación a tan útil simbiosis o asociación; y parece ser que la palabra que contó con más aceptación fue *la combinación*, aunque se va imponiendo, con más fuerza cada día, la expresión “SmartStation”, término empleado por Leica para este tipo de instrumentos, lo de smart (elegante) nos hace pensar en una estación con sombrero de copa ¿la antena? bueno, yo diría que se parece más al catite de un bandido de Sierra Morena. Por otro lado eso de llamar “combinación” al conjunto resulta un tanto femenino, con perdón...

Entrar aquí a comentar las posibilidades del sistema G.P.S. queda un poco fuera de lugar teniendo en cuenta que este libro se trataba (al menos en principio) de una especie de catálogo de los instrumentos antiguos existentes en la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid; pero no me resisto a decir que la revolución experimentada por la llegada y difusión de las técnicas GPS hace, en muchos casos, inútiles las medidas de ángulos, desniveles y distancias para calcular las coordenadas de los puntos del terreno, así que nos tendremos que resignar y acatar el progreso tal como viene. Pero creo que se avecinan otros tiempos para la topografía cuando se reduzcan y popularicen los precios de esos diabólicos aparatos llamados laser-escaneres.



CAPÍTULO II

La formación de la colección de instrumentos de la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid y otras cosas interesantes.

1 Topografía y minería. La declinación de las brújulas y un alma caritativa llamada J.S.

Cada vez que entramos en el Salón de Actos de la Escuela nos impresiona su majestuosidad, a la que contribuye su espléndida decoración: la gran lámpara central, los elementos arquitectónicos de las paredes y techo, cubiertos de un estuco imitando perfectamente al mármol, la tribuna, presidida por la copia del retrato de Carlos III del artista bohemio afincado en España, Rafael Mengs. Pero sobre todo nos llaman la atención las vidrieras de Maumejean que representan alegorías de las 6 asignaturas más importantes de la carrera (al menos en aquella época): la Topografía, la Química, la Metalurgia, el Laboreo de las Minas, la Electrotecnia y la Geología (de izquierda a derecha). En la contraportada de este libro se ha representado la correspondiente a la Topografía, en la que aparece un musculoso caballero, semicubierto con una túnica roja y adornado de melena doncelesca, que hace ademán de mirar a través de un nivel hacia unos niños ¿ángeles sin alas? que portan diferentes tipos de miras. Esto nos recuerda que en tiempos esa asignatura tenía cierta importancia, y que ahora ha quedado relegada a cuatro créditos y medio en el cuarto cuatrimestre de la nueva carrera de Ingeniero de Minas a la boloñesa.

Por lo que respecta a la Topografía como asignatura de la carrera, en enero de 1836, Gómez Pardo decía, en su discurso conmemorativo de la llegada de la Escuela al nº 2 de la calle del Florín de Madrid, procedente de Almadén, que “obligados en un principio los jefes de los distritos para levantar los planos y dar las pertenencias de minas a valerse, por la escasez de ingenieros, de agrimensores rutinarios, o de arquitectos nada versados en este género de operaciones, fueron tales y tantos los desaciertos que cometieron, tantas las informalidades y nulidades con que dejaron vacilante la propiedad, que originaron para lo sucesivo ese semillero de interminables y costosos litigios sobre sus límites, que ha sido un verdadero cáncer para la minería”.

Para realizar las demarcaciones, la D.G. de Minas disponía de algunas brújulas en los diferentes distritos, pero era preciso conocer la declinación (ángulo que forma la dirección de la aguja con el norte geográfico) in situ. En el tomo de la Revista Minera correspondiente a 1852 podemos leer un artículo de J.S.⁴⁵ relacionado con este asunto, se titula *Declinación de la brújula magnética en Madrid*, y allí se dice que “las variaciones que experimenta la posición de una aguja imantada suspendida por su centro de gravedad al extremo de un hilo sin torsión, se había creído en un principio que eran siempre constantes en cada punto del globo terrestre; así es que para determinar las líneas isomagnéticas alrededor del globo se contentaban las más veces con las observaciones aisladas y pasajeras verificadas por los navegantes en los puntos donde accidentalmente arribaban. Pero después se ha visto que, la intensidad de estas variaciones, tanto en declinación como en inclinación, no solo sufrían alguna vez alteraciones de consideración en un mismo punto al cabo de cierto tiempo, sino que por regla general no eran siempre las mismas en las 24 horas del día, es decir que una aguja imantada suspendida del modo que hemos dicho siempre está oscilando a un lado y a otro, y que para poder apreciar su verdadera posición sería preciso tomar el término medio de una gran serie de observaciones.

45 No sabemos a quién corresponden las iniciales de la firma: J.S.

Es verdad que estas alteraciones no suelen ser de mucha intensidad, pues rara vez pasan de algunos segundos, sin influencia por consiguiente en aquellas operaciones que no exigen extrema exactitud y que no se practican con instrumentos microscópicamente graduados... “

Entonces, en el Observatorio Astronómico del Retiro, no estaba trazada aún una línea meridiana con la suficiente exactitud como para observar la declinación de la aguja magnética en Madrid, dato muy necesario e indispensable, aunque solo fuera con cierta aproximación, para que los ingenieros de minas pudieran ir allí a declinar sus brújulas.

Continúa diciendo, nuestro incógnito amigo, J.S., que: “deseando hacer este servicio a mis compañeros, y mientras no se verifiquen otras observaciones más escrupulosas, me ha parecido que bastaría comparar una buena aguja construida en Frieberg por el acreditado Lingke, con la línea meridiana trazada en una plancha de bronce sobre la barandilla del primer balcón del salón de embajadores del Palacio Real. Para verificar esta operación he tenido la honra de ser autorizado por S.M., a quien, con su bondadoso natural, se la encuentra siempre dispuesta a complacer y contribuir a todo lo que tenga relación con el adelanto de las ciencias y con el bienestar de los españoles, hasta en las cosas más mínimas y triviales como tal vez pueda considerarse la cuestión presente, puesto que como hemos dicho solo la presentamos como una resolución provisional del problema”.

Entiendo que en ese balcón estaba ya trazada la meridiana sobre una plancha de bronce y que entraron allí para declinar su brújula Lingke, pero no se nos aclara bien lo que hizo J.S. lo que hubiera sido muy interesante; únicamente se limita a dejarnos con la miel en los labios diciendo que “por esta última consideración no vale la pena de que entremos ahora en detalle y relación de las operaciones que he practicado con el auxilio de mi compañero, el ingeniero tercero D. Sergio Yegros, secretario y ayudante de profesor en nuestra Escuela Especial de Minas, ni las precauciones que hemos tomado para evitar la influencia del hierro del balconaje, y el de algunas estatuas y otros objetos de adorno de aquel magnífico salón”.

Luego da una serie de explicaciones comentando que han “repetido cuatro veces la observación a diferentes horas del día, situándose a diferentes distancias de la línea trazada ¿en el balcón? y cambiando la posición de la brújula para observar en la numeración de cada uno de los dos semicírculos en los que está dividida la graduación. Siempre hemos obtenido con cortísima diferencia el mismo resultado, pudiendo anunciar a nuestros compañeros que sus planos y dibujos tendrán toda la exactitud que se requiere en sus operaciones, marcando en ellos $22^{\circ} 45'$ hacia el oeste para la declinación de la aguja magnética en Madrid”. Para hacernos una idea de la variabilidad de este parámetro hay que decir que, el 1 de enero de 1900 la declinación en Madrid era de $15^{\circ} 50'$ y en enero de 2011 su valor ha pasado a ser $1^{\circ} 40'$.

He oído rumores acerca de la existencia en la Escuela de una línea meridiana trazada en algún sitio, para este menester, pero no lo he podido ni confirmar ni dar con esa posible línea.

2 Una indicación que creemos de interés... y de justicia.

Otro de los inconvenientes con que se topaban los ingenieros de entonces era que las brújulas disponibles en los distritos mineros no estaban en las mejores condiciones para realizar los trabajos de demarcación con la precisión exigida, y si alguien quería hacer un trabajo decente debía comprarse su brújula o taquímetro, a diferencia de otros cuerpos de la Administración que contaban con el material apropiado para su cometido, adquirido a cuenta del presupuesto.

En otro artículo de la misma revista (Tomo de 1854), con relación a este asunto podemos leer lo siguiente:

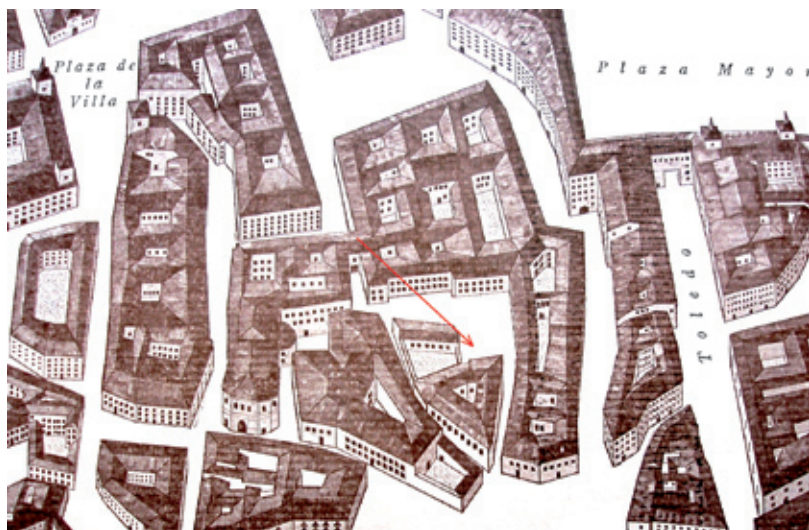
“En la seguridad de que será bien acogida, vamos a hacer un indicación que creemos de interés y que además se funda en un principio de equidad y justicia. Todos los Cuerpos facultativos están dotados por el Gobierno con la colección de instrumentos y útiles necesarios para el desempeño de sus funciones. Más de una vez nos han llamado la atención los numerosos y ricos aparatos geodésicos que poseen las Comandancias de ingenieros militares. No hay tampoco provincia alguna donde los ingenieros de caminos no cuenten con cierto número de aparatos costeados por el Estado o por la provincia respectiva. Y también las modernas comisiones de ingenieros de montes han pedido y alcanzado que se les facilite cuanto es preciso para el desempeño de su cometido”.

“Al crearse en 1825 las primeras inspecciones de minas, se las proveyó también de brújulas alemanas, niveles, ¿angulares?, etc., cuyos restos hemos tenido ocasión de examinar después en algún distrito; pero de entonces acá se ha ido considerando tácitamente como una obligación de cada ingeniero el proveerse de los aparatos necesarios para el servicio oficial, cuando ya, por lo especial de su carrera, necesita destinar una parte de su sueldo a la adquisición de obras de gran costo, de mapas y colecciones, y de una brújula de bolsillo, o clinómetro, martillos, cincel, soplete y de algún reactivo para examen de los minerales. Semejante gravamen que ha venido soportando hasta aquí, no es, como se deduce por analogía, ni decoroso para el Gobierno ni equitativo para el individuo, y como solo debemos atribuirle a la falta de reclamaciones por parte de la administración superior o de la facultativa, esperamos que nuestra indicación sea atendida por quien pueda satisfacerla en bien de una corporación que tanto contribuye al fomento de nuestra riqueza industrial”

3 La Topografía en la Escuela y los primeros instrumentos.

Volviendo a los asuntos de la Escuela tenemos que, en la R.O. (50) de 9 de noviembre de 1845 se aprobó la distribución de las materias que habían de enseñarse, correspondiendo a D. Ramón Pellico el Laboreo de Minas de primer curso, donde se explicaba algo que podría ser una Topografía elemental y que se llamaba Geometría Subterránea (recordemos que la primera Escuela, en Almadén, se llamaba Academia de Minería y Geografía Subterránea), aunque la topografía como tal formaba parte del bagaje del segundo curso.

Catorce años después, en el acta de la Junta de Profesores (hoy la llamaríamos Junta de Escuela) celebrada el 2 de octubre de 1859 se nombraba profesor de Mecánica Racional, Topografía y Geodesia al ingeniero de Primera D. Juan Pablo Lasala. Parece que entonces era costumbre que cada profesor explicara dos asignaturas diferentes de curso completo. Lo vemos también en una Orden de mayo de 1835, al establecerse la Escuela en Madrid, por la que se fijaban los profesores de primer curso: D. Rafael Amar de la Torre (1802-1874) impartiría Mineralogía y Geognosia; D. J. Ezquerro y Bayo (1793-1859), Mecánica y Laboreo de Minas; y Lorenzo Gómez Pardo (1801-1847) que enseñaba Docimasia y Metalurgia.



La plaza del Conde de Barajas según la interpretación planimétrica de la maqueta de Madrid realizada por D. León Gil y Palacio hacia 1830, que se encuentra en el Museo Municipal de la Ciudad.

D. J. Ezquerro y Bayo (1793-1859), Mecánica y Laboreo de Minas; y Lorenzo Gómez Pardo (1801-1847) que enseñaba Docimasia y Metalurgia.

En abril de 1860, estando la Escuela ya en la Plaza del Conde de Barajas, se nombró una Comisión compuesta por los Sres. Monasterio y Lasala para ocuparse en la formación de los presupuestos del año siguiente, cuidando de incluir en ellos las partidas necesarias para comprar instrumentos geodésicos y “para los gastos que ocasionasen los estudios prácticos reconocidos por el vigente reglamento...” se acordó la adquisición de una brújula con armadura de mina y “con aparato para servirse de ella en la superficie”. Se admitieron al concurso dos posibles candidatas que cumplieran esa condición, una pertenecía al ingeniero segoviano D. Melitón Martín y otra al óptico-instrumentista de la calle del Príncipe Sr. Ortega. También, en aquella reunión se nombraba a los profesores Maffey y Lasala para que “previo detenido examen hiciesen su oportuna elección”.

Año y medio más tarde, en el acta de la Junta de 10 de noviembre de 1861, podemos leer que el dinero sobrante de la adquisición de un nuevo lote de aparatos, formado por un teodolito, un nivel y un barómetro, se emplease en la compra de las obras que dicha Junta acuerde. Al poco tiempo, en el acta de la reunión de ese organismo, celebrada el 8 de diciembre de 1861, el profesor Lasala da cuenta de que “cumpliendo la comisión que le fue encomendada en la sesión anterior, ha hecho traer un teodolito, un eclímetro (y) dos miras parlantes cuyo costo excede en algo la cantidad de 6.000 reales que para los indicados instrumentos le fue concedido en otra sesión” y que “examinados por los Sres. Profesores se acuerda su adquisición”. Parece ser que en el interín se había cambiado el barómetro de la petición inicial por dos miras parlantes.

En otra ocasión, el profesor Monasterio daba cuenta de que el óptico de la calle del Príncipe de Madrid, Sr Ortega, se ofrecía a proporcionar cuantos instrumentos pudiera necesitar la Escuela, con tal de que ésta destinara una cantidad mensual para pagar su importe, pero la junta acordó no recurrir al crédito por los inconvenientes que pudiera presentar en un futuro. También, y con relación al párrafo anterior, a propuesta del profesor Maffey, se acuerda la adquisición de las obras siguientes: “Estudio completo de dibujo topográfico” por ~~D. José Pilar y Morales~~ y “Tratado completo de dibujo topográfico” (1859) del Maestro de Obras y Agrimensor ampurdanés D. Juan Papell y Llenas.

En el acta de la Junta de Profesores del 13 de marzo de 1863, se daba cuenta de la recepción de un oficio de 23 de febrero del Director General de Caminos, Casas de Moneda y Minas, remitiendo varios aparatos que no tenían ya aplicación en el establecimiento de Almadén, entre ellos estaba la brújula con la que levantó los planos e hizo todos los trabajos en aquellas minas el ingeniero Larrañaga “a quien tanto debe el citado establecimiento” según se decía en la nota de entrega.

En abril de aquel año y estando ya próxima la época en que debían dar comienzo las prácticas de Topografía y Geodesia, el Profesor Lasala manifestó que “creía necesario que la Escuela le proporcionase un grafómetro, algunas banderolas, una cadena de agrimensor y una pantómetra de las más sencillas”, la Junta, no encontrando en ello inconveniente, acordó su adquisición.

Al material adquirido el año anterior había que añadir un nuevo lote de instrumentos, pues en la Junta de Profesores de 12 de enero de 1864, se acordó la compra de una brújula minera, de la casa Linghe de Freiberg, que alguien debió ofrecer a la Escuela y que, por su excelente estado de conservación, y la facilidad de pago, podía considerarse como buen negocio, sin especificar ni el precio ni quien hacía la oferta.

Un mes después, el 13 de febrero, la Junta acordó también, a propuesta del Profesor Lasala, adquirir un barómetro de Fortín, una suspensión cardan, tres niveles, uno de reflexión, uno de agua y otro de aire, dos miras de tablilla divididas en metros y una cinta métrica de acero.

La Escuela tuvo la ocasión de haberse hecho con un buen material de enseñanza cuando una Orden de 24 de enero de 1868, procedente de la D.G. de Minas, encargaba al Profesor D. Felipe M. Donaire la recepción y depósito en ella de los libros, instrumentos, memorias, colecciones de rocas, fósiles y demás objetos pertenecientes a los estudios geológicos de la Junta General de Estadística (que dos años después pasó a ser el Instituto Geográfico); aquello debió ser solo un sueño, porque, dos meses después, D Felipe M. Donaire comunicaba, decepcionado, que aún no le habían entregado ni libros, ni instrumentos, ni memorias, ni colecciones de rocas y fósiles ni nada.

4 Un ingeniero de minas llamado Serafín Baroja.

Entre los alumnos de nuevo ingreso del curso 1862-63, se encontraba Serafín Ba-

roja y Zornoza, padre del extraordinario y original escritor Don Pío Baroja y Nessi que tantos ratos agradables nos ha hecho pasar con sus obras.

En sus memorias⁴⁶ nos deja muchas trazas del trabajo de su padre como ingeniero de Minas, entre ellas se puede leer lo siguiente: *Terminada la carrera de ingeniero de Minas, mi padre se casó y fue a las minas de Rio Tinto, donde nacieron mis dos hermanos mayores... De San Sebastián fuimos a Madrid, creo que por el año 1879... mi padre estaba destinado en el Instituto Geográfico y Estadístico... (p. 536)... En Pamplona mi padre dibujaba planos de las minas fumando y cantando arias de óperas... Con mucha frecuencia salía a hacer demarcaciones mineras por los campos, y estaba una semana o más tiempo trabajando (pp. 551, 552)... Cuando mi padre hizo los estudios, al tercero o cuarto curso de carrera, y dentro de la Escuela de Minas, los estudiantes tenían sueldo ¿? (p. 571)... También nos dice más adelante que con cierta frecuencia ayudaba a su padre en trabajos topográficos:... Hallándose mi padre en Cestona, cuando yo todavía desempeñaba el cargo de médico, hice con él unos de los viajes que me dejaron más gratos recuerdos en la vida. El motivo fueron unos trabajos de demarcación de minas en la provincia de Álava... un ayudante de mi padre cayó enfermo y mi padre supuso que yo podría sustituirle. Para que así fuera, me enseñó a medir con el taquímetro. Ensayamos en la huerta y en los campos próximos y cuando yo comencé a estar impuesto en el manejo del aparato, salimos en dirección a Bilbao (p. 632)... Al día siguiente de llegar a Abornicano, mi padre tuvo un ataque de reuma que le obligó a guardar cama. Entonces me dijo que intentase, llevando algún peón, tomar los puntos de partida de las minas que había que demarcar, y yo me decidí a hacerlo, llevando el taquímetro (p. 633) (Obras Completas Tomo VII. Biblioteca Nueva. Madrid 1949).*

5 La Gloriosa, otro plan de estudios y los distritos siguen en precario.

No habían pasado tres meses desde aquel revolucionario mes de septiembre de 1868 -que le costó el trono a la Reina Isabel II, quien, abatida, tuvo que abandonar España rumbo al país vecino del norte, de donde ya solo volvería en contadas ocasiones- cuando el 9 de enero de 1869, la Junta de Profesores de la Escuela, comentando el nuevo plan de estudios, nos decía que “la asignatura de Topografía y Geodesia se iba a impartir en 4º curso, a razón de 4 horas semanales de clase en cada una de las dos partes. La primera comprendía los diversos aparatos para observar ángulos, medir distancias y verificar nivelaciones y la manera de practicar todas esas operaciones en cuanto concierne a los planos superficiales de corta extensión. En Geodesia se detallarán igualmente los instrumentos de los que esta ciencia hace uso y la manera de efectuar las diferentes operaciones geodésicas, como la medida de una base, las triangulaciones de 1º y 2º orden y la nivelación geodésica y barométrica. También los diversos cálculos y correcciones que hay que efectuar en cada una de esas operaciones y las nociones de astronomía indispensables para determinar la ecuación del tiempo, la longitud y la latitud de un punto y el acimut de una línea cualquiera. Sin olvidar los diversos sistemas de proyecciones de mapas empleados y las circunstancias en que cada uno de ellos debe principalmente ser aplicado”. Más adelante se decía que:

46 Obras Completas. Tomo VII. Biblioteca Nueva. Madrid 1949.

“En las prácticas de campo se hará el levantamiento de planos topográficos de fábricas y subterráneos que estuvieran en Madrid, o sus cercanías, y en las operaciones geodésicas e investigaciones geológicas en las mismas repetidas condiciones de localidad”

De nuevo, aquel mismo año (1869) se vuelve a reiterar en el hecho, anteriormente mencionado, de la precariedad de los instrumentos disponibles en los Distritos Mineros y de la Revista Minera extraemos parte de un artículo muy interesante sobre ese asunto, se titula “*Conveniencia del uso de instrumentos de precisión en el Servicio de Minas*” donde, tras describir los problemas generados por los contactos y las invasiones de unas propiedades con otras y sobre la divisibilidad de la propiedad, se dice, en la rimbombante prosa de la época que: “Todo ello da a conocer que el cumplimiento de la ley exige escrupulosa severidad en la resolución de los problemas geométricos que constantemente reclama el servicio del ramo, (severidad que se hace más necesaria a medida que se enaltece el derecho a la propiedad hasta el punto de existir...)”. Continúa abordando el problema de las invasiones entre distintas concesiones vecinas con estas palabras, tan de los discursos de la época, diciendo:

“Vano y ocioso es aglomerar en las leyes mineras tantos casos y tantas y escrupulosas medidas, si no han de apreciarse en la práctica con el rigor que previenen aquellas y pide el concesionario. Este tiene derecho de conocer exactamente los límites de su propiedad y de establecer sus trabajos dentro de ella, hasta llegar a esos límites; siendo no pocos los litigios que han tenido lugar por no precisar sobre el terreno las líneas que marcan las concesiones. Las cuestiones de superposición parcial de unas pertenencias en otras, las originadas al deducir los espacios francos entre ellas para adjudicar demasías, las que ocurren con motivo de intrusión de labores de una mina a otra con aprovechamiento ilegítimo de riqueza y tantas otras que diariamente tienen lugar exigen operaciones practicadas, al menos en parte, con instrumentos de precisión”. Sigue más adelante con el recurrente asunto de los instrumentos que empleaban para delimitar las concesiones, quejándose de su falta de precisión para ese cometido. Nos sorprende que, entre ellos, siga mencionando la cuerda, existiendo ya magníficas cadenas y cintas de acero con las que realizar esos trabajos:

“Los usados en todas ellas en España han sido (hasta ahora) la brújula y la cuerda en el exterior con la adición del semicírculo colgado para el interior. Sabido es que la primera, además de no prestarse a una división minuciosa en su limbo, está sujeta a variaciones, de las cuales unas son constantes y peculiares de ese instrumento y otras accidentales y de tanto bulto, que hacen imprudente su uso en la proximidad del hierro en mineral o metal; que la segunda (la cuerda) es elástica dilatándose o contrayéndose según el esfuerzo a que se sujeta y según el grado de sequedad o humedad de la atmósfera hasta el punto de ser diferente su variación en las diferentes horas del día; y que el tercero (el semicírculo colgado) ni se presta a subdivisiones ni a fijeza”. Con la brújula se delimitaba y se trazaba la planta y con el semicírculo colgado se medían las pendientes de la galería.

Continúa diciendo que “A pesar de tantos inconvenientes, nuestros ingenieros y auxiliares facultativos, a fuerza de celo y trabajo han conseguido disminuir los erro-

res en términos que en terrenos medianamente accidentados, escasamente llega a 0,25 %, y en los muy accidentados al 0,5 %. Este resultado satisface en algunos casos, sobre todo aislados; pero no puede satisfacer, si es exclusivo, en las agrupaciones, donde el error no queda sujeto entre límites, y si resultan sumados los muchos errores parciales componiendo uno grande que establece una perturbación en todo el grupo”. No sabemos muy bien a qué errores se refería, supongo que a los de situación del punto. Luego da una solución bastante correcta con aparatos más precisos para enmarcar los posteriores levantamientos con brújula y cadena o cinta metálica:

“Para evitar el mal, no es preciso apelar constantemente a sistemas e instrumentos de precisión, que haría dilatorias y muy costosas las operaciones. Basta con emplearlos en las generales que abrazan un cantón o grupo minero y subordinar a ellas las de detalle, practicando aquellas con teodolito y estas con brújula, usando en todos los casos la cadena o cinta metálica”.

“Este sistema que en algunas naciones se sigue sin uniformidad, se observa con rigor en Alemania *¡cómo no!*, donde no se da autoridad en juicio litigioso a los trabajos de esta naturaleza ejecutados exclusivamente con brújula...”.

Luego aclara que “esta práctica se ha demorado porque los únicos teodolitos que se fabricaban hasta ahora estaban destinados a operaciones en campo abierto, no prestándose su forma y dimensiones a la estrechez y malas condiciones tan frecuentes en los subterráneos”. Pero que una vez advertida esta falta nos adelanta que hoy en día se construyen teodolitos “adaptados a ambos tipos de ambientes”. Luego entra a valorar la disposición del Ministerio de Fomento para adquirir algunos de estos aparatos “para el mejor servicio del ramo”.

En el artículo se describen también las características que deben reunir los instrumentos destinados a la mina, mencionando sobre todo la compacidad y ligereza para evitar el daño que pueda producir el “humo de las luces, el agua que cae del cielo de las galerías y el aire viciado, que son causas de destrucción”. Luego hace una descripción de los teodolitos más adecuados para las explotaciones mineras, centrándose primero en los fabricados por el Sr. Breithaupt, propietario del Instituto de Mecánica y de Matemáticas de Cassel, en Alemania, de los que dice que para evitar el efecto de las influencias higroscópicas del aire de las minas sobre los hilos de la retícula, ha reemplazado esta por una placa de cristal que contiene dos líneas trazadas en cruz. También aclara que el aparato se puede transportar en una bolsa de cuero ceñida a la cintura y que su precio era de 120 escudos, por ser repetidor; de no serlo se reducía su precio a 100 escudos.

Más tarde hace una reseña de un teodolito, llamado universal, diseñado por el Sr. Meubert, Profesor de Topografía de la Escuela de Freiberg (*referencia indiscutible para la de Madrid*), que servía tanto para mina como para superficie. Ese instrumento, dice, “tiene dos anteojos con ejes de rotación independientes: el lateral sirve para las visuales que tengan tanta inclinación que no permita usar el central, casos muy frecuentes en las minas”.

Luego menciona otro teodolito, llamado *universal*, de parecido diseño, realizado

por el ingeniero belga Sr. Durieux, cuyo anteojo podía colocarse en el centro o en un lateral; tenía otro anteojo, situado en la parte inferior del limbo, para visar al primer punto del ángulo a medir. Disponía también de una brújula situada sobre el limbo horizontal. Su precio ascendía a los 250 escudos.

Al año siguiente (1870) la Revista Minera se hacía eco de otra noticia que tenía que ver con la instrumentación topográfica, el Capitán de Navío e inspector de ingenieros de marina, D. Casimiro de Bona, Director de la Escuela especial del Cuerpo, en el Ferrol, obtuvo un premio en la Exposición Internacional de Viena por haber presentado el proyecto de un aparato universal (de topografía, se entiende) y que el jurado, a la vista de las posibilidades de futuro del invento, le aconsejó que si en vez de presentar un proyecto presenta el aparato ya construido, hubiera ganado una Medalla de Progreso. Pero, parece ser que no hubo tiempo material ni medios para hacerlo en aquel momento. Mas tarde, el autor se propuso pedir *privilegio de invención* ¿patente?, y autorización para construirlo en los talleres de instrumentos del Arsenal de El Ferrol, con la intención de enviarlo a otras exposiciones. Se desconoce cómo acabó su aventura.

6 Un Legado, un Rey y un plano para Madrid.

Con esto llegamos a 1873, año de grata memoria para la Escuela y su laboratorio, no solo por una serie de disposiciones oficiales destinadas a reformar y ampliar el laboratorio con nuevos equipos sino por producirse en él un acontecimiento de gran trascendencia como fue el legado de D. José Gómez-Pardo a la Escuela, que, aparte de los libros, manuscritos, aparatos y colecciones que pertenecieron a su hermano Lorenzo (ingeniero de Minas y profesor de la Escuela en sus primeros años), disponía el donante que fuese entregada a la dirección de la Escuela la cantidad de 125.000 pesetas, para que con los intereses producidos se creara un laboratorio, en el que se hicieran ensayos gratuitos *en grande* de los minerales procedentes de minas españolas, y se instituyesen premios para los que realizasen trabajos en pro del progreso de la minería y para los alumnos que terminaran la carrera con la calificación de sobresaliente. Esta entrega se hizo en un extracto intransferible de 165 acciones del Banco de España.

Al poco tiempo de tomar posesión de la Corona, D. Alfonso XII, tras la triste aventura del Rey Amadeo y la primera República, el Instituto Geográfico remitía a la biblioteca de la Escuela (marzo de 1875) un ejemplar del plano topográfico y parcelario de esta Corte, realizado, a escala 1:2000, por el Cuerpo de Topógrafos, que bajo la dirección de Ibáñez de Ibero, acababa de ser impreso por ese organismo y que tanto juego ha dado posteriormente al urbanismo madrileño, y a los amantes de Madrid y de la literatura de aquella época. Por su callejero hemos seguido a los personajes de las novelas de Galdós, Baroja, Valle Inclán, etc.

También, en octubre de 1875, se ampliaban a cinco años los estudios de Minas, y la asignatura de Topografía y Geodesia reducía su carga lectiva a tres horas de teoría a la semana (una menos que en el plan anterior) más las correspondientes prácticas de campo.

Entonces, el personal de la Escuela era de lo más escueto, lo formaban un Director, nombrado por el Gobierno, que debía ser ingeniero de primera clase, once profesores-ingenieros, cuatro ayudantes, un oficial secretario, un auxiliar de biblioteca, dos escribientes, un conserje, tres preparadores, dos porteros, tres ordenanzas y el número de artífices, operarios y demás personal temporero que fuera necesario para los museos, laboratorios, prácticas y trabajos extraordinarios del establecimiento.

7 El primer centenario y un catedrático de Topografía.

Nos imaginamos la incomodidad que suponía el hecho de tener la Escuela en una casa de vecinos, compartiendo escalera, olores..., y los problemas de convivencia que se creaban a diario, como ocurría en el edificio de la Plaza del Conde de Barajas. Para remediarlo, parece ser que hubo un intento de construir un nuevo edificio situado cerca de la Glorieta de Atocha para alojar en él a las Escuelas de Caminos, Minas y Obras Públicas; por suerte o por desgracia, la idea no prosperó, pero durante la celebración del Primer Centenario de la Escuela, el 14 de julio de 1877, D. Antonio Cánovas del Castillo, entonces Presidente del Consejo de Ministros, prometió en su discurso la construcción de un nuevo edificio para ser destinado, exclusivamente, a Escuela de Minas que, aprobado en noviembre de ese mismo año, quedaría prácticamente terminado en 1893, en su actual emplazamiento de la calle de Ríos Rosas.

Por su parte, el profesor Maffei, en su turno de palabra durante aquella celebración (1877) dijo que “el material de enseñanza para la cátedra de Topografía y Geodesia se componía de una colección de más de 40 instrumentos y que las prácticas consistían en el levantamiento de planos topográficos que al final del curso ejecutan los alumnos bajo la dirección del profesor respectivo...”.

Parece que había serios problemas para encontrar espacios libres en el Madrid de entonces, de otro modo no se entienden las dificultades de la Escuela para hallar un local apropiado donde instalar el Laboratorio Gómez-Pardo. Del acta de la reunión de 6 de marzo de 1882 se deduce que, en aquellas fechas, todavía continuaba esa búsqueda. Mientras tanto, la Escuela se había mudado, de Conde de Barajas al Paseo de Atocha (hoy de María Cristina). En aquella reunión también se hicieron algunos comentarios desaprobatorios acerca de la nueva sede “el Profesor Oriol propone al director que conste en acta la insuficiencia y malas condiciones del nuevo local que ocupaba la Escuela”, dado que era la 1ª vez que se reunían en él. La mayoría de los miembros de la Junta opinaron también que el local no reunía las condiciones para ser la sede de la Escuela de Minas y se produjo un desacuerdo entre el Director y los Profesores, que fue solventado por el primero cerrando bruscamente la sesión.

La categoría de Catedrático de Término se le concedió al profesor Juan Pablo Lasala por una R.O. que fue leída en la Junta de 9 de agosto de 1879, y que decía “por haber cumplido más de 20 años en el cargo de profesor, primero de Mecánica Racional y de Topografía y Geodesia, y más tarde solo de la segunda: Topografía y Geodesia”.

Continuará aún seis cursos más como catedrático y en el acta de la Junta de 24

de octubre de 1885 se daba cuenta de su cese como profesor de esas asignaturas. Se despedía de la Escuela para pasar a la Junta Superior Facultativa del “Ramo”, al haber sido nombrado Inspector General del Cuerpo; había estado 29 años dando clase de la asignatura.

8 D. Eusebio del Busto y el aparato del Sr. Iznardi.

D. Pablo Lasala fue sustituido en la asignatura por D. Eusebio del Busto, según decisión de la Junta de 21 de diciembre de 1885; aunque, su asentamiento definitivo como profesor de Topografía no llegaría hasta la publicación de la R.O. de 30 de septiembre de 1892. Desde 1881 era el secretario de la Junta de Profesores. Casi al mismo tiempo se había hecho cargo de la cátedra de Paleontología, que había dejado vacante el profesor Lucas Mayada. El día de los Inocentes de 1885, este Señor procedía, en la Junta, a la lectura de un programa de Topografía que había preparado para la nueva Escuela de Capataces de Minas de Cartagena, que fue aprobado en aquella ocasión. Hay que aclarar que entonces, todas las Escuelas de Capataces dependían de la de Ingenieros de Madrid.

En otro orden de cosas, y en el tomo de la Revista Minera correspondiente a 1885 (p. 224) apareció un artículo en el que el ingeniero del distrito de Almería, D. Francisco Iznardi, describía un aparato de su invención para medir bases de pequeñas triangulaciones topográficas. Supongo que con objeto de enmarcar en ellas los levantamientos de los límites de las concesiones y evitar aquellos errores que traían de cabeza a los ingenieros.

Otro ingeniero de Minas, muy interesado por la topografía, número uno de su promoción y Premio Gómez-Pardo, D. Juan Pié y Allué, a propósito de ese aparato, nos dice que “se trata de un sistema de reglones económico y fácil de construir, no expuesto a alteraciones ni reparaciones y de suficiente exactitud que consiste en dos reglones de madera de 3 m de longitud por 0,045 x 0,060 m de sección, de pino del Canadá o de otra madera compacta, bien cepillados y concluidos con un barniz o una sencilla preparación de aceite. Terminados, en uno de sus extremos, por una cara plana normal a su longitud, cubierta con una placa de latón provista de una ranura en su mitad para ajustar en ella el hilo de una plomada. El otro extremo termina en un bisel formado por dos planos que cortan sus aristas e inclinan 45° con el plano diametral longitudinal del reglón, también forrado este bisel con placa de latón para resguardarlo de los choques y conservar su arista intacta y aguda para la debida precisión de las medidas. En el extremo plano del listón y en su cara superior hay practicada una ranura por donde se desliza un doble decímetro de madera o marfil dividido en milímetros”

“El sistema se completa con cuatro trípodes (dos para cada reglón) con un orificio cilíndrico en el centro de su plataforma, que hace de tuerca, por donde corre, suavemente atornillada, una varilla de hierro destinada a soportar los reglones, varilla o tornillo que puede subirse o bajarse a voluntad para nivelar los mencionados reglones previamente alineados”

“Se hacen medidas de 6 en 6 metros más la pequeña separación entre reglones

que se mide con el doble decímetro. Cuando haya que salvar algún desnivel inter- vendrá las plomadas. El modo de operar ya nos lo podemos imaginar”.

Acaba, D. Juan, su artículo diciendo que “para su construcción basta con un me- diano carpintero y un herrero de igual mérito y su reducido coste, que no llega a 200 pesetas, son ventajas todas que justifican su mérito y merece llamemos sobre él la atención de las personas entendidas de estas materias”.

9 Próxima estación: Ríos Rosas.

1885, termina tristemente, el Rey Alfonso XII muere de tuberculosis el 25 de no- viembre, a los 27 años, iniciándose la Regencia de su ~~hija~~ M^a Cristina con el pacto de alternancia pacífica en el poder entre el partido conservador de Cánovas del Castillo y el liberal de Sagasta. Pero esa tristeza se ve un poco amortiguada en la Escuela por la con- cesión, por R.O., de 25.000 pesetas para la adquisición de “mueblaje”, aparatos y enseres necesarios para el nuevo Laboratorio Gómez Pardo, instalado en la calle de Ríos Rosas.

De nuevo la Revista Minera de 24 de enero de 1886 se acuerda de la Escuela y publica un artículo que dice: “Extraordinaria satisfacción experimentamos al poder anunciar a nuestros lectores que al fin la enseñanza de la minería contará dentro de breve plazo, en Madrid, con un edificio digno de la importancia que dicha industria tiene en España. Por lo mismo que hace tantos años ha estado malísimamente ins- talada en diferentes edificios particulares, creemos que es más digna de aplauso la iniciativa del actual Ministerio de Fomento y su energía en remover los obstáculos que se oponían a la realización de un proyecto, que todos los amantes de la enseñan- za consideraban como un ideal muy lejano”.

“El Sr. Montero Ríos, que ha comprendido desde el primer momento las ventajas que han de resultar para la instrucción de los alumnos y para el adelanto de las cien- cias, proporcionando a la Escuela de Minas un local propio, cuya distribución ha sido detenidamente estudiada y pueda satisfacer todas las necesidades de tan especialísima institución, se ha apresurado a aprobar, previos los trámites reglamentarios, el proyec- to formulado por el ilustrado arquitecto D. Ricardo Velázquez, y deseoso de que tal proyecto y tales ventajas se realicen sin demora, ha elevado a la firma de SM la Reina Regente el Decreto que a continuación publicamos y que merece nuestro aplauso más entusiasta, como tenemos la seguridad que obtendrá igualmente el de todas las perso- nas interesadas en el desarrollo de la industria minera nacional”

“SEÑORA: De los diferentes centros de pública instrucción que carecen de edi- ficios adecuados a sus necesidades, ninguno a la verdad se halla en condiciones tan desfavorables como la Escuela de Minas que hace años hubo de abandonar por ruinoso el local que le era propio (¿?), y ahora está instalado estrechamente en una casa particular, ocasionando al Tesoro, por el precio del arrendamiento, un gasto que no conviene se prolongue indefinidamente. Ni es tampoco digno el Estado ver a un instituto docente de tal importancia en esta situación provisional e incómoda; y cuando muy en breve ha de terminarse felizmente el grandioso laboratorio quí- mico-mineralógico, debido al patriótico desprendimiento con que D. José Gómez Pardo mostró en su última voluntad el amor que profesaba a la ciencia y al progreso

de los estudios, tiene el Gobierno el deber de completar obra tan meritoria y laudable como la edificación de una nueva Escuela de Minas”

“Impulsado por estas razones, y mirando el asunto con la atención preferente que merece, el Ministro que suscribe no solo ha prestado desde luego su aprobación al proyecto que, después de visitar los establecimientos de esta índole en otras Naciones, ha formado el mismo Arquitecto que dirige la construcción del indicado laboratorio, sino que merced a las vivas gestiones de la Dirección de la Escuela, espera que se podrá adquirir en breve el terreno necesario para la edificación, y abriga el propósito de que inmediatamente se de principio a las obras en condiciones que permitan llegar a su terminación en plazo no lejano”.

“De este modo la Escuela de Minas, instalada con amplitud y desahogo, tendrá a su disposición todos los elementos oportunos para que sea fructuosa la enseñanza de sus alumnos, y contribuirá eficazmente al progreso de las ciencias, coadyuvando así mismo al fomento y desarrollo de la inmensa riqueza minera que encierra el suelo de nuestra Nación”.

“Por estas consideraciones, con arreglo al Real Decreto de esta fecha y de acuerdo con el Consejo de Ministros, el que suscribe tiene la honra de proponer a VM el adjunto proyecto de decreto”.

Madrid 15 de enero de 1886.

SEÑORA: A.L.R.P. de V.M.⁴⁷

Eugenio Montero Ríos

Real Decreto:

En atención las razones expuestas por mi Ministro de Fomento, de acuerdo con el Consejo de Ministros,
Vengo a decretar lo siguiente:

Artículo 1º. Se construirá un edificio de nueva planta destinado a Escuela de Minas con arreglo al proyecto aprobado por el Ministerio de Fomento, tan luego como se haya realizado la adquisición del terreno necesario en las inmediaciones del Laboratorio químico-mineralógico, construido con los fondos legados por D. José Gómez Pardo

Artículo 2º. Las obras se harán por subasta, y deberán quedar terminadas dentro del plazo de dos años, a contar desde el día en que se otorgue la escritura de contrata. Quedan exceptuadas de la subasta las obras de arte que para la decoración del edificio comprende el proyecto.

Dado en Palacio a quince de enero de mil ochocientos ochenta y seis.

María Cristina

⁴⁷ A Los Reales Pies de Vuestra Majestad

El Ministro de Fomento:

Eugenio Montero Ríos

Continúa la revista diciendo: “Tenemos motivos para creer que no han de pasar muchos días sin que se haya firmado la escritura de compra en el terreno elegido en la calle de Ríos Rosas para la construcción de la nueva Escuela, pues la actividad y celo que el Sr Montero Ríos reconoce en el actual Director D. Luis de la Escosura no ha de desmayar seguramente en estos momentos y han de coadyuvar poderosamente a los deseos nobilísimos del Sr. Ministro”.

“Póngase pues, cuanto antes la primera piedra del nuevo edificio, llévese con toda la actividad posible su construcción y pronto tendrá España una Escuela de Minas digna de su misión y de su importancia entre todos los establecimientos públicos de enseñanza, que recordará además de una manera permanente e indeleble la ilustración, el celo y la enérgica voluntad del Ministro de Fomento D. Eugenio Montero Ríos en pro de la enseñanza profesional de nuestro país”.

En junio del año siguiente (1887) la Junta de Profesores de Minas hizo una solicitud, a la D.G. de Agricultura, Industria y Comercio, de 29.000 pesetas para adquirir instrumentos y dotar de electricidad a los laboratorios, con la intención de llevar a cabo análisis electrolíticos y ensayos metalúrgicos. Pero hasta pasado un año la Escuela no pudo contar con ese dinero; en efecto, en septiembre de 1888 se recibió esa cantidad y se compraron las antedichas colecciones de reactivos, lámparas, balanzas, etc.

También aquel año la Revista Minera nos informaba de la invención de un Doble transportador y de un Círculo logarítmico, llevada a cabo por el Sr. D. H. Ruíz Amado, Inspector general del Cuerpo de Montes. Estos artilugios se empleaban para el dibujo “exacto y rápido de los planos acotados y con curvas de nivel”, y con ellos “la resolución de las fórmulas topográficas quedan reducidas a un sencillo entreteni-

El Laboratorio Gómez Pardo en la calle de Ríos Rosas (h. 1910).



miento, al alcance de los menos versados en estas materias”. Con el primero, dicen que podían hacerse 700 operaciones en una hora, y con el segundo situar, en el mismo tiempo, 800 puntos sobre el papel dejándole perfectamente limpio. El precio de venta era de 70 pesetas, y ascendía a 75 si el nonius era de marfil. Se podían adquirir en la casa del autor en Madrid, sita en la Costanilla de los Ángeles...Remataba el anuncio la frase “Escusado es decir hasta que punto un instrumento semejante puede facilitar el trabajo a los Ingenieros de Minas, y deseamos que obtenga entre estos el crédito que merece”, sin duda que así sería...

Mientras tanto, las obras de la Escuela seguían su curso; así, en el acta de la junta de 17 de noviembre de 1888, donde se nos informaba de una R.O. de 3 de octubre último disponiendo que se preparase una colección de minerales que fueran objeto de gran explotación en España así como de fotografías del Laboratorio Gómez-Pardo y de la Escuela en construcción, para remitirlas al vapor Conde de Vilana, que estaba siendo acondicionado para ser exposición flotante en la Exposición Universal de Barcelona, que se iba a celebrar entre abril y diciembre de aquel año.

Terminamos este apartado con una noticia triste: el que fuera profesor de Topografía y Geodesia, entre 1859 y 1885, D. Juan Pablo Lasala, fallecía en agosto de 1891. Cuando se creó la Comisión para el trazado de las Meridianas, su cargo de profesor de Topografía y Geodesia le hizo presidente de la misma, estando al frente de ella hasta 1885, cuando pasó a la Junta Superior Facultativa de Minas. A su sucesor en la Escuela, D. Eusebio del Busto, se le autorizaba, en la Junta de octubre de 1892, a invertir de 2.500 pesetas en estanterías para guardar los aparatos de Topografía y Geodesia, en el recién estrenado edificio. Aquel año también se celebraba el 4º Centenario del Descubrimiento de América y con tan singular motivo se dieron vacaciones en la Escuela del 12 al 18 de octubre, lo que entonces no era nada frecuente, pues las vacaciones de verano se destinaban principalmente a la realización de las prácticas de las asignaturas explicadas durante el curso. En el siguiente centenario creo recordar que no hubo vacaciones para nadie.

10 Más instrumentos y laboratorios para la nueva Escuela.

La Revista Minera, fiel a su tradición, presenta las novedades topográficas de la temporada: en 1888 publicaba un artículo presentando en sociedad un nuevo teodolito minero, fabricado por la firma alemana Breithaupt e Hijo, que podía servir tanto para operaciones de superficie como subterráneas. Con él, dice la propaganda, se pueden medir ángulos, distancias y diferencias de nivel; hasta aquí todo va bien, pero luego dice que también ¿proporciona al topógrafo la declinación magnética en cualquiera época del año y determinaba las variaciones diurnas de la aguja? ¿Cómo lo haría? Otra particularidad era la de realizar la lectura de la aguja mediante el propio antejo del aparato, previa colocación ante el objetivo de una lente adecuada para enfoques cortos.

Cuatro años más tarde, la misma revista nos ilustraba con dos nuevos prodigios de la técnica topográfica, de los que, desgraciadamente no disponemos de imágenes. El primero se llamaba Goniómetro universal con perpendicular y brújula, creación de los Sres. Ranud y Tachet, de París; era un instrumento cuasi expedito que

se colocaba sobre un bastón de bambú extensible, aunque también se podía sujetar con la mano, cuya principal aplicación eran los reconocimientos topográficos y geológicos de regiones poco exploradas; permitía la toma de ángulos horizontales, el trazado de alineaciones, hacer nivelaciones, medir las pendientes, etc.

El segundo instrumento lo presenta la omnipresente casa Breithaupt, se trataba de un nuevo *teodolito central minero con antejo excéntrico* que, aparte del clásico antejo central, tenía otro lateral de 16 aumentos que podía utilizarse para las observaciones cenit-nadir en los pozos sin tener que colocar prismas ante el objetivo del antejo central para desviar las visuales, operación bastante delicada, ni retirar éste antejo de su sitio, con el limbo vertical solidario, para sustituirlo por otro excéntrico, tal y como se hacía anteriormente.

Otro artículo muy interesante que traía nuestra revista de referencia en 1892, se titulaba *La Futura Escuela de Minas*, dónde nos cuenta que “el edificio está terminándose en la calle de Ríos Rosas, más allá del Hipódromo⁴⁸ será indudablemente uno de los más notables entre los edificios públicos de esta capital; que tendrá numerosas aulas, espaciosos museos, magnífica biblioteca, hermosa sala de dibujo, y cuanto se requiere, en fin, para la enseñanza especulativa de las ciencias, cuyo auxilio necesita constantemente el ingeniero de Minas; pero carecerá, por lo menos en parte, de un elemento que consideramos indispensable para que la enseñanza sea perfecta: carecerá de buenos talleres y laboratorios prácticos de Mineralogía y Geología, de Mecánica, de Química y de Electricidad. Y hemos dicho que carecerá solo en parte de estos indispensables elementos, porque la Escuela dispondrá siempre para la práctica de la Química del grandioso laboratorio construido ya con los fondos del Legado Gómez Pardo”.

“Se nos podrá objetar que esta clase de laboratorios no suelen montarse en España por deficiencia de los locales en que se instalan las Escuelas profesionales; pero como en el caso de la de Minas, puede fácilmente adquirirse el terreno indispensa-

La nueva Escuela de Minas (sin las torres) y el Laboratorio Gómez Pardo.



48 Hoy to...

ble para la construcción de este tipo de dependencias para la enseñanza, como se está a tiempo hoy para procurar que la Escuela y todos sus anejos constituyan una manzana aislada, sin vecindades enojosas, por esto consideramos conviene llamar la atención de los Sres. Ministro de Fomento y Director general de Agricultura, Industria y Comercio para que resuelvan con oportunidad una cuestión que es de gran porvenir y de imprescindible necesidad para la enseñanza...”

“Hoy es posible y fácil adquirir el terreno que existe entre la Escuela y las calles de Alenza y de la Beata Mariana⁴⁹; no consideramos imposible conseguir del Ayuntamiento que corra la calle de Alenza a la parte de Levante de la Escuela⁵⁰, con lo cual se conseguiría tener reunidos todos los edificios referentes a la enseñanza de la minería; y sin perjuicio de conservar la valla que hoy separa el terreno del legado Gómez Pardo del correspondiente al Estado, podría disponerse del espacioso emplazamiento para el laboratorio químico, para el taller mecánico y para el laboratorio electro-técnico, que son indispensables para la buena enseñanza práctica de los alumnos. Respecto al taller para la preparación de minerales y rocas, y para el estudio micrográfico, fácil sería instalarlo convenientemente en alguno de los edificios anejos que proponemos al Sr. Ministro de Fomento”.

“Dejar la Escuela tal como se ha proyectado sería hacer las cosas a medias; dotarla de los elementos necesarios para que los alumnos trabajen y practiquen en las diferentes ciencias, cuya aplicación encontrarán ocasión de hacer en el ejercicio de su profesión, será hacer las cosas con la mayor perfección posible y ponernos a nivel de las Naciones que han comprendido hace tiempo la imperiosa necesidad de hermanar la ciencia y la práctica para formar el personal técnico encargado de transformar en riqueza para el país los conocimientos adquiridos en las Escuelas profesionales”.

“Como sabemos que las estrecheces en que, no diremos vive, sino vegeta el Ministerio de Fomento, por lo indotados que se encuentran casi todos sus servicios, ha de ser un obstáculo grave para la pronta realización de nuestras aspiraciones, por hoy nos daríamos por satisfechos si ese Ministerio, como medida previsora, acordara la adquisición del terreno que media entre el solar de la Escuela y la calle de la Beata Mariana, dejando para más tarde, cuando los recursos del presupuesto lo consintiesen, la construcción de los laboratorios y talleres, cuyo estudio debería encomendarse al arquitecto director de la Escuela Sr. Velázquez”.

“De esta manera, sin grandes desembolsos, se aseguraría para época más o menos próxima, pero segura al fin, la construcción de esos talleres y laboratorios tan indispensables como las colecciones, los museos y la biblioteca...”

“En cambio, será siempre un timbre de gloria para el Ministro de Fomento que lo resuelva y para el Director general de Agricultura, Industria y Comercio que lo proponga, el poder citar la participación que tengan en el hecho de dotar a la Escuela de Minas de todos los elementos que modernamente reclama la enseñanza práctica que debe acompañar siempre a la teoría en todas las carreras profesionales, y más en

49 ¿Cristóbal Bordiú?

50 ¿hasta la calle Ponzano?

la dedicada al desarrollo de la importantísima industria minera de España”.

Como vemos, entonces tampoco la gente ahorra epítetos a la hora de dar coba a los políticos; y a Dios Gracias estos consejos no cayeron en saco roto y, a pesar de las carencias de la época y de la “vida vegetativa” que parecía llevar el Ministerio de Fomento se tomó buena nota de ello y se compraron los terrenos.

11 A vueltas con los distritos mineros y un vistazo al nuevo barrio.

Volviendo a la topografía minera, en 1893, la Junta Superior Facultativa de Minería, viendo que la mayor parte de los expedientes que la pasaban a informe, tenían origen en errores cometidos en los planos de deslinde, propuso a la D.G. de Agricultura, Industria y Comercio que se establecieran vértices de triangulación en las comarcas mineras más importantes, con la finalidad de relacionar con ellos los puntos de partida de las concesiones; pero esto se quedó solo en un buen deseo, pues no fue tomada en consideración por la Superioridad. Como ya se ha insistido repetidamente en ello, una de las razones de este desaguisado de linderos se podía achacar a la falta de instrumentos topográficos de calidad en los distritos mineros, pues como sabemos cada ingeniero se las arreglaba como podía para conseguir un instrumento con el que hacer las demarcaciones, y, por otro lado, los sucesivos gobiernos tampoco se tomaban en serio las peticiones de los distritos en este sentido.

La primera reunión de la Junta de Profesores que tuvo lugar en la nueva Escuela de Ríos Rosas se celebró el 30 de junio de 1894. Se comentaba entonces que la biblioteca había sufrido ya seis mudanzas desde 1860. Dicen que una mudanza equivale a un incendio, así que era preciso aprovechar la ocasión que brindaba el traslado para reorganizarla de nuevo.

Pero ¿cómo era entonces aquella zona de Madrid donde se habían construido la Escuela y el laboratorio Gómez Pardo? Para ello recurrimos a Pérez Galdós, quien, en *Fortunata y Jacinta*, nos hace una descripción de aquellos andurriales donde hoy nos hallamos. En el Capítulo V, titulado *Las Micaelas, por fuera*, se dice “Hay en Madrid tres conventos destinados a la corrección de mujeres. Dos de ellos están en la población antigua; uno en la ampliación del Norte, que es la zona predilecta de los nuevos institutos religiosos y de las comunidades expulsadas del centro por la incautación revolucionaria de sus históricas casas. En esta faja Norte son tantos los edificios religiosos, que casi es difícil contarlos. Los hay de monjas reclusas y para las religiosas que viven en comunicación con el mundo y en batalla ruda con la miseria humana... Como por encanto hemos visto levantarse en aquella zona grandes pelmazos de ladrillo, de dudoso valer arquitectónico, que manifiestan cuan positiva es aún la propaganda religiosa y qué resultados tan prácticos se obtienen del ahorro espiritual, o sea, la limosna, cultivado por buena mano. Las Hermanitas de los Pobres, las Siervas de María y otras, tan apreciadas en Madrid por los positivos auxilios que prestan al vecindario, han labrado en esa zona sus casas con la prontitud de las obras de contrata...”.

