

---

## NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE PRECISIÓN

El objetivo de este método de levantamiento altimétrico es el mismo que el de una nivelación geométrica técnica ya estudiada anteriormente, esto es: operación mediante la cual se determina la diferencia de nivel entre dos o más puntos de la superficie terrestre.

Se define como diferencia de nivel, desnivel o altura relativa entre dos puntos a la altura o cota de uno de ellos referida a la superficie de nivel del otro.

Las cotas publicadas por el Instituto Geográfico Militar Argentino están referidas al nivel medio del Océano Atlántico.

Considerando esférica la forma de la Tierra, las superficies de referencia que se adoptan son esféricas y concéntricas, en consecuencia, la diferencia de nivel entre dos puntos será la distancia vertical orientada entre las superficies de nivel que pasan por esos puntos. Como los puntos se encuentran a grandes distancias, se deberá tener en cuenta la influencia de la esfericidad de la tierra y la refracción atmosférica.

Debido al orden de precisión con que trabajaremos y considerando que la diferencia de nivel entre puntos se encuentran a poca distancia entre si, se admite que la supuesta superficie esférica terrestre, se confunda con el plano tangente a la misma, y en consecuencia, que las superficies de nivel sean planos horizontales. Más concretamente, es establecer las siguientes hipótesis:

- La diferencia de nivel entre dos puntos del terreno, es la diferencia entre sus alturas sobre un plano horizontal.
- En la determinación de las alturas, se hace abstracción del error de esfericidad o curvatura terrestre.
- Las visuales son rectilíneas, es decir, se desprecia la trayectoria curva motivada por la refracción atmosférica.

En la nivelación geométrica de precisión lo que varía es:

- la precisión que se pretende conseguir.
- los instrumentos y accesorios.
- el equipo de personas que intervienen.
- la forma de operar en el terreno.

En una nivelación tipo técnica se habla, según su futura utilización en distintos tipos de obras de una precisión de  $\pm 10$  a  $\pm 40$  mm por Km. En cambio en una nivelación de precisión ó de primer orden se habla de  $\pm 0,2$  a  $\pm 0,4$  mm por Km.

En nuestro país el Instituto Geográfico Militar Argentino (IGMA) realiza el reconocimiento, monumentación y nivelación del Control Básico y Suplementario a lo largo de las vías principales del país para la obtención de altitudes sobre el nivel medio del mar con precisiones dentro del Primero, Segundo y Tercer orden, utilizando los métodos de nivelación geométrica y trigonométrica.

### PRECISIONES SEGÚN EL IGMA

- Primer orden =  $\pm (4 \text{ mm } \sqrt{k})$       k = Distancia en Km.
- Segundo orden =  $\pm (8 \text{ mm } \sqrt{k})$       k = Distancia en Km.
- Tercer orden =  $\pm (12 \text{ mm } \sqrt{k})$       k = Distancia en Km.

Los equipos de nivelación de precisión que dispone el Instituto Geográfico Militar, alcanzan precisiones dentro de los órdenes establecidos; los cuales cumplen con las especificaciones técnicas emitidas por las casas fabricantes para este tipo de mediciones de precisión.

## **APLICACIONES DE LA NIVELACIÓN DE PRECISIÓN**

### **1. NIVELACIONES GEODÉSICAS DE PRECISIÓN**

- Trabajos aplicados a las deformaciones de la corteza terrestre por movimientos tectónicos
- Redes geodésicas altimétricas de 1<sup>er</sup> orden, por ejemplo las realizadas por el IGMA. para trasladar cotas absolutas el interior de las Provincias. (línea N 23, Chepes - San Juan; N24 San Juan- Mendoza)
- Trabajos de nivelación para estudio de la forma de la tierra.

### **2. INGENIERÍA CIVIL Y MEDICIÓN DE DEFORMACIONES**

- Auscultación de diques, puentes etc.
- Hundimiento de edificios, antenas etc.
- Obras hidráulicas: construcción de modelos hidráulicos de diques. Construcción de canales donde es pequeño el desnivel, por ejemplo canal de derivación del agua desde el Cerro Negro hasta cámara de carga de la usina hidroeléctrica de Ullúm, unos 14Km. con solo unos veinte a veinticinco cm. de desnivel.(para no perder nivel con el agua)
- Pruebas de carga.