“La planicie de Chamberí, desde los Pozos y Santa Bárbara hasta más allá de Cua-

tro Caminos, es el sitio preferido de las órdenes nuevas. Allí hemos visto levantarse el asilo de..., y allí también está la casa de las Micaelas...”

“El caserón que llamamos Las Micaelas estaba situado..., allá donde las ramificaciones de la población aumentan en términos de que es mucho más extenso el suelo baldío que el edificado. Por algunos huecos del caserío se ven horizontes esteparios y luminosos, tapias de cementerios coronadas de cipreses (*Campo de las Calaveras, y hasta ayer estadio Vallehermoso*), esbeltas chimeneas de fábricas, como palmeras sin ramas, grandes extensiones de terreno mal sembrado para pasto de las burras de leche y de las cabras...”

En otro orden de cosas, Santiago Fernandez nos da una idea, en un artículo titulado “En la tumba de Galdós”, nos ofrece una visión muy poco piadosa acerca del ambiente madrileño en aquella segunda mitad del siglo XIX, dice así: “como refleja Galdós en toda su obra, era Madrid un hervidero de revoluciones efímeras no exento, pues ahí seguían los restos del Imperio, de sentimiento patriótico (La Fontana de oro); era un Madrid provinciano y beato (Tormento), a la zaga distante de los avances ingleses, un epígono paleta de la moda del otro lado de los Pirineos. La fatuidad, sin embargo, de sus habitantes, convertía a la ciudad en un mosaico de falsas apariencias (La de Bringas), sus teatros se llenaban de damas encopetadas con remiendos milagrosamente apañados (La desheredada), de caballeros que mantenían a sus concubinas a costa de deudas de las que se enriquecían los usureros (la serie de Torquemada). Un Madrid de pordioseros (Misericordia), de flamencos y toros, de cesantes en la cola infinita de la burocracia (Miau). Aquella ciudad era un baile de máscaras que exigía un gran hombre para retratarla y dejarla a la posteridad.

12 La Fotogrametría terrestre entra en las aulas.

A mediados del siglo XIX comenzaba a desarrollarse una técnica para hacer levantamientos topográficos basada en el reciente invento de la fotografía, que nos permitía llevarnos una imagen del terreno a casa, y desde la comodidad de un despacho, poder dibujar el plano. Al despedir ese siglo se estaban sentando las bases de esta tecnología, primero con fotogramas tomados desde el suelo y más tarde, a partir de la Primera Guerra Mundial, desde aeronaves. El primer artículo que publica la Revista Minera sobre Fotogrametría terrestre data de 1895, lo escribe el ya mencionado ingeniero de Minas D. Juan Pié y Allué, y se titulaba *Fotogrametría o Topografía fotográfica*, y no me resisto a publicar algunos párrafos por su interés histórico, ahora que estamos en la era digital. Comienza el artículo diciendo que “El gran impulso que en el extranjero ha recibido la práctica del levantamiento de planos con la cámara fotográfica, y el no tener noticia de que en nuestro país se hayan ejecutado trabajos de ese género⁵¹, me han movido a dar algunas noticias sobre este interesante, práctico, rápido y sencillo procedimiento, con la esperanza de llamar la atención sobre él y tratar de despertar la afición entre nosotros a esta clase de trabajos artístico-científicos”.

“Hoy que la afición a la fotografía se halla tan extendida, en que tanto abundan

51 En 1886, el Comandante D. Luis Torres Quevedo había hecho, con una cámara especial de su invención, el levantamiento del barranco de Buenavista, en los alrededores de Madrid, por esta técnica.

las cámaras oscuras y que con tanta facilidad pueden transformarse en aparatos fotogramétricos, abrigamos la esperanza de que algunos aficionados tomarán interés por recoger, a la vez que vistas artísticas, documentos topográficos que les permitan convertir aquellos en planos de indudable utilidad”.

“No es una reciente novedad la aplicación de la cámara oscura a los trabajos topográficos; invención relativamente antigua, es de reciente vulgarización en muchos países”.

“Este retraso en la aplicación del principio fotogramétrico, se explica, en primer término, por las dificultades materiales que ha encontrado la perfecta construcción de las lentes y objetivos, causa análoga con la que luchó Porro para la vulgarización de su antejo taquimétrico, y, en segundo término, por haber pasado directamente el invento de Niepce y Daguerre a manos de industriales, más preocupados en explotar sus aplicaciones, que de extenderlas al campo de las ciencias... En el Memorial del Oficial de Ingenieros del año 1854 vieron la luz los primeros trabajos, que han continuado en otras publicaciones...”. El autor se refiere a los trabajos del General Terrero. Luego pasa a describir el procedimiento geométrico de construcción de planos a partir de fotografías, cosa que omitimos por considerar que sobrepasa el propósito de este trabajo.

13 La Comisión de la discordia.

En el mismo tomo (1895) de esa revista la casa Breithaupt presenta un nuevo método para la determinación de ángulos en las minas, que mejora sustancialmente el de los “puntos o vértices perdidos” pues no precisa tantos elementos auxiliares. Se trata de un equipo de los que actualmente llamaríamos de taquimetría de precisión, empleando trípodes intercambiables para las señales (miras luminosas) y el aparato; trípodes que se ponían en estación sobre las traviesas. Con este tipo de equipos, a pesar de la delicadeza de manejo, se podían hacer levantamientos muy precisos tanto en superficie como en las galerías.

Ya hemos visto cómo, hacia mediados del siglo, se las arreglaban los ingenieros de minas para declinar las brújulas con las que proceder a las demarcaciones; recuerdan aquello de la meridiana trazada sobre uno de los balcones del palacio real...? Más tarde (1881) se puso en funcionamiento, creo que dependiente de la Dirección General de Minas, una llamada Comisión de Meridianas cuya labor era la determinación y el trazado de líneas meridianas, o de azimut conocido, en todos los distritos mineros, con el fin de facilitar a los ingenieros esta operación así como las labores de replanteo de las concesiones o demarcaciones mineras. Líneas que permitían al facultativo conocer la declinación de su brújula, con objeto de plantar los límites con referencia al Norte geográfico (fijo), en vez del magnético (variable).

A raíz de la publicación de la Memoria de 1893 de la Comisión para el Trazado de Líneas Meridianas, se entabló una polémica en las páginas de la Revista Minera de 1896, entre los ingenieros D. Manuel Malo de Molina, Presidente de esa Comisión, y D. Eusebio del Busto, Profesor de Topografía y Geodesia de la Escuela, sobre las dudas de este último acerca de lo acertado del empleo de ciertas fórmulas en los cálcu-

los ¿del acimut? realizados por la Comisión y presentados en dicha Memoria. Tras una serie de replicas y contra réplicas en la revista, se dio por zanjada la discusión, parece ser que, en tablas, pues después de todo el lío organizado, Del Busto dice que “los detalles de la polémica eran meramente abstractos y que no afectaban en nada a la exactitud de las líneas meridianas trazadas por la Comisión en los distritos mineros y que tanta utilidad prestan en los trabajos topográficos que constantemente hay que practicar en los registros y establecimientos mineros de aquellos...” ¡y eso que estuvieron a punto de llegar a las manos! Para tener una idea del embrollo, la revista terció en la discusión con estas palabras, “por tanto, sea la que quiera la viveza empleada por aquellos señores, viveza propia de nuestro temperamento meridional y que, aún entre la gente flemática del norte, es frecuente en las polémicas desde que el mundo es mundo, no ha tenido ni puede tener otro carácter que el puramente intelectual”. Bueno, por el momento, aquí paz y después Gloria.

No sabemos muy bien el por qué, si fue por el carácter del profesor Del Busto, o por el del otro implicado -un airado estudiante- el que se puso de manifiesto una tarde de junio de 1896. Los hechos que se relatan, en el acta de la Junta de Escuela, comenzaron en la calle Sevilla y terminaron en la prevención (que es el nombre que se daba entonces a las comisarías) y consistieron en que el estudiante insultó al profesor a la salida de su casa y este respondió tomándole por las solapas y, tras un forcejeo mutuo, parece que la cosa quedó en tablas. Desconocemos, pues no figura en el acta, si como consecuencia de aquello, alguno de los implicados pasó por la Casa de Socorro antes de prestar declaración. El motivo está un tanto confuso, pues el alumno, que había cursado dos años la asignatura, no se había presentado nunca a exámen y se quejaba de que, el profesor descendía mucho a los detalles en las explicaciones; da más bien la impresión que tenía problemas con su estabilidad emocional, por decirlo de una manera fina.

14 Sánchez Lozano & Recarte Hijo.

Otro profesor de la Escuela, también llamado Eusebio, pero Sánchez Lozano de apellido, que, aunque daba clases de Máquinas, tenía una gran afición por el diseño de aparatos topográficos. Uno de sus inventos fue lo que denominó Fotografímetro. La Revista Minera se hace eco de ello y en el número del 16 de febrero de 1896 se describe ese aparato en un trabajo más amplio titulado *Lo que es la Topografía moderna y lo que debiera ser*; allí nos cuenta el profesor Sánchez que “con este nombre he designado un instrumento de la moderna topografía que reduce notablemente los trabajos de campo, de suyo ya simplificados con el empleo del taquímetro. Está basado en la sanción práctica adquirida por los medios mecánicos empleados en los instrumentos de precisión destinados a levantamiento de planos, la medida indirecta de distancias y la determinación gráfica de la posición de la visual por sus proyecciones sobre dos planos normales, uno acimutal y otro vertical.”

“Su preponderancia... se basará primero en la celeridad en la toma de datos de observación y en segundo lugar en la mayor exactitud de los procedimientos gráficos de gabinete”.

Luego pasa a describir detalladamente el aparato diciendo que “Consta de tres partes principales: la base o parte fija; la alidada o parte móvil en sentido vertical y horizontal, ambos de rotación y alrededor de dos ejes perpendiculares entre sí, cuya intersección define el centro del aparato; y la parte semifija o platillo acimutal. Las piezas están enlazadas por tornillos de presión y de coincidencia.”

“El plano acimutal, que sustituye al limbo de otros instrumentos, viene a ser una pequeña plancheta metálica sobre la que se sitúa el papel en el que vendrán proyectados los rayos visuales por dos de sus puntos marcados a mayor distancia que la longitud ordinaria del radio de los limbos en los instrumentos corrientes”.

“Dos regletas resbalan sobre cada uno de los papeles de las planchetas, que van unidas al anteojo. La primera situará en el papel la proyección horizontal de la visual y la segunda su proyección vertical...”.

“La distancia se expresa en función de la lectura de mira, pero esta no se hace sobre el terreno sino que se fija su imagen sobre una banda de papel preparado para la fotografía instantánea...”.

“Hecha la impresión sobre los papeles o cartulinas colocados previamente en cada estación sobre las planchetas, y la consiguiente fotografía en la tira de papel que pasa por el plano del retículo donde se forma la imagen de la mira en posición vertical sobre el punto visado, vuelven las varillas de transmisión del movimiento a su posición primera...”.

“La tira de papel puede sustituirse por un disco provisto de diferentes cristales o láminas de celuloide preparadas para la cámara fotográfica, que sucesivamente se van situando en el plano del retículo para recibir la impresión de la imagen real de la mira”.

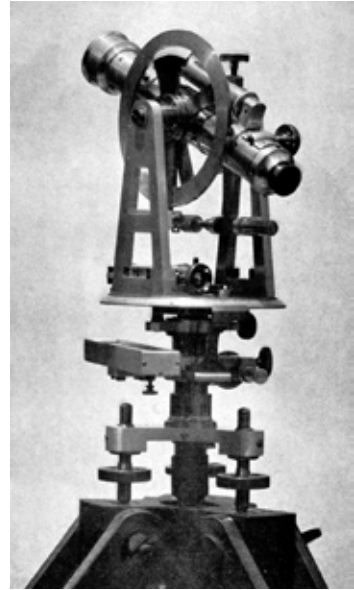
No aparecen en el artículo unos esquemas o figuras (al menos en la edición digital de la revista) que nos permitan comprender mejor la descripción puramente literal de ese invento, y sin ellos no es fácil entender lo que dice, pero algo de él me recuerda a los primeros instrumentos que registraban automáticamente las lecturas sobre película fotográfica, allá por los años cincuenta del siglo pasado (XX), y a las actuales estaciones totales, bien entendido que salvando la distancia temporal y tecnológica. Da la impresión de que se trataba de una especie de híbrido entre taquímetro y plancheta.

Luego entra a valorar si es mejor el aparato (de limbos) graduado que la plancheta o viceversa, presentando los pros y los contras de cada uno, para terminar mediando entre ambas posturas diciendo que “no es lógico renunciar a ellas y sí armonizarlas en el mayor grado posible. Pretender desviarse por completo del camino seguido, cuando tan excelentes resultados se han obtenido por ambos procedimientos, equivaldría a no dar importancia alguna a la sanción práctica. En ese concepto, la cámara fotográfica solo podrá utilizarse como un auxiliar para facilitar las operaciones sobre el terreno, tanto más cuanto el trazado gráfico ha de corresponder a los medios empleados en la obtención de los datos de cam-

po. Así pues empleándose en el dibujo la regla y el transportador para que sea fiel intérprete de las operaciones realizadas con el instrumento, ha de constar este de alidadas y limbos, ya completos o determinados por el radio en posición y magnitud”.

Aunque parece que una cámara fotográfica forma parte del sistema, esta debe ser un elemento auxiliar, de lo que se deduce que el aparato poco o nada tiene que ver con los fototeodolitos que estaban empezando a utilizarse ya, en lo que entonces se llamaba fototopografía.

En ese mismo artículo D. Eusebio, nos habla también de nuestro viejo amigo, el artillero, ingeniero y constructor de instrumentos piamontés, D. Ignacio Porro, y de su taquimetría (que él denominó con el termino celerimetría ¿medida acelerada?). Comienza haciendo una revisión histórica del proceso de la medida indirecta de distancias, para pasar a reinventar y llevar a la práctica las teorías del insigne matemático y astrónomo británico, Mr. Green; luego continúa describiendo los diferentes modelos de los, modernos teodolitos Clepe, que se estaban fabricando en los antiguos talleres de Porro, ahora bajo la denominación de La Filotecnia, y la dirección de otro gran ingeniero llamado Salmoiraghi. De éste tipo de instrumentos la Escuela dispone de dos soberbios ejemplares en su colección⁵² habiéndose perdido otro durante la guerra civil.



El acimutmetro de E. Sánchez.

Y para terminar, también ese mismo tomo de la revista, Don Eusebio nos hablaba de una Tabla gráfica (también llamada taquimétrica o Círculo de Cálculo Taquimétrico) para la determinación de las coordenadas cartesianas rectangulares x , y , z de un punto en función de los números generadores g , α (altura de horizonte) y θ (acimut).

Como ya se ha dicho, este profesor de Máquinas adquirió en aquellos años una cierta relevancia como diseñador de aparatos de topografía. Frecuentemente aparecen artículos suyos en las revistas profesionales presentando sus realizaciones. Figuraba también como ingeniero asesor de la firma importadora de instrumentos topográficos titulada Casa Recarte Hijo, “con despacho en la Carrera de San Jerónimo nº 15, y Almacenes en la vecina calle de Echegaray nº 8, de Madrid”.

Precisamente, en la contraportada de algunos números de la Revista Minera podemos observar que, esa firma, ofrece instrumentos de Topografía, Geodesia, Óptica y Electricidad; de Matemáticas, Física y Química; de Minería, de Guerra y Marina, etc., y efectos útiles para la delineación y dibujo; para escritorio; para campaña, exploraciones y agotamientos, etc.

⁵² Ver fichas III-3-18 y III-3-19.

En el prólogo del Catálogo de 1901 se dice: “Diez años hace que la antigua y acreditada Casa de D. M. Recarte publicó, bajo la nueva razón social Recarte Hijo, el catálogo cuya edición ha sido agotada. Para sustituirlo, con las ventajas necesarias, da a luz el presente, dirigido personalmente por el sabio profesor de Mecánica Aplicada y Máquinas de la Escuela de Minas, D. Eusebio Sánchez y Lozano, cuyas obras, en materia de Topografía son conocidas por todos los hombres de ciencia, no solo de España sino del extranjero.”

Más adelante dice que “tenemos un taller de reparaciones y una modesta fábrica de instrumentos para aquellas necesidades más urgentes, y para que los menos complicados y difíciles de aquellos puedan competir en solidez y exactitud con los que se construyen en otros países”.

Antes nos hemos hecho eco del fotogrametro pero, otro de los diseños de D. Eusebio fue un instrumento llamado, Azimutmetro, que se recoge, esta vez, en la Revista de Obras Públicas de enero de 1901. Aclara el artículo, que este aparato “mide rumbos con apreciación de 5' en la lectura angular”, y que sirve también para nivelar por visuales inclinadas y determinar las distancias por el método estadimétrico.

Era, según el autor del artículo, “un nuevo aparato topográfico estadimétrico o analítico, en el cual todos los elementos que le constituyen se hallan en armonía tal, que el grado de precisión obtenida en uno cualquiera de los datos de observación, es idénticamente el mismo que en otro de los dos restantes; complementándose de tal suerte las observaciones en el terreno y el trazado del plano en el gabinete, que uno es continuación de otro, resultando en definitiva un trabajo único ejecutado por el mismo procedimiento y llevando consigo la valiosa ventaja de la comprobación en todo tiempo de los datos que han servido para plantear el problema”.

Hasta aquí la descripción parece un poco enrevesada, pero no se pierdan lo que sigue porque sirve para aclararnos que se trata de “una brújula-eclímetro óptica con un anteojo estadimétrico de ángulo invariable estando su vértice en el foco principal anterior del objetivo. Dicho de otra manera, un taquímetro de la moderna topografía de limbos sexagesimales, leyéndose los acimutales magnéticos de cinco en cinco minutos, los complementos de las distancias cenitales de minuto en minuto, y dando el número generador g desde el foco principal anterior del objetivo, con la ventaja de que dicho aparato no necesita orientación previa...”.

Ese mismo año (1901) también vemos un curioso anuncio en la Revista Minera, se trata, nada menos, que de trípodes plegables de aluminio fabricados en Francia. Nos dicen que se puede aplicar a cualquier cámara, recordemos que entonces estaba muy de moda la fotografía, sobre todo en América, donde acababan de aparecer las cámaras Kodak de película. El trípode pesaba 15 onzas (poco menos de medio kg); abierto medía 120 cm y cerrado 35 cm. Su valor, unas cincuenta pesetas oro en Nueva York y el periódico Aluminium World decía que allí se vendían como churros. Aunque se contaba con la ventaja de su menor peso, no se sabe muy bien por qué, este tipo de trípode no se iba a emplear en los instrumentos topográficos hasta pasado más de medio siglo.

15 El 98.

No se trata de una alusión erótica, ni mucho menos; como ustedes habrán podido adivinar, con esa cifra me refiero al fatídico “año del desastre” que dio al traste con lo que quedaba de nuestro pasado colonial, y que representa también a una brillante generación de escritores que tenían en común el que se vieran íntimamente afectados por la crisis moral, política y social acarreada en España por la derrota militar y abogaban por la modernización y regeneración de la Nación; como supongo que opinaría el resto de los españoles.

Pero nosotros a lo nuestro, aquel año año, el nº 1.171, de la Revista de Obras Públicas publica un artículo firmado por Antonio Salazar, en el que se describe la última novedad de los aparatos topográficos (que llegaron a tener un éxito relativo) . De nuevo tenemos que referirnos a D. Ignacio Porro, pues se trataba de una antigua idea suya que acababa de ponerse de moda en Europa: el taquímetro *autorreductor* “sin limbos”. En ese trabajo, el autor, aparte de ponderar las virtudes y ventajas de este tipo de instrumentos, nos hace ver que mediante unas simples lecturas hechas sobre unas regletas, nos ahorramos el trabajo posterior de calcular las distancias reducidas y el desnivel.

Por otro lado, uno se queda un poco contrariado cuando lee las frías actas de las Juntas celebradas *el año del desastre*, echamos de menos algún comentario sobre el ambiente que se vivía en el país, no me refiero a que las actas fueran como aquellas vibrantes proclamas patrióticas que aparecían a diario en los periódicos de la época, pero sí que al menos se hiciera algún comentario sobre el sentir del alumnado y de la propia Escuela. En la Junta de Escuela del 7 de mayo de 1898, a los pocos días de la declaración de guerra a los EE.UU., se daba cuenta de la R.O. de 24 de abril disponiendo que “en atención a las circunstancias extraordinarias en que se halla la Nación, los exámenes empezarán este año el 9 de mayo...” Por otro lado, y debido a los acontecimientos que se están desarrollando al otro lado del océano, se abre la mano en cuanto a las faltas de asistencia a clase, pues había un límite para poder presentarse al examen; así, en aquella ocasión también se dice que “atendiendo a las circunstancias especiales que desde primeros de abril han alterado la normalidad de este curso, determina que se deduzcan, en la forma que dice el reglamento de esta Escuela, los límites de faltas que deban tolerarse, partiendo del supuesto que las clases hubieran durado hasta el último día de mayo como en circunstancias normales. Resultando de este modo que todos los solicitantes han hecho un número de faltas inferior a los límites correspondientes. La Junta acuerda acceder a sus peticiones”. Al menos los estudiantes sacaron alguna ventajilla de aquel desastre.

En la Junta del 30 de junio, cuando aún los americanos no habían practicado el tiro al blanco contra nuestra escuadra, según iban saliendo los barcos por la bocana del puerto de Santiago de Cuba, se leyó una R.O. de la D.G. de Agricultura Industria y Comercio de 1º de junio, en la que el Excmo. Sr. Ministro de Fomento exponía la satisfacción con que vería que los funcionarios de aquel organismo contribuyesen con un día

de haberes a la suscripción nacional voluntaria para atender al fomento de la marina y gastos de guerra. Desconocemos la respuesta del personal a tan solidaria llamada.

Ya hemos visto que la calle Ríos Rosas de entonces no era más que un proyecto y tanto la Escuela como el Laboratorio estaban prácticamente en medio del campo, como hemos visto en anteriores fotografías; así se comprende que una de las primeras decisiones tomadas por la Junta de Octubre de 1899 fuera acordar la compra de un fusil Máuser para la vigilancia del Laboratorio y, suponemos que también la Escuela, aunque esta precisión no constaba en acta.

16 Melchor, Gaspar, Baltasar y la Comisión de la Meridiana.

No sabemos si a consecuencia de aquella polémica entre Malo de Molina y Del Busto, o por otras causas, pero la Comisión de la Meridiana fue suprimida al año siguiente y, en el acta de la Junta de Profesores de 29 de mayo de 1897, se recoge la grata noticia de la recepción, dos meses antes, de una importante cantidad de material topográfico que, procedente de esa Comisión, fue entregado por su Presidente D. Manuel Malo de Molina, con el correspondiente inventario; unos Reyes Magos un poco tardíos pero *todo era bueno para el convento*, que diría un antiguo catedrático de Matemáticas de la Escuela de Topografía, de grato recuerdo. No he podido comprobarlo aún pero supongo que se trataba de los instrumentos topográficos que utilizaba aquella Comisión para definir esa dirección, que traía un poco de cabeza a los ingenieros de entonces, la del meridiano que pasaba por las capitales de los distritos mineros, para resolver así el problema de la declinación de las brújulas con las que realizar la delimitación de los permisos o concesiones.

Hay otro apunte relacionado con la Topografía en la Junta de noviembre de 1900, en ella se da cuenta de que el Ingeniero Jefe de Minas de Santander reclama a la Escuela “un teodolito Brunner que se conserva en el depósito desde la supresión de la Comisión de la Meridiana”. El profesor del Busto confirma la existencia del aparato e informa que, como el resto de aparatos de esa Comisión, pasó a ser propiedad exclusiva de la Escuela por Orden Ministerial.

Para dejar las cosas claras, al poco tiempo el Subsecretario de Instrucción Pública, nos informaba del envío de una comunicación al Ministro de Agricultura Industria y Comercio consultándole acerca de la conveniencia de desestimar la petición del Ingeniero Jefe de Minas de Santander y adjudicando en propiedad a la Escuela de Minas todo el material científico procedente de la suprimida Comisión de Meridianas. La Junta, por unanimidad, acuerda que se consigne en acta un voto de Gracia a favor del profesor de Topografía y Geodesia, Sr. Del Busto.

En 1901 seguía coleando el asunto de la Comisión de Meridianas, y el 4 de mayo se dispuso que a todo plano de demarcación se uniese otro con los deslindes que se hubieran llevado a cabo para determinar la situación de cada mina con relación a las demarcadas con anterioridad, y cuyo terreno debía ser respetado en la demarcación de las más modernas. En otra circular de la D.G. de Agricultura, Industria y Comer-

cio de 24 de junio se daban una serie de consejos a los ingenieros de los distritos acerca del modo como habían de efectuar esos trabajos.

17 El Sr. Elola y su Planimetría de Precisión.

Termina 1901 con la asignación de los premios Gómez-Pardo a los trabajos presentados al Concurso. El titulado “Planimetría de Precisión” ganó el 2º premio. Su autor, D. José Elola y Gutierrez (1859-1935), era Teniente Coronel de E. M., profesor de la Escuela Superior de Guerra y habitante de esta Corte, con domicilio en la calle Velázquez número 24-3º.

De la obra premiada se quiso hacer una edición de 800 ejemplares, pero el Sr Elola pidió hacer 200 ejemplares más a su costa, aprovechando el material de imprenta de la edición que costaba el Legado Gómez-Pardo. La Junta acordó que así fuese, con la condición de que esta tirada se diferenciase, mediante alguna nota de la editada por la Escuela.

El 17 de mayo de 1902 tuvo lugar la proclamación oficial de D. Alfonso XIII como Rey de España, tenía 16 años de edad. Al mismo tiempo, parece ser que hubo algunos contratiempos entre la Escuela y el Sr Elola por falta de acuerdo en la edición de su laureada obra. En el acta de la Junta de Profesores de junio de aquel año, se daba cuenta del nombramiento del General Cerezo como *amigable componedor*, con objeto de mediar, entre los litigantes (la Escuela y el Sr. Elola) al parecer sin resultado.. Al final se llegó a un acuerdo para hacer una impresión conjunta de la obra con el Ministerio de la Guerra, para evitar que dos centros oficiales compitieran estúpidamente haciendo dos ediciones de la misma obra. El Ministerio de la Guerra concedió al Sr. Elola la edición de 500 ejemplares y contribuyó con 5.761 pesetas a los gastos; por su parte, la Escuela entregó al autor los 500 ejemplares, más los que le correspondían según las bases del Convenio Gómez-Pardo. Proposición que fue aprobada por mayoría en una junta de profesores celebrada a principio de 1903, por salir la Escuela beneficiada.

Para la encuadernación, se aprobó en la Junta de 21 de marzo de 1903, que 200 ejemplares se hiciesen en rústica, 800 en acartonado, 94 en tela y 6 con encuadernación de lujo, de los cuales 4 con cubiertas de piel de Rusia (dos de ellos con el escudo real) y los otros dos se dejaban al criterio de la Junta (en total se hicieron 1.100 ejemplares). En mayo, y en prueba de buena voluntad, el Sr. Elola hizo entrega a la Escuela 500 ejemplares de la Agenda del Topógrafo, editada por él mismo, la Junta acordó dar las gracias al autor. En la biblioteca se pueden encontrar algunos ejemplares de ambas publicaciones

Este caballero, aparte de llegar a general, y ser en dos ocasiones director general del Instituto Geográfico, fue el diseñador de una especie de brújula-taquímetro autorreductor, de la que, según parece, se construyeron algunas unidades. Nuestro hombre fue también uno de los primeros escritores de ciencia ficción en España. Firmaba sus obras con el pseudónimo de *Coronel Ignotus*. Escribió varias novelas, en forma de saga, que tenían por escenario aquellos espacios siderales de los que nos hablaba el gran Pepe Isbert en la película *Calabuch*, del recientemente desaparecido Luis García Berlanga.

En abril de ese mismo año apareció el Reglamento provisional para el régimen de

la minería por el que se pretenden fijan las direcciones de las líneas que limitaban las concesiones, disponiendo que fueran arrumbadas con arreglo al Norte verdadero.

18 Otra vez el camelo de las triangulaciones de los distritos.

Y una realidad: terreno para ampliar la Escuela.

En la España de principios de siglo XX, el Instituto Geográfico seguía haciendo, sin prisas, el Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. Se trataba del mapa básico de la Nación y de él se derivarían todos los demás. Esta lentitud creaba un problema añadido al país, cual era la falta de buenos planos de las comarcas mineras (y de las que no lo eran) y de un estudio detallado geológico-industrial de las mismas.

Y como viene siendo recurrente entre los asuntos del “ramo”, en 1903, una vez más se especulaba con la próxima aparición de un Decreto cuyo objetivo era dar estabilidad geométrica a las zonas mineras, para ello se estudió de nuevo la posibilidad de trazar una red de pequeños triángulos en las comarcas más importantes para relacionar y fijar las concesiones a una estructura geométrica lo más estable posible. El autor de este proyecto se preguntaba por la suerte que correrían las pequeñas comarcas donde no estaban previstos este tipo de trabajos ¿seguirían como hasta ahora? Y seguía preguntando ¿Seguiremos como hasta ahora durante los muchos años que dure esa labor? Se respondía que el remedio estaba en cambiar los métodos de demarcación sustituyendo la brújula por el teodolito y dando instrucciones precisas para llevarlo a la práctica. Más adelante se seguirá hablando de este asunto, pues aunque era una idea excelente, parece ser que el Decreto estaba cogido con alfileres y su financiación era lo suficientemente exigua como para pensar que no iba a prosperar.

Al comienzo del curso 1903-1904 el profesor de Topografía D. Eusebio del Busto informaba a la Junta de Profesores sobre la conveniencia de adquirir el aparato de topografía, con sus accesorios, al ingeniero, recientemente fallecido, D. Román Yungunza. Parece ser que este tipo de actuaciones, más o menos irregulares, era una costumbre arraigada en ciertas escuelas de ingenieros. Con frecuencia quedan reflejadas en actas las compras de bibliotecas y aparatos de los ingenieros fallecidos, quizás fuera una forma de ayudar económicamente a su familia. También, en aquella reunión, el Director daba cuenta a la Junta de las gestiones realizadas para consignar en los presupuestos de 1904-1905 la cantidad de 100.000 pesetas para terminar las obras de la Escuela y la compra de los terrenos anejos de la parte trasera, el actual M2. En diciembre, el Director General de Agricultura, Comercio e Industria, Sr. Alonso Martínez (hijo del político burgalés del mismo nombre fallecido en 1891) se interesó por este asunto, y con este motivo, la Junta de Profesores creó una Comisión para ir al Ministerio y agradecerle sus desvelos por la Escuela. Por otra parte, esta no podía empezar con mejor pie, pues el carbón para la calefacción lo suministraban gratuitamente algunas empresas mineras: en el acta de la Junta de 19 de diciembre de 1903, se recogía que la Unión Hullera regalaba al Centro 7,6 toneladas de Cok flojo para este menester.

Buena parte de las actas de las Juntas de Profesores de 1904, empezando por la del 14 de enero, se dedicaron a las gestiones para la compra de la parcela mencionada anteriormente. La del 26 de febrero dice que se ha comprado y escriturado ese terreno en presencia del arquitecto Sr. Velázquez. En la del 22 de junio el director amplía los detalles de esa compra diciendo que esa zona se destinaría a laboratorios; además se acordó otorgar

un voto de gracia al director por las gestiones practicadas. El lado triste de aquella reunión fue la noticia del fallecimiento del Sr Escosura. También se ampliaron los estudios de la carrera a seis años, y el gabinete de topografía se hizo con 2.500 pesetas, de las 5.500 pesetas que, del presupuesto de la Escuela, se distribuyeron para ese curso, según reza el acta de 30 de septiembre.

Parece que había gente que no estaba muy conforme con la actuación del arquitecto de la Escuela y en una nota de la Revista Minera se le da un toque de atención. Allí se dice que “la D.G. de Agricultura... ha dispuesto que el arquitecto D. Ricardo Velázquez amplíe el presupuesto que presentó en 1902 de las obras y reparaciones que eran precisas en el edificio de la Escuela, con las que hoy sean necesarias, y además que formalice el de terminación del edificio, toda vez que para ello hay consignación en el presupuesto vigente”. Continúa la revista diciendo “De desear es que el distinguido arquitecto comprenda la importancia de que no se pierda la oportunidad, y que se ocupe activamente en este encargo para completar una obra que tanto favor le hace, y que ha tenido a su cargo desde su proyecto a su actual estado”.

Nadie se hizo eco aquel año del fallecimiento de la Reina Isabel II de España, “la bondadosa reina sin seso” -como la definiera Pérez Galdós en uno de sus Episodios- que pasó los últimos treinta años de su vida exiliada en el Palacio de Castilla, en el bulevar Kéber, una de las grandes avenidas que parten del Arco del Triunfo de París.

En la primera Junta de 1905, celebrada el 12 de enero, se presentó una relación de proyectos, con sus presupuestos, para la decoración de las fachadas del edificio, incluyéndose la construcción de las cuatro torres actuales. También se fijaron las aportaciones de los alumnos para la “caja de prácticas a las que se añadían los fondos de la propia Escuela y donativos de las empresas, que era una forma de financiar los viajes de prácticas que solían tener lugar durante los veranos.

Las obras de las torres de la fachada prosiguieron, lentas pero seguras, el caso era no parar, como se especificaba en las actas de las Juntas de 24 mayo y de 19 de julio de 1905; en esta última se daba cuenta también de la concesión de un nuevo crédito para su conclusión.

19 El hundimiento.

En 1905 se produjo una catástrofe en las proximidades de la Escuela, fue el año del hundimiento del tercer depósito del Canal de Lozoya (ahora de Isabel II), situado entre las actuales calles de Pablo Iglesias, Islas Filipinas, Santander y San Francisco de Sales (antiguamente entre el acueducto de la Villa, el camino de Amanuel y el de Aceiteros) y hoy convertido en un parque polideportivo.

Con ocasión del centenario de estos hechos, el ingeniero de Caminos D. Antonio Burgos Núñez publicaba un artículo en la Revista de Obras Públicas N° 3458, 2005, pp 25-48, titulado *El desastre del Tercer Depósito, cien años después*. Decía que, “al comenzar el siglo XX, el hormigón armado estaba empezando a difundirse en

España. Tras algunos años utilizándose en proyectos menores, parecía que había llegado su consolidación con la cubierta del Tercer Depósito del Canal de Isabel II, en Madrid, importante obra con la que se pretendía acabar con los problemas de abastecimiento de agua de la capital. Sin embargo, parte de esta cubierta se hundió en la madrugada del 8 de abril de 1905, mientras se estaba construyendo. Perdieron la vida 30 obreros y dejó heridos a otros 54, muchos de los cuales quedaron inútiles para el trabajo. El desastre tuvo una gran repercusión en la convulsa sociedad española de la época. En el ámbito técnico su impacto no fue menor, pues dio lugar a que se cuestionara, tanto dentro como fuera de España, la validez del hormigón armado como material de construcción”.

La Revista Minera también se hizo eco del suceso y en el tomo de aquel año (p. 216) aparece una reseña diciendo que todos los periódicos han relatado que el día del hundimiento los alumnos de la Escuela de Minas acudieron desde el primer momento al sitio del siniestro, acompañados de algunos profesores y de ingenieros del laboratorio y que trabajaron de firme todo el día en unión de muchos obreros y soldados de ingenieros.

A propósito de este hecho, Corpus Barga nos narra en *Los pasos contados*⁵³ una discusión, sobre la cuestión social, entre dos amigos y compañeros de la Escuela de Minas, decía:

Jaime.-... ¿Te acuerdas de tu indignación cuando el hundimiento del tercer depósito? ¡Cómo hablabas del espanto de las mujeres desgreñadas que tomaron en Chamberí por asalto el tranvía en que ibas tú, bien desayunado, con pan y manteca! ¿Qué habrían desayunado esas mujeres? Tú tan tranquilo, a la Escuela, es verdad que no sabías lo que había pasado. “¡Han matado a los hombres!” Yo oí el mismo grito en el Hipódromo al bajarme del tranvía, a otras mujeres que llegaban corriendo de los desmontes. Y te acuerdas que lo seguían gritando pero ya furiosas, con los brazos levantados, contenidas por la Guardia Civil que nos las dejaba entrar en los jardines de los depósitos de agua, y nos abría paso a nosotros, los futuros ingenieros que íbamos, ¡qué farsa!, a prestar los primeros auxilios con las palas y los picos de las panoplias del patio de la Escuela que nos distribuyeron los profesores. No sabíamos manejar las herramientas y no teníamos las que nos hacían falta, las tijeras para cortar los alambres con que estaba armado el hormigón. Ignorancia y petulancia. El 98. “¡Van ustedes a matar a los heridos que hay debajo!” nos chillaban los primeros capataces que llegaron y nos vieron dando golpes con los picos. Y cuando llegaron los obreros de verdad nos hicieron darles nuestras herramientas, te acuerdas qué rabiosos y asqueados nos fuimos tú y yo, no habíamos conseguido sacar de los escombros más que aquella cosa horrible, se la hubiéramos querido tirara a los ojos a aquella muchedumbre de empleados y estudiantes que habían acudido de Madrid y en curiosos y nos ovacionaban a los de la Escuela cuando salíamos, por nuestro noble rasgo, que también luego ensalzaron los periódicos: los futuros ingenieros remediando la catástrofe, lo cual disminuía la responsabilidad de los ingenieros, no eran de minas, eran de canales pero eran ingenieros, los constructores de un depósito de agua que se hundió cuando se iba a estrenar. ¿Por qué al día siguiente en vez de ir a la Escuela nos fuimos a la manifestación de Cuatro Caminos y tiramos piedras y nos dispararon? Nunca te has querido juntar con los obreros con los que estuvimos.

53 Tomo 3. Editorial Alianza tres, pp. 231-232.

... ..

Ah ¿eres el de los Cuatro Caminos? No vuelvas la cara, no tienes por qué avergonzarte de que nos hayamos conocido allí, cuarenta muertos y la eminencia de la ingeniería, el Sr Echegaray, salió diciendo que la culpa era del sol...

Según la opinión del Premio Nobel de Literatura, ingeniero de Caminos y ex ministro de Fomento, D. José de Echegaray, y la de otros expertos colegas suyos, la causa del desastre se pudo deber a las altas temperaturas que sufrió Madrid en aquel fatídico mes de abril, que, al parecer, afectaron al fraguado del hormigón.

Andrés García de la Barga y Gómez de la Serna, que así se llamaba en realidad Corpus Barga, terminaba su primer curso en la Escuela de Minas ese año (1905) con el nº 40 de 46 matriculados, y con la calificación de *bueno*. Creo que abandonó sus estudios para dedicarse al periodismo, y al terminar la guerra se fue a Perú, donde falleció, tras haber sido allí una pluma muy cotizada.

La repercusión en la Escuela de este hecho quedó reflejada en varias actas; en la del 17 de abril de 1905 se dice que “el Director manifiesta haber recibido una R.O. del Ministro de Agricultura en la cual se dan las gracias al Director profesores y alumnos por su comportamiento en los trabajos de salvamento verificados con motivo del hundimiento del tercer depósito, en cuya R.O. se ordena al Sr Director que manifieste los nombres tanto de los profesores como de los alumnos que más se distinguieron en los trabajos”. Con ese motivo el director reunió a los alumnos para darles lectura de ella y preguntarles que si tenían a bien dar los nombres de los compañeros que más se habían distinguido en los hechos. Al poco tiempo, enviaron una carta dirigida al director, diciendo que “no se creían acreedores a recompensa alguna pues no habían hecho más que cumplir con su deber y que su mejor recompensa fue el haber merecido, con su conducta, el beneplácito de S.M. el Rey (q.d.g.), del ministro y de sus profesores”. Por su parte, la Junta de Profesores era de la opinión de responder a la R.O. del ministro, con respecto a los profesores, de la misma manera que lo habían hecho los alumnos.

Un mes después del accidente, en la Junta de 16 de mayo, un alumno solicitaba que le fueran eliminadas las faltas de asistencia a clase “cometidas a causa de la enfermedad contraída como consecuencia de los trabajos de rescate realizados entre el 10 de abril y el 9 de mayo, en unión de sus compañeros, en auxilio de los obreros atrapados en el hundimiento del tercer depósito del Canal de Lozoya” se accede a la petición pero “Recordando la junta que si bien con arreglo al artículo 55 del Reglamento de esta Escuela no procede acceder a lo solicitado; atendiendo a las causas que motivaron dicha enfermedad, tanto más cuanto que con dicho motivo se han dado las gracias de R.O. en nombre de S.M. el Rey (q.d.g.) a todos los alumnos de esta Escuela cree que como caso verdaderamente excepcional se puede conceder lo solicitado”.

20 Un atentado en París y el equipaje topográfico del ingeniero de Minas.

En otro orden de cosas, en la primavera de 1905, el Rey estaba de visita oficial en

París, cuando, el 31 de mayo, sufrió un atentado junto al Presidente francés Loubet, del que ambos salieron ilesos. Con este motivo, el director de la Escuela de Minas de París, D. Adolfo Carnot, envió un telegrama al (director) de la Escuela hermana de Madrid, *con las expresiones de viva simpatías y felicitaciones por la feliz preservación (de la vida) del Rey Alfonso y del Presidente Loubet contra el odioso atentado.*

Madrid contesta enseguida al Sr Carnot, *agradeciéndole calurosamente tan expresivo saludo y felicitando a todos, director, profesores y alumnos, por haber salido a salvo del atentado anarquista el presidente M. Loubet y el Rey de España. Ciertamente nuestra Escuela no podrá olvidar nunca el noble y delicado rasgo de aquella insigne Academia, se decía a continuación.*

De nuevo la Revista Minera se hace eco de la Topografía publicando un anuncio titulado *Equipaje topográfico para el ingeniero de Minas*, decía esto: “Hemos tenido ocasión de ver con detenimiento en casa de los Sres. Castañón, Monje y Compañía, de Madrid, el llamado Equipaje topográfico para el ingeniero de Minas, construido en la fábrica de instrumentos científicos de D. Amado Laguna, de Zaragoza, y creemos que llena perfectamente las necesidades para los trabajos corrientes de la topografía minera”.

“Consta de una brújula-teodolito con anteojo central telemétrico y ocular ortoscópico, un estuche para colgar en el interior y transportador rectangular para el dibujo, todo ello bien dispuesto en una caja de caoba y funda de cuero, siendo el peso de unos 10 kg. El trípode tiene alargaderas y permite hacer fácilmente estación en laderas y en galerías de poca altura. Los limbos aproximan a un minuto sexagesimal y el de la brújula está dividido en 360°; a nosotros nos gusta más en ocho veces 45°, pero este es un detalle de poca importancia, y claro es que al que lo pida así, no habrá ningún inconveniente en satisfacerle. El precio es de una 800 pesetas”.

21 D. Leopoldo Bárcena y Aznar y las visitas Reales.

En el acta de 16 de enero de 1908, vemos que el profesor de Topografía y Geodesia, D. Eusebio del Busto solicita la baja en la Escuela por enfermedad. Una vez convocada la vacante, la Revista Minera se hace eco de ello y hace público el anuncio “para que llegue a conocimiento de los señores ingenieros de Minas que deseen optar a la misma”. En la sesión de la Junta de 16 de febrero se elige una terna de entre los candidatos presentados al concurso, y luego, por votación, la Junta eleva a la superioridad el candidato elegido, que resultó ser D. Leopoldo Bárcena y Aznar. En la Junta siguiente, de 20 de marzo, se da cuenta de su nombramiento como profesor numerario. Al quedar vacante la plaza de profesor auxiliar numerario, que ocupaba Bárcena, se convoca esa plaza, eligiéndose, de entre la terna presentada, al ingeniero D. Manuel Fernández-Figares para ocuparla. Acto seguido, el Sr. Bárcena solicita se le autorice un crédito de 350 pesetas, con cargo a la Caja de Prácticas, para las de su asignatura. En el acta de la Junta del 8 de mayo se da cuenta de la R.O. con el nombramiento de D. Manuel Fernández como profesor auxiliar.

En octubre, nuestro viejo amigo, el Sr. Elola, regalaba a la Escuela dos ejemplares

de su último libro *Levantamientos y Reconocimientos Topográficos* y, como no podía ser de otra manera, la Junta acuerda darle las gracias por tan generosa aportación.

Lentamente, pero sin pausa, la Escuela se va haciendo con el instrumental topográfico necesario para la enseñanza de la asignatura. El acta de la Junta de 22 de diciembre de 1908, autorizaba al profesor Bárcena la compra de un teodolito italiano del tipo clepe para dar sus clases (con limbos encapsulados para evitar la entrada de polvo y humedad), fabricados en la casa Salmoiraghi de Milán, con sus correspondientes miras, y pide a la Junta, si así lo estima conveniente, que se abone su importe, de 1.012 pesetas a los Sres. Castañón, Monje y Cía, representantes de esa y otras firmas en Madrid.

Hasta 1908, no teníamos noticia de visitas Reales a la Escuela, pero a partir de esa fecha y en un corto espacio de tiempo, hubo una sucesión de ellas; en la reunión de 18 de diciembre de aquel año se podía leer lo siguiente: “El Ilmo. Sr Director solicita, y la Junta acuerda por unanimidad, que conste en acta el reconocimiento de la Escuela por el alto honor a esta dispensado, visitando este Centro de enseñanza oficial el día de ayer S.M. la Reina D^a María Cristina, así como se den las gracias de oficio y conste en acta la gratitud de la Escuela al Excmo. Sr. D. Francisco Arrillaga por su mediación para llevar a cumplido término la regia visita a esta Escuela”.

Un año después, el 16 de febrero de 1909 el Director hizo presente a la Junta, “el agradecimiento que la Escuela debía al Jefe del Estado, S.M. el Rey D. Alfonso XIII, que el 30 de enero honró con su visita a este Centro de enseñanza, y de cuya visita tiene referencias autorizadas de haber quedado sumamente satisfecho, tanto desde el punto de vista de la enseñanza, como de la disciplina, orden y régimen de la misma, habiéndose pedido audiencia para que, en nombre de la Escuela, vaya en su día una Comisión para hacer presente a S.M. su gratitud por el honor concedido de haber sido la primera Escuela de Ingeniería civil por él visitada, y sus respetos, proponiendo que, como recuerdo permanente de dicho acto, y de la anterior visita de S.M. la Reina D^a María Cristina, se coloque una lápida conmemorativa en el Salón de actos”.

Aquella visita fue muy provechosa para la Escuela pues S.M. el Rey ofreció las colecciones de minerales existentes en los Reales Palacios. Con tal motivo, los profesores Contreras y Sierra manifestaron en Junta que teniendo muy en cuenta el ofrecimiento, constase en acta el agradecimiento de la Escuela por dicha distinción y que en su día se coloque dicha colección en el museo de la Escuela, en vitrina especial, en la que conste el nombre del Regio donante. La Junta por unanimidad acordó que así se hiciese en su día, y que se colocara la lápida conmemorativa en el salón de actos, cuyo proyecto se encargará al arquitecto de esta Escuela, D. Ricardo Velázquez, quedando designada una comisión, formada por los profesores Madañaga y Contreras, encargada de redactar la leyenda de dicha lápida. Lápida que no sabemos a dónde habrá ido a parar, si es que alguna vez se colocó.

El 10 de noviembre de 1909 tuvo lugar una nueva visita regia, esta vez los huéspedes de la Escuela eran SSAARR las Infantas D^a Isabel y D^a M^a Teresa y el Infante D. Fernando. El director daba cuenta de esa visita, diciendo que los invitados habían recorrido sus aulas, gabinetes, museos, etc. Y supongo que quedarían “gratamente

impresionados por el alto nivel científico y técnico de la Escuela”, que es lo que se suele decir en estos casos.

Aquel 1909, fue otro año de desgracias para España, pues tuvo lugar la matanza de soldados en el Barranco del Lobo desde el Monte Gurugú, en las proximidades de Melilla, que desencadenó los hechos de la Semana Trágica en Barcelona y también numerosos actos de heroísmo en Melilla, como las cargas del Escuadrón de Caballería de Cavalcanti, de los Cazadores de Alfonso XII, en Taxdir. Y todo empezó con el ataque a unos obreros que construían el ferrocarril que debía llevar el mineral de las minas del Rif al puerto de Melilla.

Medio año después, en mayo de 1910, el profesor de Topografía, Sr Bárcena, nos informaba de que su colega en la enseñanza de esa asignatura de la Escuela Superior de Guerra había obsequiado a la nuestra Escuela con una mira. La Junta acordó agradecer ese modesto detalle al donante. Así mismo, en la de noviembre se daba cuenta de la comunicación del Ministro de Fomento relevando del cargo de arquitecto encargado de las obras de la Escuela, el burgalés D. Ricardo Velázquez (1843-1923) nombrando en su lugar a su colega D. Alberto Del Palacio (1856-1939) con el que había trabajado en las obras del Palacio de Cristal y en el de Velázquez, ambos situados en el Parque del Retiro de Madrid y autor también del famoso Puente Colgante de Portugalete, la Estación de Atocha, el Banco de España... Por cierto, con dieciocho años ganó el primer premio en un concurso internacional sobre medidas de bases geodésicas. Desconozco el motivo de este relevo, quizás fuera por edad o enfermedad ¿? Tenía 67 años entonces.

22 Herr Breithaupt presenta novedades.

A finales de 1912 se produjo el asesinato del Presidente del Consejo de Ministros D. José Canalejas, en la Puerta del Sol. Aparte de este hecho, la Revista Minera nos informaba de algunas novedades en el mundo de la topografía minera; decía que “Sabido es que para trabajar con el teodolito en las minas se empleaban unas miras transparentes con discos esféricos” pues bien, la Casa Breithaupt de Alemania presentaba la novedad del empleo, con buenos resultados, de simples puntas de metal, a modo de mira, en las grandes explotaciones mineras de ese país. Luego se aplicó una nueva mejora al sistema que consistía en el uso de una pequeña punta de vidrio opaco, que se iluminaba por medio de una pila seca de seis horas de duración.

Otra de las novedades se aplicó a la lectura de los limbos graduados del teodolito. Para realizar un trabajo con cierta garantía de éxito era preciso tomar las lecturas angulares del aparato en los dos nonios situados en los extremos opuestos del limbo, lo que creaba dificultades de movilidad al operador cuando se trabajaba en sitios estrechos, como era el caso de las galerías en la minería de interior; y lo mismo ocurría en las observaciones astronómicas y en otros tipos de trabajos topográficos.

Si se efectuaran las dos lecturas desde un mismo punto de vista, sin que el operador tuviera que cambiarse del sitio, se ahorraría mucho tiempo y algunos errores; para ello la firma anteriormente mencionada diseñó y construyó un sistema óptico, compuesto por una serie de prismas y lentes, que nos facilitaban la tarea de obtener, simultáneamente, la lectura exacta en los dos nonios opuestos

del limbo evitando el riesgo de desnivelar el aparato al andar paseándonos alrededor del instrumento.

Dos años después, esa misma firma presentaba otra novedad: una brújula geológica dotada con un sistema que permitía fijar la declinación de la aguja magnética. Y para que pudiera ser utilizada cerca del Ecuador, donde la inclinación magnética es bastante grande, la aguja iba provista de un contrapeso deslizante con el fin de nivelarla. La brújula era de aluminio, solo pesaba 170 gr, e incluía un nivel esférico situado fuera del plato.

23 ¡A la tercera va la vencida!

Vuelve la Comisión de Triangulación y Meridianas. D. Leopoldo se enfada.

Ya hemos visto que llegó un momento en el que la Comisión de la Meridiana dejó de tener sentido, bien por haberse determinado las líneas de todas las zonas mineras o por falta de fondos, aunque no sé por qué, me parece que más bien fue esto último. Ahora, mientras buena parte de Europa se desangra en los campos de batalla, la administración española, que anda algo más boyante que de costumbre, hace caja con las nuevas oportunidades de negocio que se ofrecen a cuenta de la Primera Guerra Mundial (PGM), y así, en el presupuesto de 1915, (Revista Minera de 24 enero) se consigna de nuevo una partida para una Comisión de Triangulación y Meridianas, nominalmente agregada al Instituto Geológico. Comentando este hecho con cierta ironía, el entonces profesor de Topografía y Geodesia de la Escuela, D. Leopoldo Bárcena, en la revista indicada, dice: “vuelve pues a la vida activa, merced a una consignación, para emprender su marcha que hoy se supone nuevamente necesaria, a fin de cubrir con una serie de pequeños triángulos algunas zonas mineras, y señalar o marcar en la capital de algunos distritos mineros la dirección del meridiano astronómico, que ha de servir para orientar al Norte verdadero las minas que se demarquen. Los instrumentos vuelven a salir de sus cajas, juntamente con aquellas discutibles fórmulas que una Comisión ha de manejar en determinados lugares para lograr el fin tan deseado de que las minas resulten bien demarcadas, evitando el riesgo de superposiciones y terrenos francos ignorados entre minas colindantes...”

“Triangulaciones y meridianas... separemos ambas como separadas estuvieron en su origen estas comisiones, hoy unidas al conjuro de unos cuantos miles de pesetas...”

“Una pregunta se me ocurre ¿Se ha notado después de haber sido trazada la meridiana en los distritos... que las minas resultan demarcadas con mayor perfección que lo fueron antes?... seguramente no. Si algunas faltas se cometieron antes, ahora se cometen las mismas... Aquellas meridianas no han servido al objeto, como las que ahora se tracen no servirán para nada...”

“Razonemos las causas para afirmar la inutilidad de la nueva Comisión. Trazar meridianas en las capitales de una provincia o en un distrito metalífero o carbonífero, para que los ingenieros comprueben o determinen en ellas la declinación de sus brújulas, transportando la orientación al paraje donde han de demarcarse las minas, es un disparate topográfico que no tiene defensa, si se considera en las minas

la orientación como una operación de precisión, es decir que la determinación de la meridiana por el conocimiento de la declinación magnética, es tan inexacto, que el plano de demarcación queda tan solo orientado de una manera aproximada... es por tanto recusable el método...”

Continúa analizando el porqué de esas afirmaciones en función de los errores que se cometen con la brújula.

Más adelante recomienda resolver ese problema, no con brújula, sino con un aparato de mayor precisión como el teodolito; “el ingeniero demarcará, orientando con su teodolito, y sin mediación de nadie, las líneas de su plano en el terreno. La operación es sencilla tratándose de aproximaciones que no exigen pasar del minuto de error. Manejando las efemérides que publica el Observatorio y operando con el sol bastaría para alcanzar esa precisión...”

Luego la toma con la Comisión de Triangulaciones diciendo que con el presupuesto que tiene apenas se puede comenzar una mediana triangulación o trazarse tres o cuatro meridianas a lo sumo, el resto del dinero se iría en sueldos. Termina el artículo con estas palabras: “De los trabajos de esta hidrocefálica Comisión podrá decirse después de efectuada su tarea: ¡caras meridianas!”

24 Vuelve S.M. y el Sr. Rived nos presenta su goniómetro minero.

De nuevo recurrimos a la crónica de sociedad para dar noticia de una nueva visita Real al laboratorio metalográfico de la Escuela. En el acta se nos informa que “el 3 junio de 1916, a 12 h, S.M. el Rey fue recibido por el director Sr. Madariaga y por los ingenieros y alumnos. S.M. pasó directamente al nuevo pabellón destinado al mencionado laboratorio, (y a los laboratorios docentes de química), donde permaneció largo rato, enterándose de paso que estaba formado por cuatro secciones tituladas: preparación de muestras, tratamientos térmicos, micrografía y ensayos mecánicos; que estaba dotado de aparatos, hornos y máquinas bien elegidas e instaladas. Asimismo presenció, “vivamente interesado, algunas experiencias, hábilmente ejecutadas, sobre resistencia de materiales a la penetración por medio de la prensa de Brinnell, y al choque por medio del péndulo de Charpy; ensayos de tracción; numerosas preparaciones observadas con el microscopio metalográfico Leitz, diafragmas y muestras de aceros especiales, llevadas a efecto, bajo la dirección del profesor Gullón, quien estuvo auxiliado del aparato de proyecciones, *hábilmente manejado por los ingenieros del laboratorio*, quedando S.M. sumamente complacido”.

Un año más tarde, en 1917, el director, junto al secretario solicitaba audiencia al Rey para hacerle entrega de un álbum con fotografías de las visitas reales editado por la Escuela. El ejemplar que su profesorado y alumnos ofrecieron al Soberano estaba encuadernado en piel de Rusia y tenía grabadas en oro las armas del Cuerpo de Minas. Esta debió ser una de las pocas alegrías que aquel año recibió S.M., pues el verano estuvo marcado por una huelga general revolucionaria, enmarcada en lo que se llamó Crisis de 1917, que afectó también a los militares, a los políticos y al propio Rey.

En la sección de variedades de la nuestra revista de referencia (R.M. tomo de 1917) aparecía una noticia titulada *El nuevo goniómetro de minas del Sr. Rived*, cuyo texto decía, poco más o menos, que nuestro querido compañero D. Francisco Rived dió una conferencia muy interesante en el Instituto de Ingenieros Civiles acerca de un nuevo goniómetro para topografía subterránea por él inventado. En ella daba cuenta de las dificultades de estacionamiento y manejo de los teodolitos en el interior de las minas, y luego decía que estos problemas se resolvían con su goniómetro con extrema sencillez, que éste era de facilísimo manejo y además capaz de alcanzar una gran exactitud en las operaciones topográfico-mineras.

A falta de imágenes y de algún ensayo, estas explicaciones se quedan un tanto huérfanas. Luego pasa a describir el aparato diciendo que estaba formado por un limbo horizontal y dos cenitales, que iba colgado de un cable, igual que la brújula minera, que no necesitaba anteojo ni trípode y que las lecturas angulares se hacían por medio de nonios -y añadía- “con la exactitud deseada, tanto los (ángulos) horizontales como los cenitales” ¿?. El autor prometía otro artículo más detallado en el tomo de misma la revista correspondiente a 1918; efectivamente aquel año se publicaba ese artículo, pero esta vez con una fotografía, tan mala, que no he creído oportuno reproducirla aquí.

Aquel año (1918), en la Junta celebrada el 13 de noviembre se comisionó a tres profesores para realizar un viaje de estudios por el extranjero, enter ellos estaba el profesor Bárcena, cuya misión era visitar la fábrica de instrumentos de



A falta de una imagen del goniómetro de Rived, presentamos una fotografía curiosa, anterior a 1926 (fecha de construcción del Instituto Geominero), en ella vemos, en el patio de la Escuela, a un grupo de alumnos haciendo prácticas de Topografía ¿con el profesor Langreo? Sobre el pilar vemos un teodolito geodésico Kern y sobre la mesa el cronómetro marino hoy desaparecido.*

* Ver ficha III-3-34.

Topografía y Geodesia Kern, en Aarau (Suiza); el Sr. Gámir se encargará de ver las instalaciones de destilación de lignito de Zurich y otros establecimientos del mismo tipo, así como la Escuela de Winterthur; y el Sr Bayo se dirigió con las mismas intenciones a los laboratorios de análisis químico de Toulouse y París. Para todo ello disponían de un presupuesto de 6.000 pts.

A la vuelta del viaje, el profesor Bárcena, tras presentar los informes de rigor, y dejando de lado sus pasadas críticas a la Comisión de Triangulación y Meridianas, se hace eco del ascenso de categoría de su presidente, el Sr. Aguirre, que deja vacante ese puesto, y propone a la Junta de Profesores que la Escuela recabase de la Superioridad, por medio de un escrito razonado, que el presidente de esa Comisión fuera siempre el profesor de Topografía y Geodesia de la Escuela, o sea él. Tras un cambio de pareceres la Junta acordó que el Sr. Bárcena presentara una minuta para estudiarla.

25 De compras con el Sr. Langreo. Novedades fotogramétricas y topográficas

No sabemos exactamente cuando dejó la Escuela el profesor Bárcena, pudiera haber sido a principios de 1920 pues, el 17 marzo de aquel año, se daba lectura a las instancias presentadas por los Srs. Langreo y Sierra solicitando ambos la Cátedra de Topografía y Geodesia. Tras comprobar los méritos de cada uno, resultó elegido D. Miguel Langreo para sustituir al profesor cántabro, proponiéndose su nombramiento a la Superioridad.

De nuevo España se teñía de sangre en el Rif. En 1921 se produjo el mal llamado Desastre de Annual, pues afectó también a otras zonas del protectorado próximas a Melilla. Un antiguo funcionario de la oficina de Asuntos Indígenas de Melilla, llamado Abdelkrim, sublevó a las cabilas rifeñas y estas asestaron una serie de golpes de gracia a las guarniciones españolas dispersas por la zona, que costaron la vida a cerca de 14.000 soldados. Como en 1909, hubo numerosos hechos heroicos, como el protagonizado, otra vez, por la Caballería del Regimiento de Alcántara, al mando del Tte. Coronel D. Fernando Primo de Rivera, hermano del futuro dictador, que se encargó de proteger a las tropas en retirada desde Annual, a base de sucesivas cargas (las últimas al paso) que dejaron en aquellos campos yermos 471 cadáveres de un total de 691 jinetes (el 80 %).

Volviendo a la Escuela, en marzo de 1922, volvemos a tener noticias del Sr. Bárcena, la Revista Minera insertaba un artículo suyo con las instrucciones y plan de trabajo para el trazado de las meridianas. Suponemos que, dado el cariño demostrado por el antiguo profesor hacia la muy citada Comisión, había sido designado por la superioridad, a propuesta del Presidente del Consejo de Minería, para efectuar el trazado de líneas meridianas y determinación de acimutes astronómicos entre puntos fijos de los distritos y regiones mineras, “a fin de que los ingenieros que hubieran de practicar demarcaciones y realizar trabajos topográficos relativos a la concesión de la propiedad minera, comprobaran sus brújulas, determinando, con la mayor precisión posible, su declinación”, se explicaba también el procedimiento y las fórmulas a emplear ¿se trataba de hacer lo mismo que él había criticado antes? El artículo, terminaba diciendo que “para este tipo trabajos bastaba emplear un aparato que apreciase los 10 segundos,

como el teodolito Max Hildebrandt recientemente adquirido” La Escuela dispone de un aparato de esa misma marca pero no sabemos si es el mismo (ver ficha III-3-32).

También aquella primavera de 1922, S.M. el Rey Alfonso XIII, visitó las Hurdes, acompañado, entre otros miembros del cortejo, por el Dr. Marañón. De aquella visita vinieron tan impresionados de lo que vieron que crearon el Real Patronato de Las Hurdes, organismo encargado de promover el desarrollo de esa zona, tan bella como castigada por un aislamiento secular.

El acontecimiento científico de 1923 fue la visita a España del Premio Nobel de Física de 1921, Albert Einstein, por sus explicaciones sobre el efecto fotoeléctrico y sus numerosas contribuciones a la física teórica y no por la Teoría de la Relatividad, como erróneamente se cree, pues el científico a quien se encomendó la tarea de evaluarla, no la entendió, y ante el riesgo de que posteriormente se demostrase que fuese falsa, se curó en salud sacándose de la manga lo del efecto fotoeléctrico.

Parece ser que el nuevo profesor, Sr. Langreo, tenía más afición por la Astronomía y la Geodesia que por la Topografía, así se explica que, en 1923, la Escuela comprara un *astrolabio de prisma*⁵⁴; era un nuevo instrumento diseñado por el ingeniero hidrógrafo francés M. Driencourt, destinado al cálculo de coordenadas geográficas (longitud y latitud) de una manera rápida y precisa, observando los pasos de estrellas en los momentos que tenían la misma distancia cenital, o sea, cuando pasaban por el mismo almicerat, en alturas comprendidas entre los 45° y 60°.

Pero no se conformó con el astrolabio, un año más tarde, la Escuela encargaba un *anteojo de pasos* a la firma Cooke, Troughton & Simms⁵⁵ de Londres. Un instrumento semejante al *círculo meridiano* pero de menor precisión servía, entre otras cosas, para la determinación de una coordenada astronómica denominada *ascensión recta* de una estrella a su paso por el meridiano. Aunque, a finales del siglo XIX, fue muy utilizado, para controlar la marcha de los relojes patrones de los organismos oficiales encargados de ello, al no existir entonces señales horarias retransmitidas por las emisoras de radio (*los pitos de la radio*, como gustan llamarlos algunos locutores). Parece ser que, a principio del siglo XX, había una costumbre, muy arraigada en la capital, de que, a las doce de mediodía, se tirase un cohete desde el observatorio del Retiro para que los madrileños pusieran en hora sus relojes, que no eran tan exactos como ahora. Más tarde se instaló allí un telégrafo que, conectado con el reloj de la Puerta del Sol, a la misma hora mandaba una señal para que el reloj diese las doce campanadas; y allí teníamos a los transeúntes tratando de sincronizar sus relojes con el de la Casa de Correos

La PGM (1914-1918) había contribuido eficazmente al desarrollo de la fotogrametría (aérea y terrestre) por eso no es de extrañar que, nada más terminar ese conflicto, el profesor Bárcena solicitara en la Junta, del 31 de mayo de 1919, la compra de un equipo estereofotogramétrico, por 3000 pesetas, que consistía en un fototeodolito⁵⁶, con todo su equipo auxiliar, que había sido patentado un par de años antes por el ingeniero de Ca-

54 Ver ficha III-3-2.

55 Ver ficha III-3-1.

56 Ver ficha III-5-6.

minos y Geógrafo, D. José M^a Torroja Miret, y que, pronto, podremos contemplar en el pequeño museo de aparatos del patio interior del edificio principal de la Escuela.

El tomo de 1924 de nuestra revista de referencia daba la noticia de la construcción del único restituidor de fotogrametría con diseño íntegramente español del que se tengan noticias. La casa Kern de Suiza se hizo cargo de su fabricación en la década siguiente, pero no creo que se llegaron a construir más de media docena de ejemplares, tengo entendido que existen en España, al menos, un par de ellos; uno hay (o había) en el Instituto Geográfico Nacional y otro, quizás, en el Centro Geográfico del Ejército. Se trataba del restituidor llamado *autocartógrafo estereoscópico universal* o, simplemente, *cartógrafo Ordovás*, diseñado por el Comandante de Ingenieros de este apellido. Con él se podían dibujar “automáticamente”, y a distintas escalas, planos o mapas de la zona de terreno común, que aparece (en relieve) al observar simultáneamente dos fotografías estereoscópicas del mismo, tomadas desde los extremos de una base de longitud y coordenadas conocidas. Podía restituir fotografías tomadas con cualquier ángulo de inclinación de la cámara y, además, el operador dibujaba las curvas de nivel sin cálculo previo de cotas. De su comparación con aparatos similares extranjeros coetáneos, como el *estereoplanógrafo Zeiss*, el *autocartógrafo de Huggershoff-Heide* y el *fotocartógrafo de Nistri*, se deduce que, tanto su fundamento como su manejo eran mucho más sencillos, y que también su peso, volumen y coste eran considerablemente más reducidos, ya que no llegaba a la sexta parte del precio de aquellos. Las fotografías adecuadas para su aplicación se obtenían con un fototaquímetro construido por el también Comandante de Ingenieros, D. Enrique Rolandi, apellido que sigue apareciendo hoy en los ambientes cartográficos militares españoles.

La primera fotografía aérea conocida se tomó en 1858 por el aeronauta y fotógrafo francés Gaspar Félix Tournachón, más conocido por Nadar, quien, en 1855, había patentado la idea de usar la fotografía aérea para formar mapas topográficos. La foto se hizo desde un globo a 80 m de altura, sobre una población llamada Petit-Becetre.

Desde entonces la gente ha seguido haciendo fotos, unas desde globos cautivos y otras en globos libres, hasta que el desarrollo de la aviación y de las cámaras aéreas, durante la primera guerra mundial, permitió mejorar considerablemente el rendimiento y los procesos fotográficos, entre ellos el sistema de rectificación óptico-mecánica, que modificaba la perspectiva de la fotográfica para hacer uniforme su escala y emplear la nueva imagen como si fuera un mapa o un plano, pero con mayor riqueza de detalles.

Otra de las novedades de 1924 fue la realización de un plano de Nueva York levantado por fotogrametría aérea. En el número 542 de la revista *Ibérica* se puede leer que la *Fairchild Aerial Camera Corporation*, de Nueva York, había terminado, hacía poco tiempo, el levantamiento de un plano de esa ciudad norteamericana, plano que ofrecía la, hasta entonces, notable particularidad de haberse utilizado para su confección aviones especiales dotados de las cámaras fotográficas apropiadas, cuyos objetivos estaban fabricados por la casa Zeiss de Jena expresamente para este propósito. Las vistas se tomaron desde una altura de 5.000 m, aproximadamente, y para cubrir los 1.600 km² de superficie, los aviones tuvieron que hacer un recorrido total de 4.800 km, haciendo pasadas fotográficas paralelas sobre la ciudad. El plano

realizado tenía unas dimensiones de 3 x 2,5 metros y parece ser que su resultado fue completamente satisfactorio, pues en él se distinguían claramente los edificios, puentes, vapores, trenes, arboles de los parques y a la multitud que transitaba por aquellos parajes. En realidad se trataba de un fotoplano a escala 1/25.000 formado por un mosaico de fotografías aéreas rectificadas, pero que carecía de información altimétrica (cotas y curvas de nivel).

También aquel año de 1924, la casa Zeiss de Jena (Alemania) lanzaba al mercado el nuevo Teodolito I (Th1). Era un aparato de diseño totalmente nuevo que asombró al mundo de la Topografía a causa de las originales ideas de su diseñador, el Dr. Wild, y por su tamaño y precisión. Fue una obra maestra de la técnica que crearía escuela para los 50 años siguientes; con él se logró llevar a la práctica el anhelo que desde hace mucho tenían los usuarios de este tipo de instrumentos, que era el poder hacer la lectura de los dos limbos, acimutal y vertical, desde un solo ocular, sin tener que cambiar de posición, que, como ya se dijo, había tratado de resolver la casa Breithaupt unos años antes. En el campo visual del microscopio de lectura aparecían “pegados” los dos sectores opuestos de ambos limbos de lectura, así pues, por el ocular de lectura veíamos dos ventanitas, una para leer el ángulo horizontal y otra el vertical, y además estaba situado junto al antejo. Otra cualidad era que, siendo el teodolito de reducidísimas dimensiones, se conseguía con él igual exactitud de lectura que con aquellos grandes teodolitos dotados de microscopios de lectura con tornillos micrómetros. Con el aparato se presentaba un ensayo de algunas mediciones angulares (de traducción un tanto confusa) realizado con las dos posiciones del antejo (normal e invertida) observando tres veces un sistema de tres puntos situados en una posición favorable, el error promedio respecto a una dirección, calculado a partir de tres repeticiones, fue de 2,2 segundos. En cuanto a la determinación trigonométrica de alturas, el teodolito obtuvo una exactitud del doble de la que se hubiera alcanzado con un instrumento cuyo limbo vertical fuese el doble de grande. La Escuela enseguida adquirió uno de estos aparatos, no sabemos exactamente el año pero sí que fue entre 1926 y 1929, según los documentos que se consulten.

26 Dos bases para otro plano de Madrid. Adiós al petróleo y bienvenida la iluminación eléctrica en los aparatos.

Como se ha dicho en el capítulo anterior, la aleación de hierro con un 36% níquel se conoce con el nombre de invar (invariable) porque es la menos sensible a las variaciones de temperatura, es muy dúctil, tenaz y prácticamente inoxidable. Con ella se construyen unos hilos que, entonces eran de 24 m de longitud, y cuyos extremos terminaban en dos regletas, de sección triangular, divididas en milímetros. Estos hilos se emplearon para hacer medidas de longitud con gran precisión. En Geodesia su aplicación inmediata fue la medida de las nuevas bases de la triangulación y la comprobación de otras más antiguas.

El proceso medición se basaba en que ese hilo, sometido a una tensión, define una longitud que es constante siempre que se den las mismas condiciones de tensión, temperatura, posición, etc. Para hacer la medida colocamos, alineados con los extremos



Esquema de la medida con cable invar.

de la longitud a determinar, dos triépodos situados a 24 m de distancia, y sobre su plataforma, o meseta, se ajustaban unos cilindros metálicos, de unos 2 cm de sección, con la cara superior cortada en bisel y con una referencia normal a su borde, de manera que la intersección sea un punto del eje del cilindro. Sobre los triépodos se extendía el hilo de modo que las regletas triangulares coincidieran con los biseles de los cilindros. De las argollas situadas en los extremos de las regletas se enganchaba un cable, del cual, una vez que pasaba por una polea, se colgaba una pesa de 10 kg, como vemos en la figura adjunta, quedando el hilo invar sometido a la tensión de los pesos en sus extremos, y, por tanto, su longitud estaba influida solamente por la temperatura. Dos observadores, uno en cada regleta, hacían simultáneamente la lectura, apreciándose en ella hasta la décima de mm. La suma de las longitudes parciales obtenidas en cada tramo, una vez reducidas al horizonte, y con las correcciones correspondientes, daría la medida total de la longitud.

Al filo de 1925, D. Manuel Vidal (Ingeniero de Minas y Geógrafo) en un artículo de la Revista Minera, nos cuenta su participación en la medida, con este procedimiento, de dos bases para hacer la triangulación de un plano topográfico del extrarradio de Madrid. Las bases estaban situadas una en el hipódromo (hoy Nuevos Ministerios) y otra en la carretera de Cádiz, cerca del puente de la Princesa. D. Manuel termina su artículo diciendo que ha podido apreciar prácticamente la rapidez del método y la exactitud de los resultados, y considera que puede ser de gran utilidad en las operaciones topográficas que se realizan en minería. Se hicieron dos medidas de cada base con los siguientes resultados: en la base situada en el hipódromo se midieron 515,598982 m y 515,599226 m, con una diferencia entre ellas de 0,000244 m (1/2.133.110), parece que este resultado no fue muy bueno y se achacó a las malas condiciones climatológicas del día de la medición. En la base de la carretera de Cádiz los resultados fueron algo mejores: 889,366413 m y 889,366065 m, la diferencia fue de 0,000348 m (1/2.555.650).

Aquel año (1925) la casa F. W. Breithaupt & Sohn abandonaba las linternas de petróleo y presentaban un novedoso teodolito minero con iluminación eléctrica⁵⁷. Actuando sobre un interruptor se iluminaban los microscopios del limbo acimutal, el juego de prismas destinado a la lectura simultánea de los dos nonios del círculo vertical, el nivel del anteojo mediante un brazo giratorio unido a un montante, y el interior del anteojo a través del eje de rotación hueco del aparato. La meseta del triépedo tenía una plataforma, en forma de carro, que permitía desplazar el aparato una vez nivelado en dos direcciones perpendiculares para ajustar mejor la plomada al punto de estación. El aparato iba provisto de elementos ópticos para colocarlo en

⁵⁷ Ver ficha III-3-28.

estación sin necesidad de la molesta plomada de gravedad, lo que nos lleva a pensar que disponía de plomada óptica.

La misma casa presentaba también, en aquella ocasión, un nivel-taquímetro, del que también tenemos un ejemplar en la Escuela⁵⁸. Con anteojo de enfoque interno (que ya se iba generalizando su uso entre los fabricantes), reversible en sus collares, y con un nivel, también reversible (fusiforme) muy sensible, cuya burbuja se observa cómodamente a través de una caja de prismas unida al nivel, que se invierte automáticamente al hacer girar el anteojo 180° en sus collares alrededor del eje del anteojo. Calada la burbuja en las dos posiciones, el promedio de las dos lecturas estaría exento de error. También tiene un tornillo tangencial de elevación del anteojo, con cabeza graduada, que permite medir inclinaciones o pendientes en tantos por ciento. El limbo acimutal mide 12 cm de diámetro y las lecturas angulares se hacen con un microscopio que aprecia hasta 10 segundos sexagesimales. Tanto este nivel-taquimétrico como el teodolito anterior fueron adquiridos por la Escuela un año después, pero en 1925 se compraron también algunos equipos a la casa Amsler, entre ellos el planímetro integrador que podemos contemplar en la ficha III-6-4.

Para rematar el año 1925, diremos que el 8 de septiembre tuvo lugar el desembarco de Alhucemas. Fue una operación militar llevada a cabo en aquella zona de Marruecos por el ejército y la Armada que propiciaría el fin de la Guerra del Rif, se le considera el primer desembarco aeronaval de la historia. La operación consistió en el desembarco de un contingente de 13.000 soldados españoles transportados desde Ceuta y Melilla por una Armada combinada hispano-francesa.

27 Inauguraciones por Santa Bárbara. La Revista Minera no es partidaria.

El 22 de enero de 1926, el hidroavión español Plus Ultra realizó por primera vez

un vuelo entre España y América, siendo su destino Buenos Aires. Siguió aproximadamente la ruta tomada en 1922 por los aviadores portugueses Sacadura Cabral y Gago Coutinho, en la Primera travesía aérea del Atlántico sur (de Lisboa a Río de Janeiro). Despegó de La Rábida, en Palos de la Frontera (Huelva). Los cuatro tripulantes del hidroavión fueron el comandante Ramón Franco (por si alguien lo



Fotografía de la visita de S.M. el Rey Alfonso XIII a la Escuela el día de Santa Bárbara de 1926.

⁵⁸ Ver ficha III-2-6.

ignora, era hermano de D. Francisco) el capitán Julio Ruiz de Alda, el teniente de navío Juan Manuel Durán y el mecánico Pablo Rada.

También, la última vez que el Rey visitó la Escuela quedó reflejada en el acta de una Junta celebrada tres días después del despegue de aquel aparato rumbo a América. En aquella reunión se dijo que: “por cuarta vez ha tenido S.M. el Rey la dignación de favorecer con su visita a esta Escuela, para inaugurar de un modo oficial y solemne el nuevo edificio (el antiguo M2) dedicado a Salón de conferencias y Laboratorios docentes”. La crónica dice que, “en aquel acto, celebrado el 4 de diciembre, día de Santa Bárbara, al que asistieron también el Gobierno de S.M., representaciones de las demás escuelas Especiales, del Instituto, Asociación de Ingenieros y casi todos los de minas que se hallaban en Madrid, tuvimos la gran satisfacción de escuchar, tanto de labios del rey, como del Ministro y de las demás distinguidas personalidades unánimes alabanzas, lo mismo por la magnitud y detalles de la obra hecha, que por el material, orden y estado de las instalaciones, y por la disciplina y subordinación que los alumnos revelaron, habiendo reiterado SM y el Ministro de Fomento el encargo al Director, de que lo expresase así al claustro, en los términos del mayor y más sincero aplauso”.

Pero la revista *Minera* no estaba muy de acuerdo con aquellas pompas y en el Tomo correspondiente a aquel año se decía que el Rey, vestido de uniforme de ingeniero civil, fue recibido por las personalidades que le esperaban y luego de visitar los nuevos laboratorios de Mineralogía y Petrografía, Metalurgia e investigación, Química analítica, Electricidad, Resistencia de materiales y Mecánica, comentó *Pueden ustedes estar realmente orgullosos de la Escuela*. Pasaron después al nuevo Salón de Actos donde tuvieron la ocasión de escuchar los correspondientes discursos.

La revista añadía “es de advertir que el gran pabellón que se inauguró el día de Santa Bárbara, empezó a construirse hace treinta años y que sus dependencias principales se estaban ya utilizando, algunas desde hace mucho tiempo. Lo que se ha construido únicamente y se ha estrenado hoy es el vasto y

El “nuevo” edificio de laboratorios y salón de actos (hacia 1930). Al fondo el IGME.



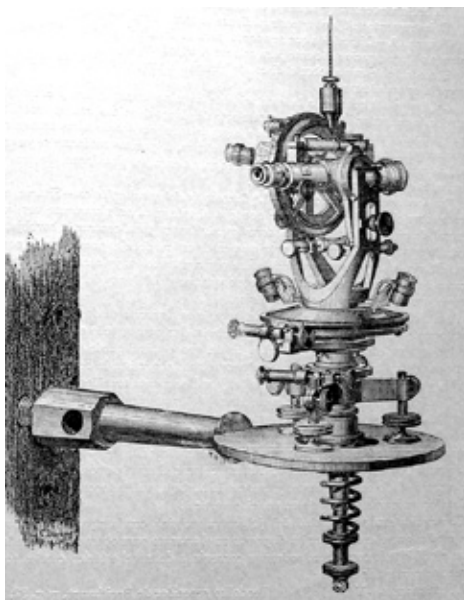
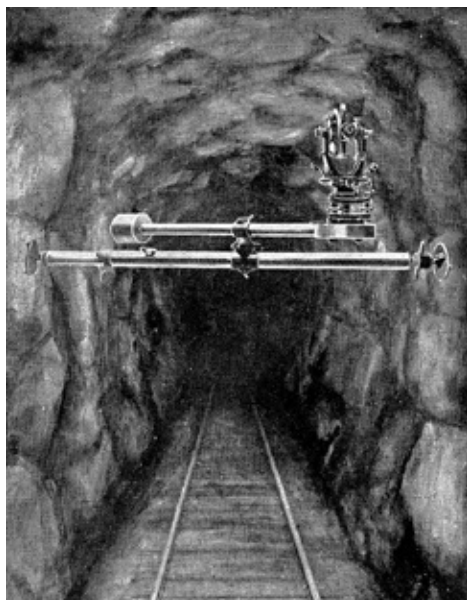
suntuoso Salón de Actos, que nadie sabe para qué va a servir ¡Cuánto hubieran preferido los profesores que el sitio que ocupa y el dinero que ha costado se hubiesen aplicado a aquellos altos menesteres docentes!” Quizás para aquella época, con una media que no llegaba a los 100 alumnos fuera algo grande, pero hoy no podríamos decir lo mismo. ¡En fin,, tampoco creo que fuera para tanto! ¿Dónde íbamos a repartir ahora los diplomas y celebrar la multitud de actos que se desarrollan allí? ¿en la carbonera?.

Poco después decía que “Es una lástima además, que en este último periodo se hayan invertido sumas nada despreciables en cosas superfluas y ajenas a la enseñanza, como algún lujoso y coquetón despacho y unas estancias lamentables. Claro es que el profesorado no tiene en esos caprichos ni arte ni parte, bueno es decirlo. Aunque haya dicho con propósito de mejora y ornato, ninguna falta hacía aquellos gastos inadmisibles y es siempre censurable la aplicación inadecuada de las consignaciones con el perjuicio que a los presupuestos futuros de la Escuela pueden acarrear. Daña pues al presente, y es un riesgo para el porvenir”.

Luego la toma con las sólidas representaciones de los Sres. Schultz y Escosura de la entrada principal diciendo: “En cuanto a las desdichadas estatuas, son un misterio. A uno y otro lado de la puerta de ingreso en el edificio aparecieron a fines del curso anterior, afeando el bello palacio del renacimiento moderno, la mejor obra del gran artista Ricardo Velázquez ¡Qué atentado! No se sabe cómo han surgido, aunque si se dice que han costado tanto como si fueran de Benlliure. Es inconcebible también, el atrevimiento de disponer así de un edificio del Estado, y sin contar con nadie, escoger a dos señores respetables para ponerlos de esa manera, un poco en ridículo.” ¡Pobres hombres!. Y sigue “Que se nos perdone este tono de severidad, a que nos induce precisamente el gran amor que tenemos a ese gran centro de enseñanza y de cultura. Si estamos equivocados en nuestras observaciones, que se nos rectifique y rectificaremos nosotros sin dificultad. No deseáramos otra cosa que estar equivocados.” ¡Menos mal!.

De la lectura del acta de la Junta del 22 marzo de 1926 se deduce que aquel año se destinaron 6.000 pesetas para la adquisición de aparatos de topografía, ¡no estaba mal! pero hay que tener en cuenta que el Sr. Langreo había pedido 10.500. También tuvo lugar, en los patios del edificio del Ministerio de Fomento e Instrucción Pública, una exposición de los trabajos topográficos realizados por las distintas secciones del Instituto Geográfico, ahora bajo la dirección de nuestro viejo amigo el Sr. Elola, que había sido acreedor del Premio Gómez Pardo en su edición de 1900.

Un año más tarde, en 1927, D. José María Torroja, Jefe del Servicio Fotogramétrico del Instituto Geográfico, organizó una serie de reuniones para establecer una Sociedad Española de Estudios Fotogramétricos. Para ello se constituyó un patronato formado por D. José R. Carracido, Presidente de la R.A. de Ciencias; D. Alfredo Kindelán, Jefe superior de la Aeronáutica Militar; el duque de Estremera, Presidente del Real Aeroclub de España; D. Julio Ardanaz, Presidente del Consejo Superior Geográfico; D. Enrique González Jurado, Jefe del Depósito de la Guerra; D. José Núñez, Director General de Navegación; D. José de Elola, Director General del Instituto Geográfico; D. José Vicente Areche, Presidente del Instituto de Ingenieros Civiles; D. Carlos Molins, Presidente de la



Dos sistemas de soportes para el interior de galerías.

Junta Superior de Catastro; D. Joaquin Montagut, Jefe de la sección del material del Ministerio de Marina; D. Francisco Bergamín, Presidente de la R.S. Geográfica; D. César Madariaga, Director General de Comercio, Industria y Seguros; D. Fermín de Sojo, Jefe de la Sección de Ingenieros del Ministerio de la Guerra y D. Luis Berdejo, Rector de la Universidad Central. Este patronato había celebrado ya varias reuniones para la constitución definitiva de la Sociedad. Hacia 1980, el profesor y antiguo Director General del Instituto Geográfico, D. Rodolfo Núñez de las Cuevas trató de revitalizar esta Sociedad con nuevos socios y añadiendo la palabra teledetección a su nombre, pero, tengo la impresión que actualmente no pasa por su mejor momento.

La topografía subterránea requiere a veces agudizar el ingenio por parte de fabricantes y operadores, a veces se presentan casos en que es prácticamente imposible utilizar el trípode por falta de espacio, para resolver este tipo de problemas se desarrollaron algunos artilugios especiales cuya misión era soportar el goniómetro de una manera estable. En la figura adjunta podemos ver dos de ellos, el primero lo fabricó la casa Cooke, Troughton & Simms, en 1927, y consistía en un tubo telescópico terminado en cada extremo en un dispositivo adecuado para apoyarse en los hastiales de la galería. Sobre el tubo se deslizaba un collar que podía fijarse con un tornillo en cualquier posición de la barra, y que iba unido al eje vertical de giro de un segundo tubo que soportaba, en un extremo la plataforma para colocar el aparato y en el otro, un contrapeso. Todo dispuesto de modo que pudieran hacerse lecturas en cualquier posición dentro de la galería. Este interesante anuncio aparecía en el tomo de la Revista Minera de 1927. Poco después, estos accesorios, estarán en los catálogos de casi todos los fabricantes de instrumentos topográficos. En la otra figura se muestra otro sistema de fijación del instrumento presentado por la firma Breithaupt.

En abril de 1928 se autorizaba a los profesores de la Escuela Srs. Montenegro y

Langreo a visitar las Escuelas de Minas de París y de Lausanne, así como los Politécnicos de París y Zurich, y las fábricas de instrumentos topográficos y geodésicos de la Société Mécanique et Optique de Haute Précision de París y las firmas suizas de Kern y Wild. Para el viaje se les dio un crédito de 6.000 pesetas para ese fin.

La página web de la Escuela nos decía que también, aquel año, se incorporaba a la carrera la asignatura de Combustibles Líquidos, una vez realizados los estudios necesarios para la implantación de una industria de refinación nacional. La primera refinería llegaría dos años después y la instaló Cepsa (fundada un año antes) en Santa Cruz de Tenerife debido a la Ley del Monopolio de Petróleos de 1927, que prohibía las industrias petrolíferas de propiedad privada en el territorio peninsular. Otra incorporación al programa fue la Hidrogeología; dos años antes se había enviado al Gobierno una comunicación diciendo que “de esta Escuela procedían la mayoría de los geólogos españoles, a los que se debía, en gran parte, el alumbramiento de las aguas, que han convertido en fértiles grandes extensiones de nuestro suelo...” Otro tanto se puede decir acerca de asignaturas tales como Investigación Geofísica de Recursos Naturales, las técnicas de Organización del trabajo, etc.

De nuevo, en 1929, vuelve a haber dinero para aparatos topográficos, se asignaron a la cátedra 5.500 pesetas del presupuesto que se emplearon en adquirir el moderno teodolito Zeiss Th I y alguna cosilla más.

Ahora una nota triste de sociedad: el 6 de febrero de aquel año moría a los 70 años nuestra Reina Madre, Doña María Cristina de Habsburgo, conocida popularmente como «Doña Virtudes». Había nacido en Moravia (República Checa) en 1858, región que entonces formaba parte del Imperio Austro-Húngaro. Era hija del Archiduque D. Carlos Fernando de Austria, que no debía ser cosa baladí. De nuevo echamos mano de Galdós quien nos habla de ella, en el episodio “Cánovas”, con estas palabras “... Busca buscando encontraron en la familia Habsburgo una joven Archiduquesa de la empingotada parentela del Emperador Francisco José de Austria. Nuestros palaciegos se hacían lenguas de la distinción, talento y virtudes de la que habían elegido para compartir el Solio con Alfonso de España...”. A primera vista, da la impresión de no haber sido una mujer muy feliz con el marido que la tocó, al que, entre las muchas cualidades que le adornaban, no estaba la fidelidad conyugal. También aquel año se inauguraron dos magnas exposiciones, la Iberoamericana de Sevilla y la Internacional de Barcelona

28 La República ha venido... Wild aprueba el examen de ingreso.

El 26 de enero de 1930, dimitía Primo de Rivera, que había establecido una dictadura militar en 1923, llamada Directorio, con el visto bueno de S.M. el Rey. Se formó entonces un Gobierno que se llamó popularmente la dictablanda y en diciembre se produjo un levantamiento militar en Jaca para proclamar la República que fracasó. Cuatro meses después, aprovechando unas elecciones municipales, se produjo otro levantamiento, esta vez civil -pero con la pasividad de las fuerzas armadas- que proclamó la República. Estos hechos pasaron casi de puntillas por las

Juntas de Escuela. No hay la menor referencia directa a ella en las actas de la época, aunque de forma indirecta se pueden detectar algunos cambios, como la revisión de los programas, el reglamento y de los nombramientos de profesores realizados en la época de la Dictadura de Primo de Rivera ¿desconfianza? Otro hecho muy significativo fue que la Escuela cambió de amos, pasó del Ministerio de Fomento al de Instrucción Pública y Bellas Artes -dentro de la Dirección General de Enseñanzas Profesionales y Técnicas- en enero de 1932, de donde no volvería a salir.

La Escuela, como el país, iba entrando poco a poco en el siglo XX, y, en enero de 1932, la Junta de Profesores daba el visto bueno a la adquisición de uno de los símbolos de aquel siglo, lo que hoy llamaríamos una fotocopidora y entonces una ciclostile rotatoria y según dice el acta servía “para toda clase de trabajos y copias, y que siendo muy útil el completar la enseñanza práctica con vistas cinematográficas, tiene en estudio la adquisición del material necesario” ¿un proyector de cine?. En lo que se refiere a Topografía, la Escuela adquirió entonces un “instrumento geodésico” de la casa Zeiss que no he podido identificar, podría tratarse del taquímetro autorreductor Bosshardt, o del teodolito Th II (67), o de alguno de los niveles que tenemos de esa marca. Cabe también la posibilidad de que fueran dos los aparatos importados entonces, pues hay un formulario de aduanas donde se habla de dos cajas de 40 y 50 kg de esa procedencia.

En abril de 1933 un grupo de estudiantes, acompañados por los profesores de topografía y geodesia, hicieron una visita de instrucción al Instituto Geográfico, en sus nuevas dependencias, recién inauguradas, de la calle General Ibáñez de Íbero, en las proximidades de la Escuela, y junto al tercer depósito del canal, de infausto recuerdo ayer y hoy un parque deportivo para disfrute de un buen número de madrileños. En el siguiente claustro de profesores se acordó expresar el agradecimiento a ese organismo por las atenciones recibidas durante la instructiva visita.

En la primera junta celebrada tras los sucesos revolucionarios de Asturias, en octubre de 1934, el director de la Escuela propuso que “se hiciera presente la felicitación al Gobierno por parte del Claustro de Profesores y de todo el personal afecto a esta Escuela por su gestión en los sucesos revolucionarios últimos, y así mismo que se contribuyera voluntariamente con un día de haberes a la suscripción abierta en beneficio de las personas afectadas por aquellos hechos pertenecientes a las fuerzas armadas del Ejército”. La Junta así lo acuerda por unanimidad y también pide al director que conste en acta el sentimiento unánime de la Escuela por la muerte de los ingenieros de Minas víctimas de aquella revolución y que se hiciese presente a las familias y a las Sociedades a que pertenecían.

La Revista Minera de 16 de junio de 1936 apareció con una inquietante nota que decía: “El presente número ha sido visado por la censura”. Parece ser que la libertad de prensa en aquella arcadia feliz que pareció ser el periodo republicano también tenía sus fallos. Este tipo de censura en una revista técnica suena un poco raro ¿no? ¿o se trataba de un error?

Y llegamos a 1936 para vivir los últimos momentos de la segunda república. Un hecho que llama la atención es que, a juzgar por su situación en el libro, parece que el acta, del 3 de julio de 1936, estuviera escrita con posterioridad a la guerra y únicamente contiene las calificación de las memorias de fin de carrera de la promoción 1934-35, y la adjudicación del premio Gullón, al número uno de la misma, que en este caso fue a parar a D. Jesús Langreo y Langreo. También sabemos que la Escuela adquirió por esas fechas dos teodolitos, el modelo T2, llamado también universal, y el T1, para ingeniería y levantamientos en general, con sus respectivos trípodés, a la casa Wild. Se compraron además diversos accesorios, como una brújula B3⁵⁹, para el T2, dos oculares acodados -uno para el antejo y otro para el microscopio de lectura- un sistema de iluminación eléctrica, etc. Estos instrumentos fueron confiscados por el Ejército Popular durante la guerra civil, y no volveríamos a saber nada de ellos, salvo la brújula y el prisma de objetivo, que permanecieron durante ese tiempo en la Escuela.

29 La Escuela en guerra. El expolio.

Respecto al papel de la Escuela en la guerra civil, la primera noticia que he encontrado es una nota, del 27 de julio de 1936, dirigida por su Secretario al Comisario del Distrito de Chamberí y que decía lo siguiente: *Tengo el honor de poner en conocimiento de V.I., cumpliendo con el deber que todos tenemos de prestar ayuda al Gobierno legalmente constituido, siempre, y más ahora en las circunstancias tristes por las que atraviesa España, que en esta Escuela tenemos un pequeño automóvil que se destina para la enseñanza de los alumnos, por si estiman conveniente utilizarlo para otros servicios más importantes.* No sabemos qué fue de ese vehículo, si se recuperó después, o no, de todos modos tampoco hay constancia de que se lo llevaran.

Hay otra nota, de octubre del mismo año, del Director accidental al Subsecretario del Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes, que dice así: *Illmo. Sr. Tengo el honor de poner en conocimiento de V.I. que cumpliendo lo dispuesto en la Orden circular de esa Subsecretaría referente a la constitución del Comité del Frente Popular que ayude a V.I. en la depuración y revisión del todo el personal de este Departamento; ha reunido a los profesores, alumnos, personal administrativo y subalterno a fin de darle cuenta de la referida orden para que con arreglo a las normas establecidas se cree el Comité de este Centro. Madrid 2 de octubre de 1936.* Hay constancia de que ese comité realizó su labor como se puede comprobar en el acta de la Junta del 6 de enero de 1937, reflejada más abajo.

Posteriormente, y con fecha 4 de enero de 1937 hay una carta del Director de la Escuela dirigida a la junta delegada de la Defensa de Madrid que relata algunos aspectos de lo que estaba ocurriendo en ella, dice así:

“En súplica de amparo de este Centro de enseñanza e investigación”

⁵⁹ Ver ficha III-1-13

La Escuela de Minas tiene unas hermosas instalaciones en las calles de Ríos Rosas, Alenza y Cristobal Bordiú. Sus aulas, laboratorios, museos y talleres, costeados por el Estado, por el pueblo y por legados particulares, constituyen un conjunto de edificios rebosantes de material científico como corresponde a la importancia de la minería en España. Si su labor docente está suspendida, la de investigación debe continuar.

El fuero de guerra, al que se honra en colaborar esta Escuela, la distinguió un día encomendándole la fabricación de fulminantes para proyectiles. Después trasladó este servicio militar a otro lugar, llevándose molinos y otro material.

Otro día, una industria privada –la casa Erikson & Co.- evacuada de Getafe hace dos meses, logra que la autoricen para la ocupación de nuestros mejores locales con maquinas para instalar sus talleres y continuar ciertos suministros, probablemente de guerra, los responsables de aquella industria no se avinieron a limitar su ocupación a lo indispensable. Nuestros pabellones de metalografía, de petrografía, de electrotecnia, con sus costosos microscopios, oscilógrafos, etc., están ocupados y su material expuesto a ser manejado por personas inexpertas.

Otro día, a requerimiento cortés de fuerzas militares se ceden temporalmente las aulas del paraninfo y los despachos para alojamiento de un centenar de hombres, poco acostumbrados a conservar las instalaciones de saneamiento en forma adecuada.

Finalmente la Brigada Stajanov del Partido Comunista nos reclama la entrega de material de dibujar, que se custodia en la Escuela como herramientas de propiedad particular de nuestros alumnos, para que pase a manos de otros alumnos de otra escuela.

Todos estos actos de invasión de un Centro del Estado, si vienen ordenados por la autoridad competente, nos sirven de satisfacción y de honra por facilitar así la defensa en retaguardia de la Capital de la República, pero temiendo que no sean fruto de un mandato del organismo adecuado de la Junta de Defensa, nos atrevemos a ponerlo en su conocimiento.

Si es de interés militar que la casa Erickson utilice locales y máquinas y consuma energía eléctrica, que el Estado paga, quizás dos veces, nada tiene que objetar la dirección responsable de esta Escuela, que ya cuidó de dar cuenta del hecho a su Ministerio. Pero si no es así, sería doloroso el deterioro de un Centro docente para favorecer a una industria privada.

Lo que se solicita en este escrito es una breve inspección para que la Junta de Defensa esté informada y pueda juzgar si el sacrificio que el Estado hace se corresponde al beneficio que recibe y a la utilidad del servicio que se instaura.

Si la ocupación y los alojamientos aludidos pudieran evitarse, sin menoscabo del servicio de guerra, realizaríase una buena obra en pro de la cultura popular, a cuyo servicio estamos. Si esto no fuera evitable, se solicitan las oportunas órdenes bien concretas para prevenirse de abusos de incautaciones en beneficio particular.

La Junta de Defensa resolverá lo más oportuno.

Madrid 4 de enero de 1937.

Fdo. El Director de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas. Luis Gamir y por el Comité de Control firma Juan ¿...? Pérez

El documento tiene un sello oficial de la Escuela, otro de salida con el nº 176-112 y otro del llamado Comité de Control, también de la Escuela.

Hay otro documento, de 25 de enero de 1937, firmado por el Director y el jefe del Comité de Control, que lleva los sellos mencionados antes y otro del Comité del Sector nº 3 de Comisiones de Casas, con una estrella de tres puntas en su interior.

En el encabezamiento dice: Distrito de Chamberí. Ministerio de Instrucción Pública. Escuela Especial de Ingenieros de Minas. Ríos Rosas Nº 7.

Luego viene un estadillo con la relación de residentes en la Escuela: en él se dice que la estaba ocupada por tres niños evacuados menores de tres años, por quince varones de más de siete años, de los cuales cuatro eran inquilinos y once evacuados; y por doce hembras: cuatro inquilinas y ocho evacuadas.

El siguiente documento es una copia del telegrama recibido el día 14 de enero de 1938 del Subsecretario de Instrucción Pública en Barcelona al Director de la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid. El texto dice lo siguiente:

Como justo homenaje Ejército Popular República cuyo heroísmo y fortaleza forjados en la lucha contra enemigos pueblos culmina en victoria Teruel deberán organizarse en ese Centro dentro mes actual un acto ajustado siguientes instrucciones: en local adecuado en Centro o fuera de él previo anuncio prensa invitándose representante Frente Popular y autoridades militares dará Ud. o Profesor que designe una conferencia en la que tomando como base victoria Teruel haga historia formación nuestro ejército desde que pueblo en armas se alzó contra sublevación fascista a través milicias populares hasta constitución nuestro ejército regular, destacará características nuestro ejército principalmente conciencia política de luchar contra fascismo en defensa independencia y libertad nuestra patria unidad y compenetración todos los sectores nuestro pueblo en su ejército arrancar triunfo definitivo para liberación nuestro país resaltar nuestro ejército como ejemplo y estímulo trabajos retaguardia y trazando breves siluetas figuras relevantes militares carrera leales pueblo como Miaja y Rojo y nuevos jefes militares salidos masa pueblo como Lister Mera Campesino etc. Local estará decorado con bandera nacional retratos Presidente Republica y Ministro Defensa final acto leerá telegrama a Ministro Defensa rindiendo en el homenaje nuestro ejército nombre alumnos y profesores centro de estimarlo conveniente podrán asociarse todos centros enseñanza localidad para organizar conjuntamente gran acto encarezcole importancia asunto rogándole comuniqué haber cumplimentado esta orden y me envíe reseñas prensa sobre celebración acto saludole

Roces

A continuación se presentan los telegramas cruzados, previos a la celebración de

ese acto de exaltación del Ejército Popular con motivo de la conquista de Teruel, entre el Director accidental de la Escuela en Madrid, el Subsecretario del Ministerio y el Comisario-Director de la Escuela.

El primero está fechado en Madrid y se lo envía el Director accidental al Comisario-Director, tiene fecha de 18 de enero de 1938 y dice:

Sr. D. Ricardo Madariaga Comisario-Director de la Escuela de Minas. Barcelona:

Muy Sr. nuestro: Con fecha 16 se ha recibido en esta Escuela un telegrama para Ud. del Subsecretario de Instrucción Pública y Sanidad, de cuyo contenido y contestación le adjuntamos copia literal para su conocimiento y demás efectos.

El segundo lo remite el mismo Director accidental y se lo envía al Subsecretario, dice:

Profesor encargado accidentalmente de esta Escuela de Minas a Subsecretario de Instrucción Pública y Bellas Artes.

Recibido en fecha 16 corrientes su telegrama del día 14 y deseando realizar con todo entusiasmo justo homenaje que propone V.I. a glorioso Ejército Regular transmito integro texto su telegrama a Comisario-Director de esta Escuela ausente en Barcelona para que con toda rapidez pueda ejecutar sus atinadas instrucciones y obtener un brillante resultado en tan simpático acto.

En el tercero, de 19 de enero de 1938, es del encargado de Asuntos Generales y va dirigido al Sr Profesor encargado accidentalmente de la Dirección de la Escuela, dice:

Con esta fecha hago saber al Excmo. Sr. Subsecretario de Instrucción Pública y Bellas Artes, relacionado con el telegrama interesado por V.S. en el día de ayer, lo siguiente:

Excmo. Sr. Tengo el honor de confirmar a V.E. el telegrama, que a requerimiento del Profesor encargado accidentalmente de la Escuela de Minas, le he dirigido en el día de ayer y cuyo texto es como sigue:

“Profesor encargado accidentalmente escuela de minas manifiéstame haber recibido en diez y seis corriente su telegrama del catorce, y deseando realizar con todo entusiasmo justo homenaje que propone V.E. a glorioso Ejército Regular, transmite integro texto su telegrama a comisario director escuela minas, ausente en Barcelona, para que con toda rapidez pueda ejecutar sus atinadas instrucciones y obtener un brillante resultado en tan simpático acto.

Salud

Respetuosamente le saluda.

Lo que traslado a V.S. para su conocimiento y efectos.

Madrid 19 de enero de 1938.

El encargado de Asuntos Generales.

Al Sr. Profesor encargado accidentalmente de la Dirección de la Escuela de Minas-calle Ríos Rosas, num 5- Madrid.

Que haya constancia escrita, la Junta de profesores solo se reúne dos veces durante la guerra, ambas presididas por un director accidental; la primera tuvo lugar el 6 de enero de 1937; cuando los combates en torno a Madrid, se habían trasladado desde la Ciudad Universitaria a la zona de la carretera de La Coruña, en el término de Las Rozas. En el Libro de Registro el acta aparece tachada pero en ella podemos leer que se tomaron los siguientes acuerdos:

1º Dar validez a esta Junta, aunque el número de asistentes no sea el reglamentario por causa de fuerza mayor.

2º Comunicación del Decreto del Ministerio de Industria de 12 de diciembre de 1936 ordenando el cese de los ingenieros de Minas y profesores de esta Escuela Sres. Montenegro, Langreo, Aldecoa, Oriol, Hervás y el ingeniero del Laboratorio Químico Industrial Sr. Heredia.

3º También se da cuenta del alojamiento en ella de fuerzas de Asalto con su Comandancia, así como de la incautación de material para los talleres de la casa Ericson. Naturalmente, estos hechos se pusieron en conocimiento de la Junta Delegada de Defensa, en escrito que se lee a los profesores, pero siendo el nombramiento de secretario de atribuciones ministeriales, no procede elevarse propuesta oficial ninguna, pero si acordar el criterio a seguir para que la función de secretario no quede interrumpida, y a este respecto se acuerda otorgar al Señor Gamir, amplias facultades para designar dos personas de entre las más jóvenes y caracterizados que desempeñen dichas funciones, mientras la superioridad disponga. Se dice que la Habilitación estará desempeñada, en ausencia del Sr Picazo, por D. José Fernández Villanueva. Aunque con provisionalidad, se da cuenta al Banco de España del cambio de firma para el movimiento de fondos de la cuenta de la Escuela, lo mismo se hace con la cuenta del Laboratorio Químico Industrial, y no habiendo más temas que tratar...

La otra reunión se celebró el 14 julio del mismo año y en ella, tras la lectura del acta anterior, se dice lo siguiente: En el local de costumbre, de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, bajo la presidencia del director accidental D. Ceferino López Sánchez AVECILLA, actuando como secretario D. Máximo Dávila y con asistencia de los profesores que se relacionan al margen (Vallhonrat, Conde, Echanove, Rodríguez, Novo, Menéndez y Muñoz), se reúne la Junta de Profesores que se relaciona al margen, conviniendo previamente dar validez a los acuerdos que se tomen en esta reunión, en la que no figura el número de asistentes reglamentario por causa de fuerza mayor.

El Sr AVECILLA da cuenta de que prolongándose indefinidamente la ausencia del actual habilitado, D. José Picazo Cuartero, y ordenando las nuevas disposiciones

que este funcionario ha de residir en la misma localidad que las personas a quienes habilita, procede nombrar un nuevo habilitado para Personal y Material, y en vista de ello se acuerda: Nombrar habilitado para el cobro de las nóminas del personal, y de las consignaciones para material como así mismo de las cantidades que por cualquier concepto se libre a favor de ésta Escuela, a Don José Fernández Villanueva en sustitución de D. José Picazo Cuartero, que desempeñaba hasta ahora esta función y que se ha trasladado a Valencia.

30 Volverán banderas...

Toca hacer balance. D. Pedro Arsuaga y Dabán.

Terminada la guerra civil, y a los pocos días de haber empezado la Segunda Guerra Mundial (SGM), se celebró la primera junta de profesores en la Escuela, fue el 15 de septiembre de 1939. Estuvo presidida por su recién nombrado director D. Miguel Langreo, a la sazón, profesor de Topografía y Geodesia y la reunión se sustanció con la lectura de una comunicación de la Dirección General de Enseñanza Profesional y Técnica, del día 7 del mismo mes por la que se nombraban nuevos profesores interinos de Laboreo, de Construcción y de Paleontología, y se propusieron a la superioridad los candidatos para ser profesores de Hidráulica, de Metalurgia, de Derecho y de Topografía y Geodesia (el candidato de ésta fue D. Pedro Arsuaga y Dabán); también se propuso otra plaza para el Laboratorio de Química Industrial.

Durante la guerra, gran parte del instrumental topográfico de la Escuela, el que estaba en mejores condiciones, fue requisado por el Ejército Popular para ser utilizado por las Secciones Cartográficas de los Estados Mayores de las unidades y por las Armas de Artillería e Ingenieros, principalmente.