### **3. MEDICIÓN ÓPTICA DE PRECISIÓN EN LA INDUSTRIA Y EL LABORATORIO**

- Montaje de turbinas en usinas hidroeléctricas (Usina de Ullúm)
- Control de movimientos en hornos destinados a la fabricación de cemento.
- Control de calidad en la fabricación y montaje de grandes piezas mecánicas.
- Determinación de la altura de elementos mecánicos.
- Control de la horizontalidad y planeidad de lugares, placas de montaje, concentricidades.
- Examen de la rectilineidad de ejes, railes, perfiles, rodillos.
- Medición de deformación de soportes, piezas en construcción, superficies de apoyo.
- Control de calidad en la fabricación y montaje de grandes piezas mecánicas
- Control de movimientos en hornos destinados a la fabricación de cemento.

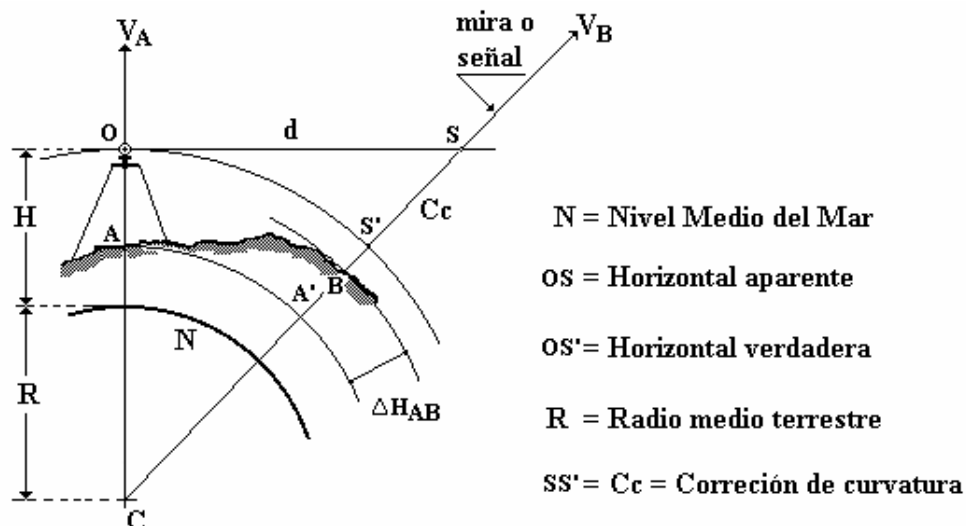
## **GENERALIDADES**

La Nivelación geométrica, entre todos los géneros de nivelación, es aquella con la cual se puede obtener un alto grado de exactitud, porque no depende de lecturas sobre círculos graduados, como en el caso de las nivelaciones: trigonométrica, eclimétrica y taquimétrica.

Al ser las visuales horizontales, son influenciadas en grado mínimo por la inclinación de la mira y muy poco afectadas por la refracción atmosférica, cuyo desconocimiento y variabilidad es la mayor causa de error en la nivelación trigonométrica.

En la nivelación geométrica simple desde un extremo (ver figura) considerando esférica la forma de la Tierra (de centro C), las superficies de referencia que se adoptan son esféricas y concéntricas, en consecuencia, la diferencia de nivel entre dos puntos será la distancia vertical orientada entre las superficies de nivel que pasan por esos puntos.

Supongamos dos puntos A y B cuyo desnivel  $\Delta H_{AB}$  queremos conocer.



Si por A hacemos pasar la superficie de nivel paralela a la N de comparación, el desnivel buscado será la magnitud A'B, segmento de vertical (dirección de la plomada) comprendido entre las superficies de nivel que pasan por ambos puntos.

Estacionado en A un instrumento, donde O es el centro del anteojo y cuya altura sobre el Nivel Medio del Mar sea H, y colocando una mira o señal en B, quedaría obtenido el desnivel si pudiéramos dirigir una visual curvilínea ( $OS'$ ), paralela a la superficie de referencia N, que interceptaría a la mira en un punto  $S'$ , entonces conociendo la altura de mira B  $S'$ ; el desnivel verdadero en este caso sería:  $\Delta H_{AB} = H - B S'$

Pero la visual, no sigue la dirección del arco  $OS'$ , sino la dirección rectilínea OS, que suponemos horizontal, por lo que en el cálculo del desnivel se comete un error ( $SS'$ ) llamado **error de esfericidad o corrección de curvatura (Cc)**.