En relación con este asunto, hay un escrito con el encabezamiento: Escuela Especial de Ingenieros de Minas (Ríos Rosas 7) que contiene una lista con los 9 aparatos confiscados en el verano de 1938; dice lo siguiente:

“Aparatos requisados (relación nº 1) por el llamado Servicio de Información de Artillería de la Agrupación de Ejércitos según recibo de fecha 29 de agosto de 1938, que lleva un sello del Grupo de Información de Artillería del Ejército del Centro-Organización y Servicios- Servicios centrales”:

- *Taquímetro Zeiss (III), nº de fabricación 34710, sexagesimal, provisto de brújula orientadora, plomada óptica, prisma ocular y trípode. Nº del inventario de la Escuela: 200.*
- *Taquímetro concéntrico repetidor “Troughton”, diámetro de los limbos 154 mm, apreciación de id 0,50’ minutos centesimales, 25 aumentos, orientadora. Nº de inventario 10.*
- *Taquímetro concéntrico repetidor “Troughton”, diámetro de los limbos 150 mm, apreciación de id 0,50’ minutos centesimales, 20 aumentos, brújula. Nº de inventario 11.*
- *Taquímetro concéntrico repetidor “Troughton”, número de fabricación 20186, diámetro del limbo horizontal 103 mm, id del vertical 100 mm, apreciación de ambos 0,50’ minutos centesimales, orientadora. Nº de inventario 12.*

- Taquímetro concéntrico repetidor “Troughton”, diámetro de los limbos 102 mm, id del vertical 100 mm, apreciación de ambos 0,50’ minutos centesimales, declinatoria. N° de inventario 13.
- Taquímetro concéntrico Sánchez Lozano diámetro del limbo horizontal 117 mm, id del vertical 93 mm, apreciación de ambos 30 minutos sexagesimales, 15 aumentos, declinatoria. N° de inventario 14.
- Taquímetro concéntrico Sánchez Lozano diámetro del limbo horizontal 117 mm, id del vertical 93 mm, apreciación de ambos 30’ minutos sexagesimales, 15 aumentos, declinatoria. N° de inventario 15.
- Taquímetro concéntrico Sánchez Lozano diámetro del limbo horizontal 117 mm, id del vertical 93 mm, apreciación de ambos 30’ minutos sexagesimales, 15 aumentos, declinatoria. N° de inventario 16.
- Taquímetro Clepe concéntrico Salmoiraghi, n° de fabricación 17320, diámetro del limbo horizontal 65 mm, id del vertical 60 mm, apreciación de ambos 1c minuto centesimal, 25 aumentos, brújula. N° de inventario 18.
- 8 miras taquimétricas. (Ocho).
- Diez y seis jalones-banderolas.

Existe también otra lista con dos aparatos más, confiscados un par de años antes (relación n° 2) que dice: “Aparatos requisados por el llamado “Grupo de Información de Artillería del Ministerio de la Guerra”, según recibo fecha 24 de septiembre de 1936”:

- Teodolito repetidor Wild T1, sexagesimal, n° de fabricación 4954, provisto de declinatoria, centrado óptico, batería eléctrica, ocular acodado y trípode reducible. Estuche metálico. N° del inventario 204.
- Teodolito universal Wild T2, sexagesimal, n° de fabricación 3852, 28 aumentos, provisto de centrado óptico, iluminación eléctrica, prismas objetivo y ocular, tres cristales ahumados y trípode reducible. Estuche metálico. N° del inventario 205.

En total parece que se retiraron de la Escuela 11 aparatos, salvo miras y jalones. Pero existe otra lista posterior a la guerra (relación n° 3) que contiene parte del material anterior, pero en ella no figura el de la relación n° 2 (los teodolitos Wild, T1 y T2), y, sin embargo, si lo hacen dos aparatos que no estaban en las listas anteriores (se trata de los dos teodolitos tipo clepe de la firma Salmoiraghi). Dicha relación, fechada en julio de 1939, y firmada por el Secretario de la Escuela, lleva por título: *Relación del material de Topografía entregado durante la dominación roja por esta Escuela y características de los mismos*, y dice:

- Taquímetro concéntrico repetidor Troughton; diámetro del limbo horizontal: 154 mm con divisiones de 0,50 g; y del vertical: 154 mm-0,50 g; graduación centesimal; aumento del antejo: 25; con brújula orientadora. N° de catálogo de la Escuela: 10.
- Taquímetro concéntrico Troughton; diámetro del limbo horizontal: 154mm-0,50 g, y del vertical: 154 mm-0,50 g; graduación centesimal; aumento del antejo: 20; diámetro de brújula 87 mm. N° de catálogo de la Escuela: 11.
- Taquímetro concéntrico Troughton; n° de fabricación 20.186; diámetro del limbo horizontal: 103 mm-0,50 g y del vertical: 100 mm-0,50 g; graduación centesimal; aumento del antejo: 20; con brújula orientadora. N° de catálogo de la Escuela: 12.

- Taquímetro concéntrico Troughton; diámetro del limbo horizontal: 102 mm-0,50 g y del vertical: 100 mm-0,50 g; con brújula declinatoria. N° de catálogo de la Escuela: 13.
- Taquímetro concéntrico Sánchez-Lozano; diámetro del limbo horizontal: 117 mm-30' y del vertical: 93 mm-30'; graduación sexagesimal; aumento del anteojo: 15; con brújula declinatoria. N° de catálogo de la Escuela: 14.
- Taquímetro concéntrico Sánchez-Lozano; diámetro del limbo horizontal: 117 mm-30' y del vertical: 93 mm-30'; graduación sexagesimal; aumento del anteojo: 15; con brújula declinatoria. N° de catálogo de la Escuela: 15.
- Taquímetro concéntrico Sánchez-Lozano; diámetro del limbo horizontal: 117 mm-30' y del vertical: 93mm-30'; graduación sexagesimal; aumento del anteojo: 15; con brújula declinatoria. N° de catálogo de la Escuela: 16.
- Taquímetro Salmoiraghi; n° de fabricación: 12.823; diámetro del limbo horizontal: 70 mm-0,10 g y del vertical: 65 mm-0,10 g; graduación centesimal; aumento del anteojo: 25; brújula de diámetro 70mm y divisiones de 1°. ¿Nivel caballero sobre anteojo? N° de catálogo de la Escuela: 17.
- Taquímetro Salmoiraghi; n° de fabricación: 17.320; diámetro del limbo horizontal: 65 mm-0,10 g y del vertical: 65 mm-0,10g; graduación centesimal; aumento del anteojo: 25; brújula orientadora. N° de catálogo de la Escuela: 18.
- Taquímetro Salmoiraghi; n° de fabricación: 6.652; diámetro del limbo horizontal: 60mm-0,10g y del vertical: 60 mm-0,10 g; graduación centesimal; aumento del anteojo: 20; brújula orientadora. N° de catálogo de la Escuela: 19.
- Taquímetro Zeiss III; n° de fabricación 34.710; graduación sexagesimal; brújula orientadora; plomada óptica; prisma ocular y dos miras luminosas para mina. N° de catálogo de la Escuela:20.
- Además se llevaron 8 miras taquimétricas y 16 jalones-banderola.

Con lo cual el número total de aparatos requisados (salvo miras y jalones) sería de trece.

En relación con las gestiones realizadas para tratar de recuperar el material desaparecido, la Dirección General de Industria y Material del Ministerio del Ejército- Sección 5ª, responde a una petición del director de la Escuela lo siguiente:

De los aparatos a que se refiere la relación que acompaña a su escrito, registrado con el n° 197/19 del 30 del pp° Septiembre, ha podido localizarse el taquímetro Zeiss n° 34.710 que se encuentra en el Taller de Precisión de Artillería de esta Plaza de donde puede retirarlo cuando lo crea oportuno, manifestándole que no se encuentra en estado de servicio. Dios Guarde a V.S. muchos años.

*Madrid 11 de noviembre de 1939.
Año de la Victoria*

*El Director General
Rubricado*

Se supone que la relación a que se refiere el escrito anterior es la n° 3. En una nota interna se dice:

Gabinete de Topografía y Geodesia

*Relación del material (relación nº 4) desaparecido durante la dominación roja:
Doce taquímetros, uno de ellos recuperable en estado inservible (refiriéndose al
Zeiss Th III)*

Ocho miras taquimétricas

Diez y seis jalones-banderolas

En esta relación del material desaparecido, se dice que se llevaron 12 taquímetros, pero en las relaciones nº 1, 2 y 3, esa cantidad resulta que es de 13 aparatos diferentes.

De la relación nº 1, no sabemos a ciencia cierta los instrumentos que se recuperaron después de la guerra, porque los inventarios que existen en la Escuela, realizados hacia 1925, están incompletos; pero podemos decir con seguridad que volvieron a la Escuela el Zeiss Th III, y uno de los Troughton (marcado con el número 11), y posiblemente, el número 12 ó el 13, pues actualmente hay un aparato de esta marca con las mismas características que estos dos pero con el número 25.

De la relación nº 2, no se recuperó ninguno de los dos aparatos Wild (T2 y T1) de aquel lote, únicamente quedó la brújula B3 y el prisma pentagonal del objetivo que, parece ser, que no se lo llevaron.

Existe cierta confusión en la relación nº 3, en ella aparecen dos aparatos Salmoiraghi que no estaban en las relaciones 1 y 2; son los números 17 y 19, que actualmente siguen en el laboratorio. (Fichas III-3-18 y III-3-19).

Tras los correspondientes inventarios realizados al terminar la guerra, la Junta de Profesores solicitó a todas las cátedras una relación del material necesario para continuar con la labor docente. La de Topografía entregó la siguiente solicitud:

Relación-presupuesto del material necesario para, sustituyendo al material desaparecido, poder hacer frente a las necesidades de la enseñanza:

<i>1 Taquímetro para levantamiento interior de una mina, con accesorios</i>	<i>10.000 pts</i>
<i>4 Taquímetros para prácticas, 6 con accesorios</i>	<i>42.000 pts</i>
<i>2 Niveles de antejo, 2 con accesorios</i>	<i>10.000 pts</i>
<i>10 Miras taquimétricas a 100</i>	<i>1.000 pts</i>
<i>16 Jalones-banderolas</i>	<i>640 pts</i>
<i>1 Aparato radio-receptor de onda corta para la recepción de hora</i>	<i>2.500 pts</i>
<i>Importe Total</i>	<i>Pts. 66.140</i>

En la Junta del 30 de noviembre de 1940, se habló de las nuevas adquisiciones de instrumentos realizadas, sin especificar de qué material se trataba. El director también hizo un comentario acerca de que, el Servicio Militar de Recuperación del Patrimonio Artístico Nacional, había donado a la Escuela una serie de muebles y objetos decorativos, que no sabemos si pertenecieron algún día a ella, pero de todos modos bienvenidos fueron. Se trataba de:

- 1 *Bargueño Renacimiento en ébano con incrustaciones de concha y marfil.*
- 1 *pie de bargueño.*
- 1 *Bargueño Renacimiento de madera tallada y dorada, columnillas e incrustaciones de marfil.*
- 1 *taquillón tipo Renacimiento español.*
- 2 *Candelabros de cristal.*
- 2 *Candelabros de marmol negro y bronce.*
- 1 *Jarrón de porcelana con aplicaciones en bronce.*
- 1 *Jarrón de porcelana con dibujos en relieve.*
- 1 *Reloj de bronce y marmol.*
- 1 *Reloj de bronce.*

Pasada un poco la resaca de la guerra, llegó la hora de hacer un inventario en serio de lo que había quedado en la Escuela y lo que se pudo recuperar: La Junta de mayo de 1941 acordaba que cada profesor realizase, con la mayor brevedad posible, posible el inventario de todo el material científico afecto a las cátedras. Luego el secretario dio lectura a un oficio del Ministerio de Educación por el que se concedía a la Delegación Nacional de Sindicatos la utilización de la emisora de Radio de esta Escuela, después de que se hubieran efectuado en ella las reparaciones pertinentes, añadiendo luego: siempre que quede constancia de la propiedad de la Escuela respecto a dicha emisora y de la subordinación de su uso a las necesidades que puedan tener los alumnos para trabajos y practicas con la misma.

¿Se trataba quizás de los aparatos de radio reflejados en la ficha III-8-1?

El 28 de febrero de aquel año moría, en el Gran Hotel de Roma, el Rey Alfonso XIII, víctima de una angina de pecho, o de un cáncer de pulmón, dependiendo de la fuente consultada; era un fumador empedernido. Tenía 54 años y dejaba a su hijo Don Juan como heredero de una corona que nunca llevaría, por obra y gracia de D. Francisco Franco Bahamonde ¿les suena?.

31 Una Laureada para el Cuerpo.

Permítanme dejar de lado, por un instante, la Topografía, para hacernos eco de un aspecto que afecta tanto al Cuerpo de Minas como a la Escuela y que quizás sea interesante dar a conocer. En varias Juntas de Profesores celebradas en 1940 se dió cuenta de algunos hechos relevantes llevados a cabo por ingenieros de Minas durante la contienda civil. En el acta de la reunión del Claustro del 8 de mayo de 1940, en el apartado de *Asuntos varios*, se puede leer que “por el Secretario se da lectura de la dedicatoria hecha por el Coronel Sr. Petrilena en el folleto editado por la extinguida Agrupación de Minadores, en la cual, en términos verdaderamente efusivos, dedica grandes elogios a varios Ingenieros del Cuerpo que, como oficiales de Ingenieros pertenecieron a esa Agrupación”.

La Junta acordó, por unanimidad, que constase en acta su satisfacción por todo ello, y “que se conservara el citado folleto en forma adecuada”.

En el acta de la Junta siguiente, celebrada el 18 de junio de 1940, se insiste sobre este tema y en ella podemos leer que “complementando el acta de la sesión anterior en la que se dio cuenta de la dedicatoria hecha por el Coronel Sr. Petri-lena, en un folleto editado por la Agrupación de Minadores ensalzando la labor de varios Ingenieros del Cuerpo, cuyos nombres no fueron citados en dicha acta, motivo por el cual se acordó figuren complementariamente en esta. Dichos ingenieros son D. Clemente Miralles Imperial, muerto gloriosamente en la Ciudad Universitaria; D. Serafín de la Concha, propuesto, por su extraordinaria bravura, para la Cruz Laureada de San Fernando; D. Federico Mayo Gayarre; D. Angel Plantalamor; D. Gustavo Fernández Valbuena y D. Juan Manuel López Azcona. Todos los cuales, según palabras del citado Coronel Jefe, se cubrieron de gloria en la dura lucha de minas en el frente de Madrid”.

La concesión de la Cruz Laureada de San Fernando al Ingeniero de Minas D. Serafín de la Concha Ballesteros, el 3 de enero pasado, se recoge en el acta de la Junta de mayo de 1943, allí se decía que “por su heroica actuación en el frente de la Ciudad Universitaria en agosto de 1938”. Aquella Junta acordó, por aclamación, de que constara en acta la satisfacción producida por este hecho, adhiriéndose con todo fervor al homenaje cívico-militar que se proyectaba realizar en honor del citado Ingeniero.

Efectivamente, un año más tarde, en la página 36 del diario ABC del domingo 7 de mayo de 1944 había una pequeña reseña titulada *El homenaje al ingeniero Sr. De la Concha* donde se podía leer “El martes a las cinco y media y en la Escuela de Ingenieros de Minas (Ríos Rosas, 7) se celebrará la entrega de la Cruz Laureada de San Fernando al Ingeniero de Minas y teniente provisional de Ingenieros D. Serafín de la Concha y Ballesteros”

32 La Escuela arranca de nuevo... Adiós al viejo ingreso. Bienvenidos el Selectivo y la Iniciación.

A caballo entre 1941 y 1942, y para sustituir una parte del material perdido en la guerra, la Escuela adquiriría otro teodolito universal modelo T2 con brújula circular, y un nivel modelo NII, ambos con sus respectivos accesorios⁶⁰. También en 1941, y por mediación de la casa Castañón y Cía., se adquirieron, de ocasión, dos instrumentos de la casa Zeiss, se trataba del teodolito Th IV y de un nivel que aún no he podido identificar, probablemente el modelo NII⁶¹.

En 1943, mediante su agente en España, P. Widder, la Escuela compraba otros cuatro teodolitos Wild T1, tres importados directamente y el cuarto procedente de una feria que había tenido lugar en Barcelona aquel año. En 1944 se adquirirían otros tres aparatos iguales (T1) la misma firma; Entre 1945 y 1946 llegaba a la Escuela otro lote de instrumentos, esta vez a la casa Kern, también de Suiza, se trataba de cuatro teodolitos del modelo DKM 1, uno del tipo DKM 2 y dos niveles NK3 (71), todos diseñados por Heinrich Wild. De los cuatro primeros

⁶⁰ Ver fichas III-3-57 y III-2-20

⁶¹ Ver fichas III-3-60 y III-2-25



Fotografía con una parte del material del gabinete topográfico de la Escuela tomada hacia 1945. Podemos observar, entre otros instrumentos, el reloj-cronómetro marino (en el suelo), junto a él: un tambor con hilos invar y a la derecha, sobre una caja, un sextante marino; estas tres piezas se encuentran actualmente en paradero desconocido.

(DKM 1), en la Escuela solo quedan tres, el otro se encuentra en paradero desconocido.

Cuatro años después, en 1947, se enviaron a limpiar y ajustar el teodolito Th III, que había sufrido daños durante la guerra, y el nivel NI, ambos de la casa Zeiss. Los encargados de la operación fueron los talleres Webber de Madrid.

Para atender los laboratorios de Física y Topografía, Geodesia y Astronomía, en 1949 se convoca una plaza de ayudante. Examinado el expediente del único solicitante, D. José Pérez Sáez, se acuerda por unanimidad proponer al mismo para la provisión de esa vacante. Este año la Escuela adquiría los tres teodolitos V 202 de la firma Cooke, Troughton & Simms⁶², que había sido absorbida por Vickers nada más terminar la SGM; mientras se tramitaba esta operación, se produjo una importante devaluación de la peseta respecto de la libra esterlina, que pasó de 45 pesetas a 88,26 (BOE 23 diciembre de 1948), con el consiguiente encarecimiento de la compra, que se hizo, como de costumbre, a través de la sociedad “hijos de Castañón y Cía”.

El 21 de junio de 1950 el director informaba a la Junta que estaba estudiando la provisión de las vacantes existentes en las cátedras de “Metalurgias Especiales” y de “Metalurgia y Siderurgia”, y que tan pronto como quedara vacante la plaza de auxiliar de “Geometría Descriptiva, Topografía, Geodesia y Astronomía y Dibujo” se iniciarían los trámites para su provisión, con el fin de que, al empezar el curso, la

⁶² Ver ficha III-3-54.

plantilla de profesores estuviese completa.

Aquella plaza de profesor auxiliar del grupo de asignaturas de “Geometría Descriptiva”, “Topografía, Geodesia y Astronomía” y “Dibujos” fue adjudicada a D. Antonio Fernández Lleo y su presentación oficial se hizo en la Junta de Profesores del 6 de junio de 1951, la cual le dio la bienvenida y acordó, por unanimidad, que se hiciera constar en así en el acta.

Parece ser que el año siguiente (1952) hubo un presupuesto extraordinario del ministerio, correspondiendo a la Escuela la cantidad de 100.000 pesetas; para estudiar su reparto entre las cátedras se nombró una comisión, formada por los profesores Del Castillo, Langreo y Targhetta. En las actas siguientes no aparece el reparto, y, aunque no he encontrado ninguna referencia a ello, no sería aventurado decir que algo de ese dinero llegaría a la Cátedra de Topografía, regentada entonces por el profesor Langreo.

Otra aportación extraordinaria, nada menos que 500.000 pesetas de la época, llegaba a la Escuela de la mano de la Real Compañía Asturiana de Minas en 1953. En el acta de la Junta de 15 de junio se puede leer lo siguiente: “El Secretario da lectura al escrito de la D.G. de Enseñanza Profesional y Técnica del Ministerio de Educación, de fecha 6 del corriente, en el que se comunica al Sr director la concesión del donativo precitado y se indica que dicha cantidad será destinada a la construcción de un edificio que albergue los Laboratorios de Preparación Mecánica y Mineralurgia, Materiales Refractarios y Metalurgias Especiales y Aleaciones, dotando a los mismos del material necesario en la medida de las posibilidades económicas. A continuación, el director propuso dar las gracias a esa Compañía y el profesor Jiménez Crozat, en nombre de la R.C.A. de Minas agradeció al director sus manifestaciones en ese sentido y todos contentos.

En marzo de aquel año (1953) se daba cuenta de los aspirantes presentados al concurso para la provisión de una plaza vacante de ingeniero en prácticas con destino a los laboratorios de Física, Topografía, Geodesia y Astronomía, anunciada en el BOE del 8 de enero último. Abierto el debate por el director, el profesor de Topografía, Geodesia y Astronomía, Sr Arsuaga, en su nombre y de acuerdo con el profesor de Física, informó sobre los expedientes escolares de los aspirantes; y, a la vista de sus méritos la Junta tomó la decisión de dejar desierto el concurso y preparar el anuncio de una nueva convocatoria.

De nuevo, en 1955, la Escuela adquiría al representante de la casa Wild en Madrid, otro taquímetro T1 (nº 42808) con brújula orientadora y un nivel NK II (nº 52384), dos trípodes, sistemas de iluminación eléctricos por baterías (para minas y túneles) y oculares acodados para visuales inclinadas.

Para atender las necesidades de las Escuelas, la D.G. de Enseñanzas Técnicas del Ministerio de Educación, instó, el 28 junio de 1956, a los respectivos Claustros a que se hiciesen los estudios oportunos sobre las necesidades de maquinaria y materiales para la enseñanza en los centros “con el fin de que queden dotados, dentro de la mayor eficacia y modernidad, de un plan a realizar en cinco años”. Para cumplir con

su cometido, en la junta siguiente se dió lectura de las peticiones formuladas por los profesores que habían sido recibidas en Secretaría, que tras su estudio, quedaron aprobadas. Extraña mucho que entre ellas no apareciera ninguna de la Cátedra de Topografía, Geodesia y Astronomía, a no ser que estuviera incluida en alguna otra asignatura, lo que resultaba más extraño aún. Para hacernos una idea, las peticiones oscilaron entre las 70.000 pesetas de Geología y los 16.736.000 pesetas de la Cátedra de Mineralogía, pasando por los 3.000.000 de la Cátedra de Construcción y Laboratorio de Cementos.

Hacia tiempo que no se producían variaciones importantes en el programa de acceso y de la enseñanza de la Escuela. Esto se mantuvo inmutable hasta la promulgación de la Ley de Ordenación de las Enseñanzas Técnicas el 20 de julio de 1957, por la que se modificaba el sistema tradicional de ingreso en las Escuelas de Ingenieros. Establecía esta Ley un primer curso selectivo común a todas las carreras científicas y técnicas, en el que se impartirían las cinco asignaturas básicas: Matemáticas, Química, Geología, Dibujo y Biología, seguido de otro de iniciación, específico de cada Centro y cinco de carrera en las Ingenierías. En otro orden de cosas, el 6 de mayo de aquel año se produjo un encierro de los alumnos en la Escuela por un motivo al parecer nimio, se protestaba ¡¡¡ por la apertura de una Escuela de Ingenieros de Minas en Oviedo !!!

A juzgar por una carta de la representación de Wild en Barcelona, Pablo Wehrli SA, dirigida a la Escuela, con fecha de 3 de febrero de 1959, en la que decía: *Limitamos las presentes líneas en acusarle recibo de su atta. carta del ppdo. día 26 de enero e informarle llegó asimismo en perfectas condiciones el cajón-embalaje que retornan conforme instruimos, usado para nuestra remesa de material topográfico efectuada últimamente...* podemos deducir que se había adquirido un nuevo equipo a esa firma. La nota a la que se hace referencia estaba firmada por el Secretario de la Escuela y decía *adjunto tengo el gusto de remitirle talón de f.c. nº... que ampara la expedición de un cajón en el que vino embalado uno de los aparatos que enviaron a la Cátedra de Topografía...* Hay otra nota de la Escuela que corroboraba la adquisición anterior, estaba fechada el 5 de marzo de ese año, y decía simplemente que *se ha recibido de Pablo Wehrli SA un trípode Wild Mod. VIb.*

33 Continúa la adquisición de aparatos y se inician las obras del actual M2.

En este año (1959) se produjeron también nuevos incidentes en la Escuela, que se resolvieron con sanciones que llegaron hasta la anulación de matrícula. La junta de Escuela de 26 de febrero reprochó la actitud del alumnado al faltar colectivamente a clase *con la cual pueden originar perjuicios de mucha entidad, no solo a los mismos alumnos sino también a la profesión ¿? ... La Junta animada de un vehemente deseo de que se reintegren los alumnos a la normalidad escolar, acuerda por unanimidad que en el día de mañana se celebre una Cámara Sindical con asistencia de varios profesores, para oír a la representación de los alumnos y procurar llevar al convencimiento de estos la necesidad de restablecer la disciplina y la marcha normal de las enseñanzas...* Desconozco el motivo exacto de esta huelga pero da la casualidad que coincidió con una de las primeras huelgas políticas de la época franquista ¿tenía algo que ver?.

El profesor D. Marino Dávila abría la sesión de la Junta de Profesores del 22 de julio de 1959 dando la bienvenida al nuevo director de la Escuela, D. Pedro Arsuaga, haciendo resaltar la labor desarrollada en los numerosos años dedicados a la Escuela como profesor, y expresando la profunda satisfacción de todo el Claustro al verse presidido por un ingeniero de méritos tan relevantes...Creo que era la segunda vez que un profesor de Topografía ocupaba ese puesto, el primero debió ser el profesor Langreo.

En ese misma acta se decía también que las clases de Topografía, Geodesia y Astronomía se iban a dar en el primer año del “plan moderno” (tras los cursos de Selectivo y de Iniciación) y el encargado de impartirlas iba a ser el profesor D. Antonio Fernández Lleo. En la reunión del 29 de diciembre de aquel año, se informaba a la Junta de los grandes avances conseguidos en las obras de ampliación de la Escuela (el actual M2), que se construyó envolviendo el salón de actos y los talleres contiguos (pabellón que se encuentra de nuevo en obras debido a una inestabilidad detectada en los forjados). Continúa el acta diciendo: “desde el comienzo de curso se habían habilitado las aulas necesarias para comenzar las clases de los dos primeros años de la carrera (plan antiguo y plan moderno); para después de las vacaciones de Navidad se esperaba que estuvieran terminadas también las obras del laboratorio Metalográfico, lo que permitiría comenzar las prácticas en él; también debían quedar terminadas para esas fechas las obras del vestíbulo” ¿les suena a algo a los profesores y alumnos actuales?.

Desconozco cómo llegó a la Escuela el taquímetro Fennel⁶³ pero hay una carta dirigida al Director de la Escuela, del representante en España de esa firma, D. José Berdala (en Barcelona), del 11 de noviembre de 1960, diciendo: que “en nombre de su representada, ha remitido a la Escuela un cartel mural de uno de los instrumentos de la casa, dado que las características del mismo serían de gran interés y utilidad para las lecciones”. También adjuntaba algunos folletos sobre teodolitos y niveles, poniéndose a disposición del director para facilitarle aquellos datos que fueran de su interés. Casi a vuelta de correo, el director le agradeció la atención; pero eso fue todo lo que he encontrado de este asunto. El hecho es que tenemos un teodolito Fennel en el laboratorio que nadie sabe de donde ha venido ¿quizás provenga de alguna donación?.

Tampoco sabemos cuándo se adquirió el teodolito ¿Galileo? desaparecido, y del que únicamente se conserva la funda de campana metálica.

El 20 de diciembre de 1961, tuvo lugar una Junta en la que el director informó a los asistentes de unas cartas recibidas del Subsecretario de Industria y del D.G. de Enseñanzas Técnicas, relativas a la posibilidad de disponer de algunos fondos de la *Ayuda Americana* para la adquisición de equipos para los laboratorios de la Escuela, y rogaba a los Profesores-Jefes de los mismos, que preparasen, con la mayor rapidez posible, los proyectos de adquisición de material que considerasen más convenientes para completar los respectivos laboratorios. Esto parece que fue, según la opinión del, recientemente fallecido Profesor de Topografía de la Escuela, D. Benjamín Gómez-Dégano Ceballos-Zúñiga, el origen de alguno de los T1 Wild⁶⁴ que posee la Escuela,

63 Ver ficha III-3-50.

64 Ver ficha III-3-56.

y que, junto a los anteriormente adquiridos fueron, desde entonces y, hasta hace muy poco tiempo el eje de las enseñanzas prácticas de la Topografía en la Escuela.

La última noticia que hay sobre el cronógrafo marino nº 257, es que, el 24 de enero de 1964, se llevó a reparar y reparar a la casa Girod de la Gran Vía de Madrid, como ya se ha dicho este reloj está en paradero desconocido, igual que otro tipo de material del que ya se ha dado cuenta.

El teodolito minero de suspensión Breithaupt, modelo Temín nº 2, se compró en 1967. Por esas fechas también se adquirieron el taquímetro autorreductor Kern K1-RA, dos de los niveles NII de la casa Wild y el nivel automático Zeiss N2⁶⁵.

A mediados de 1980 la Escuela empezó a ponderar la industria japonesa del ramo adquiriendo un teodolito Topcon TL-1E de segundos, con un distanciómetro DM-S2 de la misma casa acoplado a él, sin abandonar del todo la conexión suiza de referencia (Wild), a la que poco después adquirió otro distanciómetro electrónico, el DI 3000 para acoplarlo al viejo T2⁶⁶.

En 1974, se incorporaron al programa las asignaturas de Cálculo Numérico e Informática, Automática y Teledetección, lo que supuso “la previsión de un futuro en el que gran parte del esfuerzo humano se sustituiría por el uso de ordenadores y técnicas científicas de aplicación directa” según reza la página web de la Escuela.

34 Lo último: las coordenadas caen del cielo. El GPS.

La Escuela entró en el siglo XXI, inaugurando una nueva era de la Topografía, aunque con un poco de retraso, se adquirieron entonces las primeras Estaciones Totales (ET) y los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS). De las 6 Estaciones Totales Nikon que tenemos actualmente, las dos primeras se compraron en 2001, y las cuatro restantes, en otras remesas, un par de años o tres después. Más recientemente, en 2010, se han adquirido otras tres estaciones, dos Gawin-Topcon nuevas y una Topcon GTS 212 de ocasión⁶⁷.

La compra de los receptores GPS cartográficos empezó un poco antes, hacia 1998, con el Garmín 40 (que quedó inutilizado por el cambio de siglo) y el PRO XRS de Trimble; a continuación se adquirieron otros tres Garmin más modernos, ya con 12 canales, y los tres Geoexplorer II de Trimble. Poco después se dio un paso más y se adquirieron otros dos Trimble con los que se podían alcanzar mayores precisiones, del orden de 50 cm, primero fue el Geoexplorer XH, de la serie 2000, y dos años después el Geo XT, de la serie CE⁶⁸.

65 Ver fichas III-3-49, III-3-46, III-2-20 y III-2-22.

66 Ver ficha III-3-57

67 Ver fichas III-3-40, III-3-41, III-3-42, III-3-43.

68 Ver fichas III-7-1, III-7-2, III-7-3, III-7-4, III-7-5 y III-7-6.

También, hay que agradecer a Repsol el regalo que hizo a la Escuela de un distanciómetro Wild, modelo DI 3000 (como el que ya teníamos) y un teodolito de la misma marca, modelo T1-A en perfectas condiciones. Se da el caso, curioso sin duda, de que llegaron dos cajas Wild de embalajes de plástico, color naranja, para teodolitos, de tipo troncopiramidal, pero una de ellas venía vacía ¿quizás el aparato se perdió por el camino?⁶⁹.

36 D. Angel y Cía.

D. Angel Valverde Gonzalo ganó la cátedra de Topografía y Geodesia de esta Escuela en 1974. Sustituía al también catedrático D. Pedro Arsuaga que se acababa de jubilar. El nuevo profesor había terminado la carrera de ingeniero Agrónomo en 1964, era Doctor por la UPM desde 1969 y Diplomado en Photogramétrie et Photo-interpretation por la Ecole Nationale des Sciences Geographiques del IGN francés en julio de 1971.

Antes de venir a la Escuela de Minas había desempeñado otros puestos docentes en nuestra Universidad. Entre los años 1966 y 1974 fue Profesor Encargado de Prácticas, Profesor Encargado de Curso y Profesor Adjunto numerario en la Escuela de Agrónomos, en el área de Topografía y Geodesia. Desde entonces ha venido desempeñando la función docente en nuestra Escuela ininterrumpidamente hasta su jubilación, en octubre de 2009.

D. J. Ramón Irisarri Yela, vino a la Escuela como Profesor Encargado de Curso de la asignatura en 1981 y permaneció en ella hasta octubre de 1987. El año anterior, y, procedente de la empresa privada, había llegado también a la cátedra el profesor D. José M^a Torres Asín, en sustitución de D. Antonio Fernández Lleó, permaneciendo en ella hasta su jubilación en el año 1992. Entonces fue sustituido, en 1993, por D. Benjamín Gómez-Dégano Ceballos-Zúñiga, quién, tras haber ejercido su profesión de ingeniero en la mina La Herrería (Huelva) y en otros ámbitos relacionados con la minería, asumió la docencia en el mismo área hasta su jubilación, en 2002.

Otro profesor, también llamado José M^a (Lanaja del Busto), también ingeniero de Minas y también aragonés (Zaragoza, 1944), como su paisano el profesor Torres, arribó al área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Escuela en 1987, para sustituir al Profesor Irisarri, en ella permaneció hasta 1994, año en el que se trasladó a la Escuela Politécnica de Vigo. Allí, poco después, ganó la Cátedra del área que ejerció hasta que recientemente le ha llegado la jubilación; también se había dedicado a la minería antes de ejercer la docencia. Para sustituirle en Madrid, en 1995, vino a la Escuela el también ingeniero de Minas, D. Rogelio de la Vega Panizo, que hasta entonces había ejercido su profesión en la empresa privada, y aquí sigue.

En el año 2003, y tras la jubilación del profesor Gómez Dégano, ingresó en la Es-

⁶⁹ Ver fichas Fichas III-3-55 y III-4-2.

cuela el profesor D. Luis Iglesias, Doctor Ingeniero Agrónomo y que también había enseñado esa disciplina en su escuela de origen, como el profesor Valverde. Durante más de cuarenta años la Cátedra contó también con la ayuda del Maestro de Taller y Laboratorio D. Julio López Romano, ya jubilado, y que esperamos que cualquier día nos venga alguien para sustituirlo.

El que suscribe, Angel Emilio de las Heras Molinos, apareció por aquí, en febrero de 2001, procedente de la E.T.S. de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía, que con el tiempo sentó sus reales en ésta como Profesor Titular para el resto de sus días (de profesor, se entiende) y que ha escrito estas líneas, con la intención de que sean del agrado del distinguido lector y en homenaje a “nuestro” catedrático, D. Ángel Valverde Gonzalo, con motivo de su jubilación.

He dicho.

CAPÍTULO III

Fichas de los instrumentos.

- 1 Instrumentos auto-orientables:
Brújulas.
- 2 Instrumentos altimétricos:
Niveles y barómetros.
- 3 Instrumentos de medida de ángulos:
Teodolitos, taquímetros y Estaciones totales.
- 4 Instrumentos de medida de distancias:
Cintas, rodetes y distanciómetros electrónicos.
- 5 Instrumentos de fotogrametría y fotointerpretación.
- 6 Instrumentos de gabinete:
Planímetros, pantógrafos, transportadores...
- 7 Instrumentos de posicionamiento por satélite:
GPS.
- 8 Instrumentos auxiliares y equipos de radio.



III-1-1 BRÚJULA CON ALIDADA DE PÍNULAS

Fabricante: Cary. London (GB).

Año: finales del siglo XIX y principios del XX.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 41 (nº de chapa).

Graduación: sexagesimal.

Distancia entre pinulas: 185 mm.

Diámetro del limbo horizontal: 95 mm (77 en inventario); dividido en tramos de 1° (numeración cada 10°).

Materiales: latón, aluminio y vidrio.

Observaciones

Dispone de un pequeño nivel de tórico en la esfera. Sustentación con trípode de espiga o chuzo. En EEUU se la conocía con el nombre de Railway compass, o brújula de ferrocarriles, por su aplicación, entonces, a la construcción de sus grandes líneas férreas.



III-1-2 BRÚJULA CON ANTEJO CONCÉNTRICO

Fabricante: Richert. París.

Año: último cuarto del siglo XIX.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 40 (nº de chapa).

Graduación sexagesimal.

Longitud del anteojo: 230 mm (200 al retículo).

Aumentos del anteojo: $\times 10$?

Diámetro del objetivo: 24 mm.

Diámetro del limbo horizontal: 118 mm; dividido en intervalos de 30'; con lectura directa de 1' en dos nonios opuestos.

Diámetro de la brújula: 90 mm. Longitud de la aguja 72 mm. Limbo dividido en grados.

Materiales: latón, aluminio, plata y vidrio.

Altura: 190 mm.

Observaciones

Carece de niveles. Sustentación con trípode de espiga o chuzo. No puede medir ángulos verticales. Para levantamientos planimétricos y replanteos de concesiones mineras.



III-1-3 BRÚJULA EXCÉNTRICA

Fabricante: Breithaupt & Sohn. Cassel.

Año: hacia 1900.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 37 (nº de chapa).

Graduación: sexagesimal.

Longitud del anteojo: 125 mm (110 al retículo).

Aumento del anteojo: x 10.

Diámetro del objetivo: 22 mm.

Diámetro de la brújula: 70 mm. Longitud de la aguja: 57 mm; dividido en grados.

Diámetro del limbo vertical: 67mm; dividido en intervalos de 1°; con lectura directa de 2' con un solo nonio (30'-0-30') para distancias cenitales. Graduación: en horizontales 90° y en verticales (cenit-nadir) 0° en los extremos de los diámetros: 0° (arriba) - 90° (izquierda) - 0° (abajo) - 90° (derecha).

Nivel esférico: se centra la burbuja con un sistema de rótula o nuez.

Materiales: latón, plata y vidrio.

Altura: 130 mm.

Observaciones

Sustentación con trípode de espiga o chuzo. De aplicación en los levantamientos de todo tipo, en especial para los trabajos de relleno y replanteo de concesiones.



III-1-4 BRÚJULA EXCÉNTRICA

También llamada brújula de Agrimensor.

Fabricante: Charles Chevalier. Palais Royal 158. Paris.

Diseñador: Charles Chevalier Ingenieur.

Año: primera mitad del siglo XIX.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 39 (no tiene nº de chapa).

Longitud del anteojo: 225 mm.

Aumento del anteojo: x 10.

Diámetro del objetivo: 15 mm.

Diámetro del limbo de la brújula: 145mm; longitud de la aguja: 121 mm. Limbo dividido en intervalos de 30'; lectura directa de 1'.

Diámetro del limbo vertical (semicircular): 190 mm (total) y 170 mm (efectivo), dividido en intervalos de 30'; lectura directa de 1'.

Graduación: sexagesimal.

Materiales: madera de caoba, latón, aluminio y vidrio.

Caja: de madera de caoba de 220 x 220 x 35 mm.

Altura: 180 mm.

Observaciones

Tiene dos niveles tóricos en ángulo recto empotrados en la caja de madera, que tiene tapa deslizante del mismo material. Sustentación con tripode de espiga o chuzo. De aplicación en los levantamientos de todo tipo, en especial para los trabajos de relleno y replanteo de concesiones.



III-1-5 BRÚJULA EXCÉNTRICA

Fabricante: Kern. Aarau. Suiza.

Año: entre 1910 y 1920.

Nº de serie: 20.504.

Nº de inventario: 28 (nº de chapa).

Graduación: sexagesimal.

Longitud del anteojo: 240 mm (220 al retículo).

Aumento del anteojo: x 15.

Diámetro del objetivo: 33 mm.

Diámetro del limbo de la brújula: 124 mm; longitud de la aguja 107 mm; dividido en intervalos de 20'.

Diámetro del limbo vertical: 105 mm; dividido en intervalos 30'; lectura directa de 1' con nonio doble.

Materiales: latón lacado en negro, plata, aluminio y vidrio.

Altura: 160 mm.

Observaciones

Plataforma nivelante de tres tornillos para trípode de meseta. Nivel esférico en el plato horizontal de la brújula y tórico sobre el anteojo.

Aparte de su empleo en la minería, es la típica brújula utilizada, en la primera mitad del siglo pasado, para hacer el replanteo de concesiones y el relleno en los levantamientos topográficos en general y del Mapa Topográfico Nacional en particular.



III-1-6 BRÚJULA EXCÉNTRICA

Fabricante: Ladois Freres. Fabr. á Paris. Ortega á Madrid (distribuidor).

Año: hacia 1915.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 36 (nº de chapa).

Graduación: sexagesimal.

Longitud del anteojo: 220 mm (190 al retículo).

Aumento del anteojo: x15.

Diámetro del objetivo: 25 mm.

Diámetro de la brújula: 135 mm (total). Longitud aguja: 115 mm; dividido en intervalos de 30'.

Esfera negra.

Diámetro del limbo vertical: 260 mm; dividido en intervalos de cuartos de grado (15') con lectura directa de 1' con un solo nonio. Mide alturas de horizonte: (55°-0°-55°).

Dos niveles tóricos en ángulo recto sobre el soporte del plato.

Materiales: aluminio, latón lacado en negro y vidrio.

Altura: 260 mm (150 al plato).

Observaciones

Con plataforma nivelante para sustentación con trípode de meseta.

Muy utilizada, en la primera mitad del siglo pasado, para hacer el replanteo de concesiones y el relleno en los levantamientos topográficos en general y del Mapa Topográfico Nacional 1/ 50.000 en particular, aparte de su empleo en la minería.



III-1-7 BRÚJULA EXCÉNTRICA

Fabricante: Amado Laguna. Zaragoza.

Diseñador: Amado Laguna de Rins.

Año: entre 1900 y 1910.

Nº de serie: 700.

Nº de inventario: 29 (nº de chapa).

Graduación: sexagesimal.

Longitud del anteojo: 230 mm (210 al retículo).

Aumento del anteojo: x 20.

Diámetro del objetivo: 26 mm.

Diámetro del limbo de la brújula: 120 mm. Longitud aguja: 98 mm; limbo dividido en intervalos de 30'.

Diámetro del limbo vertical: 90 mm, dividido en intervalos de 30'. Graduación cenital 0° (arriba y abajo) y 90° (derecha e izquierda); lectura directa de 1' con un solo nonio doble (30'-0-30').

Nivel: Tórico en el lado opuesto al anteojo.

Materiales: latón lacado en negro, aluminio, plata y vidrio.

Altura: 130 mm.

Observaciones

En el catálogo de 1917 de esa firma aragonesa viene como "Brújula sencilla de anteojo excéntrico" nº 23. Fue uno de los modelos adoptados entonces por el Instituto Geográfico y Estadístico. Con plataforma nivelante para sustentación con trípode de meseta.

Como en los casos anteriores, fue el equipo más empleado, en la primera mitad del siglo pasado, en minería y en general, en los trabajos de relleno tanto del Mapa Topográfico Nacional 1/ 50.000, como de otro tipo de levantamientos.



III-1-8 BRÚJULA EXCÉNTRICA

Fabricante: Ludwig Tegdorpf. Stuttgart.

Año: hacia 1915.

Nº de serie: 2.765.

Nº de inventario: 138 (nº de chapa).

Graduación: sexagesimal.

Longitud del anteojo: 185 mm (170 al retículo).

Aumento del anteojo: x 16.

Diámetro del objetivo: 22 mm.

Diámetro del limbo de la brújula: 118 mm. Longitud de la aguja: 102 mm. Dividido en intervalos de 30'.

Diámetro del limbo vertical: 82 mm, dividido en intervalos de 30'; lectura directa de 1' mediante un solo nonio doble (30'-0-30').

Materiales: latón lacado en negro, aluminio, plata y vidrio

Altura: 150 mm.

Observaciones

Con plataforma nivelante para sustentación con trípode de meseta. Adquirida por la Escuela en 1924; de segunda mano (según inventario 1930).

Utilizada en España, en la primera mitad del siglo pasado, para hacer el relleno en los levantamientos topográficos en general y del Mapa Topográfico Nacional 1/ 50.000 en particular. También se empleó en levantamientos en minería.



III-1-9 BRÚJULA MINERA

Para colgar de un cable en las galerías de las minas.

Fabricante: Grasselli y Zambra. Madrid.

Año: hacia 1925.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 31 (caja y chapa nº 31).

Graduación: sexagesimal.

Diámetro del limbo: 75 mm, lectura directa de 30'.

Longitud: 225 mm (de extremo a extremo de los ganchos de colgar).

Aguja magnética: de 70 mm de longitud

Inclinómetro: de plomada, de 230 mm de diámetro y graduado en medios grados sexagesimales.

Material: latón, aluminio y vidrio.

Altura: 150 mm.

Observaciones

Para colgar de un cable en las galerías de las minas. La brújula tiene suspensión cardan. Viene en estuche de madera con cinturón para ceñirla a la cintura. Utilizada principalmente en levantamientos propios de la minería.



III-1-10 BRÚJULA MINERA

Fabricante: Amado Laguna. Zaragoza.

Año: hacia 1925.

Nº de serie: 14.303.

Nº de inventario: no se aprecia (nº de chapa).

Graduación: sexagesimal.

Diámetro de la brújula: 95 mm, dividida en medios grados.

Longitud: 245 mm (de extremo a extremo de los ganchos de colgar).

Aguja: Magnética de 75 mm de longitud.

Materiales: latón lacado en verde, aluminio y vidrio.

Inclinómetro: de plomada y 235 mm de diámetro, dividido en cuartos de grado.

Altura: 140 mm (medido por el centro).

Observaciones

Para colgar de un cable en las galerías de las minas. La brújula tiene suspensión cardan. Viene en estuche de madera con cinturón para ceñirla a la cintura. Utilizada principalmente en levantamientos propios de la minería.



III-1-11 BRÚJULA MINERA

Fabricante: Linghe in Freiberg.

Año: hacia 1925.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario (nº de chapa): no tiene (caja nº 203).

Graduación: sexagesimal.

Diámetro brújula: 110 mm (total), dividida en tramos de medio grado.

Longitud: 235 mm (de extremo a extremo de los ganchos de colgar).

Aguja magnética: de 85 mm de longitud suelta.

Inclinómetro: de plomada, de 235 mm de diámetro, dividido en intervalos de 20'.

Material: latón, aluminio y vidrio.

Altura: 150 mm.

Observaciones

Para colgar de un cable en las galerías de las minas. La brújula tiene suspensión cardan. Viene en estuche de madera con cinturón para ceñirla a la cintura. Utilizada principalmente en levantamientos propios de la minería.



III-1-12 BRÚJULA MINERA

Fabricante: Georges Oberhauser à Paris.

Año: hacia 1925.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 32 (caja y chapa nº 32).

Graduación: sexagesimal.

Diámetro del limbo: 75 mm. Lectura directa de 30'.

Aguja: Magnética de 70 mm de longitud.

Longitud: 225 mm (de extremo a extremo de los ganchos de colgar).

Inclinómetro: de plomada, de 230 mm de diámetro, graduado en medios grados.

Material: latón, aluminio y vidrio.

Altura: 140 mm.

Observaciones

Para colgar de un cable en las galerías de las minas. La brújula tiene suspensión cardan. Viene en estuche de madera con cinturón para ceñirla a la cintura. Utilizada principalmente en levantamientos propios de la minería.



III-1-13 BRÚJULA

Modelo: B3.

Fabricante: Wild. Heerbrugg. Suiza.

Año: hacia 1960.

Nº de serie: 3.901.

Nº de inventario: no tiene (nº de chapa).

Graduación: sexagesimal.

Longitud del anteojo: 55 mm (imagen invertida).

Aumento del anteojo: x 2,5.

Distancia mínima de enfoque: 2 m.

Diámetro del campo visual: 12 m.

Diámetro del objetivo: 5 mm.

Diámetro de la brújula: 75 mm; limbo dividido en intervalos de 2°.

Nivel: esférico sobre el limbo. Nivelación con sistema de rótula (o nuez).

Materiales: latón lacado en verde, aluminio y vidrio.

Altura: 130 mm.

Observaciones

La brújula con prisma de doble imagen sirve para la determinación del acimut de una dirección, y está prevista para orientar el limbo horizontal del teodolito universal T2; para lo cual se monta sobre la plataforma del trípode antes que el teodolito. Tiene lectura simultánea de dos puntos diametralmente opuestos del limbo apreciándose hasta la décima de grado sexagesimal.



III-1-14 BRÚJULAS CABALLERAS

Fabricantes: el de la brújula nº2 se desconoce. En la del nº3 se puede leer en el plato: “F. W. Breithaupt & Sohn Hesse-Cassel Distribuidor en Madrid, Recarte e Hijo”. La del nº1 no tiene marca pero es igual que la anterior.

Año: hacia 1910.

Nº de serie: 27.180, 2.905 y 3.538.

Nº de inventario: no tienen pero podrían estar en los respectivos aparatos (nº de chapa).

Graduación: sexagesimal.

Diámetro del limbo de la brújula: la nº1, 75 mm (longitud de la aguja: 60 mm), la nº2, 90 mm (longitud de la aguja: 75 mm) y la nº3, 90 mm (longitud de la aguja: 75 mm); limbos divididos en grados, en la nº1 y en intervalos de 30' en los dos restantes.

Distancias entre los apoyos al goniómetro: 90 mm en la nº1 y en las dos restantes 77 mm y 94 mm respectivamente.

Materiales: aluminio, latón empavonado y vidrio.

Alturas: 73 mm la nº1 y 85 mm las dos restantes.

Observaciones

Estas brújulas se acoplan a los taquímetros de su marca. Tenemos identificadas las dos situadas en los extremos de la imagen como pertenecientes a los taquímetros de las fichas III-3-28 y III-3-29, de la misma marca.



III-2-1

BARÓMETRO ANEROIDE COMPENSADO

También llamados Holostéricos (todo sólido).

Fabricante: Dollond. London (GB).

Año: hacia 1910.

Nº de serie: 52.183.

Nº de inventario: 69 (nº de chapa).

Graduación: La menor división es de 1 mm, con escalas de altura y presión. En metros desde 0 hasta 3000 m, y en cm de Hg, desde 54 hasta 79 cm. Aguja de 30 mm de radio y 75 mm de longitud.

Diámetro del limbo: 80 mm. Dispone de una lupa deslizante para hacer cómodamente las lecturas.

Altura: 38 mm (50 mm a la lupa).

Materiales: hierro, acero, aluminio, latón y vidrio.

Observaciones

Fundado en la elasticidad de flexión de los metales. El núcleo del aparato está formado por una caja circular, de paredes muy delgadas, y con las caras acanaladas, para darle mayor flexibilidad; donde se ha hecho el vacío. Para evitar que se aplaste lleva una pieza sólida que, por medio de un resorte y de una masa, sostiene sus paredes, pero no le impide obedecer a los cambios de presión. Cuando esta aumenta, la cubierta desciende, arrastrando el resorte, y asciende al disminuir aquella. Estos movimientos son amplificados por un sistema de palancas, transmitiéndolo a una aguja que va señalando en un cuadrante graduado comparándolo con un barómetro de Hg.

En el inventario antiguo figura un barómetro Dollond también con el nº 69 pero su nº de serie no coincide con este. En ese inventario figura como nº de fábrica el 40.694.



III-2-2 BARÓMETRO ANEROIDE COMPENSADO

También llamados Holostéricos (todo sólido).

Fabricante: S.M. London (GB). Importado por Obdulio B. Villasante. Madrid.

Año: hacia 1910.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: no tiene (nº de chapa).

Graduación inversa: En metros desde 0 hasta 5.000 m, y en cm de Hg, desde 42 hasta 78 cm.

Aguja de 50 mm de radio y 75 mm de longitud.

Diámetro del limbo: 100 mm (total 125). Dispone de una lupa deslizante para hacer cómodamente las lecturas.

Materiales: acero, aluminio, latón y vidrio.

Observaciones

Fundado en la elasticidad de flexión de los metales. El núcleo del aparato está formado por una caja circular, de paredes muy delgadas, y con las caras acanaladas, para darle mayor flexibilidad; donde se ha hecho el vacío. Para evitar que se aplaste lleva una pieza sólida que, por medio de un resorte y de una masa, sostiene sus paredes, pero no le impide obedecer a los cambios de presión. Cuando esta aumenta, la cubierta desciende, arrastrando el resorte, y asciende al disminuir aquella. Estos movimientos son amplificados por un sistema de palancas, transmitiéndolo a una aguja que va señalando en un cuadrante graduado comparándolo con un barómetro de Hg.



III-2-3 BARÓMETRO ANEROIDE HOTTINGER

Fabricante: F. et Cie París, para Recarte y Cia. Madrid.

Diseñador: Goldsmith.

Año: Aparecen ya en los catálogos de finales del siglo XIX y también en el de 1901 de Recarte y Cia. de Madrid, de quien procede este ejemplar.

Nº de serie: 3.586.

Nº de inventario: 70 (nº de chapa).

Graduación: de 500 a 800 mm de mercurio. La menor división es de 2,5 mm, y corresponde a una décima de mm del barómetro de mercurio en la presión, lo que nos permite apreciar hasta la centésima de mm de Hg en la presión. Con tambor micrométrico de 100 divisiones y numerado del I al 10.

Termómetro: Graduado entre -5 °C y +35 °C.

Material: acero, latón, ¿aluminio?, hueso y vidrio. Funda de cuero.

Diámetro: 77 mm.

Altura: 65 mm.

Observaciones

Son de gran sensibilidad; sus indicaciones difieren poco de las presiones dadas en mm de Hg y fracción decimal de estos; las verdaderas presiones se hallan mediante una tabla especial para cada barómetro, estudiada experimentalmente en la fábrica. De las presiones se deducen las altitudes mediante otra tabla, que es la misma para todos los instrumentos. Finalmente otras tablas, calculadas individualmente para cada aparato, permiten hacer las correcciones por temperatura, y otras comunes a todos ellos, facilitan el empleo de métodos de cálculo apropiados al caso estudiado.

La escala vertical nos indica los mm de Hg de presión (cuya menor división equivale a 10 ó 50 mm, según aparato) y el tambor micrométrico de la base sirve para estimar mejor la lectura de la escala vertical (unidades y décimas de mm).



III-2-4 ESTUCHE CON BARÓMETRO, TERMÓMETRO Y BRÚJULA

Fabricante: superficialmente no se aprecia ninguna información acerca del fabricante.

Nº de serie: no se aprecia número de serie, únicamente está el número asignado por el personal adscrito al museo Príncipe Felipe (de la Escuela) cuando se colocaron las vitrinas en el patio del edificio antiguo (M1) que es el nº 34.

Materiales: latón, aluminio y vidrio.

Estuche: de madera forrado de guaflex ribeteado de 110 x 80 x 30 mm.

Observaciones

Estuche de campo destinado a realizar levantamientos expeditos de zonas poco exploradas. Con la brújula se determinaban las direcciones y con el barómetro y el termómetro la altitud con la fórmula de Laplace.



III-2-5 NIVEL DE LÍNEA DE BOLSILLO

Fabricante: F.W. Breithaupt & Sohn. Cassel. Medios del siglo XIX.

Nº de serie: 1.668.

Nº de inventario: 43 (nº de chapa).

Longitud del antejo: 130 (117 al retículo).

Aumento del antejo: x 10.

Diámetro del objetivo: 23 mm.

Materiales: acero, latón y vidrio.

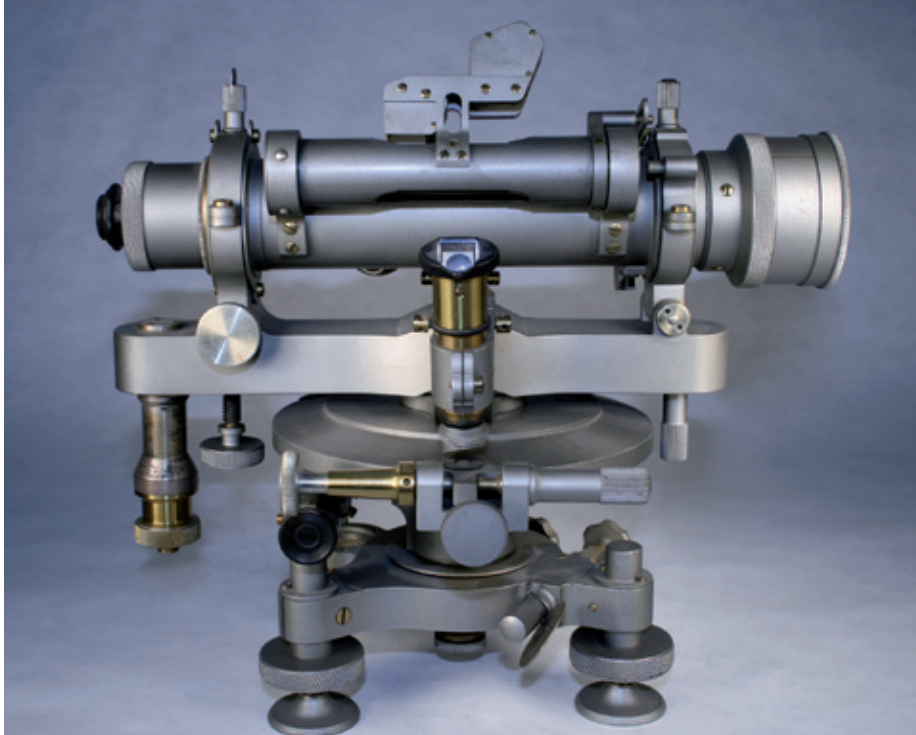
Niveles: Tórico y esférico.

Altura: 120 mm.

Trípode: de espiga o sobre chuzo.

Observaciones

Se utilizaba para trabajos de obras públicas y en general para todo tipo de levantamientos altimétricos.



III-2-6 NIVEL DE LÍNEA REVERSIBLE

Fabricante: Breithaupt & Sohn. Cassel (Alemania).

Diseñador: Vogler.

Año: 1925 (aparece en la Revista Minera de ese año como novedad). Adquirido por la Escuela en 1926.

Nº de serie: 34.816.

Nº de inventario: 174 (nº de chapa) y 13 (nº de etiqueta).

Longitud del anteojo: de enfoque interno 225 mm (184 mm al retículo).

Aumento del anteojo: x 30.

Diámetro del objetivo: 35 mm.

Diámetro del limbo horizontal: 120 mm; dividido en intervalos de 20'; lectura directa con el micrómetro 1'.

Graduación: sexagesimal.

Sensibilidad del nivel: 15".

Tornillo micrométrico: 1% y 1/1000.

Declinatoria de anteojo: de 113 mm de longitud.

Materiales: acero, latón lacado en gris y vidrio.

Peso: 3,5 kg.

Altura: 210 mm.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Aparato repetidor, con tornillo de elevación tangencial de cabeza graduada que permite medir inclinaciones o pendientes en % y otro de afinación para calar el nivel en cada una de las posiciones del anteojo. Trípode de corredera de plataforma redonda.

En el inventario figura en el grupo de clisímetros como Nivel-taquímetro. Tiene collares y anteojo de enfoque interno con imagen invertida. Sustentación con trípode de meseta.

Se utilizaba en trabajos de ingeniería, construcción, y en general para todo tipo de levantamientos altimétricos y, gracias al limbo acimutal, en pequeños levantamientos planimétricos de terreno llano.



III-2-7 NIVEL DE LÍNEA DE BOLSILLO

Fabricante: J. Carpentier. París.

Año: Medios del siglo XIX.

Nº de serie: 3.664 B 8.

Nº de inventario: Grabado en el pie el nº 184 (no tiene chapa).

Longitud del antejo: 140 mm.

Aumento del antejo: ¿x10?.

Diámetro del objetivo: 27 mm. Con nivel tórico solidario del antejo y tornillo de ajuste en su horquilla soporte.

Materiales: latón, pasta de celulosa y vidrio.

Altura: 100 mm.

Trípode: de espiga o sobre chuzo.

Observaciones

Instrumento que formaba parte de un equipo de medida de bases con hilos invar; constaba de 5 trípodes normales, dos trípodes tensores con pesas de 10 kg; un cordón metálico de 24 m, cinta de 12 m y cuatro hilos invar de 20 m arrollados en su tambor, anteojos de enfilación y de nivelación (este). No he podido averiguar el paradero del resto del equipo.



III-2-8 NIVEL DE AGUA

Fabricante: desconocido. Mediados del siglo XIX

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: no se aprecia (nº de chapa).

Longitud de los vasos de cristal: 16 cm (long. total 21,5 cm).

Longitud del tubo horizontal: 127 cm.

Diámetro del tubo: 2,5 cm.

Materiales: tubo de latón barnizado en negro y vidrio.

Altura: 11 cm + 21,5 = 32,5 cm.

Trípode: de espiga o sobre chuzo.



Observaciones

En el catálogo de 1901 del distribuidor de instrumentos topográficos “Recarte Hijo” aparece un modelo que consta de tres piezas principales (más los vasos y sus cubiertas) que se unen a rosca. Juego de nuez. En caja de nogal, sin trípode: 35 pesetas. El trípode sencillo, de espiga, costaba entre 6,50 y 7,50 pesetas. Los repuestos de los vasos de vidrio salían por una peseta. El juego se completaba con unas tablillas de enrase pintadas como la de la figura que se deslizaban sobre una mira parlante especial. Se utilizaba principalmente en trabajos de nivelación en el ámbito de la construcción de todo tipo de obras.



III-2-9 NIVEL DE PLANO DOLLOND

Fabricante: Dollond. London (GB). Distribuidor: Recarte y Cía. Madrid). Mediados del siglo XIX.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 561 (nº de chapa).

Longitud del antejo: 515 mm (370 al retículo).

Aumento del antejo: x 20.

Diámetro del objetivo: 40 mm.

Brújula: sexagesimal de 95 mm de diámetro con aguja de 80 mm de longitud. Dividida en grados.

Nivel de burbuja: Tórico, fijo a la horquilla, de 140 mm de longitud.

Materiales: bronce, latón esmaltado en negro o empavonado y vidrio.

Altura: 210 mm.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Al tener el nivel desligado del antejo, Domínguez Tejero los incluye en el grupo de niveles de plano del “primer grupo”: con antejo reversible y nivel fijo- Sustentación con trípode de meseta.

Para todo tipo de trabajos de nivelación y, gracias a la brújula, pequeños levantamientos planimétricos de terreno llano.



III-2-10 NIVEL DE PLANO TIPO DOLLOND

Fabricante: Dollond (GB). Último cuarto del siglo XIX.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 43 (nº de chapa), etiqueta nº 5.

Longitud del anteojo: 420 mm (370 al retículo).

Aumento del anteojo: x 15.

Diámetro del objetivo: 35 mm.

Nivel tórico: de 155 mm de longitud.

Materiales: acero, latón esmaltado en negro y vidrio.

Altura: 220 mm.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Al tener el nivel solidario del anteojo, Domínguez Tejero los incluye en el grupo de niveles de plano del “segundo grupo”: con anteojo y nivel conjuntamente reversibles. Sustentación con trípode de meseta. Se empleaba en trabajos de nivelación del territorio y de obras públicas.



III-2-11 NIVEL DE PLANO TIPO DOLLOND

Fabricante: H. Morin. 3 Rue Boursault. Ateliers H. Morin Gense. París.

Año: hacia 1910.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 44 (nº de chapa).

Longitud del anteojo: 405 mm (390 al retículo).

Aumento del anteojo: x 20.

Diámetro del objetivo: 37 mm.

Nivel tórico: de burbuja reversible de 155 mm de longitud.

Materiales: acero, latón niquelado y vidrio.

Altura: 190 mm.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Al tener el nivel solidario del anteojo, Domínguez Tejero los incluye en el grupo de niveles de plano del “segundo grupo”: con anteojo y nivel conjuntamente reversibles. Sustentación con trípode de meseta. Para trabajos de nivelación del territorio y en obras públicas.



III-2-12 NIVEL DE LÍNEA

Modelo: N3.

Fabricante: Kern. Aarau. Suiza.

Año: entre 1940 y 1950. Adquiridos en 1945.

Nº de serie: 33.321 y 33.323.

Nº de inventario: 212 y 213 (nº de chapa y numerado en la correa también); nº de caja: 8 y 9.

Longitud del anteojo: 165 mm.

Aumento del anteojo: x 30.

Diámetro del objetivo: 45 mm.

Luminosidad: 2,25 (Müller, 1940).

Sensibilidad del nivel de burbuja: 18" / 2 mm.

Sensibilidad del nivel esférico: 8'.

Precisión de calado de burbuja: $\pm 0.4''$.

Error medio kilométrico: ± 2 km (Müller, 1940).

Materiales: acero, latón, y vidrio.

Lacado en verde (liso en la base y rugoso en el bloque anteojo-nivel).

Altura: 135 mm.

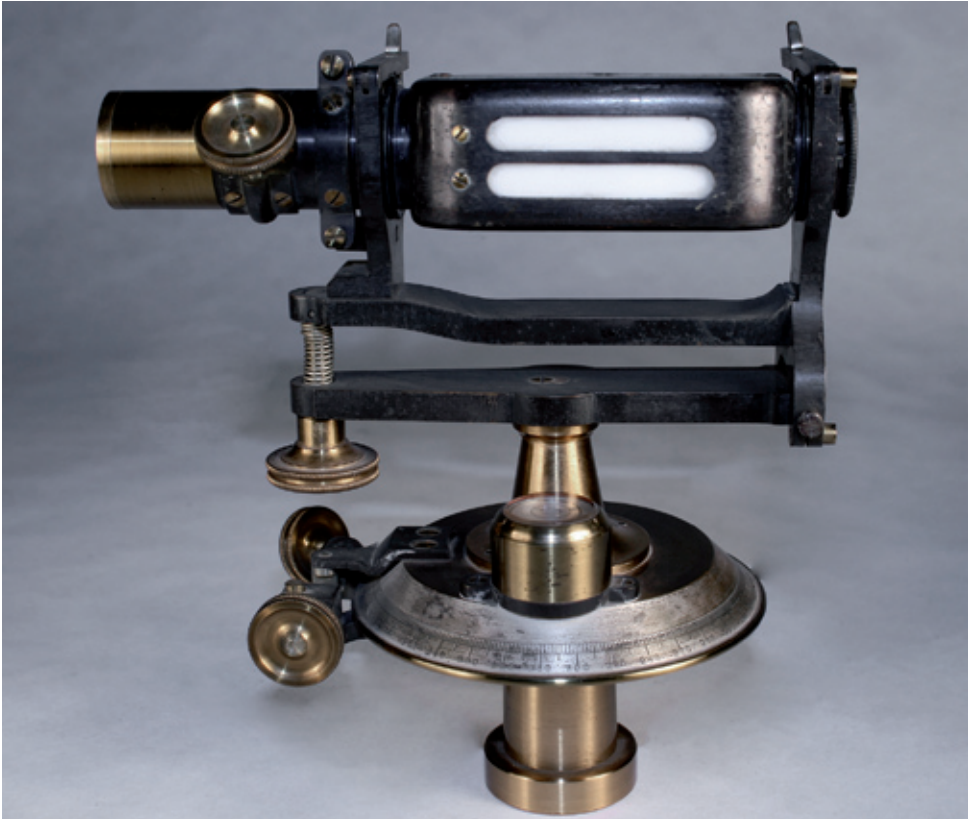
Peso: 1.9 kg (estuche: 1,8 kg; trípode: 4.1 kg).

Trípode: de meseta Kern.

Observaciones

A través del anteojo se observa el nivel de coincidencia, o de burbuja partida. Sustentación con trípode de meseta.

Se empleaba en trabajos de nivelación, en obras públicas principalmente.



III-2-13 NIVEL DE LÍNEA REVERSIBLE

Tipo: WAGNER.

Fabricante: Ludwig Tesdorft. Stuttgart (Alemania).

Diseñador: ¿Ludwig Tesdorft?.

Año: hacia 1920.

Nº de serie: 2.569.

Nº de inventario: 52 (nº de chapa), etiqueta nº 3.

Longitud del anteojo: 120 mm (123 en inventario).

Aumento del anteojo: x 10.

Diámetro del objetivo: 15 mm.

Diámetro del limbo horizontal: 75 mm (62 en inventario); dividido en grados; lectura directa 2'.

Graduación: sexagesimal.

Nivel esférico: Sobre el limbo.

Materiales: acero, latón lacado en negro, plata y vidrio.

Altura: 130 mm.

Trípode: de espiga o de chuzo.

Observaciones

A través del anteojo se observa la burbuja del nivel. Sustentación con trípode de espiga o con chuzo. Se empleaba en trabajos de nivelación, en obras públicas principalmente y gracias al limbo, en pequeños levantamientos de terreno llano.



III-2-14 NIVEL DE LÍNEA REVERSIBLE

Tipo: KERN.

Fabricante: Amado Laguna. Zaragoza.

Diseñador: Amado Laguna de Rins.

Año: hacia 1915.

Nº de serie: 605.

Nº de inventario: 45 (nº de chapa).

Longitud del anteojo: 440 mm (420 al retículo).

Aumento del anteojo: x 30 (según el catálogo de la Casa de 1921). En el inventario figura x 25.

Diámetro del objetivo: 42.5 mm. Focal, 430 mm.

Brújula: de 93 mm de diámetro dividida en intervalos de 30'. Longitud de la aguja, 90 mm.

Sensibilidad del nivel tórico: 17"/ 2 mm, longitud: 220 mm.

Longitud del nivel tórico: 203 mm.

Materiales: acero, aluminio, latón lacado en negro y vidrio.

Altura: 270 mm.

Peso: 12 kg (aparato y estuche), trípode, 5,7 kg.

Medidas del estuche: 500 x 305 x 210 mm.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Podría corresponder al nº 16 del catálogo de 1921. Anteojo reversible solidario del nivel. Sustentación con trípode de meseta.

Se utilizaba para trabajos de obras públicas y en general para todo tipo de levantamientos altimétricos y gracias a la brújula, en pequeños trabajos de planimetría cuando el terreno es llano.



III-2-15 NIVEL DE PLANO REVERSIBLE

Tipo: KERN.

Fabricante: Linghe in Freiberg. Último cuarto del siglo XIX.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 46 (nº de chapa), etiqueta nº 6.

Longitud del anteojo: 360 mm (345 al retículo).

Aumento del anteojo: x15.

Diámetro del objetivo: 35 mm.

Diámetro del limbo horizontal: 110 mm. Dividido en intervalos de 15', lectura directa con nonio doble de 1' (15'-0-15').

Graduación: sexagesimal.

Materiales: acero, hierro, latón empavonado y vidrio.

Longitud del nivel tórico: 160 mm.

Nivel esférico: Centrado en el eje vertical.

Altura: 350 mm.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Se trata de un nivel del tercer grupo (Dominguez-Tejero) de anteojo y nivel independientemente reversibles. Sustentación con trípode de meseta.

Se utilizaba para trabajos de obras públicas (ffcc) y en general para todo tipo de levantamientos alimétricos y, gracias al limbo acimutal, en pequeños levantamientos de terreno llano.



III-2-16 NIVEL DE LINEA REVERSIBLE

Tipo: WAGNER.

Fabricante: Sartorius. Gottinga.

Diseñador: ¿Wagner?.

Año: entre 1920 y 1930.

Nº de serie: 1.094.

Nº de inventario: 183 (nº de chapa), etiqueta cartón nº 24.

Longitud del anteojo: 190 mm (195 mm según inventario).

Aumento del anteojo: x 18.

Diámetro del objetivo: 27 mm.

Sensibilidad del nivel tórico: $20''/2$ mm.

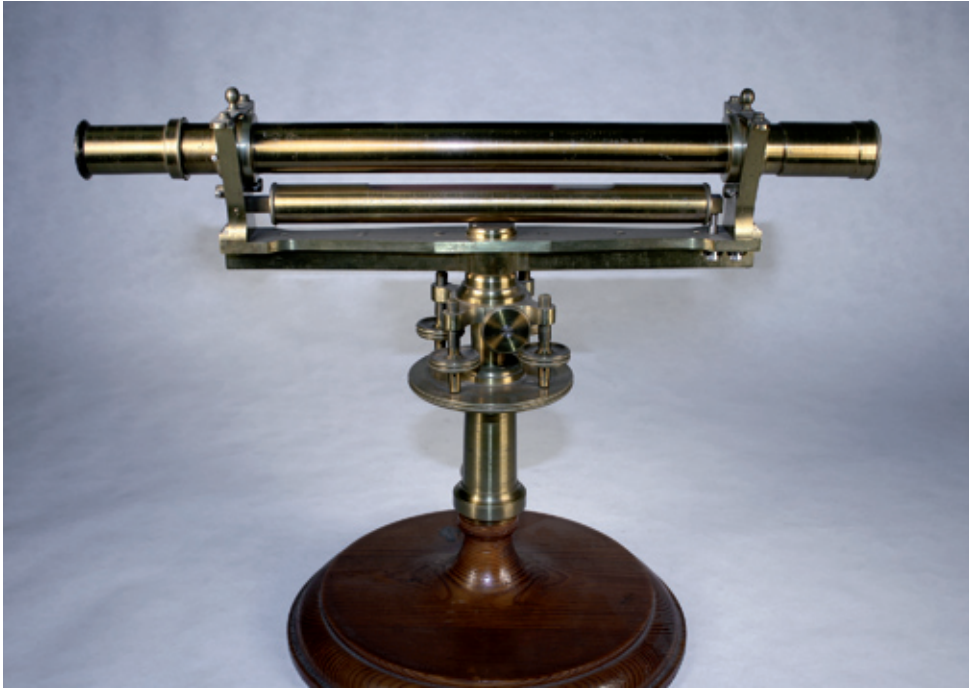
Materiales: acero, vidrio, aluminio y latón lacado en gris y negro.

Altura: 150 mm

Trípode: de meseta.

Observaciones

Sustentación con trípode de meseta. Estos niveles tienen la particularidad de poder centrar la burbuja del nivel tórico (que es reversible y está situado en el ensanchamiento del anteojo) al mismo tiempo que se hace la puntería en la mira sin modificar la posición del ojo, mediante un sistema óptico apropiado. Es decir, a través del ocular se observan, simultáneamente, el retículo, la burbuja (lateralmente) y las divisiones de la mira. Se utilizaba en nivelaciones de precisión, en trabajos de obras públicas y en general para todo tipo de levantamientos altimétricos.



III-2-17 NIVEL DE PLANO

Tipo: Egault.

Fabricante: desconocido.

Año: mediados del siglo XIX.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 54 (nº de chapa).

Longitud del anteojo: 345 mm (303 mm al retículo).

Aumento del anteojo: x 6.

Diámetro del objetivo: 21 mm.

Materiales: latón y vidrio.

Altura: 190 mm.

Trípode: de espiga o chuzo.

Observaciones

Plataforma con cuatro tornillos nivelantes. Al tener el nivel desligado del anteojo, Domínguez Tejero los incluye en el grupo de niveles de plano del “primer grupo”: con anteojo reversible y nivel fijo. Sustentación con trípode de espiga o con chuzo. Domínguez Tejero dice que el Método de Egault servía para compensar los errores sistemáticos, cuando no nivelamos por el método del punto medio, consistía en hacer dos lecturas de mira girando 180° el anteojo alrededor de los collares, con lo que se corregirá la falta de coincidencia del eje de colimación con el eje geométrico. Invertiendo después el anteojo en la posición de los collares y girando el instrumento 180° se obtendrán otras dos nuevas lecturas. El promedio general corregirá a su vez la falta de horizontalidad, siempre que los collares fueran iguales.

Se utilizaba para trabajos de obras públicas (ffcc) y en general para todo tipo de levantamientos altimétricos.



III-2-18 NIVEL DE PLANO

Tipo: Egault.

Fabricante: desconocido.

Año: mediados del siglo XIX.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 55 (nº de chapa).

Longitud del anteojo: 320 mm (280 mm al retículo).

Aumento del anteojo: x 6.

Diámetro del objetivo: 23 mm.

Longitud del nivel tórico: 160 mm.

Materiales: latón y vidrio.

Altura: 140 mm.

Trípode: de espiga o chuzo.

Observaciones

Sustentación con trípode (de espiga) o chuzo, unión de tipo rótula o nuez. Al tener el nivel desligado del anteojo, Domínguez Tejero los incluye en el grupo de niveles de plano del “primer grupo”: con anteojo reversible y nivel fijo.

Se utilizaba para trabajos de obras públicas (ffcc) y en general para todo tipo de levantamientos altimétricos.



III-2-19 NIVEL DE PLANO

Fabricante: Troughton & Simms. London (GB).

Año: anterior a 1922 (año en que se fusiona con Cook y pasa a denominarse Cook, Troughton & Simms).

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 18 (nº de chapa).

Longitud del anteojo: 335 mm (300 al retículo).

Aumento del anteojo: x 20.

Diámetro del objetivo: 35 mm.

Longitud del nivel tórico: 140 mm.

Materiales: acero, latón empavonado y vidrio.

Altura: 190 mm.

Trípode: Troughton.

Observaciones

Sustentación con trípode de meseta. En el inventario de 1925-30 no aparece ningún nivel con ese número de chapa. En el inventario corto figura con el nº 18, sustituyendo a un taquímetro Clepe concéntrico tachado. Allí se dice también que procede de una donación.

Al tratarse de un nivel de plano de anteojo reversible y nivel fijo, pertenecería al Primer grupo según la clasificación de Domínguez Tejero.

Se utilizaba para trabajos de obras públicas (ffcc) y en general para todo tipo de levantamientos altimétricos.



III-2-20 NIVEL DE LÍNEA REVERSIBLE

Modelo: N II.

Fabricante: Wild. Heerbrugg. Suiza.

Año: los dos ejemplares están fabricados entre los años 1965 y 1969. Adquiridos en 1967.

Nº de serie: 136.066 y 136.152.

Nº de inventario: nº de caja 4 y 5 (carecen de chapa).

Longitud del anteojo: 190 mm.

Aumento del anteojo: x 24.

Diámetro del objetivo: 45 mm.

Luminosidad: 2,04 (Müller, 1940).

Campo visual del anteojo: 28 m / 1000 m.

Distancia mínima de enfoque: 1,65 m.

Sensibilidad del nivel tórico: 30" / 2 mm.

Precisión de la visual respecto a la horizontal: 0,75".

Precisión desviación típica para 1 km de nivelación doble: ± 2 mm.

Materiales: acero, latón lacado en verde y vidrio.

Altura: 150 mm.

Peso: 2,2 kg (+2.6 kg de la campana de embalaje en acero).

Trípode: de Wild.

Observaciones

Sustentación con trípode de meseta. En el Compendio de Topografía de Roberto Müller (edición argentina en 4 tomos, de 1940) aparece en un anuncio de Wild, al final del tomo III, un nivel que bien puede ser el modelo primitivo de este nivel, con la denominación de Nivel II.

Se anunciaba como nivel óptimo para trabajos de ingeniería y construcción y nivelaciones en general



III-2-21 NIVEL DE LÍNEA REVERSIBLE

Modelo: NK 2.

Fabricante: Wild. Heerbrugg. Suiza.

Diseñador: H. Wild

Nº de serie: 12.134 (1942), 52.384 (1955), 71.317 (1957-59), 71.338 (1957-59), 71.373 (1957-59).

Nº de inventario: nº de caja: 3 (chapa 208), 7, 6, 1 y 2 (carecen de chapa).

Longitud del anteojo: 196 mm.

Aumento del anteojo: x 24.

Diámetro del objetivo: 45 mm

Campo de visión: 28 m / 1000 m.

Luminosidad del objetivo: 2,04 (Müller. 1940).

Campo visual del anteojo: 28 m/1000 m.

Distancia mínima de enfoque: 1,65 m.

Diámetro del limbo horizontal: 80 mm; dividido en intervalos de 1°; lectura directa con el micrómetro de 10', apreciándose 2.5.

Graduación: sexagesimal.

Sensibilidad del nivel de burbuja: 30" / 2 mm.

Precisión de la visual respecto de la horizontal: 0.75".

Desviación típica en mm por km en nivelada de ida y vuelta: ±2 mm.

Materiales: acero, latón lacado en verde y vidrio.

Altura: 150 mm.

Peso: 2.8 kg (+2.6 kg de la campana de embalaje en acero).

Trípode: Wild.

Observaciones

Sustentación con trípode de meseta. En el *Compendio de Topografía* de Roberto Müller (edición argentina en 4 tomos, de 1940) aparece en un anuncio de Wild, al final del tomo III, un nivel que bien puede ser el modelo primitivo de este nivel, con la denominación de Nivel II.

Se anunciaba como nivel óptimo para trabajos de ingeniería y construcción y nivelaciones en general; con el limbo horizontal se pueden aplicar también a hacer planimetría.



III-2-22 NIVEL AUTOMÁTICO

Modelo: Ni 2.

Fabricante: Carl Zeiss. Oberkochen (Alemania Occ.).

Año: hacia 1960. Adquirido en 1967.

Nº de serie: 52.619.

Nº de inventario: no tiene (tampoco tiene chapa).

Longitud del anteojo: 270 mm.

Aumento del anteojo: x 32.

Diámetro del objetivo: 40 mm.

Campo visual: 1,5° ó 23 m/ 1000 m.

Distancia mínima de enfoque: 3.3 m (con lente adicional de enfoque: 1.8 m).

Precisión: Con mira de cm: entre ± 1.5 y ± 2.5 mm \sqrt{k} ; con mira Invar de 5 mm entre ± 0.5 y 0.8 mm \sqrt{k} . (Error medio resultante del valor medio de las nivelaciones de ida y vuelta).

Sensibilidad del nivel esférico: 15' / 2 mm.

Materiales: acero, latón lacado en gris perla y vidrio.

Altura: 130 mm.

Medidas del estuche: 33 x 16 x 18 cm.

Peso: 5.6 kg con estuche (10.8 kg incluyendo trípode).

Trípode: Zeiss.

Observaciones

Sustentación con trípode de meseta. Fue el primer nivel automático producido en serie y comercialmente disponible, comenzando su fabricación hacia 1950 en Alemania occidental. Por la acción de un péndulo compensador de espejos se puede prescindir de nivel tórico. Con solo calar el nivel esférico queda nivelado el instrumento ya que el compensador se ocupa de mantener horizontal la visual. Para trabajos de ingeniería y construcción y nivelaciones en general.



III-2-23 NIVEL DE LÍNEA REVERSIBLE BIAxIAL

Modelo: Tipo I.

Fabricante: Carl Zeiss. Jena. D.R.P.-D.R.G.M. (Alemania).

Diseño: ¿H. Wild?.

Año: hacia 1925-1930.

Nº de serie: 592.

Nº de inventario: 42 (nº de chapa).

Longitud del anteojo: 200 mm.

Aumento del anteojo: x 20.

Diámetro del objetivo: 27 mm.

Luminosidad: 1,79 (Müller, 1940).

Nivel tórico: de 95 mm de longitud con el cristal del espejo roto.

Sensibilidad del nivel: $25''/2$ mm. Burbuja partida visible a través de un pequeño prisma.

Materiales: acero, latón lacado en blanco y negro, y vidrio.

Altura: 170 mm.

Trípode: Zeiss especial.

Observaciones

Sustentación con trípode especial. Plataforma nivelante muy pequeña con tres tornillos. Al ser biaxial se puede mirar indistintamente por los dos extremos del anteojo con solo sacar el ocular principal y colocar el de corrección ante el objetivo principal (ver Muller, T III, págs. 111-112). Se llevó a limpiar y repasar en 1947.

Para trabajos de ingeniería de construcción y nivelaciones en general.



III-2-24 NIVEL DE LÍNEA REVERSIBLE

Modelo: Tipo II.

Fabricante: Carl Zeiss. Jena. D.R.P.-D.R.G.M. (Alemania).

Diseñado: ¿H. Wild?.

Año: adquirido por la Escuela en 1924 (según inventario).

Nº de serie: 5.467.

Nº de inventario: 146 (nº de chapa) y etiqueta nº 31.

Longitud del anteojo: 285 mm.

Aumento del anteojo: x 28 (en el inventario) y x 31 en un catálogo brasileño de época.

Distancia mínima de enfoque: 2.5 m.

Sensibilidad del nivel tórico: $15''/2$ mm. Burbuja partida visible a través de un pequeño prisma.

Materiales: acero, latón lacado en blanco y negro, y vidrio.

Altura: 190 mm (165 mm en catálogo brasileiro).

Peso: 2.5 kg; estuche: 3 kg; trípode 4.5 kg.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Para trabajos de ingeniería, construcción y nivelaciones en general.



III-2-25 NIVEL DE LÍNEA REVERSIBLE

Modelo: Tipo IIa.

Fabricante: Carl Zeiss. Jena. D.R.P.-D.R.G.H. (Alemania).

Año: hacia 1930. ¿Adquirido por la Escuela en 1941?

Nº de serie: 27.875.

Nº de inventario: 198 (nº de chapa). Etiqueta nº 26.

Longitud del anteojo: 210 mm.

Aumento del anteojo: x 28.

Diámetro del objetivo: 35 mm.

Sensibilidad del nivel tórico: 15" / 2 mm.

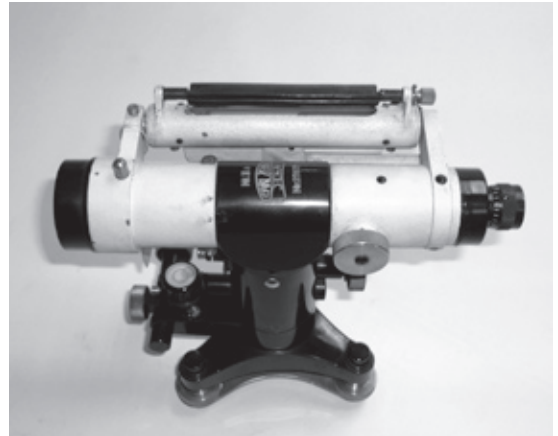
Longitud del nivel: 105 mm.

Precisión en el calado de la burbuja: 0,5" (1/40º de la sensibilidad, que es 20").

Materiales: acero, latón lacado en blanco y negro, y vidrio.

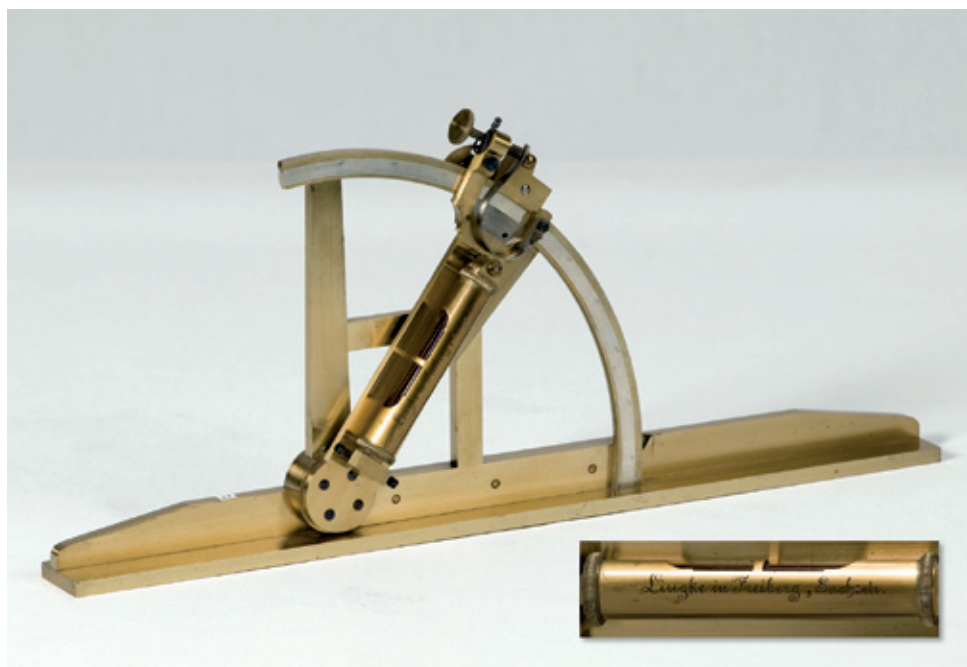
Altura: 175 mm.

Trípode: Zeiss.



Observaciones

Sustentación con trípode de meseta. El espejo del nivel tórico reversible está roto. Probablemente fue el adquirido de ocasión a la casa Castañón y Cía., por la Escuela en 1941, junto al teodolito Th IV. Para trabajos de ingeniería, construcción y nivelaciones en general.



III-2-26 CLINÓMETRO

Fabricante: Linghe in Freiberg, Saschsen.

Año: hacia 1830 (según el catálogo de Instrumentos Históricos del IGN).

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 64 (no tiene chapa).

Graduación: sexagesimal.

Longitud: 395 mm.

Diámetro del limbo vertical: 26 mm (cuadrante); dividido en intervalos de 20' y con nonio que permite la lectura directa de 1' (0'-20').

Longitud del nivel tórico: 8 cm.

Materiales: latón, plata y vidrio.

Altura: 170 mm.

Longitud regleta: 395 mm.

Anchura regleta: 31 mm.

Observaciones

Instrumento para medir el ángulo de inclinación de una superficie, adosándolo a ella y girando el nivel hasta calar la burbuja. Utilizado principalmente en el ámbito militar.



III-2-27 NIVEL-CLISÍMETRO (DE PÍNULAS)

Fabricante: Buron. Paris.

Año: ¿Primera mitad del siglo XIX?.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: no tiene chapa, pero en un inventario de la Escuela figura con el nº 51.

Distancia entre pínulas: 325 mm.

Altura de pínulas: 50 y 130 mm; esta última con visor deslizante graduado en toesas (entre 0 y 25), y en metros (entre 0 y 32).

Nivel tórico: de 150 mm de longitud.

Materiales: latón y vidrio.

Altura: 190 mm (la parte metálica).

Trípode: de espiga o con chuzo.

Observaciones

Para medidas de pendientes y nivelaciones en general.



III-2-28 CLISÍMETRO DE ESPEJOS

También conocidos como Nivel de espejos, o Nivel de reflexión de Burel.

Fabricante: H. Morin. Ateliers H. Morin & Gensse. B^{te} s.g.d.g. 3 rue Boursault. París.

Diseñador: Burel.

Año: hacia 1900.

Nº de inventario: ¿68 ó 89? (escrito a tinta sobre la tapa).

Altura: 90 mm.

Diámetro: 38 mm.

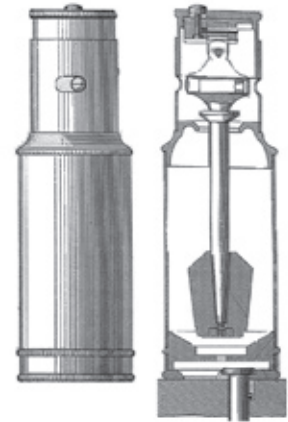
Materiales: latón niquelado y vidrio.

Observaciones

Sustentación manual. Consta de un tubo de latón, de cuya tapa pende un espejo con una masa metálica pesada que le obliga a tomar la posición vertical. El fondo del tubo es movable, permitiéndole tropezar con la masa pesada para inmovilizarla en el transporte. El espejo es visible desde el exterior por una ventana abierta en el tubo. El inconveniente es la dificultad para acomodar simultáneamente la vista a la mira, relativamente lejana, y a la imagen de la pupila en el espejo, mucho más próxima.

Está basado en el hecho de que la recta que une un punto con su imagen, en un espejo plano, es perpendicular a este.

Para medidas de pendientes del terreno y nivelación expedita.



III-2-29 NIVEL CON COLIMADOR DE PENDIENTES

También conocido como Colimador de Perpendicular.

Pertenece al grupo de niveles de péndulo.

Fabricante: H. Morin, 11 rue Dulong. París.

Diseñador: Goulier.

Año: aparece uno semejante en un grabado de la Geometría Aplicada de Salmoiraghi de 1909 (pág. 659).

Materiales: acero, latón niquelado, plomo y vidrio.

Diámetros superior y medio: 36 y 45 mm.

Altura total: 200 mm cerrado (pie de 70 mm).

Trípode: de espiga o chuzo.

Observaciones

Se trata de un instrumento de bolsillo muy utilizado por la Artillería y los Ingenieros militares. Consiste en un péndulo atravesado por un colimador que fija ópticamente un plano horizontal, en otras palabras, se obtiene la visual horizontal por medio de un diminuto antejo fijo al perpendicular. Permite nivelar con más precisión que con nivel de agua, porque el ojo no está sometido a esfuerzos de ajuste.

Consiste en tubo de latón de cuya tapa se suspende una masa pesada unida a un tubito, o colimador, que queda horizontal entre dos ventanas del tubo exterior. Lleva en un extremo una lente y en el otro un vidrio deslustrado con un hilo horizontal situado en el foco, por lo que al mirarle, a través de la lente, se desplaza su imagen virtual, consiguiendo verla a 30 m de distancia superpuesta a la mira. Para medidas de pendientes del terreno y nivelación expedita.



III-2-30 NIVEL DE PENDIENTES CHÉZY

También conocido como CLISÍMETRO DE PÍNULAS.

Fabricante: Ladois Frères Fabr. À Paris. Distribuidor en Madrid Antolín Ortega.

Año: finales del siglo XIX.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: no tiene chapa y no figura en el inventario (Hay uno de esta marca en el inventario con el nº 50, pero es de anteojo).

Distancia entre pínulas: 320 mm.

Diámetro del limbo horizontal: 116 mm; dividido en tramos de 30'; con lectura directa de 1' en el nonio.

Graduación: sexagesimal del limbo.

Diámetro de la brújula: 70 mm, dividida en grados; longitud de la aguja: 60 mm.

Escalas de pendientes: de 0 a 24 toesas y de 0 a 34 en metros

Nivel tórico: de 190 mm de largo.

Materiales: acero, hierro, aluminio, plata, latón empavonado y vidrio.

Altura: máxima 240 mm (a la brújula: 140 mm).

Trípode: de meseta.

Observaciones

Hay apoyos laterales para colocar un anteojo (desaparecido) junto a las escalas verticales de la alidada. Para medidas de pendientes del terreno y nivelación expedita.



III-2-31 NIVEL DE PENDIENTES

También llamado Clisímetro de anteojo.

Fabricante: Amado Laguna. Zaragoza.

Diseñador: ¿Amado Laguna?

Año: hacia 1915.

Nº de serie: 673.

Nº de inventario: 49 (nº de chapa).

Longitud del anteojo: 383 mm (360 al retículo).

Aumento del anteojo: x 25.

Diámetro del objetivo: 35 mm.

Diámetro del limbo horizontal: 145 mm; dividido en tramos de 30', con lectura directa en nonio de 1'.

Graduación: sexagesimal.

Diámetro de la brújula: 103 mm (total), con aguja de 82 mm de longitud. Dividida en grados.

Distancia entre apoyos del anteojo: 235 mm.

Altura de apoyos sobre limbo acimutal: 200 y 140 mm.

Graduaciones del clisímetro: de 0 a 38 metros y de 0 a 30 toesas.

Nivel: tórico de 150 mm de longitud.

Materiales: acero, latón lacado en negro, plata y vidrio.

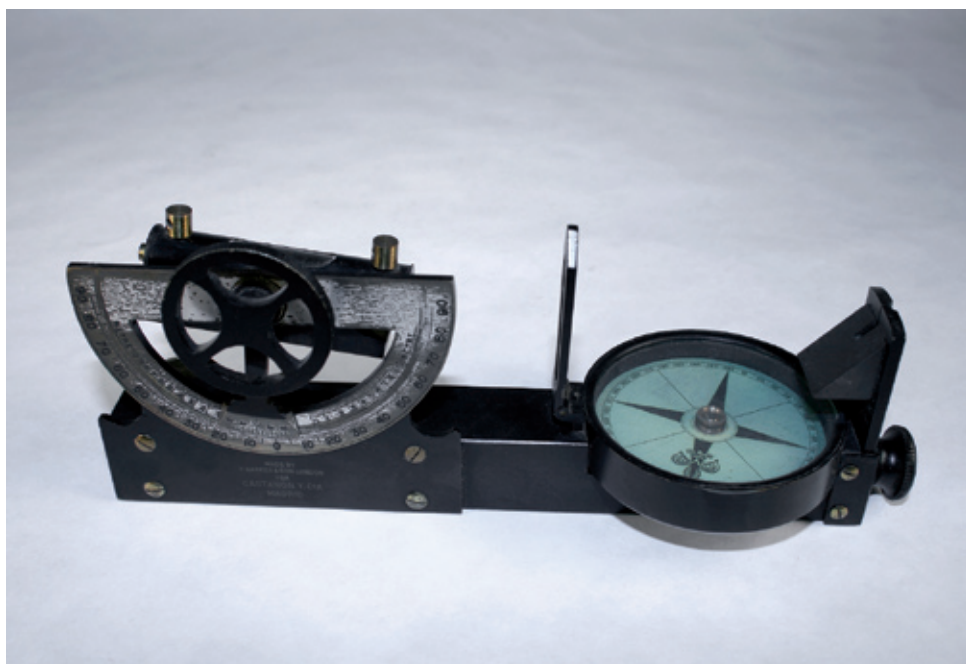
Altura máxima: 390 mm.

Trípode: de meseta.

Observaciones

En la fotografía, el anteojo está puesto al revés (el ocular debe estar apoyado en la escala vertical más alta).

Para medidas de pendientes del terreno y trabajos de nivelación.



III-2-32 NIVEL ECLIMETRO DE ABNEY

Fabricado: F. Barquer & Son. London para Castañón y Cía. Madrid.

Nº de chapa: 121.

Nº de inventario: 30.

Longitud del antejo: 170 mm. Sección cuadrada de 15 mm de lado.

Diámetro del limbo-semicírculo vertical: 80 mm. Dividido en grados sexagesimales que representan ángulos de pendiente (90° - 0° - 90°) y en metros (con dos escalas de 0 a 10 a ambos lados coincidentes con las angulares).

Diámetro de la brújula: 50 mm. No tiene aguja, gira el plato.

Materiales: latón lacado en negro mate, plata y vidrio.

Altura: 70 mm.

Observaciones

En el inventario figura como brújula de geólogo. Los eclímetros definen visuales inclinadas midiendo el ángulo que forman con el horizonte o con la vertical. Permite medir el ángulo de pendiente de la línea de colimación en grados y minutos o su pendiente en %, para lo cual dispone de un nivel de burbuja y gran curvatura para que pueda mantenerse centrada sujetando el instrumento a pulso, con una sola mano. Con la otra se puede actuar sobre el tornillo del semicírculo para fijar una determinada línea de pendiente



III-3-1 ANTEOJO DE PASOS REITERADOR

También llamado Circulo Cenital y Circulo Meridiano.

Fabricante: Cooke, Troughton & Simms Ltd. London & York (GB).

Fecha construcción: hacia 1923. Adquirido en 1924.

Nº de serie: 23.067.

Nº de inventario: 137.

Graduación: sexagesimal.

Diámetro del objetivo: 50 mm.

Longitud del anteojo: 430 mm. (400 al retículo).

Anteojo: de 25 aumentos con retículo de tres hilos horizontales fijos, y 5 fijos y 1 móvil verticales.

Diámetro del limbo vertical: 210 mm; dividido en tramos de 5'; leyéndose hasta 1" con los micrómetros.

Materiales: acero, hierro, latón, plata y vidrio.

Altura: 385 mm.

Observaciones

Tiene accesorios de observación nocturna. Este tipo de instrumentos servían para determinar una de las coordenadas ecuatoriales de los astros, llamada declinación, que es la distancia angular de un astro al ecuador celeste, medida sobre su horario, o el ángulo que forma la visual a una estrella con el plano de ecuador. Solían estar fijos en los observatorios (aunque este modelo es portátil), de modo que, al cabecear el anteojo, este describa el plano del meridiano del lugar. Con esta coordenada se puede conocer el estado absoluto o la marcha de un reloj o de un péndulo astronómico.



III-3-2 ASTROLABIO DE PRISMA

Fabricante: SOM (Societè d'Optique et Mecanique de Hte.Precision. 125 Bd. Davont París).

Diseñador: Claude Driencourt.

Fecha construcción: hacia 1902. Adquirido en 1923.

Nº de serie: 13.

Nº de inventario: 136.

Graduación: sexagesimal.

Prisma: 57 mm. Reticulo cuadrado (adquirido en 1923).

Longitud del anteojo: 500 mm.

Aumentos del anteojo: x 30 y x 80.

Diámetro del limbo horizontal: 225 mm, dividido en grados, con nonios que permiten apreciar 10' mediante un tornillo de coincidencia. Microscopios de lectura de 33 y 38 aumentos. Bajo el prisma está el soporte para el horizonte de mercurio.

Declinatoria: de 12 cm de longitud con escala de -15, 0 y +15 dividida en unidades.

Niveles: tórico y esférico

Materiales: latón lacado, acero y vidrio.

Dimensiones: 66 x 24 x 22 cm.

Observaciones

Con ellos se determinaban simultáneamente las coordenadas geográficas (latitud y longitud) del punto de estación de manera cómoda, rápida y precisa. Observando los pasos de estrellas en los instantes cuando alcanzan idéntica distancia cenital, que es cuando pasan por el mismo almicanarat.

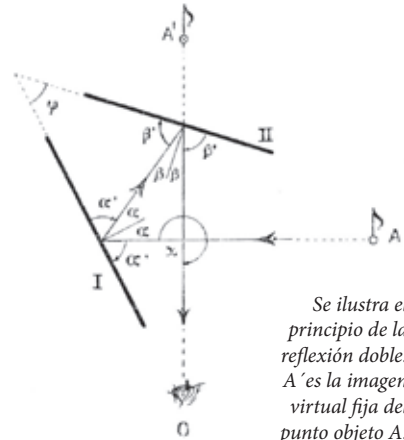
El aparato está formado por un anteojo (sobre trípode u otro tipo de soporte) que puede girar alrededor del eje vertical para medir ángulos acimutales. El objetivo del anteojo lleva un prisma equilátero acoplado, y bajo él, un recipiente con mercurio que actúa como horizonte artificial.



III-3-3 ESCUADRA DE ESPEJOS

También llamadas de reflexión y Escuadras de bolsillo.

- Fabricante:** Kern. Aarau. Suiza.
- Diseñador:** Adams.
- Año:** hacia 1920.
- Nº de inventario:** 67.
- Angulo entre visuales:** 90°
- Altura total:** 105 mm (45 mm la caja de espejos).
- Materiales:** latón, hierro y vidrio.
- Dimensiones estuche:** 75 x 65 x 80 mm.



Se ilustra el principio de la reflexión doble. A' es la imagen virtual fija del punto objeto A.

Observaciones

Sirve para trazar perpendiculares desde un punto a una alineación dada. Se trata de un modelo evolucionado de la escuadra de agrimensor, constituida por dos espejos montados en una armadura metálica, formando entre sí un ángulo de 45°, rectificable mediante un tornillo; la armadura iba abierta por delante y encima de cada espejo se abría una ventana. Se basa en el principio de la doble reflexión de espejos planos, según el cual, si un rayo luminoso se refleja en dos espejos, permaneciendo en un plano perpendicular a ambos, el ángulo formado por el primer rayo y el último reflejado era doble del que formaban los espejos entre sí, con lo que las visuales dirigidas a los puntos forman un ángulo recto. Ventanas superiores huecas, espejos en la parte inferior en ángulo. Dispone de una pequeña plomada.



III-3-4 ESCUADRAS DE AGRIMENSOR (2)

De sección horizontal octogonal, con brújula de esfera negra en la parte superior

Fabricante: desconocido. Hacia 1920.

Nº de inventario: 65 y 124.

Graduación: sexagesimal.

Diámetros de los limbos: 65 y 55 mm, ambos divididos en grados.

Longitud de las agujas: 50 mm y 45 mm.

Materiales: latón lacado en negro, hierro, vidrio y aluminio.

Alturas totales: 180 y 155 mm. Altura de los vástagos de sujeción o de anclaje del chuzo: 80 y 65 mm.

Observaciones

Instrumento muy conocido, dicen que era usado ya por los romanos. Son goniómetros de ángulo fijo y pueden ser de forma cilíndrica, cónica o esférica y se sección poligonal, como en nuestro caso, se utilizan para trazar de perpendiculares y también alineaciones a 45°, mientras que con la brújula leemos su rumbo sobre el terreno. La parte inferior va unida a una pieza hueca de forma troncocónica que permite ensamblarla a un chuzo o a un trípode de espiga que se estaciona verticalmente en el punto del terreno que sea el pie de la perpendicular a trazar. En el centro de cada cara lleva una rendija que se corresponde diametralmente con otra, o con una ventana, atravesada por una cerda metálica vertical, en la cara opuesta, llamadas meridianos. Constituyendo así cuatro sistemas de pínulas, perpendiculares dos a dos, y formando ángulos de 45° dos sistemas consecutivos.



III-3-5 GRAFÓMETRO DE ANTEOJOS

Fabricante: desconocido. Siglo XIX (primera mitad).

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 62 (nº de chapa).

Graduación: sexagesimal.

Diámetro objetivo: 25 mm.

Longitud de anteojos: 355 mm (300 mm al retículo).

Aumentos de los anteojos: x 6

Diámetro limbo acimutal (semicircular): 180 mm; dividido en tramos de 30'; lectura directa con el nonio (de 0-30'): 1'.

Diámetro brújula: 60 mm. Longitud de la aguja, 40 mm.

Material: latón, aluminio hierro y vidrio.

Altura: 330 mm.

Trípode: de espiga o chuzo.

Observaciones

Sin limbo cenital. Dispone de un nivel tubular.

Para todo tipo de levantamientos topográficos, dentro de sus posibilidades técnicas.



III-3-6 GRAFÓMETRO DE ANTEOJOS

Fabricante: Grasselli y Zambra. Ópticos de S.M. Madrid.

Año: finales del S. XIX.

Nº de serie: no se aprecia

Nº de inventario: 61 (nº de etiqueta).

Graduación: sexagesimal.

Diámetro objetivo: 25 mm.

Longitud de los anteojos: 285 mm (270 al retículo).

Aumentos de los anteojos: x 20.

Diámetro limbo acimutal: 197 mm; dividido en tramos de 30'; leyéndose directamente con el nonio 1'.

Diámetro del limbo vertical: 100 mm, en forma de sector circular graduado 70°-0°-70° pero la lectura no puede sobrepasar de 25°-0°-25°, pues choca el anteojo con el círculo acimutal, como se aprecia en la figura. Está dividido en tramos de 30'; Lectura directa con el nonio: 1'.

Diámetro brújula: 55 mm. Longitud de la aguja: 45 mm

Materiales: latón (esmaltado o lacado en negro), aluminio, y vidrio.

Altura: 220 mm. Dispone de un nivel tubular y plataforma nivelante.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Se trata de un grafómetro en el que se han sustituido las pínulas por anteojos, uno de los cuales, situado sobre el círculo graduado, nos permite leer también ángulos verticales, el otro está situado bajo él. Para todo tipo de levantamientos topográficos dentro de sus posibilidades.



III-3-7 GRAFÓMETRO DE PÍNULAS

Fabricante: Graselli & Zambra. Ópticos en Madrid.

Año: mediados del S. XIX.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 63 (no tiene chapa).

Graduación: sexagesimal.

Diámetro del limbo acimutal: 160 mm (semicírculo graduado de 0° a 180°; dividido en tramos de 30'; leyéndose directamente 1' con el nonio (graduado de 0'a 30')).

Diámetro de la brújula: 65 mm. Longitud de la aguja: 35 mm

Distancia entre pínulas: 200 mm (136 mm entre las de los nonios).

Materiales: latón, aluminio y vidrio.

Altura: 185 mm.

Trípode: de espiga o chuzo.

Observaciones

No tiene nivel de burbuja. El limbo está reducido a un semicírculo cuyo diámetro lleva, en sus dos extremos, pínulas que determinan un plano visual fijo denominado línea de fe. Dispone además de otra alidada de pínulas provista de dos nonios, de 138 mm de diámetro, cuyos ceros deben estar en el plano visual definido por las pínulas. La graduación es doble, y la numeración está hecha en los dos sentidos; de igual modo, los dos nonios están numerados en sentido contrario.

El instrumento se apoya en una articulación de rótula y el limbo está dotado de un movimiento propio alrededor del eje vertical, que se puede bloquear con un tornillo de presión.

Después se perfeccionó dotándolo de limbo circular completo, niveles de burbuja, para colocarlo horizontal y en algunos tipos se les dotó de brújula.

Para todo tipo de levantamientos topográficos, dentro de sus posibilidades técnicas.



III-3-8 PANTÓMETRA 1

También conocidos como Goniastómetros y Escuadras Graduadas.

Fabricante: Gebr. Wichmann. Berlín.

Año: 1915.

Diámetro superior: 85 mm.

Altura total: 180 mm (pie de 65 mm).

Diámetro de la brújula: 84 mm. Dividida en intervalos de 1°. Longitud de la aguja: 66 mm.

Diámetro del limbo: 105 mm; dividido en tramos de 1°; lectura directa de 1' con el nonio (0-60')
Graduación sexagesimal.

Nivel esférico: embutido en el limbo de la brújula

Materiales: latón, aluminio, plata y vidrio.

Trípode: de espiga o mediante chuzo.

Observaciones

También llamadas en Italia escuadras graduadas, sirven para trazar perpendiculares, medir rumbos (si lleva brújula) y ángulos horizontales. Está firmada y datada en el interior: 15/8, 1915.

Inventado por Fouquier. Se trata de un cilindro dividido en dos partes: la inferior, que gira alrededor de su eje y tiene una ventana y una pínula diametralmente dispuestas, se une al trípode mediante una rótula, y presenta en la parte superior el limbo, en plata, dividido de derecha a izquierda, generalmente en grados, una hendidura corresponde al 0°, y una ventanilla con su cerda a la de 180°; constituyendo ambas la alidada fija, como en el grafómetro. La parte superior del cilindro gira alrededor del mismo eje que la inferior, e independientemente y es portadora del nonio, con una sensibilidad teórica de 2', del nivel y a veces, de una brújula. Otra alidada cuya hendidura corresponde al cero del nonio, sirve de alidada móvil, y dos hendiduras determinan un plano perpendicular al del colimación de esta última alidada.