Si entre dos puntos se efectúa una nivelación desde un punto intermedio, las lecturas sobre cada una de las dos miras serán afectadas por errores diferentes, si sus distancias al punto de estación no son iguales, por ello en el desnivel obtenido como diferencia de las dos lecturas habrá error. Pero si la nivelación se hace desde el **punto medio**, al ser dos lecturas afectadas por el mismo error, la diferencia o sea el **desnivel** no estará influenciado por la esfericidad terrestre.

Esta nivelación **geométrica desde el medio**, también llamada teórica es preferible por tener la gran ventaja de hacer los desniveles independientes de cualquier error de la línea de mira, por mantenerse constante en las lecturas atrás y adelante, en cada estación y porque siendo iguales las distancias ente una mira y otra no hay necesidad de modificar el enfoque interior.

**REFRACCIÓN TERRESTRE:** La masa atmosférica no tiene densidad constante en las diversas alturas. La densidad del aire disminuye notoriamente a medida que nos elevamos, y puede considerarse constante a lo largo de una misma superficie de nivel.

Imaginemos que la masa de aire que envuelve a la Tierra se encuentra subdividida en estratos (capas), para los cuales se considera la densidad atmosférica constante, e igual a la densidad media de cada estrato.

Un rayo luminoso proveniente de un punto L externo a la masa de aire (desde un astro), encuentra oblicuamente la primer superficie de nivel  $S_1$ . Por pasar del vacío a un medio con cierta densidad, el rayo, por refracción, sufrirá una cierta desviación, acercándose a la normal  $CP_1$  (C = centro de la Tierra, supuesta esférica). Al pasar al estrato siguiente, que tiene mayor densidad, el rayo luminoso volverá a refractarse, acercándose a la normal  $CP_2$ . Así



Esto quiere decir que la lectura que observamos en la mira no es  $S'$  sino  $S''$ . La magnitud  $SS''$  es la corrección por refracción ( $Cr$ ). O sea que la refracción terrestre disminuye al error de curvatura terrestre en una cantidad  $Cr = SS''$

Se ha comprobado que la curva  $OS''$  es plana, circular y con su centro ( $C'$ ) constante cualquiera sea la distancia  $AB$ , siempre que no cambien las condiciones atmosféricas. El ángulo que forma  $OS$  con la cuerda  $OS''$  es el ángulo de refracción ( $r$ ).

El cociente entre los radios terrestres y de refracción, recibe el nombre de coeficiente de refracción ( $K$ ).  $K$  varía fuertemente en el día, de 0,08 a últimas horas de la tarde a 0,20 en las primeras horas de la mañana. Para nuestro país, el valor del coeficiente  $K$  adoptado es de 0,13, coeficiente determinado por Gauss y obtenido como promedio de numerosas determinaciones, lo que nos indica que  $R'$  es aproximadamente siete u ocho veces el radio ( $R$ ) de la Tierra.

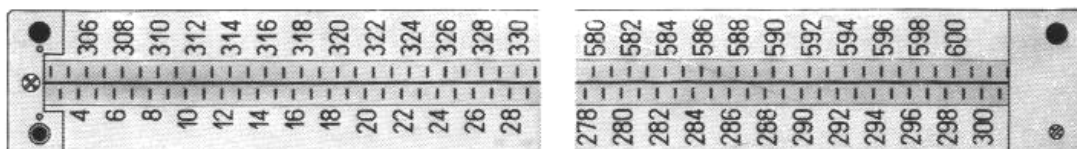
El efecto de refracción atmosférica es más pequeño que el provocado por la curvatura terrestre que tiende a atenuar. Esto transforma la visual rectilínea en curva plana con la concavidad hacia abajo, pero en general la desviación es inapreciable por la pequeña distancia a la mira; en la nivelación desde el medio produce efectos iguales en ambas lecturas y por ello el desnivel que es obtenido por su diferencia está libre de la influencia de la refracción.

Es conocido que las visuales en las nivelaciones geométricas son cercanas al suelo y si bien se evita de nivelar en horas de calor, aquellas visuales, son frecuentemente sometidas a anomalías de refracción cuyos efectos pueden ser grandes y sobre todo muy variables.

Estas consideraciones obligan a que las dos lecturas atrás y adelante se realicen inmediatamente para poder obtener que las refracciones no varíen en modo apreciable entre una y otra lectura. La rapidez en la ejecución de las lecturas es ventajosa para mantener inalterables las condiciones instrumentales en las dos observaciones, de aquí es la necesidad que en las nivelaciones de precisión se adopten dos miras, sostenidas por dos mireros en vez de una sola. Los mireros se colocan en los puntos de adelante y atrás simultáneamente y se evita así que el operador del nivel deba esperar después de hecha la lectura atrás que el mirero se haya colocado en el punto de adelante.

## MIRAS

Las miras usadas en nivelaciones de precisión son construidas enterizas para evitar el punto débil que representa la charnela. El material que se emplea es metal invar. Constan de un listón de madera, al cual va fijada la cinta de metal invar rígidamente en su extremo inferior, y mediante un resorte en el otro extremo. De este modo, la dilatación del listón no alcanza a influir en la longitud de dicha cinta, en que van grabadas las divisiones. Como el coeficiente de



dilatación del invar. Es prácticamente igual a cero, la división de la cinta de invar no se ve afectada por las fluctuaciones de temperatura, susceptibles de modificar el largo del listón.

Las miras de invar deben ser calibradas. Esta comparación se realiza por dos razones:

1. En el acto de la construcción de la mira, la graduación es afectada por errores.
2. El bastidor de madera sufre la influencia de la temperatura y de la humedad, cambiando su longitud.

Las miras de invar, para nivelación, lleva dos divisiones de trazos dispuestas al sesgo una de otra y de numeración distinta, el intervalo de división es de 10 mm. Así permiten obtener dos lecturas distintas, la diferencia de estas es una constante que sirve de control para eliminar la posibilidad de errores gruesos. Esa diferencia es de 301,55 en las miras GPL de Wild).

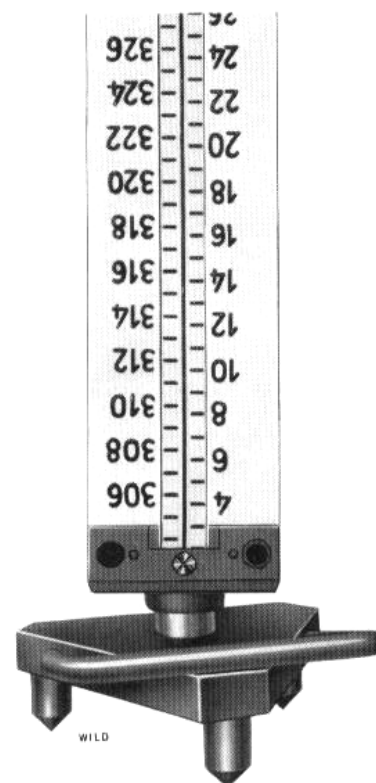
La longitud de las miras es de 3 metros.

Dos asas giratorias y un nivel de burbuja esférico, contribuyen al rápido emplazamiento de la mira y permiten mantenerla en posición vertical en forma casi permanente, por medio de dos bastones.

#### PLACAS DE APOYO

Inferiormente la mira es apoyada en los conocidos “sapos” que son placas de apoyo planas con una calota esférica en su centro donde se coloca el medio de la base de la mira. También se puede fijar a la mira un aro de guía, para que esta pueda apoyar siempre en el mismo punto.

Los sapos son “clavados” fuertemente en el suelo para asegurar la estabilidad altimétrica de la mira mientras se lee y especialmente cuando se la debe girar al terminar la nivelación de un tramos. En los trabajos de nivelación de precisión realizados para estudios de deformaciones de la corteza terrestre, teniendo en cuenta el terreno tipo cuaternario, de relleno, por donde se desarrollan las líneas de nivelación, la experiencia aconseja retirar, con un azadón, el material suelto para obtener un suelo mas firme donde fijar el sapo, especialmente en zonas arenosas, bajadas de agua etc. Por supuesto cuando se pueda evitar esta situación debe hacerse, para evitar la inestabilidad.