III-3-9 PANTÓMETRA 2

Sin brújula.

Fabricante: desconocido. 1900-1920.

Nº de inventario: 22 (etiqueta de cartón con los números 34 (tachado) y 66 por el otro lado.

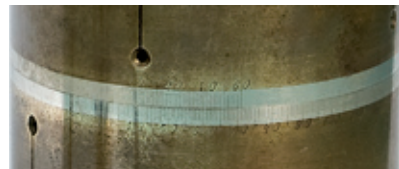
Diámetro del limbo: 60 mm; dividido en tramos de 1º, apremiándose con el nonio 1' (0-60').

Graduación: sexagesimal.

Altura total: 140 mm (pie de 55 mm).

Material: latón y plata.

Trípode: de espiga o mediante chuzo.



Observaciones

Instrumento de agrimensura que servía para medir ángulos horizontales y trazar perpendiculares mediante una serie de pínulas.



III-3-10 ALIDADA DE ANTEOJO PARA PLANCHETA

Fabricante: Victor Chevalier. Breveté. 168 rue Montmartre à Paris. Segunda mitad del siglo XIX.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 59 (sin chapa).

Longitud del anteojo: 370 mm.

Aumento del anteojo: x 6.

Diámetro del objetivo: 20 mm.

Longitud de la escala: 565 mm.

Anchura de la escala: 57 mm.

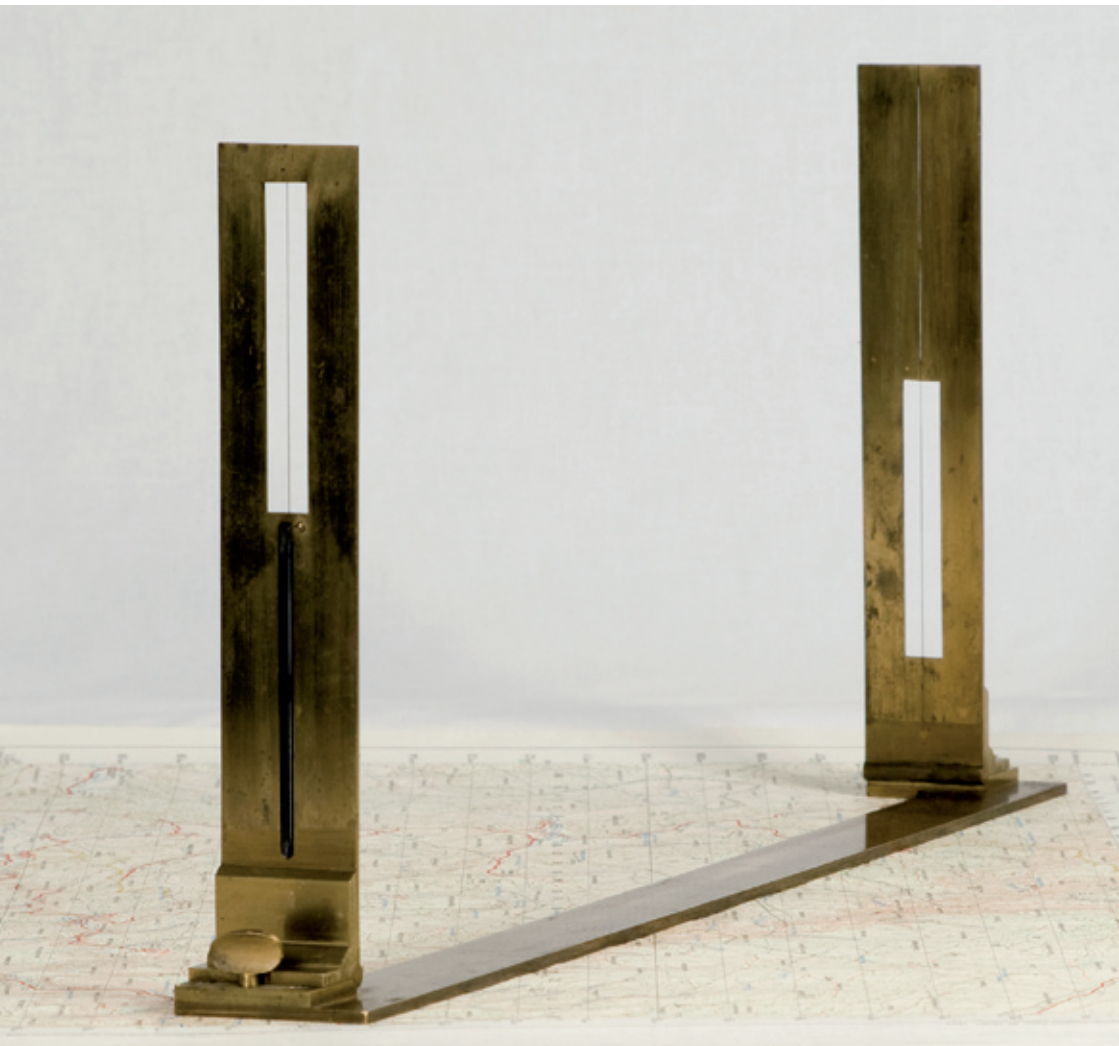
Materiales: latón y vidrio.

Altura: 170 mm (al eje del anteojo).

Observaciones

Con escala de transversales. Se desconoce el paradero del tablero y del trípode.

Las planchetas fueron instrumentos muy utilizados para hacer levantamientos topográficos hasta mediados del siglo XX. Estaban formadas por una alidada de anteojo con retículo de cruz, solidario de una regla metálica cuyo bisel era paralelo al eje de colimación del anteojo; la regla tenía un nivel tórico acoplado. El conjunto se colocaba sobre un tablero, cubierto con papel de dibujo, sobre el que se representaban gráficamente las visuales dirigidas a los puntos a levantar, a una determinada escala. Todo ello sustentado por un trípode. Para orientar el dibujo se solía emplear una declinatoria. Por lo general, las más antiguas, carecían de limbo cenital; a partir del siglo XX se las dotaron de estos elementos para determinar el desnivel. Los ejemplares más primitivos únicamente utilizaban una alidada de pínulas.



III-3-11 ALIDADA DE PÍNULAS PARA PLANCHETA

Fabricante: desconocido. Siglo XIX.

Nº de serie: no se observa.

Nº de inventario (nº de chapa): 60.

Distancia entre pínulas: 480 mm.

Altura de pínulas: 250 mm.

Longitud de la regla guía (con escala): 550 mm, con bisel de 300 mm, dividido en 6 tramos de 5 cm (50-0-100-200-300-400-500), el primero (o talón) es de tipo transversal.

Material: latón.

Observaciones

Se desconoce el paradero del tablero y del trípode.



III-3-12 PLANCHETA H. MORIN

También llamado taquígrafómetro.

Fabricante: Ateliers H. Morin & Gense. 3 rue Rousault á París. Hacia 1900.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 131 (nº de chapa).

Nº de etiqueta: 12.

Diámetro objetivo: 35 mm.

Longitud del antejo: 350 mm (330 al retículo).

Aumentos antejo: x 20.

Diámetro de la plataforma de dibujo: 280 mm.

Graduación: centesimal.

Diámetro limbo vertical: 150 mm; como el acimutal, dividido en tramos de 0,5 grados (en el canto) y apreciándose 1 minuto con el nonio.

Materiales: hierro, acero, latón empavonado y vidrio.

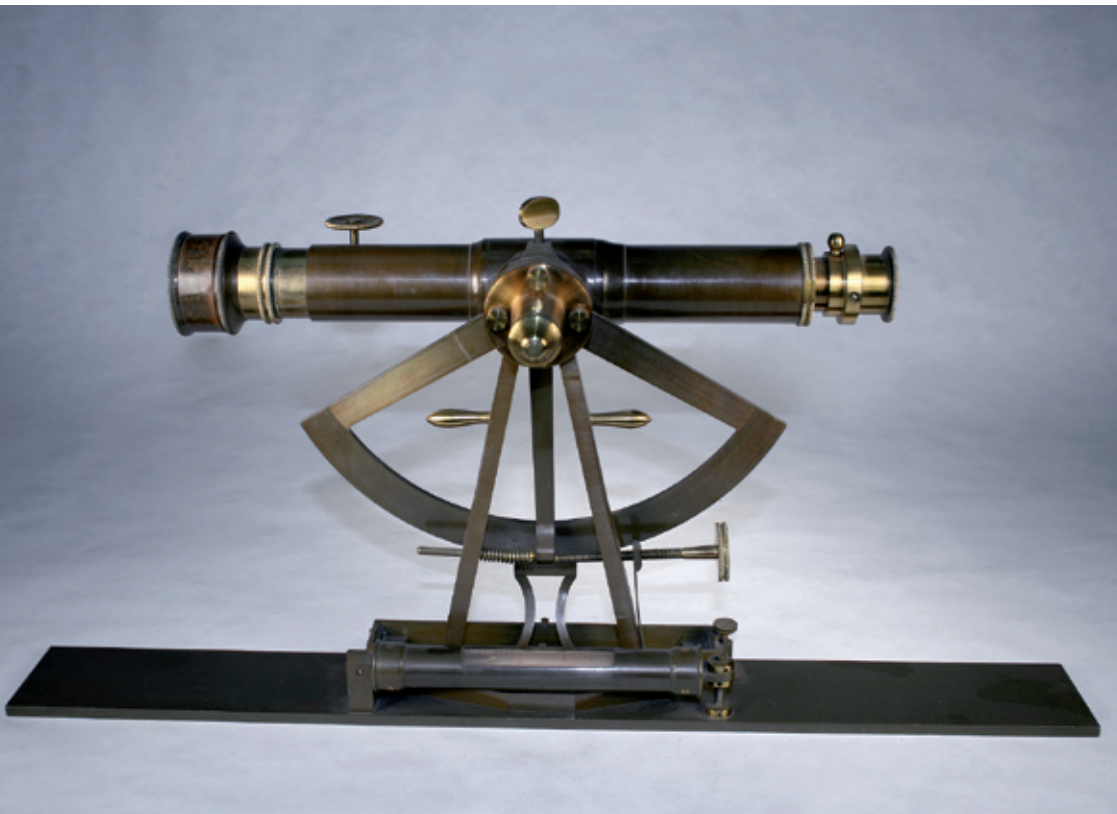
Altura: 450 mm.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Declinatoria con cristal roto.

Para levantamientos topográficos en general.



III-3-13 ALIDADA DE ANTEOJO PARA PLANCHETA

Fabricante: en el sector circular (o cuadrante vertical) de los ángulos verticales se lee, M. Recarte Madrid.

Año: entre 1910 y 1925 .

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: no tiene (nº de chapa).

Longitud del anteojo: 250 mm (225 mm al retículo).

Aumento del anteojo: ¿x 20?

Diámetro del objetivo: 28 mm.

Limbo vertical: sector circular de 110 mm de radio dividido en tramos de 0,5°; con lectura directa del nonio de 1'.

Graduación: sexagesimal.

Longitud de la regla guía: 417 mm (graduada).

Anchura regla: 55 mm.

Materiales: acero, latón, plata y vidrio.

Altura: 170 mm.

Observaciones

Se desconoce la ubicación de los otros elementos del equipo (tablero y trípode).
Para levantamientos topográficos en general.



III-3-14 SEXTANTE DE BOLSILLO (BOX SEXTANT)

Fabricante: L. Cassella (*). Maker to the Admiralty & Ordnance. London (GB).

Año: hacia 1850.

Nº de inventario: 9 (nº de chapa).

Longitud del anteojo: 70 mm.

Aumentos del anteojo: x 3.

Diámetro limbo: 45 mm. Dividido de 0° a 170° en intervalos de 30'. Lectura directa de 1' con nonio (graduado de 0' a 30').

Graduación: sexagesimal.

Diámetros: superior e inferior de la caja cilíndrica 70 y 77 mm.

Materiales: latón, acero, plata y vidrio.

Altura: 60 mm.

Observaciones

En topografía el sextante apenas se utilizaba. El que se presenta aquí es un modelo que los ingleses denominan *Box-sextant* que se empleaba para hacer mediciones expeditas y trabajos de reconocimiento. Trabaja con el mismo principio que el sextante normal, pero el mecanismo está encerrado en una caja cilíndrica de latón, de 3 pulgadas de diámetro. Comenzaron a fabricarse a finales del s. XVIII (1797). Alexander von Humboldt decía que lo utilizó con mucha frecuencia durante su viaje por América, determinando posiciones “en las sinuosidades de los ríos o tomando ángulos sin desmontar del caballo” (**).

(*) Luigi Pasquale Casella (1812-1897) fue uno más del grupo de fabricantes de instrumentos de precisión, de ascendencia italiana, instalados en la Inglaterra victoriana, donde fundó un negocio de fabricación de instrumentos físico-matemáticos. Fabricaban y vendían todo tipo de aparatos, principalmente barómetros, de los que hubo gran demanda. En 1848, L. Casella tenía una tienda en Londres, en el 23 de Hatton Garden, de allí se mudó al 147 de Holborn Bars en 1875. Trabajaron para el Admirantazgo británico, para el Gobierno de los EEUU y para la East India Company y la Cámara de Comercio hacia 1860.

(**) Ref: “Description of a New Pocket Box Sextant,” in *George Adams, Geometrical and Graphical Essays*, 2nd ed. by William Jones, (London, 1797), pp. 283-285.



III-3-15 TAQUÍMETRO AUTORREDUCTOR CHARNOT

También llamado Taquímetro Tangentímetro.

Fabricante: H. Morin. Bte s.g.d.g. 3 rue Boursault. Ateliers H. Morin & Gensse à Paris.

Diseñador: M. Charnot.

Año: hacia 1925.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 21 (nº de chapa).

Nº de etiqueta: 11.

Diámetro del objetivo: 30 mm.

Longitud del anteojo: 255 mm (240 al retículo).

Aumento del anteojo: x 30.

Diámetro del limbo horizontal: 120 mm, dividido en tramos de 50°; leyéndose directamente 1° con el nonio y vertical (semicírculo abierto hacia arriba: 100^g-0^g-100^g): 100 mm; dividido en tramos de 50°; leyéndose directamente 1° con el nonio (0-50°).

Graduación: centesimal.

Declinatoria: de anteojo bajo el limbo acimutal de 115 mm de longitud.

Longitud escala-regleta horizontal: 280 mm (rampas-pendientes).

Longitud escala-regleta vertical: 45 mm.

Materiales: latón, plata, acero y vidrio.

Altura: 320 mm.

Observaciones

En este tipo de instrumentos se lee directamente en una regleta especial la tangente del ángulo de elevación, con lo que el cálculo del desnivel y la distancia reducida es inmediato.



III-3-16 TAQUÍMETRO AUTORREDUCTOR M.F.

Fabricante: Isidoro Sánchez (Madrid).

Diseñadores: Mendizábal y Fungairiño.

Año: hacia 1910 (1912 según folleto explicativo de Manuel Lorenzo Pardo).

Nº de serie: 852.

Nº de inventario: 22.

Diámetro del objetivo: 30 mm.

Longitud del anteojo: 240 mm (210 mm al retículo).

Aumentos del anteojo: x 15.

Diámetro del limbo horizontal: 110 mm; dividido en medio grados (800 partes iguales) y con el nonio se puede hacer una lectura directa de 2'.

Longitud de la escala-regleta vertical: 140 mm. Con graduación de 0 a 50 unidades. Debajo tiene un tambor micrométrico con cuatro escalas.

Graduación: sexagesimal.

Declinatoria: de caja con anteojo de 85 mm longitud, situada junto al limbo horizontal.

Material: latón, aluminio, acero y vidrio.

Altura: 245 mm.

Observaciones

Básicamente se trata de un taquímetro repetidor, diseñado por los Ingenieros de Caminos (y Geógrafos) que le dan nombre. También mide inclinaciones del anteojo (de la visual) y sus tangentes, en una escala, dividida en centésimas, donde se puede leer hasta la segunda cifra decimal; el nonio (unido a la corredera) proporciona, por lectura directa, la tercera cifra y puede apreciarse hasta la cuarta por la claridad de las divisiones.

La distancia reducida al horizonte se lee directamente en el tambor del micrómetro destinado a ese fin. Dice el folleto del Ingeniero de Caminos, D. Manuel Lorenzo Pardo, "El taquímetro autorreductor M.F.", de 1912, se complementa con una mira especial, con la que se pueden observar puntos situados hasta ± 2.000 m? de distancia. Pero para tener una buena precisión no se debe exceder de los 500 m.



III-3-17 TAQUÍMETRO AUTORREDUCTOR

También llamado OMNIMETER.

Fabricante: Eliot Bros. London. Hacia 1910.

Diseñador: Eckhold.

Nº de serie: 242.

Nº de inventario: 20 (chapa).

Diámetro del objetivo: 35 mm.

Longitud del anteojo: 330 mm (310 al retículo).

Aumento del anteojo: x 20.

Diámetros del limbo: horizontal 125 mm; dividido en 50°; leyéndose directamente 1° y vertical 125 mm; dividido en tramos de 50°; leyéndose directamente 1°.

Graduación: centesimal.

Materiales: latón lacado en negro, acero, plata y vidrio.

Altura: 380 mm.

Observaciones

Los primeros prototipos aparecen hacia 1868. Este modelo aparece en el catálogo de Recarte y Cía. de 1901. "Mide las distancias y alturas con exactitud, economía de tiempo y de trabajo...". El *Eckholdomnimeter*, fue un taquímetro-tangencial, con escala horizontal, muy difundido por Gran Bretaña y sus colonias. Tiene un microscopio para observar el movimiento angular del telescopio y leer el valor de la tangente en la regleta horizontal situada sobre el limbo acimutal. (Deumlich 1986).

Se empleaba en todo tipo de levantamientos topográficos, con las facilidades apuntadas más arriba.



III-3-18 TEODOLITO-TAQUÍMETRO CLEPE CONCÉNTRICO

Modelo: CLEPE N° 131-B.

Fabricante: la Filotecnica. Milano.

Diseñador: ingeniero A. Salmoiraghi.

Año: entre 1910 y 1920.

N° de serie: 12.823.

N° de inventario: 17 (sin chapa).

Diámetro del objetivo: 45 mm.

Longitud del antejo: 360 mm (320 al retículo). Focal: 33 cm.

Aumento del antejo: x 25.

Diámetros del limbo: horizontal 70 mm; dividido en tramos de 0,1^s grado; leyéndose directamente 0,005^s grado con el microscopio de tres hilos y vertical 64 mm; dividido en tramos de 0,1^s grado; leyéndose directamente 0,005^s con el microscopio de tres hilos.

Graduación: centesimal.

Diámetro brújula: 70 mm (aguja de 65 mm).

Sensibilidad de los niveles: 10" la del antejo y 20" el de la base.



Anteojodeclinatoria.

Materiales: bronce, alpaca, latón lacado en negro y vidrio.

Altura: 350 mm.

Trípode: tipo inglés, de meseta móvil.

Observaciones

Los taquímetros clepe (oculto) están especialmente indicados para la aplicación de la taquimetría (celerimensura) a los levantamientos topográficos de catastro, obras públicas, etc. Se caracterizan por la gran potencia de sus anteojos y la naturaleza y disposición de sus círculos graduados, de bronce blanco, con micrómetros de lectura de varios hilos, encerrados en cajas estancas, al abrigo del polvo, la lluvia y la corrosión por efecto del gas que se desprende, a veces, en las minas y túneles.

Este instrumento figura como requisado en una de las listas hechas durante la guerra civil pero no figura en la lista de aparatos recuperados, por tanto se duda que fuera cierto.

Se limpió y pulió, el año 2003. Falta un nivel, perdido durante la limpieza. Con ocular de prisma para grandes ángulos de elevación.

III-3-19

TEODOLITO-TAQUÍMETRO CLEPE 2 EXCÉNTRICO

Modelo: nº 128, tamaño grande.

Diseñador: ingeniero A. Salmoiraghi.

Fabricado: por La Filotecnica de Milán.

Año: entre 1910 y 1920.

Nº de serie: 6.652.

Nº Inventario: 19. (nº de chapa).

Nº etiqueta de cartón: 1.

Diámetro del objetivo: 40 mm.

Longitud del anteojo: analítico
excéntrico de 320 mm (280 mm del
objetivo al retículo), distancia focal, 40 cm.

Ocular: ortoscópico compuesto por un juego
de tres lentes múltiples de prisma.

Aumentos del anteojo: x 20.

Diámetros limbo: horizontal 60 mm.

Dividido en 4000 partes: graduación
centesimal. Divisiones de 0,1^º en ambos
limbos. Lectura directa con micrómetro
de estima de 0,01^º y vertical: 60 mm. Dividido
en 4.000 partes, graduación centesimal. Divisiones de 0,1^º en ambos limbos. Lectura directa con
micrómetro de estima de 0,01^º.

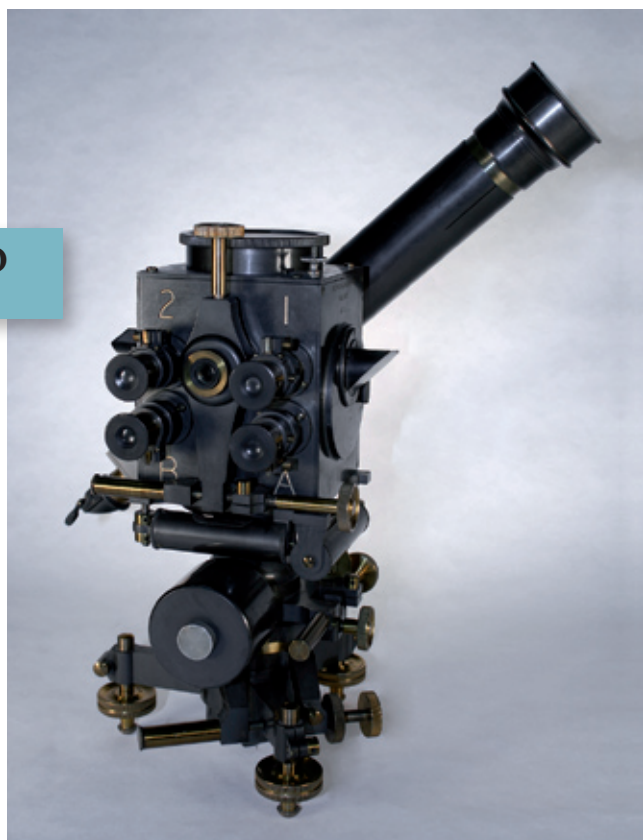
Graduación: centesimal.

Diámetro de brújula: 55 mm.

Materiales: bronce, latón lacado en negro, acero y vidrio.

Altura: 260 mm al eje de muñones.

Trípode: estilo inglés de meseta móvil.



Observaciones

La Filotecnica de Milán fue fundada en 1864 por el inventor de la taquimetría, el Profesor Ignacio Porro. También este instrumento figura como requisado en una de las listas hechas durante la guerra civil pero no figura en la lista de aparatos recuperados, por tanto se duda que fuera cierto. Se empleaba para todo tipo de levantamientos topográficos, incluso en las condiciones más difíciles, debido a la estanqueidad de los limbos.

Clepe: esta denominación viene del griego *clepo* (oculto), por eso, este tipo de taquímetros se caracterizan por llevar los limbos ocultos en una caja prismática cuadrangular, que solo permite observarlos en las partes donde se verifican las lecturas mediante micrómetros montados en microscopios.



III-3-20 TAQUÍMETRO CONCÉNTRICO

Fabricante: Max Krause. Leipzig.

Año: hacia 1920 (adquirido en 1923, según el inventario de 1930).

Nº de serie: 1.789.

Nº de inventario: 135 (nº de chapa).

Diámetro del objetivo: 30 mm.

Longitud del anteojo: 282 (265 al retículo).

Aumento del anteojo: x 25.

Diámetros del limbo: horizontal 185 mm; dividido en tramos de $0,2^{\text{s}}$ (20°); lectura directa de $0,01^{\text{s}}$ (1°) con los nonios y vertical: 135 mm, dividido en tramos de $0,5^{\text{s}}$ (50°); lectura directa de $0,01^{\text{s}}$ (1°) con los nonios.

Graduación: centesimal.

Diámetro de brújula: 70 mm dividido en grados.

Materiales: latón lacado en negro, acero, plata y vidrio.

Altura: 370 mm.

Observaciones

Nivel tórico roto sobre el limbo acimutal. Cinco hilos horizontales y uno vertical en el retículo. Indicado para todo tipo de trabajos topográficos, desde triangulaciones topográficas hasta trabajos de relleno, obras públicas, catastro, etc.



III-3-21 TEODOLITO CONCÉNTRICO REPETIDOR

Modelo: 3° de Richert.

Fabricante: Gullard & Canary Sucrs á París.

Diseñador: Mon Richert.

Año: hacia 1900 (aparece en el catálogo de Recarte y Cía. de 1901).

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 73 (nº de chapa, no corresponde)

Nº de etiqueta: 17.

Diámetro del objetivo: 35 mm.

Longitud del antejo: 250 mm (230 al retículo).

Diámetros del limbo: horizontal 150 mm; dividido en tramos de 0,5 grados; leyéndose directamente 0,01g con los nonios y vertical 125 mm, dividido en; dividido en tramos de 0,5 grados; leyéndose directamente 0,01g con los nonios (solo uno).

Declinatoria: orientadora con antejo de 150 mm longitud.

Graduación: centesimal.

Materiales: bronce, latón, plata y vidrio.

Altura: 330.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Solo tiene un nivel en el limbo vertical ¿falta el de la base de la alidada?

No aparece en los inventarios y la chapa que lleva, la nº 73, corresponde en el catalogo pequeño a un transportador, por esta razón creo que procede de una donación hecha a la Escuela.

En el catálogo de Recarte y Cía. (de 1901) aparecen varios modelos en el apartado de taquímetros y uno en el de teodolitos.



III-3-22 TAQUÍMETRO-BRÚJULA

Fabricante: Bastos y Laguna. Zaragoza.

Diseñadores: Bastos y Laguna.

Año: hacia 1910 (aparece en el catálogo de la firma de 1917).

Nº de serie: 420.

Nº de inventario: 34 (sin chapa).

Diámetro del objetivo: 24 mm.

Ocular: ortoscópico.

Longitud del anteojo: 230 mm (210 al retículo).

Aumento del anteojo: x 25.

Diámetros del limbo: horizontal 145 mm; dividido en tramos de 30' minutos; lectura directa de 1' minuto en los nonios y el vertical, de 90 mm de diámetro, está dividido en tramos de 30' minutos; lectura directa de 1' minuto en el nonio (solo hay uno).

Graduación: sexagesimal.

Diámetro brújula: 90 mm; con divisiones de 30' en 30' minutos.

Sensibilidad de los niveles: 35 segundos el acimutal y 40" el del anteojo.

Materiales: acero, hierro, aluminio, latón lacado en negro, plata y vidrio.

Altura: 320 mm.

Observaciones

Nivel del limbo vertical roto. El limbo vertical está graduado hacia el interior lo que hace la lectura bastante incómoda. Retículo grabado sobre cristal.

Para todo tipo de levantamientos topográficos y trabajos de relleno, obras públicas, catastro, etc.



III-3-23 TAQUÍMETRO-BRÚJULA

Fabricante: Otto Fennel & Sohn. Cassel (Alemania).

Año: hacia 1910 (en la caja dice 1911).

Nº de serie: 9.064.

Nº de inventario: 139 (nº de chapa).

Diámetro del objetivo: 25 mm.

Longitud del anteojo: 180 mm (160 al retículo).

Aumento del anteojo: x 17.

Diámetros del limbo: horizontal 125 mm; dividido en tramos de 20'; apreciando 30" con nonios y vertical 120 mm, dividido en tramos de 20', apreciando 30" con nonios.

Graduación: sexagesimal

Diámetro de la brújula: 70 mm, longitud de la aguja: 60 mm.

Materiales: acero, latón lacado en verde oscuro, plata y vidrio.

Altura: 280 mm.

Observaciones

Se trata de un taquímetro típico de los usados en minería, aunque sirve también para todo tipo de trabajos en el exterior; triangulaciones topográficas, itinerarios, relleno, catastro, obra, etc.



III-3-24 TAQUÍMETRO-BRÚJULA

Fabricante: Ladois jeune. Fabnt à Paris.

Diseñador: Salmon. Breveté, s.g.d.g.

Año: hacia 1929.

Nº de serie: 86.

Nº de inventario: 33 (y nº de chapa).

Nº de etiqueta: 16.

Diámetro objetivo: 25 mm.

Longitud del antejo: 205 mm (163 mm objetivo-retículo).

Aumentos antejo: x 15.

Diámetros del limbo: horizontal 132 mm; dividido en tramos de medio grado (30'), leyéndose directamente 1' con el nonio (graduado de 0 a 30) y vertical 80 mm (graduado en el canto); dividido en tramos de medio grado (30'), leyéndose los 2' directamente con el nonio (graduado de 0 a 15).

Graduación: sexagesimal.

Diámetro de brújula: 100 mm.

Materiales: bronce, latón lacado en negro, plata o alpaca y vidrio.

Altura: 300 mm.

Observaciones

Taquímetro típico de minería, aunque sirve también para todo tipo de trabajos en el exterior; triangulaciones topográficas, itinerarios, relleno, catastro, obra, etc.



III-3-25 TAQUÍMETRO-BRÚJULA

Fabricante: sin marcas visibles.

Año: ;segunda mitad del siglo XIX?

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: no se aprecia.

Diámetro del objetivo: 25 mm.

Longitud del anteojo: 140 mm (115 al retículo).

Aumento del anteojo: x 10.

Diámetro del limbo vertical: 120 mm, dividido en tramos de 20'; leyéndose directamente 1' en el único nonio (lecturas cenitales 0°-90°-0°-90°).

Graduación: sexagesimal.

Materiales: acero, hierro, plata, latón lacado con manchas marrón oscuro y vidrio.

Altura: 270 mm.

Observaciones

No tiene limbo horizontal. En la parte superior tiene hueco para una brújula de 100 mm de diámetro (que falta). En el círculo vertical solo tiene un nonio para hacer la lectura angular. Para trabajos topográficos de poca precisión.



III-3-26 TAQUÍMETRO-BRÚJULA

Fabricante: Troughton & Simms.

Año: entre 1900 y 1922.

Nº de serie: no se aprecia

Nº de inventario: 25 (nº de chapa).

Nº de etiqueta: 9.

Diámetro del objetivo: 21 mm.

Aumento del anteojo: x 10.

Longitud del anteojo: 160 mm (135 mm objetivo- retículo).

Diámetros del limbo: horizontal 103 mm, dividido en tramos de 30'; lectura directa de 1 minuto con los nonios y vertical 100 mm, de sector semicircular con graduación 70°-0°-70° y dividido en tramos de 1°; lectura directa de 1 minuto con los nonios.

Graduación: sexagesimal.

Diámetro brújula: 53 mm, longitud de la aguja 42 mm.

Materiales: acero, latón esmaltado en negro, plata y vidrio.

Altura: 220 mm.

Trípode: tipo inglés.

Observaciones

Plataforma con cuatro tornillos nivelantes.

Para todo tipo de trabajos: triangulaciones topográficas, poligonales y relleno, obras y catastro.



III-3-27 TAQUÍMETRO-BRÚJULA

Fabricante: Troughton & Simms. London (GB).

Año: entre 1900 y 1920.

Nº de serie: no aparece.

Nº de inventario: 11 (nº de chapa).

Diámetro del objetivo: 45 mm.

Longitud del anteojo: 325 mm (295 mm objetivo-retículo).

Aumento del anteojo: x 20.

Diámetros del limbo: horizontal 135 mm; dividido en tramos de $0,5^{\circ}$, lectura directa de $0,01^{\circ}$ (1°) con los nonios y vertical 135 mm; dividido en tramos de $0,5^{\circ}$, lectura directa de $0,01^{\circ}$ (1°) con los nonios.

Graduación: centesimal.

Diámetro brújula: 87 mm, longitud de la aguja 75 mm. Graduación centesimal.

Materiales: hierro, aluminio, latón empavonado en negro, plata y vidrio.

Altura: 340 mm.

Trípode: inglés.

Observaciones

Tiene cuatro tornillos nivelantes y un retículo con cinco hilos horizontales y uno vertical. Este instrumento figura como requisado en una de las listas hechas durante la guerra civil pero no figura en la lista de aparatos recuperados, por tanto se duda que su requisa fuera cierta. Para todo tipo de trabajos: triangulaciones topográficas, poligonales y relleno, obras y catastro.



III-3-28 TAQUÍMETRO MINERO CONCÉNTRICO

Fabricante: F. W. Breithaupt & Sohn. Cassel.

Año: adquirido por la Escuela en 1926.

Nº de serie: 34.882.

Nº de inventario: 72 (nº de chapa).

Nº de etiqueta: 15.

Longitud del anteojo: 230 mm (205 al retículo).

Diámetro del objetivo: 30 mm.

Aumento del anteojo: x 24.

Diámetros del limbo: horizontal: 120 mm; dividido en tramos de 20'; apreciando 30" con el nonio. y vertical 90 mm; dividido en tramos de 20'; apreciando 30" con el nonio.

Graduación: sexagesimal.

Materiales: bronce, latón lacado en gris, plata y vidrio.

Altura: 340 mm.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Con un sistema de iluminación eléctrica para el retículo y para la lectura de los ángulos. Se trata de un taquímetro típico de los usados en minería, aunque sirve también para todo tipo de trabajos en el exterior; triangulaciones topográficas, itinerarios, relleno, catastro, obra, etc.



III-3-29 TAQUÍMETRO MINERO CONCÉNTRICO

Fabricante: F.W. Breithaupt & Sohn Hesse-Cassel (Alemania).

Año: hacia 1925.

Nº de serie: 3.538.

Nº de inventario: 206 (nº de chapa).

Nº de etiqueta: 20.

Longitud del anteojo: 180 mm (160 al retículo).

Diámetro del objetivo: 23 mm.

Aumento del anteojo: x 20.

Diámetros del limbo: horizontal 130 mm; dividido en tramos de 30 minutos; apreciando 1 minuto con el nonio y vertical 105 mm; dividido en tramos de 30 minutos; apreciando 1 minuto con el nonio.

Graduación: sexagesimal.

Materiales: bronce, latón lacado en negro, plata y vidrio.

Altura: 280 mm.

Observaciones

Solo aparece en un inventario posterior a 1930, pero sin caracterización técnica.

También, como el anterior, es un taquímetro típico de los usados en minería, aunque, como los otros, sirve para todo tipo de trabajos en el exterior; triangulaciones topográficas, itinerarios, relleno, catastro, obra, etc.



III-3-30 TEODOLITO - BRÚJULA

Fabricante: Casella. London. Maker to the Admiralty (GB).

Año: hacia 1920.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 24 (nº de chapa).

Nº de etiqueta: 10.

Diámetro del objetivo: 29 mm.

Longitud del anteojo: 260 mm (230 al retículo).

Aumento del anteojo: x 15.

Diámetros del limbo: horizontal 124 mm; dividido en tramos de 30'; leyéndose directamente 1' con los nonios y vertical (sector semicircular) 124 mm; dividido en tramos de 1°; leyéndose 1' con los nonios.

Graduación: sexagesimal.

Diámetro de la brújula: 55 mm.

Materiales: acero, latón lacado en negro, plata y vidrio.

Altura: 300 mm.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Se encuentra actualmente en el despacho del profesor Iglesias.

Para todo tipo de trabajos: triangulaciones topográficas, itinerarios, relleno, catastro, obra, etc.



III-3-31 TEODOLITO CONCÉNTRICO

Fabricante: Cassella. London. Maker of the Admiralty (GB).

Año: hacia 1900.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: ¿24?.

Diámetro del objetivo: 30 mm.

Longitud del anteojo: 270 mm (240 mm objetivo-retículo).

Aumento del anteojo: x 15.

Diámetros del limbo: horizontal 155 mm, dividido en tramos de 10', leyéndose directamente en el nonio 10" (graduado de 1 a 10) y vertical 135 mm, dividido en tramos de 10', leyéndose directamente en el nonio (graduado de 1 a 10) 10". La graduación de este limbo es del tipo: 90°-0°-90°-0°, en sentido de las agujas del reloj.

Graduación: sexagesimal.

Diámetro de la brújula: de 85 mm; longitud de la aguja 75 mm.

Materiales: hierro, aluminio, latón lacado en negro, plata y vidrio.

Altura: 380 mm.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Las lecturas acimutales se hacen con el mismo microscopio. El limbo vertical tiene otra graduación interior en su mitad inferior (50°-0°-50°), allí se puede leer: *Diff. of Hypo. & Base*.

Para todo tipo de trabajos: triangulaciones topográficas, itinerarios, relleno, catastro, obra, etc.



III-3-32 TEODOLITO CONCÉNTRICO

Modelo: Nr. 5A (en el catálogo de 1930).

Fabricante: Hildebrand. Freiberg (Alemania).

Año: hacia 1925.

Nº de serie: 27.180.

Nº de inventario (nº de chapa): ¿125? tachado en el inventario.

Diámetro del objetivo: 25 mm.

Aumento del anteojo: x 15 ¿19 en un catálogo de 1930?

Longitud del anteojo: 225 mm (205 al retículo)

Luminosidad relativa: 1,8.

Campo del anteojo: 1º, 9.

Distancia mínima de enfoque: 1,9 m

Diámetros del limbo: horizontal 130 mm (123 mm en inventario viejo); dividido en tramos de 20'; lectura directa de 1' con el nonio y vertical: 110 mm (90 mm en inventario viejo), dividido en tramos de 20'; lectura directa de 1' con el nonio.

Graduación: sexagesimal.

Materiales: hierro, latón lacado en negro, acero, plata y vidrio.

Altura: 280 mm.

Declinatoria: superpuesta al anteojo.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Para todo tipo de trabajos: triangulaciones topográficas, itinerarios, relleno, catastro, obra, etc.



III-3-33 TEODOLITO GEODÉSICO CONCÉNTRICO

Fabricante: Kern and Co. Aarau. Schweiz.

Año: entre 1900 y 1910.

Nº de serie: 18.367.

Nº de inventario: 3.

Diámetro del objetivo: 32 mm.

Longitud del antejo: 250 mm (230 mm desde el retículo).

Aumento del antejo: x 30.

Diámetros del limbo: horizontal 155 mm; dividido en tramos de 0,2 grados ($20''$), apreciando 0,005 grados ($2''$) con los nonios y vertical 140 mm; dividido en tramos de 0,2 grados ($20''$), apreciando 0,005 grados ($2''$) con los nonios.

Graduación: centesimal.

Materiales: acero, latón, con zonas en su color, y otras empavonadas en negro, plata y vidrio.

Altura: 400 mm.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Teodolito geodésico repetidor y reiterador acimutalmente. Con nivel caballero para colocar sobre el antejo. Fue muy utilizado en las triangulaciones geodésicas de 2º y 3º orden de España, triangulaciones topográficas, poligonación, ingeniería, etc.



III-3-34 TEODOLITO GEODÉSICO CONCÉNTRICO REITERADOR

Fabricante: Kern et C^{ie}. Aarau. Suiza.

Año: entre 1910 y 1920.

En la Escuela hay 2 ejemplares con los siguientes números de serie:

Nº de serie: 20.068 y 20.673 (algo más pequeño que el anterior).

Nº Inventario: 2 (nº de chapa).

Diámetro del objetivo: 35 mm (nº 20673) y 40 mm (nº 20068).

Longitud del antejo: 300 mm.

Aumentos antejo: x 40.

Diámetros limbo: horizontal 190 mm (nº 20673) y 210 mm (nº 20068); dividido en tramos de 30", apreciando con el micrómetro los 5" y vertical 180 mm (nº 20673) y 190 mm (nº 20068); dividido en tramos de 10', apreciándose con el nonio los 10".

Graduación: sexagesimal.

Materiales: acero, hierro, latón lacado en verde claro, plata y vidrio.

Altura total: 410 mm (nº 20673) y 480 mm (nº 20068).

Trípode: de meseta.

Observaciones

Para observaciones geodésicas de 2º y 3º orden y otros trabajos topográficos que requieran sus características. Dispone de nivel caballero aparte para colocar sobre los muñones. En el más grande se aprecian deterioros en el limbo vertical; y además tiene el espejo del nivel de eclímetro suelto.



III-3-35 TEODOLITO CONCÉNTRICO

Fabricante: August Linge & Co. Freiberg in SA.

Año: ¿primera mitad del siglo XIX?.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 26 (nº de chapa).

Nº de etiqueta: 2.

Diámetro del objetivo: 25 mm.

Longitud del antejo: 185 mm (170 mm objetivo-retículo).

Aumento del antejo: x 10.

Diámetros del limbo: horizontal 113 mm, dividido en 20' minutos, lectura directa de 1' minuto y vertical 116 mm, dividido en 20' minutos, lectura directa de 1' minuto.

Graduación: sexagesimal.

Materiales: bronce, latón, plata (o alpaca) y vidrio.

Altura: 250 mm.

Observaciones

Tiene un nivel esférico muy grande en la plataforma de la alidada y dos microscopios de lectura acimutales y uno solo para el ángulo vertical.

Para todo tipo de trabajos: triangulaciones topográficas, poligonales, relleno, obras de ingeniería y catastro.



III-3-36 TEODOLITO GEODÉSICO CONCÉNTRICO REPETIDOR

Fabricante: Troughton & Simms.

Año: entre 1910 y 1920.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 4 (nº de chapa).

Diámetro del objetivo: 45 mm.

Longitud del anteojo: 420 mm (380 al retículo).

Aumento del anteojo: x 25.

Retículo: con 5 hilos fijos y 1 móvil.

Diámetro del limbo horizontal: 200 mm; dividido en tramos de 5'; apreciando 1" con tambor micrométrico.

Diámetro del limbo vertical: 200 mm; dividido en tramos de 5'; apreciando 1" con tambor micrométrico.

Graduación: sexagesimal.

Materiales: acero, latón empavonado, plata y vidrio.

Altura: 510 mm.

Observaciones

Fue restaurado en 2005 y actualmente se encuentra en la antesala del despacho del Director de la Escuela bajo una urna de cristal.

Instrumento destinado a realizar las triangulaciones geodésicas de 1º y 2º orden, observaciones astronómicas y otros trabajos que requieran gran precisión.



III-3-37 TAQUÍMETRO CONCÉNTRICO

Fabricante: Troughton & Simms. London.

Año: entre 1910 y 1920.

Nº de serie: bajo la plataforma nivelante está grabado lo siguiente: "N8 75".

Nº de inventario: no está inventariado y no tiene chapa.

Diámetro del objetivo: 40 mm.

Longitud del anteojo: 330 mm (300 al retículo deslizante verticalmente).

Aumento del anteojo: x 20.

Diámetros del limbo: horizontal 135 mm; dividido en tramos de 0,5'; con lectura directa de 1' minuto en el nonio y vertical 130 mm, dividido en tramos de 0,5'; con lectura directa de 1' minuto en el nonio.

Graduación: centesimal.

Materiales: acero, plata, latón empavonado en negro y vidrio.

Altura: 350 mm.

Trípode: Troughton.

Observaciones

El lacado del anteojo está muy deteriorado y se ha reparado, como indica en anillo de aluminio que cubre el objetivo, que no parece ser de fábrica.

Para todo tipo de trabajos: triangulaciones topográficas, itinerarios, relleno, catastro, construcción, etc.



III-3-38 TEODOLITO GEODÉSICO EXCÉNTRICO REITERADOR

Modelo: Brunner.

Fabricante: TROUGHTON & SIMMS. London.

Importador: Manuel Recarte. Madrid.

Año: entre 1890 y 1910.

Nº de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: 1 (nº de chapa).

Diámetro del objetivo: 35 mm.

Longitud del anteojo: 330 mm (310 mm al retículo).

Aumento del anteojo: x 25.

Diámetros del limbo: horizontal 145 mm; dividido en tramos de 10' minutos; con lectura directa de 10" segundos y vertical 125 mm; dividido en tramos de 10' minutos; con lectura directa de 10" segundos.

Graduación: sexagesimal.

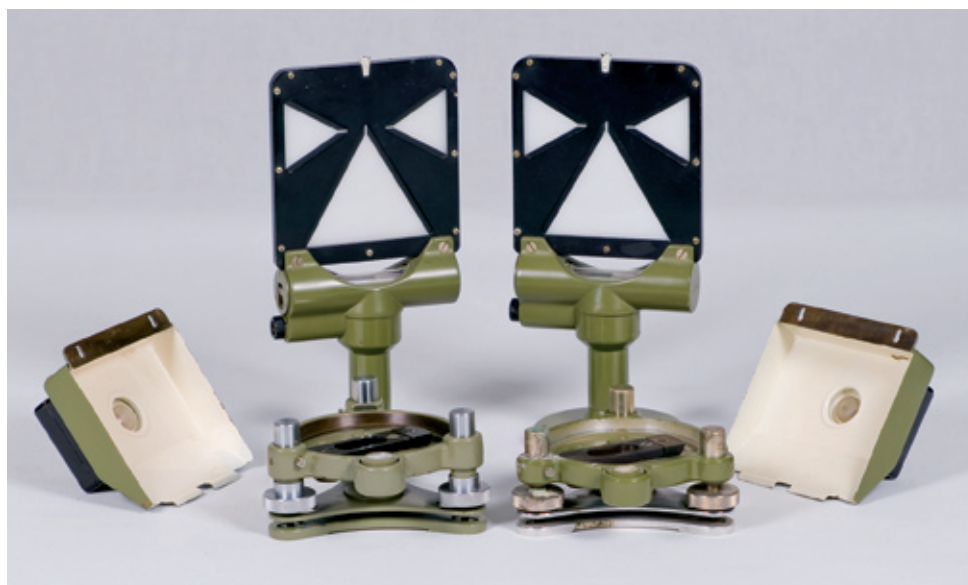
Materiales: acero, latón esmaltado, plata y vidrio.

Altura: 335 mm.

Trípode: Troughton.

Observaciones

Se empleó mucho en triangulaciones geodésicas de 2º y 3º orden, aunque su campo de aplicación es todo lo amplio que se quiera dentro de sus prestaciones.



III-3-39 EQUIPO DE TAQUIMETRÍA DE PRECISIÓN

Fabricante: Wild. Heerbrugg. Suiza.
Año: hacia 1960.
Nº de serie: no se aprecia.
Nº de inventario: etiqueta nº 32 (nº de chapa).
Materiales: acero, latón lacado en verde y vidrio.



Observaciones

Equipo formado por dos miras (señales de puntería) con retroiluminación, proporcionada por dos linternas ad hoc (también suministradas con el equipo) y dos bases nivelantes (sistema de centrado forzado). Todo intercambiable con los teodolitos Wild T1 y T2. Las baterías se guardan en las cajas negras.

III-3-40 ESTACIÓN TOTAL

Modelo: DTM 310 (hay 2 estaciones).

Fabricante: Nikon (Japón).

Año: hacia 1995. Adquiridas en 2000.

Nº de serie: 842528 y 842218.

Nº de inventario Escuela: 1 y 2.

Graduación: sexagesimal y centesimal.

Aumento del anteojo: x30.

Longitud del anteojo: 155,7 mm.

Campo visual: 1° 24' ó 24 m a 1000 m.

Distancia mínima de enfoque: 1,3 m.

Poder de resolución del anteojo: 2,5"

Diámetro del objetivo: 45 mm.

Diámetros del limbo: horizontal 88 mm; codificador incremental fotoeléctrico, con detección diametral en ambos círculos; incremento mínimo por pantalla 1" ó 5" (0,2 mgon ó 1 mgon) y vertical: 76 mm; incremento mínimo por pantalla 1" ó 5" (0,2 mgon ó 1 mgon).

Exactitud: DIN 18723: 3" / 1 mgon

Doble sensor de inclinación: por sistema electro-líquido de detección con un rango de compensación de $\pm 3'$ y $\pm 1''$ ($\pm 0,2$ mgon)

Sensibilidad del nivel tórico: 30"/2 mm

Sensibilidad del nivel esférico: 10'/2 mm

DISTANCIÓMETRO: electro-óptico.

Alcances: Con 1 prisma y condiciones atmosféricas normales, 2.200 m.

Con 3 prismas y condiciones atmosféricas normales, 2.900 m.

Con 9 prismas y condiciones atmosféricas normales, 3.600 m.

Con 1 prisma y buenas condiciones atmosféricas, 2.500 m.

Con 3 prismas y buenas condiciones atmosféricas, 3.300 m.

Con 9 prismas y buenas condiciones atmosféricas, 4.200 m.

Precisión: Modo preciso: $\pm (2 + 2 \text{ ppm} \times D)$ mm, entre -10 °C y 40 °C.

Modo normal: $\pm (3 + 3 \text{ ppm} \times D)$ mm, entre -20 °C y 50 °C.

Materiales: acero, aleaciones ligeras, plástico en dos tonos de gris y vidrio.

Peso: 6,9 kg (+ 4,7 kg del estuche, + 0,7 kg de la batería).

Altura: 330 mm (215 mm al eje).



Observaciones

Con doble pantalla. Para triangulación de 2º y 3º orden, control de deformaciones, poligonales de precisión y levantamientos en general. En 2009 se hizo una limpieza y ajuste de todas las seis ET Nikon en la casa InlandGeo.

III-3-41 ESTACIÓN TOTAL

Modelo: DTM 330.

Fabricante: Nikon (Japón).

Año: hacia 1995. Dos se adquirieron en 2001 y otras dos en 2002.

Cantidad: 4 unidades.

Nº de serie: 020406, 020411, 021865 y 021873.

Nº de inventario Politécnica: 001924, 001925, 001926 y 001927.

Nº de inventario Escuela: 3, 4, 5 y 6.

Graduación: sexagesimal y centesimal.

Aumento del anteojo: x30.

Longitud del anteojo: 155,7 mm.

Campo visual: 1° 24' ó 24 m a 1000 m.

Distancia mínima de enfoque: 1,3 m.

Poder de resolución del anteojo: 2,5".

Diámetro del objetivo: 45 mm.

Diámetros del limbo: horizontal 88 mm; codificador incremental fotoeléctrico, con detección diametral en ambos círculos; incremento mínimo por pantalla 1" ó 5" (0,2 mgon ó 1 mgon) y vertical 76 mm; incremento mínimo por pantalla 1" ó 5" (0,2 mgon ó 1 mgon)

Exactitud: DIN 18723: 3" / 1 mgon.

Doble sensor de inclinación: por sistema electro-líquido de detección con un rango de compensación de $\pm 3'$ y $\pm 1''$ ($\pm 0,2$ mgon).

Sensibilidad del nivel tórico: 30"/2 mm

Sensibilidad del nivel esférico: 10"/2 mm

DISTANCIÓMETRO: electro-óptico:

Alcances: Con 1 prisma y condiciones atmosféricas normales: 2.200 m.

Con 3 prismas y condiciones atmosféricas normales: 2.900 m.

Con 9 prismas y condiciones atmosféricas normales: 3.600 m.

Con 1 prisma y buenas condiciones atmosféricas: 2.500 m.

Con 3 prismas y buenas condiciones atmosféricas: 3.300 m.

Con 9 prismas y buenas condiciones atmosféricas: 4.200 m.

Precisión: Modo preciso: $\pm (2 + 2 \text{ ppm} \times D)$ mm, entre -10 °C y 40 °C.

Modo normal: $\pm (3 + 3 \text{ ppm} \times D)$ mm, entre -20 °C y 50 °C.

Materiales: acero, aleaciones ligeras, plástico verde y gris y vidrio.

Peso: 6,9 kg (+ 4,7 kg del estuche, + 0,7 kg de la batería).

Altura: 330 mm (220 mm al eje).



Observaciones

Para triangulación de 2º y 3º orden, control de deformaciones, poligonales de precisión y levantamientos en general. En 2009 se hizo una limpieza y ajuste de todas las seis ET Nikon en la casa InlandGeo.

III-3-42 ESTACIÓN TOTAL

Modelo: GTS-212.

Fabricante: Topcon Tokyo Optical Co. Ltd.

Año: hacia 2000.

Nº de serie: LH 5125.

Nº de inventario Politécnica: 039430.

Nº de inventario Escuela: 140115.

Graduación: sexagesimal y centesimal.

Aumento del anteojo: x26.

Longitud del anteojo: 153 mm.

Diámetro del campo visual: 1° 30'

Distancia mínima de enfoque: 0,9 m.

Poder de resolución del anteojo: 3".

Diámetro del objetivo: 40 mm.

Medida angular: codificadores incrementales. Mínima lectura: 1" / 5" (0,2 mgon / 1 mgon).

Precisión 6" ó 5" (1,8 mgon) basada en la desviación típica DIN 18723.

Sensor: de inclinación de eje simple por sistema electro-líquido de detección con un rango de compensación de $\pm 3''$

Memoria interna: máximo 2.000 puntos en toma de datos (4.000 en replanteos).

Sensibilidad del nivel tórico: 30"/2 mm.

Sensibilidad del nivel esférico: 10"/2 mm.

Plomada óptica: telescopio de 3 x; 4° de campo de visión.

DISTANCIÓMETRO electro-óptico:

Alcances: Con 1 miniprisma y condiciones atmosféricas normales: 450 m.

Con 1 prisma y condiciones atmosféricas normales: 900 m.

Con 3 prismas y condiciones atmosféricas normales: 1200 m.

Con 1 miniprisma y buenas condiciones atmosféricas: 450 m.

Con 1 prismas y buenas condiciones atmosféricas: 1000 m.

Con 3 prismas y buenas condiciones atmosféricas: 1400 m.

Precisión: Modo preciso: $\pm (3 + 5 \text{ ppm} \times D)$ mm (m.s.e.), entre -10 °C y 40 °C.

Modo normal: $\pm (5 + 5 \text{ ppm} \times D)$ mm (m.s.e.), entre -20 °C y 50 °C.

Peso: 4,9 kg (con batería).

Altura: 330 mm (210 mm al eje).

Materiales: acero, aleaciones ligeras, plástico en tonos marrón y amarillo y vidrio.



Observaciones

Para triangulación topográfica y de 3^{er} orden, control de deformaciones, poligonales de precisión y levantamientos en general. Adquirida de segunda mano a la casa Topcon-España en 2010.

III-3-43 ESTACIÓN TOTAL

Modelo: GOWIN TKS-202.

Fabricante: Topcon (Beijin) Opto-electronics Corporation (China).

Año: hacia 2008.

Cantidad: 2 unidades.

Nº de serie: 8E0783 y 8E1103.

Nº de inventario Politécnica: 039393 y 039394.

Nº de inventario Escuela: 139864 y 139865.

Graduación: sexagesimal y centesimal.

Aumento del anteojo: x30.

Longitud del anteojo: 150 mm.

Diámetro del campo visual: 1° 30' ó 24 m a 1000 m.

Distancia mínima de enfoque: 1,3 m.

Poder de resolución del anteojo: 3".

Diámetro del objetivo: 45 mm (EDM: 50 mm).

Diámetro del limbo horizontal: codificador ¿absoluto?