#### PUNTALES DE APOYO – NIVEL ESFÉRICO

Para el libre emplazamiento y sostenimiento en forma vertical de la mira, se proveen dos puntales, los cuales atornillados en la cabeza superior de la mira, se hallan articuladas a estas. En nuestras prácticas usamos dos jalones chicos de hierro con trozos de material de goma en la parte superior, para no dañar la madera de las miras. Se colocan cruzados en las manijas. Estos elementos permiten obtener la verticalidad de la mira, centrando la burbuja del nivel esférico, que viene colocado en la cara posterior de la mira a fin que el operador pueda mirarlo siempre.

#### VERIFICACIÓN DEL NIVEL ESFÉRICO DE LA MIRA

Antes de iniciar las tareas de nivelación, se debe rectificar el nivel esférico, si es necesario. Con la ayuda de dos teodolitos colocados en forma perpendicular y simultáneamente, se coloca la mira perfectamente vertical (bisectar debajo de la mira y levantando el anteojo, sin mover el tornillo de pequeños movimientos horizontales, en su parte superior debe estar el borde de la mira en el hilo vertical del retículo), en estas condiciones la burbuja del nivel esférico debe estar centrada; en caso contrario con los tornillos propios de reglaje se centra.

## NIVEL

Respecto al nivel que se adoptará en una nivelación de precisión, deberá tener sus partes construidas con el cuidado y calidad de materiales tales de obtener un nivel con la precisión compatible a la tolerancia adaptada al trabajo que se desea desarrollar.

Y correspondientemente con cada tipo de nivel se usará los métodos de observación que mejor eliminen en cada nivelada los efectos de los errores residuales instrumentales.

Por ello en general no se hace una sola lectura a la mira sino se hacen dos o cuatro en posiciones giradas 180° del anteojo o de la alidada, adoptando la media de las lecturas como definitiva.

El aumento del anteojo debe ser tal que a 50 ó 60 m. de distancia de la mira, en una nivelación de precisión se pueda leer a estima al centésimo de mm. Esto se consigue cuando el aumento usado en el nivel es de 25 a 40x

En instrumentos con nivel tubular, su sensibilidad debe ser de 5" a 6"/mm. El Nivel Wild N3 posee un nivel esférico de 2' / 2 mm. y el nivel tubular es de 10" / 2 mm.

En las horas de más calor del día, es necesario suspender las operaciones de nivelación debido a las fuertes anomalías de refracción producidas por el calor reflejado del terreno. Como consecuencia de estas variaciones rápidas y continuas de la refracción se da lugar el conocido fenómeno del "movimiento de la Imagen", por eso resulta imposible de obtener una lectura exacta.

Además también el nivel, bajo un fuerte calor deja de funcionar regularmente. Por ello en la nivelación de precisión es necesario proteger al nivel de los rayos directos del sol, lo cual se puede obtener con una sombrilla sostenida por un ayudante. De ser posible el nivel siempre debe estar protegido, hasta en el traslado de una estación a otra..

No es conveniente que el operador del nivel anote las lecturas sino que las dicte a un ayudante para poder leer más rápidamente, condición muy favorable al buen resultado de las observaciones. El I.G.M. al realizar estas tareas de nivelación de precisión integraba sus comisiones de trabajo incluyendo una persona que transporte el nivel en los cambios de estación, otra persona distinta, que hace las lecturas y otra que anota.

Las nivelaciones de precisión se realizan siempre en dos sentidos opuestos.

La doble medida de una dimensión física, tiene respecto a una sola medida simple, tres ventajas:

1. Se aleja del peligro de una error grosero o equivocación
2. Asumiendo como valor de la magnitud, la media de dos resultados se tiene un valor, presumiblemente mas aproximado que ninguno de los dos.
3. El descarte entre dos resultados debido a los inevitables errores de observación, ofrece con su media un criterio para adjudicar la mayor o menor confiabilidad de conferir a la medida ejecutada.

Por todo ello una línea de nivelación, conviene dividirla en tramos de limitada longitud por dos razones. En primer lugar porque así se puede ir dejando puntos intermedios de cota segura, que pueden servir de base a otras nivelaciones y en segundo lugar al producirse inadvertidamente algún error grosero, este queda localizado en un tramo, y no se ve obligado a repetir la nivelación de toda la línea.