Fotoeléctrico. Desviación típica DIN 18723: 2" (0,2 mgon).

Diámetro del limbo vertical: codificador ¿¿absoluto?? Fotoeléctrico. Desviación típica DIN 18723: 2" (0,2 mgon).

Corrección de inclinación: (corrección automática del índice vertical) por compensador electro-líquido, con un rango de $\pm 3'$ y $\pm 1''$ ($\pm 0,1$ mgon).

Sensibilidad del nivel tórico: 30"/2 mm.

Sensibilidad del nivel esférico: 10"/2 mm.

Plomada óptica: telescopio de x3 aumentos y 3° de campo de visión.

DISTANCIÓMETRO electro-óptico:

Alcances: Con 1 miniprisma y condiciones atmosféricas normales: 900 m.

Con 1 prisma y condiciones atmosféricas normales: 2.000 m.

Con 3 prismas y condiciones atmosféricas normales: 2.700 m.

Con 9 prismas y condiciones atmosféricas normales: 3.400 m.

Con 1 miniprisma y buenas condiciones atmosféricas: 900 m.

Con 1 prisma y buenas condiciones atmosféricas: 2.300 m.

Con 3 prismas y buenas condiciones atmosféricas: 3.100 m.

Con 9 prismas y buenas condiciones atmosféricas: 4.000 m.

Precisión: Modo preciso: $\pm (2 + 2 \text{ ppm} \times D)$ mm (m.s.e.), entre -10 °C y 40 °C.

Modo normal: $\pm (3 + 3 \text{ ppm} \times D)$ mm (m.s.e.), entre -20 °C y 50 °C.

Dimensiones: 336 mm (altura) x 184 mm (anchura) x 172 mm (largo).

Batería BT-L1W: Capacidad: 3,0 Ah; Duración a 20°C: 14 horas (60 h si solo mide ángulos).

Cargador: de batería BC-L1W con indicadores rojo de carga y verde de fin de carga.

Materiales: acero, aleaciones ligeras, plástico en dos tonos de gris y vidrio.

Peso: 4,6 kg (+ 3,7 kg del estuche de plástico, + 0,2 kg de la batería).

Altura: 330 mm (210 mm al eje).



Observaciones

Para triangulación de 2° y 3° orden, control de deformaciones, poligonales de precisión, etc.



III-3-44 PLANCHETA

Modelo: RK. Con alidada autorreductora de anteojo.

Fabricante: Kern. Aarau. Suiza.

Año: hacia 1960.

Nº de serie: 68401.

Nº de inventario: no tiene nº de chapa.

Aumento del anteojo: x27. Imagen derecha.

Diámetro del objetivo: 40 mm.

Distancia mínima de enfoque: 3 m aproximadamente.

Diámetro del limbo vertical: lectura directa de 10° ; estimándose 1° .

Graduación: sexagesimal.

Sensibilidad de los niveles: de colimación y transversal, $1'$.

Materiales: acero, latón, aluminio y vidrio.

Peso aparato: 3.2 kg; estuche y accesorios, 4.4 kg; trípode, de cabeza de rótula especial Kern, 5.7 kg.

Estuche: metálico 310x170x160 mm.

Altura del aparato: 230 mm.

Observaciones

La lectura de la distancia horizontal y el desnivel se hacen directamente en la mira vertical. No bascula todo el anteojo sino solo un prisma situado ante el objetivo. Los oculares (uno para el anteojo y otro para lectura de limbo) tienen una inclinación de 30° para una observación más cómoda. La lectura de la distancia horizontal y del desnivel se hace directamente sobre la mira vertical. Se empleaba en levantamientos topográficos de escalas entre 1:500 y 1:10.000 y para completar planos fotogramétricos. El retículo tiene una parte fija y otra móvil, en esta última están grabadas cuatro curvas, dos para leer la distancia horizontal y otras dos para el desnivel. Se desconoce el paradero del tablero y del trípode.



III-3-45 PLANCHETA AR

Modelo: RK1 Con alidada autorreductora.

Fabricante: Wild. Heerbrugg. Suiza.

Año: entre 1962 y 1965.

Nº de serie: 106868.

Nº de inventario: no tiene.

Anteojo: de enfoque interno con óptica antirreflectante.

Longitud del anteojo: 190 mm.

Aumento del anteojo: x25.

Diámetro del objetivo: 40 mm.

Campo del anteojo: 23 m/1000 m.

Distancia mínima de enfoque: 2,4 m.



Ocular: orientable inclinado 45° sobre el eje óptico. Imagen real directa.

Diámetro del limbo vertical: 80 mm, dividido en intervalos de 1° ; escala micrométrica con lectura directa de $5'$; apreciándose $1'$.

Graduación: sexagesimal.

Longitud de la regla graduada: 330 mm (tiene cuatro reglas para escalas 1:1000, 1:2000, 1:2500 y 1:5000).

Sensibilidad: del nivel del limbo vertical $1'/2$ mm y del nivel transversal $2'/2$ mm.

Materiales: acero, aluminio, latón lacado en verde y vidrio.

Peso: 11.6 kg (incluida la caja y correas de transporte); tablero de 46 x 61 cm: 3,2 kg (de 61 x 76: 5.2 kg); trípode: 3.6 kg.

Altura de la alidada: 17,5 cm.

Declinatoria: en caja de 18 x 4 cm de longitud, con aguja de 15 cm.

Observaciones

Para la realización de planos de detalle a gran escala y puesta al día de planos y mapas existentes de escalas medias y pequeñas. La alidada RK1 proporciona, en la imagen del anteojo, la lectura directa de la distancia horizontal, del desnivel y de la lectura del círculo vertical. Se desconoce el paradero del tablero y del trípode.



III-3-46 TAQUÍMETRO AUTORREDUCTOR

Modelo: K1 RA para ingeniería.

Fabricante: Kern. Aarau. Suiza.

Año: hacia 1965. Adquirido en 1967.

Nº de serie: 121172.

Nº de inventario: no tiene nº de chapa.

Longitud del anteojo: 172 mm.

Diámetro del objetivo: 45 mm.

Aumento del anteojo: x28.

Campo de visión: 86'.

Distancia mínima de enfoque: 1.8 m.

Diámetros del limbo: horizontal 95 mm; dividido en grados; leyéndose directamente 50 mgon (50^{cc}) y vertical 75 mm; división más pequeña 0.001 (tangente del ángulo de inclinación).

Graduación: centesimal.

Sensibilidad del nivel: 35".

Materiales: acero, latón lacado en verde, aluminio y vidrio.

Peso: 4.5 kg (+ 2.2 kg de la campana).

Altura: 215 mm.

Observaciones

En este tipo de instrumentos (AR) se determina, por lectura directa sobre la mira, la distancia reducida y el desnivel. Sirve para hacer todo tipo de levantamientos topográficos (triangulación topográfica, itinerarios, relleno, ...).



III-3-47 TAQUÍMETRO AUTORREDUCTOR

Fabricante: Carl Zeiss de Jena. D.R.P.-D.R.G.M. (Alemania).

Diseñador: R. Bosshardt.

Año: hacia 1925.

Nº de serie: 22757.

Nº de inventario: 186.

Diámetro del objetivo: 42 mm.

Longitud del anteojo de enfoque interno: 325 mm.

Aumento del anteojo: x24.

Luminosidad: 3,06.

Diámetros del limbo: horizontal 120 mm; dividido en tramos de 0,5'; leyéndose directamente 1 minuto con el micrómetro. Precisión angular: 12" (a estima) en los limbos (según catálogo) y vertical 90 mm; dividido en tramos de 0,5'; leyéndose directamente 1' con el micrómetro.

Graduación: centesimal.

Microscopios de lectura: de 33 y 38 aumentos.

Sensibilidad: de los dos niveles cruzados 30".

Materiales: latón lacado en blanco y negro, aluminio, acero, vidrio.

Altura: 300 mm.



Observaciones

En 1924, la cooperación entre el topógrafo suizo, R. Bosshardt (1884-1967) con Carl Zeiss (Jena) dio lugar a un teodolito repetidor dotado de un telémetro autorreductor de media imagen, que permite leer la distancia en miras horizontales con una precisión del 1/10.000. La reducción a la horizontal de la distancia medida se efectúa con un dispositivo de cuña giratoria ideada por Bosshardt. El retículo también permite hacer lecturas estadimétricas normales sobre mira vertical.

En el limbo horizontal se pueden hacer las dos lecturas opuestas del limbo simultáneamente y en el vertical se puede leer el ángulo de inclinación de la visual y también su tangente. La distancia reducida multiplicada por esta tangente nos proporcionaría el término t del desnivel ($DZ = t + i - m$). Los limbos acimutal y vertical, así como el micrómetro de estima, se observan en la misma ventana y al mismo tiempo, a través del microscopio giratorio de lectura situado en el eje de muñones.

Según Muller (1940) se utilizó mucho en levantamientos urbanos, pero servía para todo tipo de trabajos topográficos.

PLATAFORMA NIVELANTE Y PLOMADAS ÓPTICAS

Fabricante: Carl Zeiss de Jena.

Año: hacia 1930.

Nº de serie: la plomada más pequeña tiene el nº 20400, la grande carece de número y sirve de plataforma nivelante del taquímetro AR anterior.

Nº de inventario: etiqueta nº 32 (nº de chapa).

Materiales: latón lacado en negro y vidrio.

Observaciones

Se trata de dos plomadas intercambiables, que se acoplaban a la plataforma nivelante del taquímetro autorreductor Zeiss. Una de ellas tiene el visor lateral y la otra cenital. En la plataforma se puede leer, escrito con tinta, lo siguiente: Esta pieza es del aparato 186 (el taquímetro AR de Zeiss).



III-3-48 TAQUÍMETRO CONCÉNTRICO

Modelo: Kern 44 (según Muller T. III, pág. 195).

Fabricante: Kern-Aarau-Suiza.

Año: entre 1925 y 1935.

Nº de serie: 28682.

Nº de inventario: 202 (nº de chapa).

Nº de etiqueta de cartón: (distinta de las demás) con el nº 53 y del otro lado tachado el nº 13.

Diámetro del objetivo: 28 mm.

Longitud del anteojo: 160 mm.

Anteojo: de enfoque interno de $\times 20$?

Diámetros del limbo: horizontal, 100 mm; dividido en tramos de 20° con lectura directa de 1° con el nonio y vertical, 90 mm; dividido en tramos de 20° con lectura directa de 1° con el nonio.

Graduación: centesimal.

Declinatoria: de anteojo bajo el limbo acimutal de 100 mm de longitud.

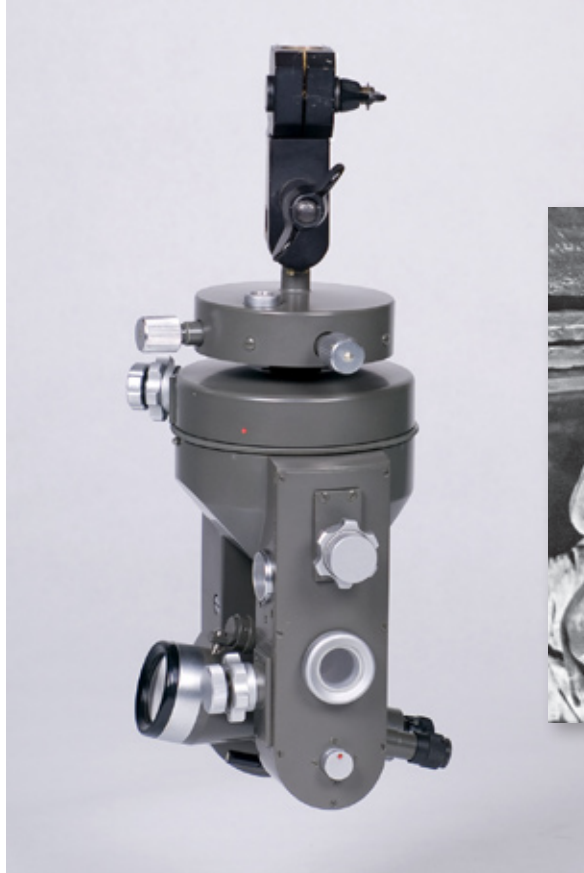
Materiales: acero, latón lacado en verde, aluminio y vidrio.

Trípode: de meseta Kern.

Observaciones

No aparece en el inventario de la Escuela de 30 de abril de 1930.

Pequeño instrumento indicado para todo tipo de trabajos topográficos, desde triangulaciones topográficas hasta trabajos de relleno, de ingeniería y obras públicas, catastro, etc.



III-3-49 TEODOLITO DE SUSPENSIÓN MINERO

Fabricante: Breithaupt. Kassel. D.B.G.M.

Modelo: Temín nº 2.

Año: hacia 1965. Adquirido en 1967.

Nº de serie: 161191 (nº de chapa).

Nº de inventario: no tiene.

Diámetro del objetivo: 30 mm.

Longitud del anteojo: 126 mm.

Aumento del anteojo: x18.

Campo de visión: 90 mm/1000 m.

Distancia mínima de enfoque: 1.1 m.

Diámetros del limbo: horizontal 65 mm; dividido en tramos de 1 grado; leyéndose directamente

10° (0,05^s según Deumlinch) en el micrómetro y estimando 1° y vertical 47 mm, dividido en

tramos de 1 grado; leyéndose directamente 10° (0,05 gon según Deumlinch) en el micrómetro y 1°.

Graduación: centesimal.

Niveles esféricos: de 20' y 4' de sensibilidad y tórico de 30".

Materiales: acero, latón lacado en gris verdoso, aluminio y vidrio.

Altura total: 250 mm (a la rótula 202 mm).

Peso: 3.2 kg (+ 2,9 kg del estuche).

Observaciones

Especialmente diseñado para trabajos en la mina, mediante un suplemento se puede colocar también sobre trípode para trabajos en el exterior. El de la Escuela no dispone de trípode ni pieza (clavo) de sustentación a los hastiales o techos de mina.



III-3-50 TEODOLITO CONCÉNTRICO

Modelo: FT 1.

Fabricante: Otto Fennel. Kassel.

Año: hacia 1960.

Nº de serie: 78585.

Nº de inventario: En la campana de acero (de embalaje) lleva pintado el nº 15 (nº de chapa).

Longitud del anteojo: 185 mm.

Aumento del anteojo: x24.

Diámetro del objetivo: 35 mm.

Diámetros del limbo: horizontal 110 mm, medido por el exterior; dividido en tramos de 1^g; con micrómetro de 100 divisiones, leyéndose directamente 1^g y apreciándose los 25^{cc} y vertical 85 mm, medido por el exterior, dividido en tramos de 1^g; con micrómetro de 100 divisiones, leyéndose directamente 1^g y apreciándose los 25^{cc}.

Graduación: centesimal.

Declinatoria: de 90 mm de longitud.

Plomada: óptica y de gravedad.

Materiales: acero, aluminio, hierro, latón esmaltado en gris, y vidrio.

Altura: 240 mm.

Trípode: de meseta Fennel.

Observaciones

Indicado para todo tipo de trabajos topográficos, desde triangulaciones topográficas hasta trabajos de relleno, trabajos de obras públicas, catastro, etc.



III-3-51 TEODOLITO CONCÉNTRICO

Modelo: DKM 1.

Fabricante: Kern. Aarau. Suiza.

Diseñador: Dr. H. Wild.

Año: entre 1940 y 1950. Adquiridos en 1945-1946.

Nº de serie: nº 33237 (chapa nº 10 y caja metálica nº 4); nº 33239 (falta la chapa, caja metálica nº 9); y nº 33243 (falta la chapa, caja metálica nº 8).

Aumento del anteojo: x20.

Longitud del anteojo: 115 mm.

Diámetro del objetivo: 30 mm.

Campo de vista: 30 m / 1000 m.

Luminosidad del anteojo: 2.25

Distancia mínima de enfoque: 0,9 m.

Diámetros del limbo: horizontal 56 mm; dividido en tramos de 10°; leyéndose directamente 10° con el micrómetro de escala y vertical 56 mm; dividido en tramos de 10°; leyéndose directamente 10° con el micrómetro de escala.

Graduación: centesimal.

Sensibilidad de los niveles: 30"/2 mm.

Materiales: hierro, aluminio, acero, latón lacado en verde y vidrio.

Peso: 1,8 kg (+ estuche, 1 kg).

Altura: 140 mm.

Trípode: tipo Kern.

Observaciones

Tras la guerra civil, se adquirieron cuatro ejemplares para sustituir a los cuatro Troughton que desaparecieron en ella y que tenían los números 10, 11, 12 y 13 (según consta en el inventario de 1925 tachado), actualmente solo quedan tres en el gabinete topográfico, falta el nº 33255.

Para triangulación topográfica, mediciones de control, poligonación, obras de ingeniería, etc. Sobre el anteojo llevan una declinatoria de 60 mm de longitud.



III-3-52 TEODOLITO CONCÉNTRICO

Modelo: DKM 2.

Fabricante: Kern. Aarau. Suiza.

Diseñador: Dr. H. Wild.

Año: por su nº de serie entre 1940 y 1950. Adquirido en 1945.

Nº de serie: 33449.

Nº de inventario: 14 (nº de chapa).

Aumento del anteojo: x30.

Longitud del anteojo: 167 mm.

Luminosidad del anteojo: 2,25.

Diámetro del objetivo: 45 mm.

Diámetro del campo visual a 1000 m: 24 m.

Distancia mínima de enfoque: 1,7 m.

Diámetros del limbo: horizontal 75 mm; dividido en tramos de 10'; leyéndose directamente 1"; apreciándose 0,1" según catálogo y vertical 70 mm; dividido en tramos de 10'; leyéndose directamente 1"; apreciándose 0,1" según catálogo.

Graduación: sexagesimal.

Sensibilidad de los niveles: 20"/2 mm.

Materiales: acero, latón lacado en verde y vidrio.

Peso: 3,6 kg (+ 1,8 kg del estuche).

Altura: 220 mm (1,55 al eje).

Trípode: Kern de bastón.

Observaciones

Sustituye en el inventario a uno de los tres teodolitos Sánchez Lozano (el nº14 del inventario) desaparecidos durante la guerra civil. Teodolito de doble círculo, para triangulaciones geodésicas de 2º y 3º orden, control de deformaciones, poligonales de precisión, apoyo fotogramétrico, obras de ingeniería, etc.



III-3-53 TEODOLITO CONCÉNTRICO

Modelo: TL-1E.

Fabricante: Tokyo Optical Co. Ltd.

Año: hacia 1975. Adquirido hacia 1980.

Nº de serie: A00068.

Nº de inventario: no tiene (nº de chapa).

Longitud del anteojo: 152 mm (imagen derecha).

Luminosidad relativa del anteojo: 1,96.

Diámetro del objetivo: 42 mm.

Aumento del anteojo: x30.

Diámetro del campo visual 1º 20'

Distancia mínima de enfoque: 1,5 m

Diámetros del limbo: horizontal 90 mm; dividido en tramos de 20°; leyéndose directamente 1^{cc} con micrómetro óptico y vertical 70 mm; dividido en tramos de 20°; leyéndose directamente 1^{cc} con micrómetro óptico.

Graduación: centesimal.

Sensibilidad: del nivel tórico: 20"/2 mm y del nivel esférico 10"/2 mm.

Sistema de doble compensador automático: a partir de ± 2', con precisión de ± 0,3".

Materiales: acero, aluminio, latón lacado en beige y vidrio.

Plomada: óptica con anteojo de 3 aumentos y 5º de campo.

Peso: 4,5 kg (+ 3,5 kg del estuche de plástico).

Altura: 320 mm (230 mm al eje).

Observaciones

Teodolito de doble círculo para triangulaciones geodésicas de 2º y 3º orden, control de deformaciones, poligonales de precisión, etc. Se adquirió con el distanciómetro DM-S2, de la misma firma, pero no ha dado el resultado esperado.



III-3-54 TEODOLITO CONCENTRICO

Fabricante: Cooke Troughton & Simms Ltd. York. (GB), ya adquirida por la Vickers.

Modelo: V 202.

Año: hacia 1945. Adquiridos en 1949.

Nº de serie: V0293 (nº 2 en la campana de embalaje), V02139 (nº 7 en la campana de embalaje) y V02123 (nº 6 en la campana de embalaje).

Nº de inventario: hay 3 ejemplares con los números 2, 6 y 7 pintados en la campana metálica de embalaje (nº de chapa).

Diámetro del objetivo: 33 mm.

Longitud del anteojo: 150 mm.

Aumento del anteojo: x19.

Distancia focal: 16 cm.

Diámetros del limbo: horizontal 90 mm (total exterior); dividido en tramos de 1'; leyéndose directamente 1°, y vertical 65 mm (total exterior), dividido en tramos de 1'; con lectura directa de 1°.

Graduación: centesimal.

Materiales: latón lacado en gris, acero y vidrio.

Altura: 270 mm.

Plomada: de gravedad.

Trípode: de meseta.

Observaciones

Para todo tipo de levantamientos, desde triangulaciones topográficas a trabajos de relleno, obras públicas, catastro, etc. Según información de la Sra. Alison Brech, de la Vickers Collection. Borthwick Institute for Archives de la Universidad de York (GB), con relación a los números de serie, los dos primeros aparatos formaban parte de una partida destinada a Mr. Cundogan, en Ankara, y allí fueron enviados entre el 2 de abril y el 2 de julio de 1947; se desconoce como vinieron a parar la Escuela, aunque existe el expediente de la aduana de Santander como llegados desde Londres.



III-3-55 TEODOLITO CONCÉNTRICO REPETIDOR

Modelo: T1A.

Fabricante: Wild. Heerbrug. Suiza.

Año: 1981.

Nº de serie: 275045 (funda-campana color naranja).

Nº de inventario: no consta (nº de chapa).

Longitud del anteojo: 145 mm.

Diámetro del objetivo: 45 mm.

Aumento del anteojo: x30.

Distancia mínima de enfoque: 1,5 m.

Diámetros del limbo horizontal: 130 mm medida desde el exterior; dividido en grados; lectura directa de 20^{cc} apreciando 5^{cc}. yvertical: 100 mm medida desde el exterior; dividido en grados; lectura directa de 20^{cc} apreciando 5^{cc}.

Graduación: centesimal.

Sensibilidad: del nivel tórico 30".

Plomada: óptica y de gravedad.

Peso: 5 kg (+ 2kg de la campana de embalaje).

Materiales: acero, aluminio, hierro, latón lacado en verde y vidrio.

Altura: 270 mm.

Trípode: Wild.

Observaciones

El teodolito Wild T1 está diseñado tanto para triangulaciones pequeñas, como para poligonación y levantamientos catastrales, construcción e ingeniería. La plataforma nivelante puede separarse de la alidada para poligonación de precisión con centrado forzoso. Está dotado de un sistema compensador reducido (de índices verticales) de líquido, confinado en un recipiente irrompible. El ejemplar de la Escuela fue una donación de la empresa Repsol en 2006, junto con un distanciómetro DI3000, para lo que tiene el correspondiente soporte sobre las muñoneras.



III-3-56 TAQUÍMETRO CONCÉNTRICO REPETIDOR

Modelos: diez ejemplares de T1 y T1A.

Fabricante: Wild. Heerbrugg. Suiza.

Diseñador: Dr. H. Wild.

Año: entre 1942 y 1961.

Números de serie: 61316 (estuche nº 1); 88373 (nº 2); 12727 (nº 3); 12662 (nº 4); 61364 (nº 5); 12710 (nº 6); 42808 (nº 7); 61377 (nº 8); 10548 (nº 9); 61560 (nº 10).

Longitud del anteojo: 145 mm, (150 mm el modelo T1A).

Diámetro del objetivo: 40 mm

Aumento del anteojo: x27 (el modelo T1A: x28)

Distancia mínima de enfoque: 1,5 m.

Campo de vista: 29/1000 m (T1A).

Diámetros del limbo: horizontal 90 mm medido por el exterior; dividido en grados; lectura directa de 20" ó 1', estimándose 5" ó 10^{cc} y vertical 70 mm medido por el exterior, dividido en grados; lectura directa de 20" ó 1', estimándose 5" ó 10^{cc}.

Graduación: sexagesimal (salvo el nº 88373 que es centesimal).

Plomada: óptica y de gravedad.

Declinatoria: de 8 cm.

Sensibilidad del nivel tórico: 30".

Materiales: latón lacado en verde, acero y vidrio.

Altura: 260.

Peso: 5 kg (+2kg con la campana de embalaje).

Trípode: Wild.

Observaciones

Los números 12662, 12710 y 12727 se adquirieron en 1944, el nº 42808 en 1955, el nº 10548 en 1942, los nº 61316, 61364, 61377, 61560, en 1957 y el nº 88373 probablemente proceda de la Ayuda Americana de 1961, se trata de un T1A (con compensación automática del error de eclímetro).

Para todo tipo de trabajos: triangulaciones topográficas, itinerarios, relleno, catastro, construcción, etc.



III-3-57 TEODOLITO GEODÉSICO

Modelo: T2.

Fabricante: Wild. Heerbrugg. Suiza.

Diseñador: Dr. H. Wild.

Año: por nº de serie entre 1934 y 1940. Adquirido entre 1941 y 1942.

Nº de serie: 9.977.

Nº de inventario: 205 (nº de chapa).

Diámetro del objetivo: 40 mm.

Longitud del anteojo: 140 mm.

Aumento del anteojo: x 30.

Luminosidad del objetivo: 6.25, 4.00, 2.25 (Muller-1940).

Campo de visión: 29 m a 1.000 m.

Distancia mínima de enfoque: 2.2 m (1,5 m los más modernos).

Diámetros del limbo: horizontal 90 mm; intervalo de división del limbo 20' (10' con el mecanismo óptico); lectura directa en el micrómetro 1", estimándose 0,5" y vertical: 70 mm, intervalo de división del limbo 20' (10' con el mecanismo óptico); lectura directa en el micrómetro 1", estimándose 0,5".

Graduación: sexagesimal.

Sensibilidad del nivel: 20".

Materiales: acero, aluminio, latón lacado en verde y vidrio.

Peso: 6 kg (+ 2,2 kg de la campana).

Altura: 290 mm.

Trípode: Wild.



Observaciones

Es un teodolito universal destinado principalmente a la triangulación de 2º y 3º orden, observaciones astronómicas, poligonación de precisión, y todo tipo de trabajos de ingeniería, tanto en obras públicas como en la industria (Se ofertaban oculares especiales de autocolimación intercambiables para este tipo de trabajos).

No sabemos si los accesorios de prisma pentagonal de objetivo y el de observación solar pertenecían al antiguo equipo de la Escuela (adquirido en 1936 y desaparecido durante la guerra civil) o al T2 adquirido posteriormente.

El *prisma pentagonal de objetivo* se emplea en minería de interior para las operaciones de transferencia de visuales horizontales a pozos verticales profundos (aplomaciones) desviando 90º los rayos incidentes. En la imagen podemos observar el prisma de objetivo montado sobre el teodolito T2. No se ha encontrado el contrapeso que debe llevar el antejo. En la otra fotografía aparecen el *prisma de observación solar* del profesor Reolfs en solitario y acoplado a un teodolito T1.

El anillo del *prisma de observación solar* permite la puntería directa al centro del sol, simplificándose el cálculo de las orientaciones en busca del acimut y aumentando la precisión. Diámetro exterior del anillo 50 mm, siendo el del filtro de 30 mm. Estuche de madera de 90 x 80 x 50 mm. En el anillo exterior se puede leer *Wild Heerbrugg Switzerland* y el la cara opuesta *Nach Prof. Roelofs 553*.



III-3-58 TEODOLITO CONCÉNTRICO

Modelo: Th 1.

Fabricante: Carl Zeiss. Jena. (Alemania) D.R.P. -D.R.G.M.

Diseñador: Dr. H. Wild.

Año: 1925. Adquirido por la Escuela en 1929.

Nº de serie: 15694.

Nº de inventario (nº de chapa): 144.

Nº de etiqueta de papel: 25.

Diámetro del objetivo: 35 mm.

Longitud del anteojo: 135 mm.

Aumentos del anteojo: x24.

Diámetros del limbo: horizontal 90 mm en total por el exterior; dividido en trazos de 1°; leyéndose con los micrómetros hasta 1' y vertical: 60 mm en total por el exterior; dividido en trazos de 1°; leyéndose con los micrómetros hasta 1'.

Graduación: sexagesimal.

Materiales: acero y latón lacado en negro y blanco y vidrio.

Peso: 3,8 kg (+ 3,7 de la caja de embalaje).

Altura: 215 mm.

Trípode: de meseta.

Observaciones

El diseñador: Heinrich Wild (1877-1951), entró a colaborar con Zeiss en 1908. Allí diseñó el anteojo de enfoque interno y poco después (1918) el micrómetro óptico de coincidencia con placas planoparalelas que llevan los limbos de vidrio del instrumento. En 1922, Carl Zeiss de Jena, fabricó el primer aparato óptico de este tipo, el Th 1, fue el primer teodolito de serie en usar limbos de vidrio graduados. Con estos adelantos pudo reducirse el tamaño de los anteojos (y por tanto de los aparatos) considerablemente, podemos decir que con este instrumento entramos en una nueva etapa de la topografía. Se podía emplear en todo tipo de trabajos: triangulaciones topográficas, itinerarios, relleno, catastro, construcción, etc.



III-3-59 TEODOLITO CONCÉNTRICO

Modelo: Th III.

Fabricante: Carl Zeiss. Jena (Alemania).

Año: entre 1925 y 1935. Adquirido por la Escuela en 1932.

Nº de serie: 34710.

Nº de inventario: 200 (nº de chapa).

Nº de etiqueta: 30.

Diámetro del objetivo: 40 mm.

Longitud del anteojo: 170 mm.

Aumento del anteojo: x27.

Distancia mínima de enfoque: 1,2 m.

Diámetros del limbo: horizontal dividido en tramos de 10'; lectura directa de 10" con el micrómetro, apreciándose la quinta parte: 2" y vertical dividido en tramos de 20'; lectura directa de 10" con el micrómetro, apreciándose la quinta parte: 2"

Graduación: sexagesimal.

Sensibilidad: de los niveles 30".

Materiales: acero y latón lacados en negro y blanco y vidrio.

Peso: 5,3 kg (caja de embalaje: 4 kg; trípode 5,3 kg).

Altura: 250 mm.

Trípode: de meseta Zeiss.

Observaciones

Requisado durante la guerra civil y recuperado después. Destinado principalmente a triangulaciones geodésicas de 3^{er} orden y topográficas, poligonación de precisión, etc.

Se llevó a limpiar y reparar en 1947.



III-3-60 TEODOLITO CONCÉNTRICO

Modelo: Th IV.

Fabricante: Carl Zeiss. Jena (Alemania).

Año: entre 1930 y 1935. Adquirido en 1941.

Nº de serie: 35.263.

Nº de inventario: 207 (nº de chapa).

Nº de etiqueta: 27.

Diámetro del objetivo: 35 mm.

Longitud del anteojo: 185 mm.

Aumento del anteojo: x28.

Distancia mínima de enfoque: 1,8 m.

Luminosidad del anteojo: 1,68.

Diámetros del limbo: horizontal 90 mm (Muller. 1940); lectura directa: 0,01^s. Limbo dividido en grados y micrómetro en 100 partes; apreciándose los 15^{cc} y vertical 70 mm (Muller. 1940), lectura directa: 0,01^s. El limbo dividido en grados y el micrómetro en 100 partes; apreciándose los 15^{cc}.

Graduación: centesimal.

Sensibilidad: de los niveles 30^{''}.

Materiales: acero y latón lacado en negro y blanco y vidrio.

Peso: 4,7 kg (caja: 3,7 y trípode 5,3 kg).

Altura: 240 mm.

Trípode: de meseta Zeiss.

Observaciones

Destinado a triangulaciones de 3^{er} orden y topográficas, poligonación de precisión y normal, ingeniería, etc. Se compró de segunda mano; La casa Sucesores de Castañón y Cia., escribe a la Escuela: *Agradeciéndole su encargo de un taquímetro Zeiss de ocasión, Modelo IV, como nuevo, envío factura...*



III-4-1 DISTANCIÓMETRO

Modelo: DM-S2.

Fabricante: Topcon Tokyo Optical Co. Ltd.

Año: hacia 1975. Adquirido en 1980.

Unidades de medida: metros y pies. Última unidad 1 mm ó 0,005 pies en modo repetitivo, y 10 mm ó 0,02 pies en modo tracking.

Telescopio: de 8 aumentos con un campo de visión de 2° (35 m a los 1000 m).

Alcances teóricos: con 1 prisma y condiciones atmosféricas normales: 1.400 m.

Con 3 prismas y condiciones atmosféricas normales: 2.000 m.

Con 9 prismas y condiciones atmosféricas normales: 2.500 m

Precisión: modo preciso: $\pm (5 + 5 \text{ ppm} \times D)$ mm, entre -10 °C y 40 °C.

Modo normal: $\pm (5 + 10 \text{ ppm} \times D)$ mm, entre -20 °C y 50 °C.

Tiempo de medida: inicialmente 4"; repetitivo: 4"; en modo tracking 0,5".

Materiales: acero, aleaciones ligeras, plástico y vidrio.

Dimensiones: 166 mm (ancho) x 184 mm (alto) x 182 mm (largo) Peso: 2,2 kg (con batería).

Márgenes: de temperatura ambiente -20 °C y +50 °C. De inclinación de la visual: $\pm 40^\circ$.

Baterías: interna (BT-6Q) y externa (BT-3Q). Voltaje de salida: 8,4 V y capacidad de 1 Ah.

Tiempo de utilidad por carga: 2 horas a uso continuo.

Cargador: de batería rápido BC-5. Tiempo de recarga: 1 hora; 8 horas con el cargador BC-10B/10C.

Observaciones

Distanciómetro electro-óptico tanto para adaptarlo a los teodolitos de la propia marca, como los de otros fabricantes. Introducción de temperatura, presión, coordenadas y otros datos, por teclado a la pantalla LCD. Base acimutal y plataforma nivelante con plomada óptica. Nunca se consiguieron los alcances arriba indicados, a pesar de las reparaciones a que fue sometido.



III-4-2 DISTANCIÓMETRO

Modelo: Distomat DI 3000.

Fabricante: Wild Heerbrugg (Suiza).

Año: hacia 1975. Adquirido en 1985.

Fuente luminosa: diodo láser.

Principio de medición: por pulsos.

Clasificación: láser clase I de EIC (sin peligro para la vista).

Apertura de haz a potencia media: 2' 36" (diámetro de 0,75 m a 100 m).

Onda portadora: de 0,865 micras: infrarroja.

Frecuencia de medida: 15 MHz.

Objetivos: emisores y receptores de 38 mm de diámetro.

Unidades de medida: metros y pies. Resolución: 1 mm ó 0,01 pie.

Alcances:

	<i>condiciones atmosféricas</i>		
	<i>normales</i>	<i>malas</i>	<i>muy buenas</i>
con 1 prisma	6.000 m	2 km	9 km
con 3 prismas	7.000 m	2,3 km	11 km
con 9 prismas	8.500 m	2,6 km	13 km

Precisión: modo preciso: \pm (de 3 a 5 + 1 ppm x D) mm, entre -10 °C y 40 °C.

Modo normal: \pm (10 + 10 ppm x D) mm, entre -20 °C y 50 °C

Tiempo de medida: inicialmente 3,5"; repetitivo: 3,5"; en modo tracking 0,3".

Peso: 1,7 kg (estuche 2,0 kg).



Dimensiones: 320 mm (ancho) x 260 mm (alto) x 200 mm (largo)

Márgenes: de temperatura ambiente $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. De inclinación del instrumento: $\pm 35^{\circ}$.

Materiales: plástico, vidrio, acero y aleaciones ligeras.

Batería: externa de 12 V de Cd Ni (recargable) con fusibles.

Tres modelos según tamaño:

Mini-batería: GEB 76 de 0,5 Ah con cable para 300 medidas aproximadamente.

Batería pequeña: GEB 70 de 2,0 Ah, para 1.200 medidas aproximadamente.

Batería grande: GEB 71 de 7,0 Ah, para 4.200 medidas aproximadamente.

Cargador de batería: de Cd Ni, con selector de tensión. Modelo GKL 12 para las GEB 76 y 70 y GKL 14 para el modelo GEB 71.

Observaciones

Distanciómetro electro-óptico diseñado para adaptarlo a los teodolitos de la marca y a otros modelos. Introducción de temperatura y presión, coordenadas y otros datos directamente por teclado a la pantalla LCD, con indicaciones de distancia oblicua (geométrica), reducida y desnivel. Base acimutal y plataforma nivelante con plomada óptica. Hay otro ejemplar procedente de una donación de Repsol.

III-4-3 INSTRUMENTOS PARA LA MEDIDA DIRECTA DE DISTANCIAS

1 CADENA DE AGRIMENSOR

Fabricante: no aparecen marcas.

Año: principios del S. XX.

Nº de inventario: 90.

Longitud: 20 metros, en tramos de 20 cm.

Material: hierro y latón.



Observaciones

Tiene chapas indicadoras de la distancia cada 5, 10 y 15 m. Estuche cilíndrico de cuero de 17 cm de diámetro por 21,5 cm de altura, con el número 90 pintado en negro en el lateral y la tapa. Esta rota en varios tramos y faltan las agujas.

2 CADENA DE AGRIMENSOR

Fabricante: en el inventario de 1926 figura Chesterman como fabricante pero no he visto ninguna marca.

Año: principios del S. XX.

Nº de inventario: 88.

Longitud: 10 metros, en tramos de 20 cm.

Material: varillas de latón de 1 mm de diámetro unidas con anillas del mismo metal.

Observaciones

Tiene chapas indicadoras cada metro, el número de agujeros indica los metros desde el inicio. Faltan las agujas.



3 CADENA DE AGRIMENSOR

Fabricante: desconocido.

Año: principios del S. XX.

Nº de inventario: 89.

Longitud: 51 pies castellanos (de 0,2786 m)= 17 varas castellanas. Cada tres pies (una vara castellana) tiene una chapa numerada (hasta la 16). En el SMD equivale a 14 metros aproximadamente.

Material: varillas de latón de 1 mm de diámetro unidas con anillas del mismo metal.

Observaciones

Tiene chapas indicadoras de distancia cada 3 tramos. Faltan las agujas.



4 CINTAS MÉTRICAS DE ACERO (2)

Fabricante: Richert-París.

Año: principios del S. XX.

Nº de inventario: 91 y 92.

Longitud: 20 m (ambas) con marcas hasta los 5 cm.

Anchura de la lámina: 16 y 17 mm.

Diámetro: 220 y 270 mm, anchura: 45 y 55 mm.



Observaciones

Indicadores cada decímetro: agujeros de 3 mm de diámetro cada doble decímetro, alternándose con remaches de latón de 5 mm de diámetro cada doble decímetro también (o sea, indicadores cada 10 cm). Cada metro está indicado por remaches redondos de latón de 15 mm de diámetro; cada 5 m presenta otros remaches en forma de rombo, y cada 10 m, otros remaches en forma de cuadrado. En las asas está grabada la leyenda DOUBLE DECAMETRE. La más grande presenta varios empalmes debido a roturas, la pequeña (de horquilla de roble) no.

5 RODETES DE TELA

Fabricantes: el de 25 m está fabricado por TRE&BLE, en Inglaterra. El de 50 m también es inglés, pero su marca es Chesterman, J.C., de Sheffield.

Año: hacia 1930

Nº de inventario: 169 y 170

Longitud: 25 y 50 m, divididas hasta el centímetro

Diámetro: 180 y 125 mm

Anchura: 35 y 30 mm

Anchura de la lámina: 16 mm en ambos casos.



Observaciones

Al de 25 m le falta el primer decímetro y al otro, de 50 m, también la faltan los 4 decímetros primeros. Aunque este tipo de cintas tienen hilos metálicos entrecruzados para darlas mayor consistencia, su uso en topografía es desaconsejable por las dilataciones.

6 CINTA DE ACERO Keko

Fabricante: Keuffel & Esser (Nueva York, USA).

Modelo: 7601 "City Engineer's Standard Tape".

Año: aparece en el catálogo de 1921 de esa firma.

Nº de serie: 98.

Longitud: 25 m, sin divisiones.

Diámetro: 250 mm.

Anchura de la lámina: 2.5 mm.

Materiales: acero, latón y madera.



Observaciones

Entre el asidero y el comienzo de la cinta solían llevar un termómetro con un muelle de tensión ajustable que ha desaparecido.

7 CINTA DE ACERO

Fabricante: Fisco (GB).

Modelo: Tracker TR50/5.

Año: último cuarto del S. XX.

Longitud: 50 m, con divisiones hasta el milímetro.

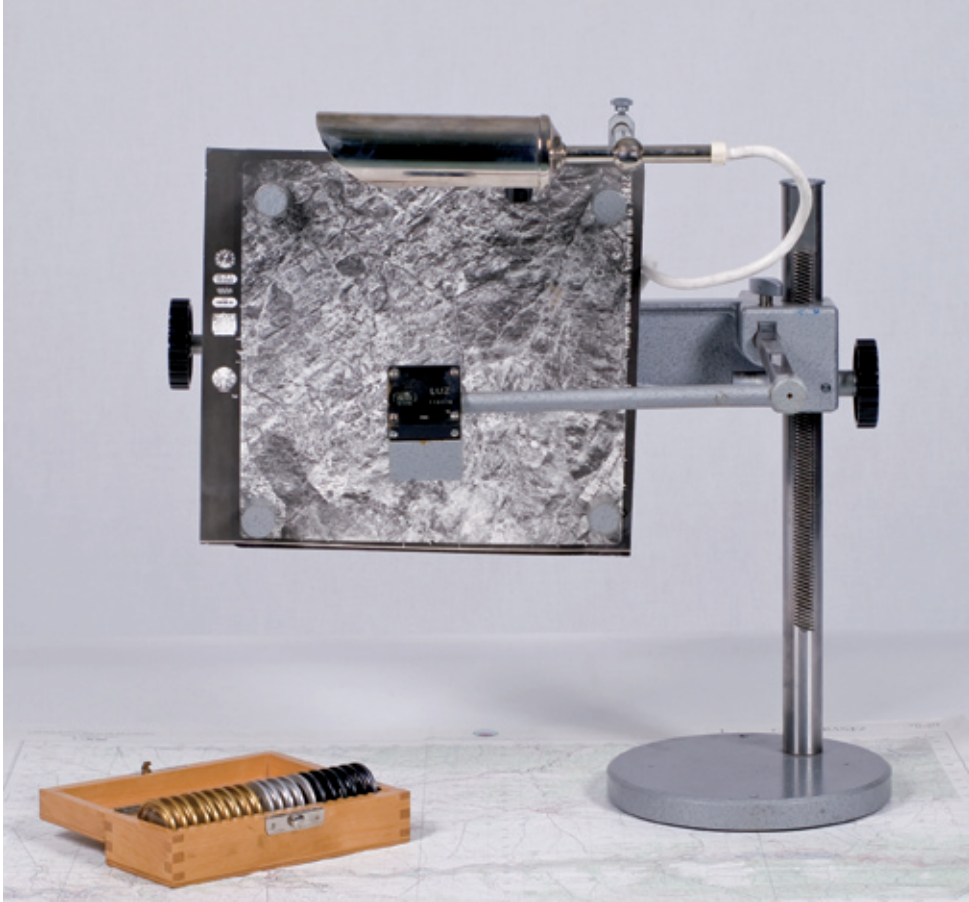
Anchura de lámina: 12 mm.

Materiales: acero bañado de nylon de protección y poliéster (mago ABS).



Observaciones

Está rota a la altura del centímetro cuatro.



III-5-1 CÁMARA CLARA

Fabricante: Carl Zeiss, Germany.

Año: c. 1960.

Nº de serie en la barra: 115.505.

Nº de serie en el prisma: 115.576.

Peso total: 19 kg.

Diámetro del campo de observación: 20 cm (sin lentes de corrección).

Alcance de escalas: desde 0,4 hasta 2,8 veces.

Compensación de nitidez: con lentes de corrección: desde -2,5 hasta +4,5 dioptrías (escalonadas cada 0,5 dioptrías).

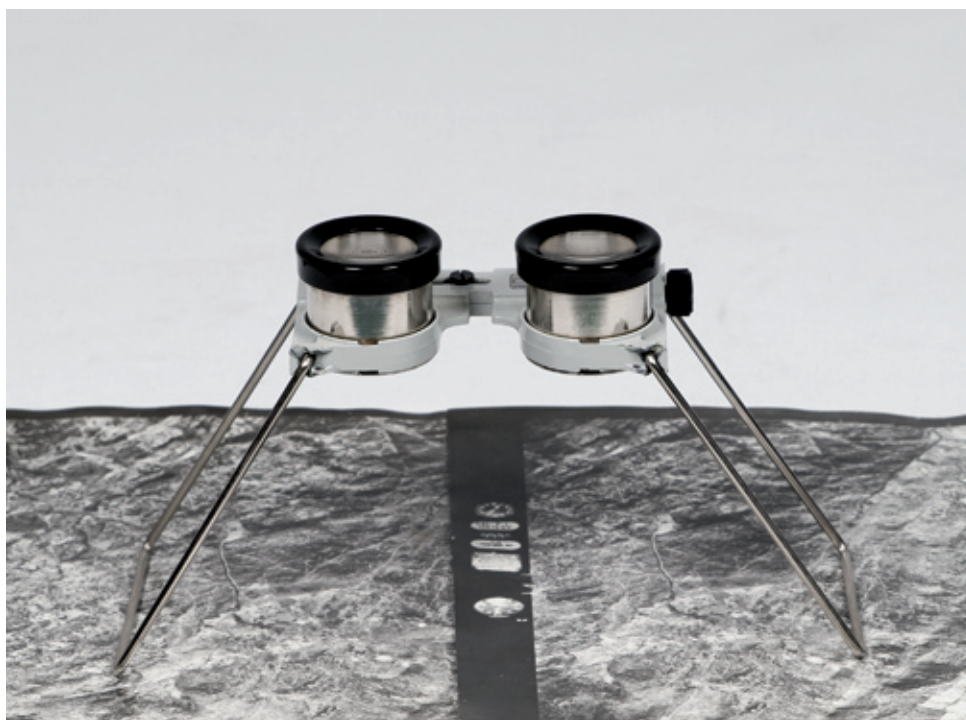
Materiales: hierro, acero, latón y vidrio.

Caja: de madera de abeto, 485 x 410 x 220 mm.

Observaciones

La placa portafoto puede girarse y desplazarse con objeto de suprimir en gran medida las distorsiones perspectivas causadas por la inclinación del eje de la cámara y la variación de la escala, siempre que el terreno sea prácticamente llano. En un estuche de madera (dentro de la caja) se dispone de un juego de lentes y filtros para el prisma.

La cámara clara se usaba para actualizar la cartografía que, con el paso del tiempo, había quedado obsoleta. Mediante fotografías aéreas recientes, se podían transferir al mapa los detalles, presentes en ellas, que no estaban representados en el mapa.



III-5-2 ESTEREOSCOPIOS DE BOLSILLO

Fabricante: SRPI-MORIN. Francia.

Modelo: agrée par l'Ofrateme. 55, rue étienne dolet. 94230 Cachan

Nº de serie: no se aprecia.

Aumentos: x 2 de las lentes (acromáticas).

Materiales: acero, aleación ligera de fundición a presión y vidrio.

Estuche: de cartón, ref. 12.883.

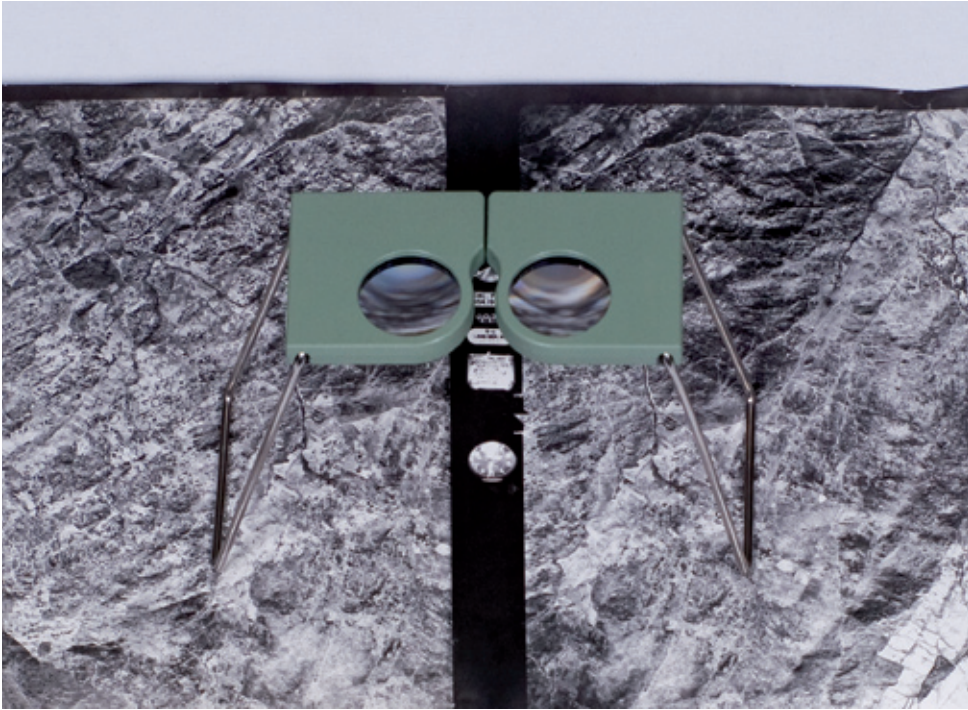
Distancia: interpupilar variable entre 57 y 74 mm, de 2 en 2 mm.

Diámetro del ocular: 30 mm.

Medidas: 100 x 100 x 60 mm.

Observaciones

El laboratorio de Geomática de la Escuela cuenta con 12 unidades.

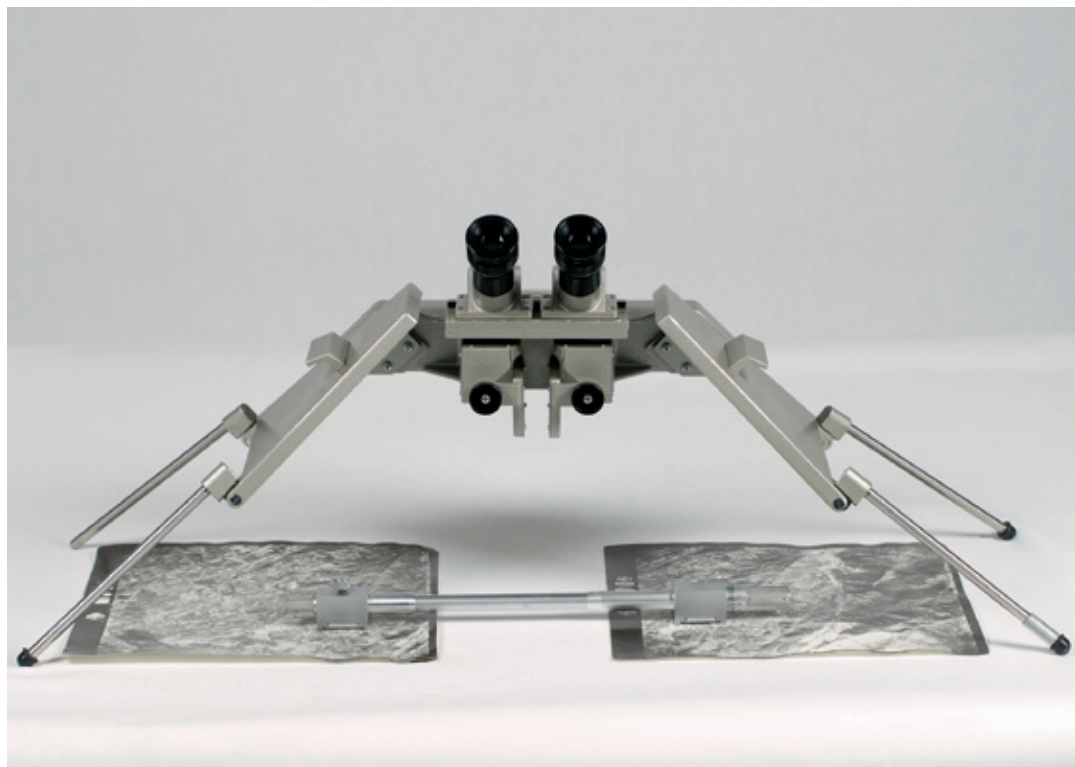


III-5-3 ESTEREOSCOPIO DE BOLSILLO PEAK

Fabricante: Peak. Japón.
Nº de serie: no se aprecia.
Modelo: 1994-2.
Adquiridos: en 2010 (Geonatura).
Funda: de plástico marrón.
Distancia interpupilar: variable entre 56 y 74 mm.
Diámetro del ocular: 30 mm.
Aumentos de las lupas: x 2.
Materiales: ¿calamina?, acero y vidrio.
Medidas: 160 x 70 x 120 mm.
Peso: 250 gm.

Observaciones

El laboratorio de Geomática tiene 10 unidades.



III-5-4 ESTEREOSCOPIO DE ESPEJOS

Fabricante: Topcon/ Tokio Kogaku Co., Ltd.

Año: hacia 1960.

N^{os} de serie: de los estereoscopios; A425, A911, B068, B069, E500, C636, G195, D011, F536 y F353. De los estereómetros; A0002833, 520977, A0002805, A0000379, 527744, A0002916, 527829, 527741, A0001615 y A0001712.

N^o de inventario: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 (pintado en las cajas y en los aparatos).

Estereómetro o barra de paralajes: rango de medidas 0-40 mm.

Mínima división: 0,05 mm.

Apreciación: de 0,01 mm.

Oculares: graduables en enfoque y distancia interpupilar.

Aumentos: con los oculares fijos: x1.

Campo: 240 x 180 mm.

Aumentos: con los binoculares suplementarios: x3.

Campo: 70 mm (diámetro).

Base: 260 mm.

Materiales: hierro, acero, aluminio, lacado en gris y vidrio.

Caja-estuche: de 475 x 220 x 190 mm.

Observaciones

Para visualizar pares de fotografías estereoscópicas. El laboratorio de Geomática de la Escuela dispone de 10 ejemplares.



III-5-5 ESTEREOSCOPIO SIMPLE

Fabricante: Carl Zeiss. Germany.

Diseñador: Carl Pulfrich.

Año: hacia 1910.

Nº de serie: 7.814.

Punzones: deslizantes para medida de paralajes x.

Oculares: graduables en enfoque y distancia interpupilar

Materiales: acero, chapa de hierro, latón lacado en negro y vidrio.

Observaciones

Para fotografías estereoscópicas de formato 6 x 6 cm.



III-5-6 FOTOTEODOLITO TORROJA

Fabricante: Laboratorio de Automática. Madrid. Steinheil. München (escrito en el anillo del objetivo del anteojo). La cámara lleva un anagrama con las letras FD superpuestas en el anillo de velocidades y el objetivo es de Zeiss.

Diseñador: José M^a Torroja Miret.

Año: hacia 1915.

Nº de inventario: 7 (nº de chapa).

TEODOLITO. Nº de serie: 79.457 (en el anteojo).

Graduación de los limbos: sexagesimal.

Longitud del anteojo: 200 mm (185 al retículo).

Diámetro del objetivo del anteojo: 45 mm.

Diámetros: limbo horizontal de 130 mm; dividido en intervalos de 30'; lectura directa en (2) nonios: 1'. Limbo vertical de 95 mm; dividido en intervalos de 30'; lectura directa en (2) nonios: 1'.

CÁMARA. Nº de serie: 256.186 (en el objetivo de la cámara); 322.2601 (en canto del anillo de grande del objetivo); 371.939 D.R.G.M. (en el anillo de velocidades: 150-100-50-25-10-5-2-1)

Objetivo: Carl Zeiss Ortho Protar 1:12,5; R 19 cm; deslizante verticalmente con varias posiciones. DRP

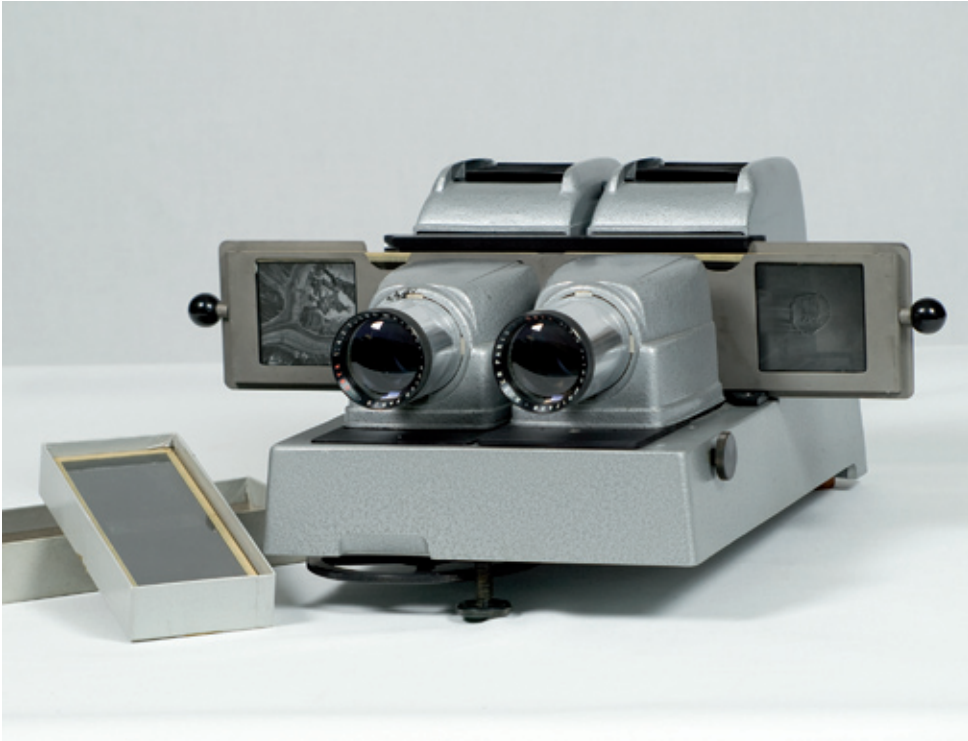
Obturador: Compound D.R.G.M.

Materiales: acero, latón empavonado (el teodolito), aluminio, plata, madera y vidrio.

Altura: 490 mm total y 180 mm el teodolito.

Observaciones

La fotogrametría terrestre comenzó a aplicarse de una manera sistemática en España a comienzos del siglo XX, de la mano de D. José M^a Torroja y Miret, que fue quién diseñó este instrumento partiendo de elementos nacionales y extranjeros. En el acta de la Junta de Profesores de 31 mayo de 1919, se acuerda dar 3.000 pts. al profesor de Topografía para comprar un equipo estereofotogramétrico que suponemos era este. Sustentación con trípode de meseta.



III-5-7 PROYECTOR ESTEREOSCÓPICO

Fabricante: en los talleres del Instituto Geográfico Nacional de Francia.

Año: c. 1960.

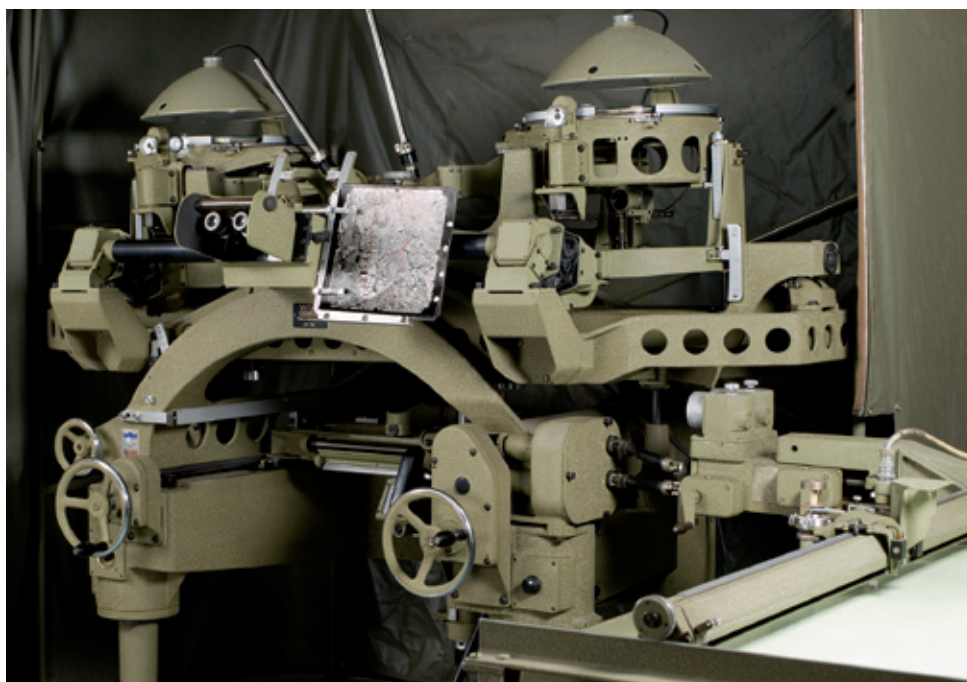
Nº de serie: 27.

Materiales: chapa de hierro, latón y vidrio.

Caja: de madera clara de 485 x 320 x 250 mm.

Observaciones

Se trata de un doble proyector de imágenes estereoscópicas por el sistema de luz polarizada. El equipo cuenta con ¿un centenar? de gafas-filtro polarizadas rígidas y un chasis doble donde se alojan las diapositivas (estereoscópicas) que se van a proyectar. Cuenta también con una colección de fotografías estereoscópicas en soporte de vidrio distribuidas en dos cajas, una con 9 diapositivas relativas a fotogeología cualitativa y otra con 10 dedicada a fotogeología estructural. El tamaño de las diapositivas es de 18 x 7,5 cm.



III-5-8 ESTEREORESTITUIDOR A8

Fabricante: Wild de Heerbrugg, Suiza.

Año: c. 1960.

Nº de serie : 762.

Sistema de proyección: mecánico.

Formato fotográfico: 230 x 230 mm.

Focales: continua entre 98 y 215 mm.

Giros: cappa: ± 20 g; omega: ± 6 g; fi: ± 5 g.

Base: de 65 mm a 220 mm.

Tamaño máximo de modelo: X= 336 mm; Y= 440 mm; Z= 175-350 mm.

Aumentos en los oculares: x 6.

Sistema de exploración: manivelas con dos velocidades (x e y) y pedal giratorio (z).

Lectura de coordenadas: con tambores graduados a 0,02 mm.

Diámetro del índice de medición: 0,07 mm en el plano de la foto (18 mm con x 6).

Dimensiones: 3,50 x 2,40 x 1,90 m.

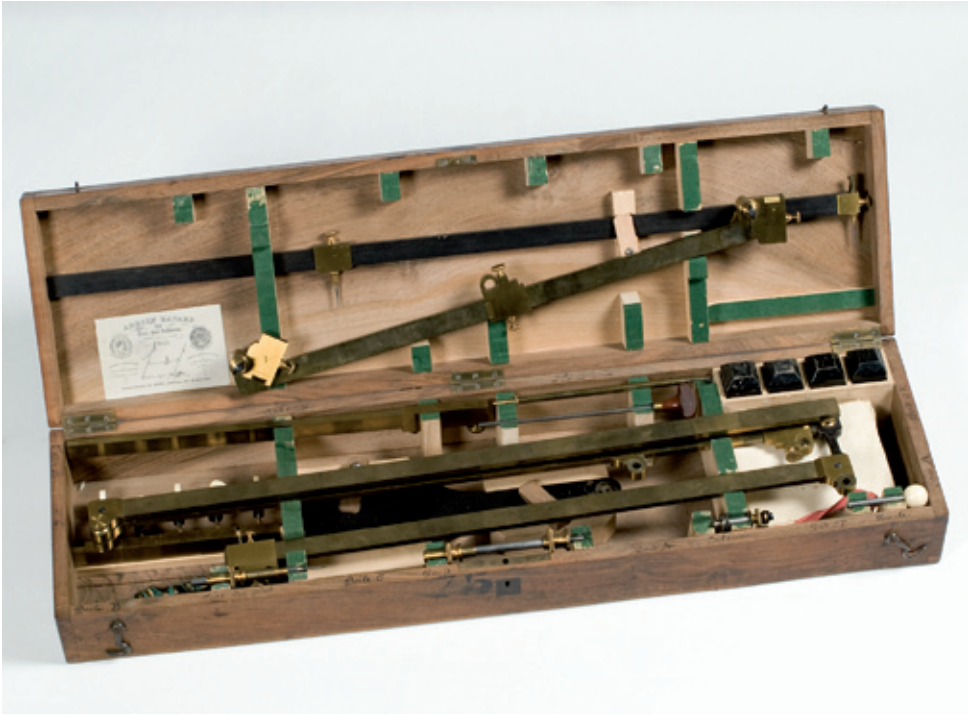
Peso aproximado: 900 kg.

Mesa de dibujo: 1,00 x 1,00 m

Materiales: acero, hierro, aluminio, plástico y vidrio.

Observaciones

Un restituidor es un aparato fotogramétrico que se utiliza para representar gráficamente y en su justa dimensión, a una determinada escala, los detalles de interés cartográfico, o de otra índole, que aparecen en las fotografías aéreas, con objeto de formar un mapa o plano de la zona fotografiada. Generalmente consta de un sistema estereoscópico de observación, un sistema de exploración de las fotografías, un sistema de medida y dibujo y un sistema de proyección que sea capaz de representar los infinitos pares de rayos homólogos que forman el modelo estereoscópico.



III-6-1 PANTÓGRAFO 1

Fabricante: Adrien Gavard. 70 Quai des Orfèvres. Paris.

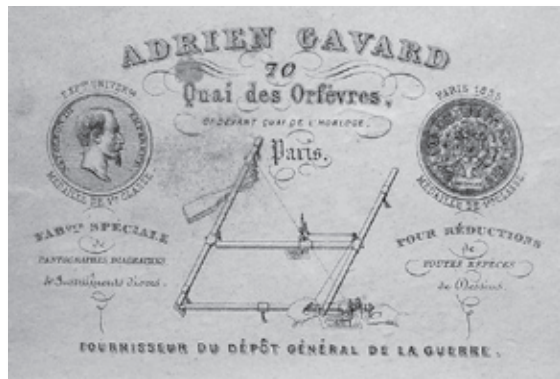
Nº de inventario: 75.

Año: principios del S. XX.

Dimensiones del estuche: 650 x 180 x 85 mm.

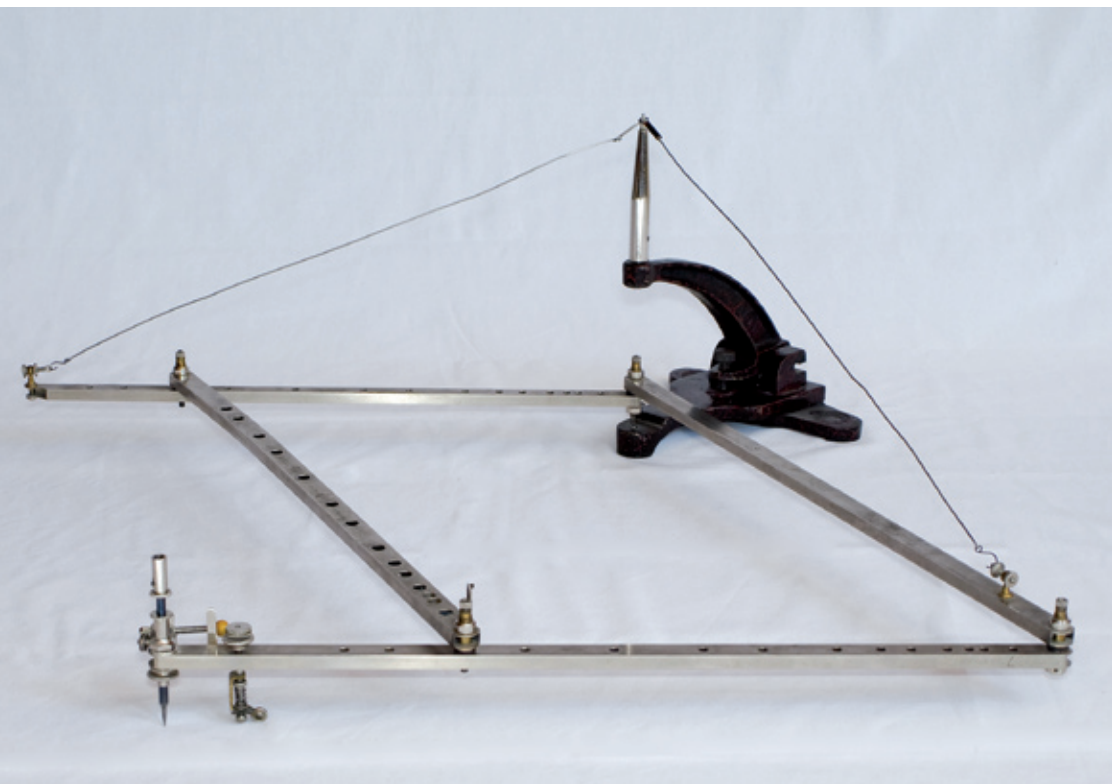
Materiales: acero y latón.

Caja: de madera de nogal.



Observaciones

Se utilizaba para reducir planos o mapas, antes de la aparición de la fotografía. Consta de cuatro varillas articuladas formando un paralelogramo, uno de cuyos vértices se mantiene fijo por medio de un pasador que penetra en un soporte pesado, en uno de los lados va un lapicero y en el extremo de otra varilla lleva un trazador que se pasa por el dibujo a reducir; y estos tres polos han de estar alineados.



III-6-2 PANTÓGRAFO 2

Fabricante: M. Bernal. Precisión. Madrid.
Año: principios del S.XX.
Nº de serie: 5.819.
Materiales: acero y latón.
Estuche: de madera de pino.

Observaciones

Se trata de una donación de D. Emilio Orozco y está expuesto en el armario que hay a la derecha de la entrada del Claustro (M1, 2ª planta). Se utilizaba para reducir planos o mapas, antes de la aparición de la fotografía. Consta de cuatro varillas articuladas formando un paralelogramo, uno de cuyos vértices se mantiene fijo por medio de un pasador que penetra en un soporte pesado, en uno de los lados va un lapicero y en el extremo de otra varilla lleva un trazador que se pasa por el dibujo a reducir; y estos tres polos han de estar alineados.



III-6-3 PANTÓGRAFO 3

Fabricante: Rostriaga.

Año: principios de S. XIX.

N de serie: no se aprecia.

Nº de inventario: (1925 tachado). Había dos ejemplares, con los números 78 ó 79; desconozco cual de los dos corresponde a esta pieza.

Materiales: ébano y latón.

Observaciones

El artífice Diego Rostriaga (1713-1783) se estableció en Madrid como aprendiz de relojero a finales del s. XVIII. Luego fue relojero e instrumentario; su fama llegó muy pronto a la Corte. Estudiante de Latín, de Filosofía, de Matemáticas y de Mecánica aplicada a las artes, comenzó a construir por encargo para el entonces príncipe de Asturias y luego el rey Carlos III, máquinas neumáticas, pirómetros y otros instrumentos de Física y de Cálculo. En 1770 se encargaría de construir, con los escasos medios de entonces, las bombas de vapor que se utilizaron para poner en pie los diques de Cartagena. En el inventario de 1925 dice que faltan piezas. En ese mismo inventario figura un segundo pantógrafo de la misma marca de ahí la duda en la numeración ¿hoy desaparecido?.

Como los anteriores, se utilizaba para reducir planos o mapas, antes de la aparición de la fotografía. Consta de cuatro varillas articuladas formando un paralelogramo, uno de cuyos vértices se mantiene fijo por medio de un pasador que penetra en un soporte pesado, en uno de los lados va un lapicero y en el extremo de otra varilla lleva un trazador que se pasa por el dibujo a reducir; y estos tres polos han de estar alineados.



III-6-4 PLANÍMETRO INTEGRADOR

También llamado INTEGRÓMETRO DE AMSLER.

Fabricante: J. Amsler (grabado en el centro de la barra central que lleva los dispositivos de lectura).

Diseñador: Jakob Amsler.

Año: hacia 1900. ¿Adquirido en 1925? ¹ Instrumento que figuraba ya en el catálogo de Recarte de 1901 (pags 156, 157)

Nº de serie: 907.

Estuche: 370 x 300 x 80 mm.

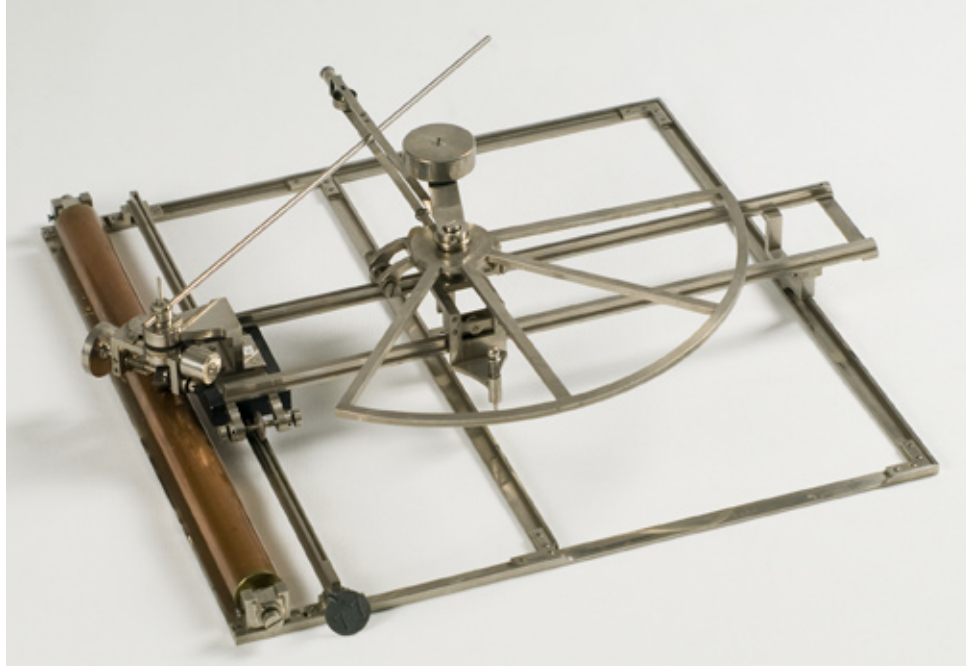
Materiales: latón niquelado y plomo.

Observaciones

Se trata de un integrador mecánico realizado en latón niquelado que sirve para medir momentos estáticos, de inercia y superficies. Para ello se desliza manualmente un pivote metálico por al perímetro del área a determinar. Las tres ruedas se deslizan, de modo que una recorre el perímetro, otra el momento y la tercera el momento de inercia.

El catálogo de Cook, Troughton & Simms dice que los integradores de Amsler determinan el área y los momentos relativos a cualquier eje de cualquier figura simplemente recorriendo su contorno. Son una ayuda inestimable para los ingenieros civiles y mecánicos, constructores de puentes, arquitectos navales, etc. En gran medida facilitan la búsqueda del desplazamiento, momentos de estabilidad y de inercia, centros de gravedad, etc., de buques, el esfuerzo tensil, resistencia, puesta en carga de cables, vías, vigas, etc. Jakob Amsler: (Stalden, 1823-Schaffhausen, 1912) Matemático y físico suizo. Fue profesor en la Universidad de Zúrich y fabricante de instrumentos de precisión físico-matemáticos. Junto con su hijo Alfred (1857-1940) inventó diversos aparatos mecánicos: el planímetro polar (1854), el integrador (1875) y la máquina de Amsler, utilizada para realizar ensayos sobre desgaste de materiales por rozamiento y por rodadura.

1. Con esa fecha figuran dos envíos en la aduana de Port Bou, que corresponden a instrumentos pedidos por la Escuela a esa Firma.



III-6-5 PLANÍMETRO INTEGRADOR TANGENCIAL CARTESIANO

También llamado INTEGROMETRO

Diseñador: Ruiz Castizo.

Fabricante: Société Genevoise de Physique (S^{te} G^{se}).

Año: hacia 1900.

N  de serie: 25.

N  de inventario: 77 (n  de chapa).

N  de etiqueta: 23.

Dimensiones de la base: 370 x 370 mm.

Sector circular tangencial: de 155 mm de radio y rodillo deslizante sobre raíles de 350 mm.

Materiales: acero, latón niquelado y cobre.

Observaciones

En general, los planímetros sirven para determinar superficies de parcelas representadas en un plano o mapa. El planímetro integrador no solo proporciona el resultado final de la integración (la superficie), sino que además muestra el desarrollo; o sea, mientras el trazador sigue el contorno de una figura, dibuja automáticamente una curva (la integral) cuyas ordenadas son proporcionales al área de la figura contorneada (y'). Considerando de nuevo esta primera curva integral como curva diferencial y contorne ndola con el trazador, el instrumento dibuja una segunda curva integral cuyas ordenadas son proporcionales al momento est tico (y''). Y haciendo lo mismo con esta segunda curva integral, el tiral neas dibujar  la tercera curva integral, cuyas ordenadas son a su vez proporcionales al momento de inercia (y''').

El modelo que diseño el Catedrático de Mecánica Racional de la Facultad de Ciencias de Zaragoza, Sr. Ruiz Castizo, pertenece al grupo de los integradores mecánicos. Fue favorablemente informado por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, donde se presentó en 1897, bajo la denominación de "Planímetro cartesiano de valuación tangencial" aludiendo tanto a su fundamento inmediato en las coordenadas cartesianas (el movimiento está referido a ejes cartesianos), como a la consideración de que la rueda se mueve tangencialmente a la curva descrita por su punto de contacto con el dibujo (curva cuadratr z), a diferencia de lo que ocurre con los planímetros de Amsler y otros, basados en el mismo principio cinemático. Pueden encontrar más información en la Revista de Obras Públicas de aquel año y en el Catálogo de la firma Recarte de 1901.



III-6-6 PLANÍMETRO DIGITAL

Modelo: PLACOM KP-90.

Fabricante: Koizumi. Sokki. MGF. Co. Ltd. Japón.

Número de serie: 05.630.

Año: 1980.

Radio de acción: 32 5mm x 30 m.

Máxima superficie acumulada: 99.999,9 cm²

Capacidad de pantalla: 8 cifras y 10 símbolos.

Símbolos: Batt-E, SCALE, MEMO, HOLD.

Unidades: cm², m², km², in², ft², acre.

Resolución: 0,1cm² (escala 1/1).

Precisión: +/- 0,2%.

Alimentación: baterías NI CAD recargables.

Tiempo de funcionamiento: 30 h.

Tiempo de carga: 15 h.

Observaciones

Se trata de un planímetro digital con brazos articulados, con posibilidad de introducción de escalas diferentes en X o Y. Se utiliza para determinar la superficie de parcelas o cualquier otro tipo de elemento de un plano que queramos conocer su área. Cuando una medida se pasa de las 8 cifras el aparato cambia automáticamente de unidad de medida. Permite memorizar los valores medidos y calcular la media de todas ellas. Con el fin de determinar la media de forma más precisa, la misma superficie puede ser medida hasta 9 veces.

Viene en estuche de plástico rígido, con su cargador, y tiene la ventaja de que se apaga automáticamente al rato de haber finalizado las medidas.



III-6-7 PLANÍMETRO DE COMPENSACIÓN TIPO CORADI

Diseñador: G. Coradi.

Fabricante: K. Murbach de Zurich, Suiza.

Año: hacia 1900.

Nº de serie: 911.

Nº de inventario: 744 (nº de almacén).

Dimensiones: 208 mm la varilla de contrapeso y 235 mm la varilla de medición.

Estuche: negro de 253 x 95 x 40 mm.

Materiales: acero, latón niquelado y celulosa.

Observaciones

Este modelo es una variación del planímetro polar de Amsler; se ha desplazado el eje de la roldana, quedando paralelo al de la varilla. Se maneja mejor que su predecesor por llevar un asa y no descansar en el punzón. Dispone de una rejilla de comprobación.

En el inventario antiguo figura un planímetro Coradi pero su nº de serie no coincide con este. En ese inventario figura como nº de fábrica el 22.098 y tiene el nº de inventario 103.



III-6-8 CÍRCULO TRANSPORTADOR DE TRES REGLAS

Fabricante: Casella. Maker of the Admiralty. London (GB).

Año: c. 1900.

Número de identificación: no tiene.

Diámetro efectivo del círculo transportador: 185 mm. Dividido a intervalos de 20'. Lectura directa con dos nonios graduados (0-20') que permite leer directamente 1'.

Graduación: sexagesimal: de 0-360°.

Reglas de escalas: de 550 mm de longitud

Dimensiones del estuche: 590 x 220 x 60 mm.

Materiales: latón y acero.

Observaciones

Estos instrumentos se utilizaban para representar gráficamente los puntos tomados en el campo, para la formación de un mapa o plano, mediante sus coordenadas polares (ángulo y distancia).



III-6-9 CÍRCULO TRANSPORTADOR SEXAGESIMAL

Fabricante: J. Casella. Maker of the Admiralty. London (GB). En la parte inferior de la caja se lee: Ortega Óptico. Príncipe 21. Madrid (pintado).

Número de identificación: no tiene.

Diámetro total: 155 mm (efectivo, 135 mm).

Graduación: sexagesimal dividida en intervalos de 30'. Lectura directa con el nonio de 1'.

Dimensiones del estuche: 185 x 175 x 40 mm.

Materiales: latón y acero.



III-6-10 TRANSPORTADOR DE SEMICÍRCULO

Fabricante: desconocido.

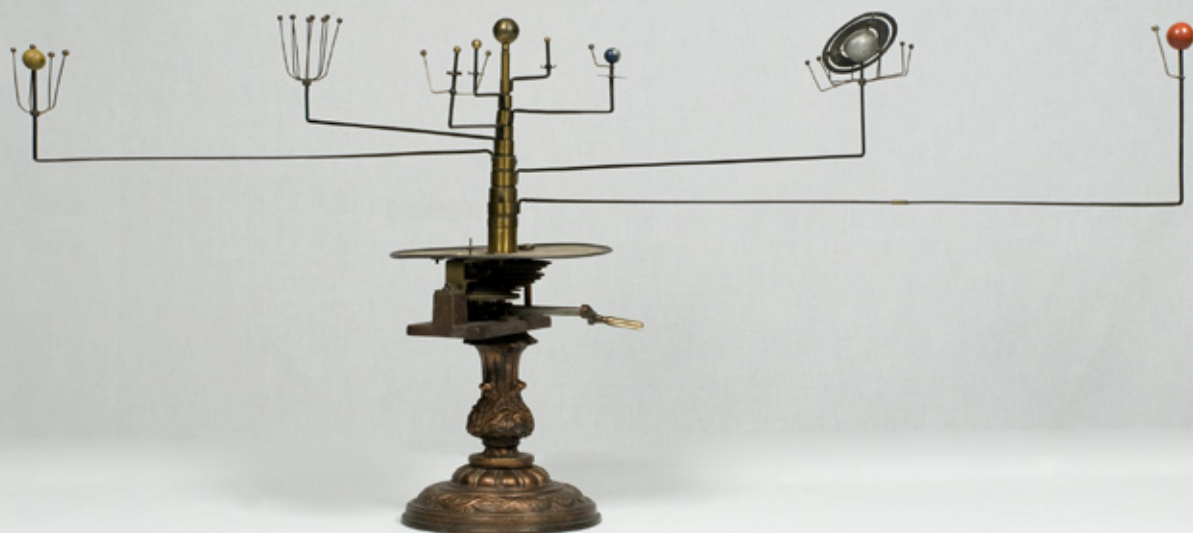
Nº de identificación: 74 (pintado en su estuche de madera).

Graduación: sexagesimal (0° - 180°) a intervalos de $30'$. Lectura directa con el nonio, 1'.

Diámetro: 168 mm.

Longitud del brazo: 155 mm.

Materiales: latón y acero.



III-6-11 PLANETARIO. *Con los 8 planetas y sus lunas respectivas.*

Año: finales del S. XIX.

Radio: máximo de las órbitas 700 mm.

Altura: 400 mm.

Materiales: acero, fundición de hierro, latón y madera.

Observaciones

Tiene un brazo suelto que sería necesario soldar.



III-6-12 REGLAS DE CÁLCULO ALEMANAS

Fabricante: la de madera desconocido y la de plástico Aristo.

Año: principios y mediados del S.XX.

Medidas: 460 x 55 x 27 mm y 337 x 48 x 5 mm.

Materiales: madera ¿de abeto? y plástico.

Observaciones

La caja tiene, en su parte inferior, un sello medio borrado (tampón) de la firma Recarte. La Aristo es una donación del Ingeniero Técnico en Topografía D. Carlos Domingo Alda y se trata de un modelo adquirido en 1969.



III-7-1 RECEPTOR GPS CARTOGRÁFICO

GARMIN 40 DE 8 CANALES

Fabricado: por Garmin Olathe. KN. USA. Año 1994. Adquirido en 1996.

Seguimiento: de satélites por 8 canales.

Carcasa: impermeable rellena de nitrógeno seco para uso en cualquier tipo de condiciones atmosféricas.

Pantalla: en B/N.

Precisión: 15 m RMS. Con el accesorio opcional GBR 21 (beacon receiver) se alcanzan precisiones de 5 a 10 m (acepta correcciones diferenciales en formato RTCM-104 v.2.1)

Duración de la carga: 10 horas en modo normal y hasta 20 horas en modo ahorro, con 4 pilas alcalinas AA de 1,5 v. Indicador de carga en pantalla.

Peso: 269 gr (9,5 onzas) con baterías.

Tamaño: 15,6 x 5,1 x 1,23 cm.

Temperaturas de operación: -15° a +70°.

Observaciones

Capaz de retener hasta 250 waypoints alfanuméricos, con listado de los 9 más próximos. Por razones que se nos escapan quedó inutilizado con el cambio de siglo (2001).



III-7-2 RECEPTOR GPS CARTOGRÁFICO

Modelo: Geo-XT de la serie CE.

Fabricado: por Trimble Navigation Limited. 645 North Mary Avenue. Sunnyvale, CA, 90485. USA.

Distribuidor para Europa: Trimble GmbH. Am Prime Parc 11. 65479 Raunheim. Alemania.

Número de serie: Part Number: # 49050-20. Código de barras: # 4339B27885.

Año: 2002. Adquirido en 2005.

Número de canales: 12 de frecuencia simple.

Receptor: de WAAS (Egmon) integrado.

Precisión: submétrica en tiempo real, y con posproceso, hasta 30 cm en condiciones especiales (usando antena Zephyr). Tecnología Everest para rechazo de multipath.

Antena: integrada y posibilidad de conexión a otra antena exterior.

Sistema operativo: Windows CE, con teclado de pantalla para la introducción de textos.

Memoria principal: de 32 MB RAM; memoria interna flash, no volátil de 128 MB (mínimo) y con la posibilidad de insertar tarjeta SD extraíble por una ranura sellada. Pantalla a color.

Puertos de comunicación: NMEA (COM 2), TSIP (COM 3) y Real Time (COM 4).

Batería: interna para un día de funcionamiento y módulo de soporte con fuente de alimentación para la recarga de la batería (4 horas) y cable de datos USB para descarga en el ordenador.

Carcasa: resistente a la lluvia y el polvo (Standard IP54).

Peso: 0,78 kg con la batería.

Medidas: 220 x 90 x 60 mm (receptor) y 240 x 105 x 60 mm la zapata soporte de carga.

Funcionan tanto en código como en fase, y en modo móvil o en modo base, según se configuren.



III-7-3 RECEPTOR GPS CARTOGRÁFICO TRIMBLE

Modelo Receptor: Pro XRS.

Modelo Colector: TDC 1; Antena de domo compacta.

Fabricado: por Trimble Navigation Limited. 645 North Mary Avenue. Sunnyvale, CA, 90485. USA

Distribuidor para Europa: Trimble GmbH. Am Prime Parc 11. 65479 Raunheim. Alemania

Año: 1997. Adquirido en 2001.

Colector TDC 1: números de serie / Model: 3300-CPCHOPE-011; J987792. Memoria: 2 MB; 32767 puntos de ruta. Medidas: 210 x 90 x 50 mm.

Receptor XRS: números de serie: PN: 29654-11; SN: 0220144377; 12 canales. Monofrecuencia L1. Tiempo al primer fijo < 30". Tamaño: 11,5 x 5,1x 19,5 cm. Peso: 0,76 kg. Potencia máxima 5 vatios. Medidas: 190 x 110 x 50 mm.

Antena XRS: polarización circular dextrógira; omnidireccional; cobertura hemisférica; 15,5 cm de diámetro y 8,9 cm de altura; 0,25 kg; caja totalmente estanca; temperatura -40 a +70 °C.

Precisión: en planimetría, con DGPS, inferior a los 50 cm (RMS-68%) + 1 ppm veces la distancia entre la base y el móvil; en alturas es también submétrica + 2 ppm base-móvil. Tecnología Everest para rechazo de multipath.

Antena: exterior.

Maleta de transporte: de 540 x 350 x 230 mm.

Puertos de comunicación: dos en serie (A y B) RS232 de 12 pines, y un puerto para el cable de antena NMEA (COM 2), TSIP (COM 3) y Real Time (COM 4).

Baterías externas: Camcorder (2) para un día de funcionamiento y módulo de soporte con fuente de alimentación para la recarga de la batería (4 horas) y cable de datos USB para descarga en el ordenador.

Carcasa: resistente a la lluvia y el polvo (Standard IP54).



III-7-4 RECEPTOR GPS CARTOGRÁFICO

Modelo: Geo XH. Trimble Geoplotter de la serie 2005.

Fabricado: por Trimble Navigation Limited. 645 North Mary Avenue. Sunnyvale, CA, 90485. USA.

Distribuidor para Europa: Trimble GmbH. Am Prime Parc 11. 65479 Raunheim. Alemania.

Números de serie: (Receptor) / PN: 609500-00 / SN: 4636497304 (Zapata) / PN: 53500-00 / SN: 4631490620.

Año: adquirido en 2005.

Número de canales: 12 (Código L1 y portadora de L2).

Precisión: submétrica en tiempo real, y con posproceso, hasta 30 cm en condiciones especiales (usando antena Zephyr). Tecnología Everest para rechazo de multipath.

Antena: integrada y posibilidad de conexión a otra antena exterior.

Microsoft Windows Mobile: versión 5.0, para Pocket PC.

Memoria interna: de 512 MB y con la posibilidad de insertar tarjeta SD extraíble por una ranura sellada. Pantalla a color.

Conectividad: LAN inalámbrica y Bluetooth.

Batería: integrada (Litio ion) para un día de funcionamiento, con módulo de soporte con fuente de alimentación para la recarga de la batería y cable de datos USB para descarga de datos en el ordenador.

Carcasa: resistente a la lluvia y el polvo (Standard IP54).

Peso: 0,78 kg con la batería.

Observaciones

Funcionan tanto en código como en fase, y en modo móvil o en modo base, según se configuren. La casa Trimble asegura que pueden alcanzar precisiones del orden de 0,5 m (RMS 67 %) en postproceso. Se alimenta de batería externa y con 4 pilas de 1,5 v.



III-7-5 RECEPTORES-NAVEGADORES GPS CARTOGRÁFICOS GARMIN DE 12 CANALES

Modelo: GPS 12.

Fabricados: por Garmin Olathe. KN. USA.

Números de serie: 36.055.647, 36.055.649 y 36.055.651.

Año: 1998. Adquiridos en 2001.

Recepción: por 12 canales en paralelo.

Carcasa: impermeable.

Duración de la carga: hasta 24 horas, con indicador de nivel de carga, usa 4 pilas alcalinas AA de 1,5 v. Consumo: 1 w.

Peso: 269 gr (9,5 onzas) con baterías.

Tamaño: 14,6 x 5,1 x 3,4 cm.

Temperaturas de operación: -15° a +70°.

Precisión: 15 m RMS; y de 1 a 5 m con corrección diferencial, a través del accesorio opcional GBR 21 (beacon receiver). Acepta correcciones diferenciales en formato RTCM-104 v.2.0.

Observaciones

Capaz de manejar hasta 500 waypoints (puntos de paso) alfanuméricos, con listado de los 9 más próximos en un radio de 100 millas.



III-7-6 RECEPTORES-NAVEGADORES GPS CARTOGRÁFICOS TRIMBLE GEOEXPLORER -II DE 6 CANALES

Fabricado: por Trimble Navigation Limited. 645 North Mary Avenue. Sunnyvale, CA, 90485. USA.

Distribuidor para Europa: Trimble GmbH. Am Prime Parc 11. 65479 Raunheim. Alemania.

Año: 1997. Adquiridos en 2000.

Medidas: 65 x 80 x 45 mm.

Observaciones

La Escuela posee tres ejemplares catalogados como Minas 1, Minas 2 y Minas 3. Funcionan tanto en código como en fase, y en modo móvil o en modo base, según se configuren. La casa Trimble asegura que pueden alcanzar precisiones del orden de 0,5 m (RMS 67 %) en postproceso. Se alimenta de batería externa y con 4 pilas de 1,5 v.

RECEPTOR DE RADIO PARA CORRECCIÓN DIFERENCIAL DEL SISTEMA GPS.

Modelo: TGPS Rasant, con sus antenas.

Medidas: 210 x 125 x 50 mm.

Observaciones

La Escuela posee dos ejemplares adquiridos en 2001 para los equipos *Geoexplorer II* de Trimble. Están sintonizados a Radio Nacional de España FM, para recibir las correcciones del IGN y fueron suministrados por la casa Trimble pero fabricados en España.



III-8-1 ESTACIÓN DE RADIO RECEPTORA V2A

Fabricante: Marconi Co, Gran Bretaña.
Año: 1923. Adquirido en 1924.
Número de inventario: 153 (catálogo de 1925).
Modelo: Marconiphone V2A.
Amplificador: de dos válvulas tipo DER o DE3 DER o DE3.
Principio de recepción: RFS con reacción (regenerativo); Reflex.
Número de circuitos sintonía: 2 AM.
Gama de ondas: OM y OL.
Tensión de funcionamiento: baterías recargables o pilas Volt.
Altavoz: este modelo utiliza amplificador externo de BF.
Medidas: 310 x 180 x 270 mm.



Observaciones

Se trata de un Radio-Sintonizador doméstico, constituido por dos unidades, uno funciona como sintonizador y el otro como amplificador de audio. Se fabricaron en Inglaterra por una filial de Marconi Wireless. La chapa que dice BBC es el reconocimiento a haber pagado la licencia de uso a la BBC.



III-8-2 RECEPTOR DE RADIO

Fabricante: RCA Victor (USA).

Año: hacia 1940.

Nº de serie: 550923 (¿45?) ó 26735-L.

Materiales: baquelita, hierro, cobre, vidrio y algodón.

Voltaje: 220/110 v.

Observaciones

El 9 de junio de 1941, la Escuela dirige una solicitud al Ministerio de Hacienda pidiendo la exención de arbitrio concedido, por un aparato de radio RCA de 6 lámparas que forma parte del material científico de la Escuela, que importa la cantidad de 3.500 pts y que se ha adquirido en la casa Sanz de la Avenida de José Antonio, 7 de Madrid.



III-8-3 CAJAS PARA BATERÍAS (7 piezas)

Para la iluminación del interior del anteojo y los limbos de los teodolitos de la marca Wild, para trabajos nocturnos o en minas y túneles.

Medidas: 220 x 140 x 140 mm.

Observaciones

Contiene seis baterías conectadas de tres en tres; las centrales son las que están conectadas al aparato, el resto son de reserva.

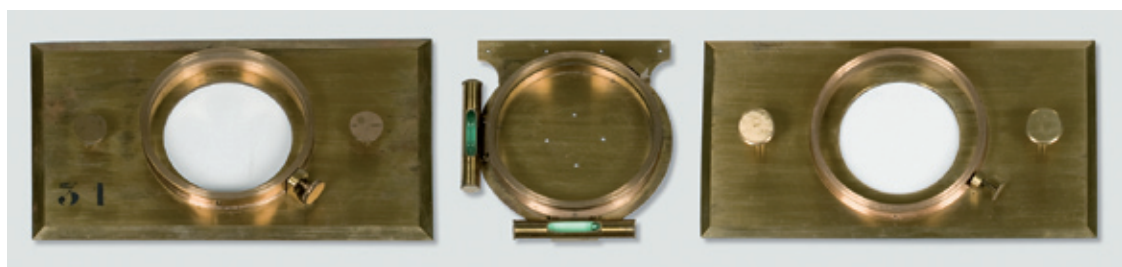
El botón de la izquierda del asa sirve simultáneamente como interruptor y como reóstato para graduar la intensidad luminosa de la lámpara.

Falta el cable con la lámpara que se conecta al aparato.

En atmósfera deflagrante, la caja, que se cuelga del trípode, va cerrada con llave y está llave no deberá llevarse nunca a las minas que contengan grisú.

III-8-4 PRISMAS OCULARES ACODADOS (9 piezas)

Para instrumentos Wild, tanto para el anteojo principal como para el de lectura angular, en sus estuches de cuero. Para enfoques que alcancen hasta los 25° de distancia cenital aproximadamente, se utilizan prismas oculares que se enroscan en los oculares del anteojo y del microscopio. Útiles para astronomía y en la mina. (en la fotografía anterior).



III-8-5 SISTEMA ELÉCTRICO PARA LA ILUMINACIÓN DE LIMBOS (¿DEL ZEISS TH III?)

Tres soportes para brújulas mineras y otros accesorios de los instrumentos topográficos.

| Estuches: 265 x 160 x 45 mm.

III-8-6 MISCELÁNEA DE ACCESORIOS PARA LOS INSTRUMENTOS Y LA ENSEÑANZA

Podemos observar de arriba hacia abajo los siguientes elementos:

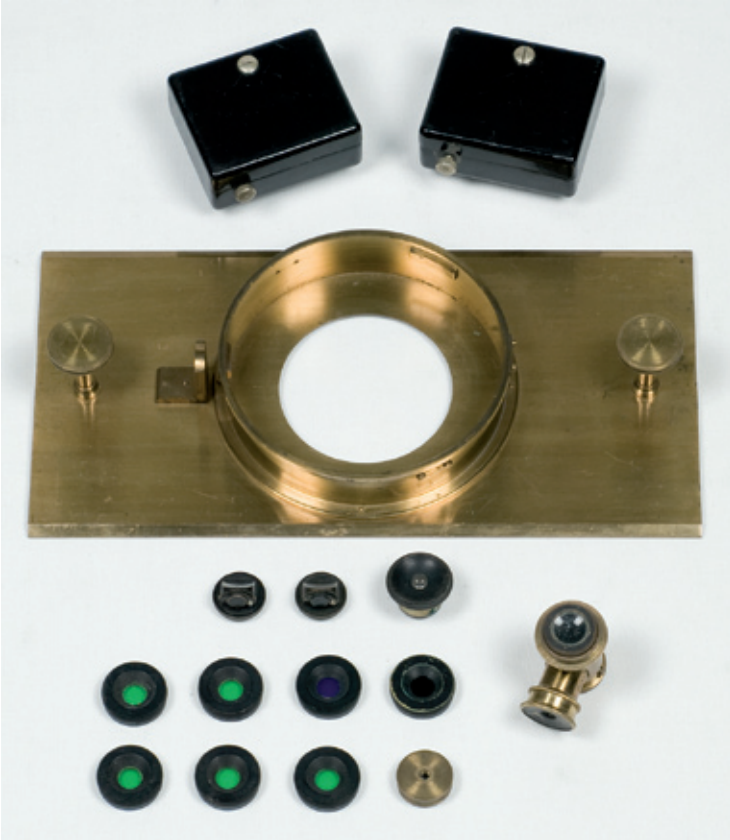
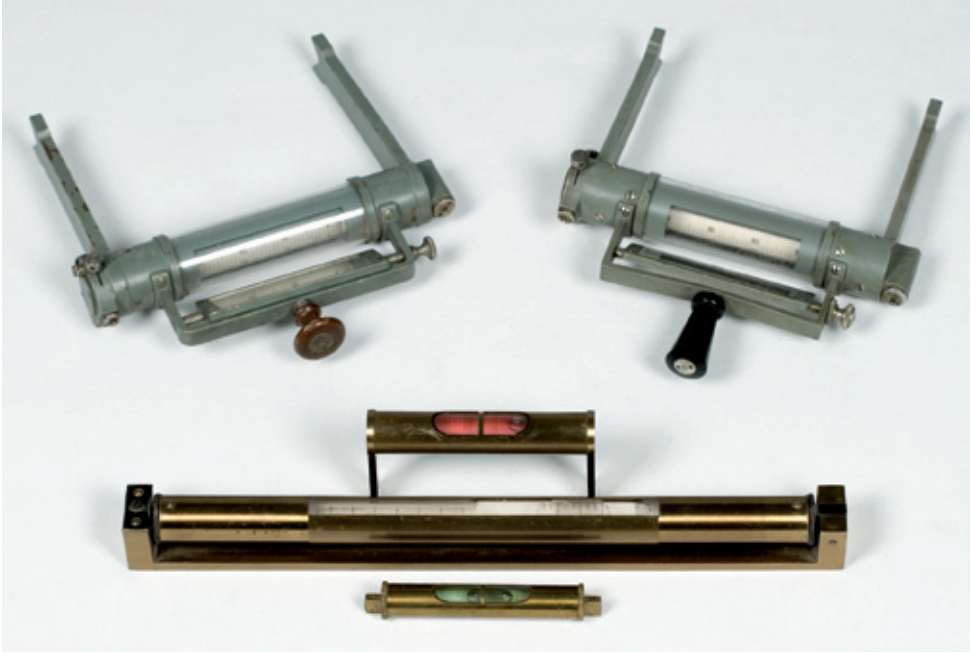
El la primera imagen el corte de un telescopio Wild de enfoque interno en un estuche de 21,5 x 9,5 x 7,5 cm.

En la siguiente imagen una pieza que dispone de un brazo de latón en el que se sitúa una alidada de pínulas (corredera) y, en su parte inferior una cuerda, con mecanismo de tensado, de la que se cuelga la brújula minera. En un extremo tiene una campana para colocarla sobre un chuzo y una especie de mira de cordón (hay al menos tres piezas en la Escuela, con sus estuches).

La tercera imagen contiene dos niveles caballeros pertenecientes a los teodolitos geodésicos Kern grandes y otro más pequeño junto a otros dos niveles, uno parece ser de un antejo y el otro de mesa. Las dos imágenes siguientes contienen sendos soportes de brújula minera y una serie de oculares (normales y acodados) así como filtros y prismas para observaciones al sol y a las estrellas. También hay dos linternas pertenecientes a instrumentos tipográficos de mina.

En la última imagen podemos ver dos plomadas ópticas (la más grande actúa como base nivelante del taquímetro AR Zeiss, reseñado en la ficha III-3-47. Se presenta también un bonito ejemplar de plomada de gravedad perteneciente a un teodolito, seguramente inglés.







Capítulo I

Una historia informal de los instrumentos topográficos.

I-1	En el principio Dios creó los cielos y la tierra. La tierra era caos y confusión...	8
I-2	Y después vinieron el cuadrante, el astrolabio y la ballestilla.	12
I-3	Dicen que Marco Polo trajo la brújula de oriente.	14
I-4	Y para medir distancias ¡Vivan las caenas!	18
I-5	Un Tour por el Puy de Dôme con D. Blas Pascal y...	19
I-6	Del nivel de agua al nivel de antejo, pasando por el de burbuja.	21
I-7	Llegan las planchetas, pero siguen los goniómetros: El Grafómetro.	22
I-8	El antejo, su retículo y otras cosas.	24
I-9	Levando anclas. El siglo XVIII y los instrumentos de navegación.	26
I-10	Nuevos instrumentos para la medida de la Tierra y sus artífices.	28
I-11	Y el teodolito habitó entre nosotros...	30
I-12	¡Abajo las cadenas! El equipaje del Sr. Sigre.	32
I-13	El siglo XIX. La hora del catastro y los mapas nacionales.	33
I-14	La apoteosis del taquímetro y la mira parlante.	35
I-15	Un catálogo de mediados del siglo XIX.	36
I-16	Algunos instrumentos de gabinete.	38
I-17	En el umbral del siglo XX. El ínvar y la cuña óptica.	39
I-18	El tamaño si importa... ¡cuanto más pequeños mejor!	40
I-19	Los fabricantes del Reino Unido tenían sus propias ideas.	42
I-20	Suiza entra en el juego y gana la partida.	43
I-21	Nuevos niveles para nuevos retos: la Nivelación de Alta Precisión (NAP).	46
I-22	Mientras tanto en España...	47
I-23	Ni cadenas, ni rodetes, ni miras... distanciómetros electrónicos (EDM).	52
I-24	Del taquímetro electrónico a la estación total robotizada y otros alardes de la técnica.	53

Capítulo II

La formación de la colección de instrumentos de la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid y otras cosas interesantes.

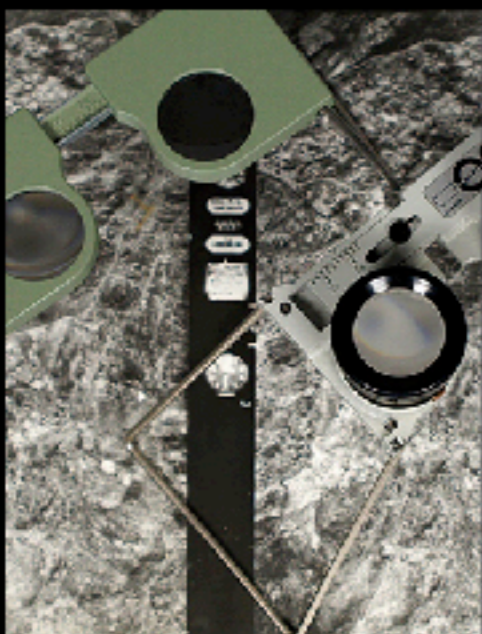
II-1	Topografía y minería. La declinación de las brújulas y un alma caritativa llamada J.S.	58
II-2	Una indicación que creemos de interés...y de justicia.	60
II-3	La Topografía en la Escuela y los primeros instrumentos	60
II-4	Un ingeniero de minas llamado Serafín Baroja.	62
II-5	La Gloriosa, otro plan de estudios y los distritos siguen en precario.	63
II-6	Un Legado, un Rey y un plano para Madrid.	66
II-7	El primer centenario y un catedrático de Topografía.	67
II-8	D. Eusebio del Busto y el aparato del Sr. Iznardi.	68
II-9	Próxima estación: Ríos Rosas.	69
II-10	Más instrumentos y laboratorios para la nueva Escuela.	72
II-11	A vueltas con los distritos mineros y un vistazo al nuevo barrio.	75

II-12 La Fotogrametría terrestre entra en las aulas.	76
II-13 La Comisión de la discordia.	77
II-14 Sánchez Lozano & Recarte Hijo.	78
II-15 El 98.	82
II-16 Melchor, Gaspar, Baltasar y la Comisión de la Meridiana.	83
II-17 El Sr. Elola y su Planimetría de Precisión.	84
II-18 Otra vez el camelo de las triangulaciones de los distritos. Y una realidad: terreno para ampliar la Escuela.	85
II-19 El hundimiento.	86
II-20 Un atentado en París y el equipaje topográfico del ingeniero de Minas.	88
II-21 D. Leopoldo Bárcena y Aznar y las visitas Reales.	89
II-22 Herr Breithaupt presenta novedades.	91
II-23 ¡A la tercera va la vencida! Vuelve la Comisión de Triangulación y Meridianas. D. Leopoldo se enfada.	92
II-24 Vuelve S.M. y el Sr. Rived nos presenta su goniómetro minero.	93
II-25 De compras con el Sr. Langreo. Novedades fotogramétricas y topográficas.	95
II-26 Dos bases para otro plano de Madrid. Adiós al petróleo y bienvenida la iluminación eléctrica en los aparatos.	98
II-27 Inauguraciones por Santa Bárbara. La Revista Minera no es partidaria.	100
II-28 La República ha venido... Wild aprueba el examen de ingreso.	104
II-29 La Escuela en guerra. El expolio.	106
II-30 Volverán banderas... Toca hacer balance. D. Pedro Arsuaga y Dabán.	111
II-31 Una Laureada para el Cuerpo.	115
II-32 La Escuela arranca de nuevo. Adiós al viejo ingreso. Bienvenidos el Selectivo y la Iniciación.	116
II-33 Continúa la adquisición de aparatos y se inician las obras del actual M2.	119
II-34 Lo último: las coordenadas caen del cielo. El GPS.	121
II-35 D. Angel y Cía.	122

Capítulo III

Fichas de los instrumentos.

III-1 Instrumentos auto-orientables. Brújulas.	126
III-2 Instrumentos altimétricos. Niveles y barómetros.	140
III-3 Instrumentos de medida de ángulos. Teodolitos, taquímetros y Estaciones totales.	172
III-4 Instrumentos de medida de distancias. Cintas, rodetes y distanciómetros electrónicos.	263
III-5 Instrumentos de fotogrametría y fotointerpretación.	244
III-6 Instrumentos de gabinete. Planímetros, pantógrafos, transportadores...	252
III-7 Instrumentos para posicionamiento por satélites: GPS.	264
III-8 Instrumentos auxiliares y equipos de radio.	270



▲ Teodolito...

▶ Brújula de ...

▼ Visores de planos...

D: www.frail.ede.te.jada.com



Escuela Técnica Superior de
Ingenieros de Minas de Madrid



c/ Ríos Rosas, 21 / 28003 Madrid
Tel.: 913 367 017 / Fax: 913 367 068

www.minas.upm.es

Instrumentos topográficos