Para definir las líneas de nivelaciones, se sigue generalmente los caminos, vías férreas etc. porque ofrecen las mejores condiciones de transito y de estabilidad. En general el mejor criterio es el de elegir terrenos que tengan la menor pendiente posible y sean consolidados.

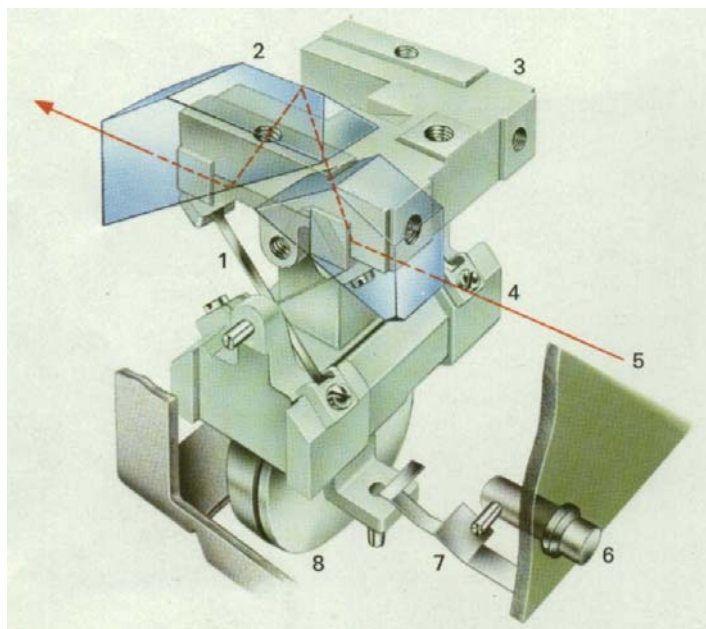
Este procedimiento es el adoptado por el I.G.M. al realizar las redes de nivelación de precisión en todo el País, para transportar las cotas absolutas, al interior de las Provincias.

### **EQUIPO NIVEL WILD NAK2 Y MICRÓMETRO DE PLACA PLANO PARALELA WILD GPM3**

Este equipo lo describiremos por ser el que actualmente se puede utilizar en el Departamento de Ing. en Agrimensura en los trabajos de Nivelación de precisión aplicados a los Proyectos de Investigación relacionados con estudios para detectar posibles deformaciones de la corteza terrestre.

El nivel automático universal NAK2, posee una óptica, tratada por antireflejo, produce, incluso en malas condiciones de visibilidad, imágenes nítidas y bien contrastadas, requisito imprescindible para obtener una buena nivelación. El aumento de 32 puede llegar hasta 40 veces cambiando el ocular que posee un sistema de bayoneta. La imagen dada por el anteojo es real y directa y se enfoca sin problemas a toda distancia accionando un movimiento de enfoque rápido-fino combinado.

Posee un compensador opto-mecánico, automático sólido, con alta sensibilidad de balanceo y una precisión de estabilización de:  $\pm 0",3$ , reemplaza el nivel tubular y el tornillo basculante. Centrando el nivel esférico, la línea de puntería se pone automáticamente horizontal. El compensador está compuesto esencialmente de un péndulo soportado de cuatro cintas de suspensión y un prisma portador. Las cintas son de una aleación especial, pretensadas, para garantizar un funcionamiento perfecto del compensador aún en temperaturas extremas. El movimiento del péndulo está estabilizado con eficiencia por un amortiguador de aire. El observador no debe preocuparse en calar un nivel de coincidencia, sino que puede concentrarse en realizar la lectura de la mira.



### **ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL COMPENSADOR AUTOMÁTICO NAK2**

- 1-Cintas pretensadas de suspensión
- 2 –Prisma tejado
- 3 – Armazón
- 4 – Cuerpo del péndulo con prisma
- 5 – Línea de puntería
- 6 – Pulsador para el control del funcionamiento del compensador
- 7 – Resorte.
- 8 – Cilindro para amortiguación neumático.

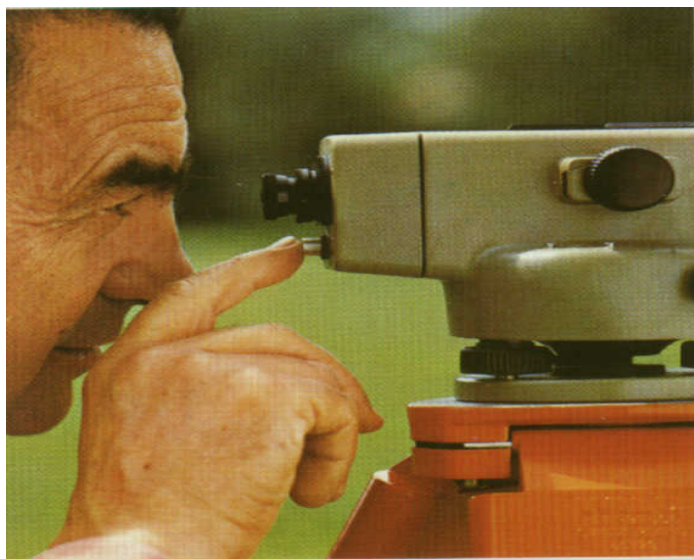
El principio de funcionamiento del compensador se puede explicar como sigue: Si el anteojo está perfectamente horizontal, la línea de puntería horizontal de una mira hacia el centro del objetivo atraviesa la óptica del anteojo llegando al centro de la retícula. Asumamos que el telescopio está ligeramente inclinado y todas las partes ópticas están fijadas a éste rígidamente. En este caso una línea de puntería horizontal proveniente de la mira no llegará al centro de la retícula, sino a un punto superior o inferior, respectivamente, del trazo horizontal de este.



La finalidad del compensador es de corregir esta desviación. Esto se puede realizar por medio del péndulo con prisma, el cual a su vez se inclina a una inclinación controlada en la dirección opuesta al anteojo, así que el rayo horizontal siempre pasará a través del centro de la retícula. En otras palabras, suponiendo que el nivel automático está nivelado aproximadamente con la burbuja esférica, a saber, el alcance del trabajo del compensador, el rayo horizontal de puntería desde una mira al centro del objetivo siempre llegará al centro de la cruz de la retícula.

Los niveles automáticos Wild están provistos de un botón pulsador para el control del funcionamiento del compensador; y gracias a este dispositivo, no es necesario golpear el trípode o el aparato.

### **BOTÓN PULSADOR**



Presionando este botón ubicado debajo del ocular, antes de la lectura sobre la mira, el péndulo recibe un ligero golpe resultando una oscilación del péndulo y da la impresión de que la imagen de la mira se desplaza y regresa en un movimiento amortiguado a la posición origen de la lectura. El observador en este momento puede estar seguro de que el compensador trabaja y de que la línea de puntería está horizontal. Presionando el botón se verifica también que el nivel está aproximadamente nivelado. De no ser así y la burbuja del nivel esférico está descentrada del centro de su posición, la imagen de la mira no se mueve con una oscilación amortiguada sino en un movimiento seco, mas bien en un temblor corto, es decir, el péndulo está golpeando contra su tope.

La amplitud del péndulo es de  $15''$  a  $20''$  y con una precisión de estabilización de  $0,3''$  y el nivel esférico tiene una sensibilidad  $8''/2$  mm.

En general cualquier trípode Wild, puede servir para montar el nivel. Por regla general para mediciones de precisión se utiliza un trípode de patas fijas no extensibles que ofrece mayor estabilidad. Con trípodes de patas extensibles se corre el riesgo de no apretar bien la mariposa y por vibraciones y cambio de temperatura, pueden producirse errores.

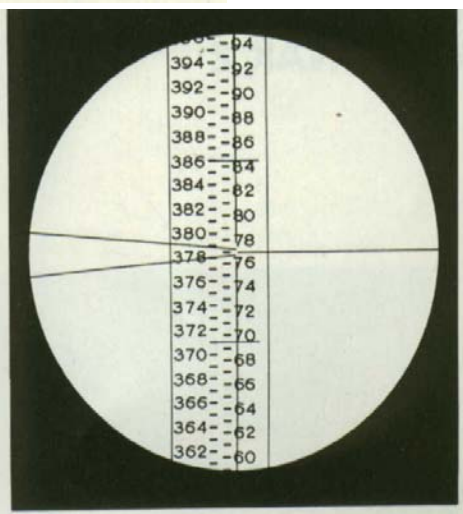
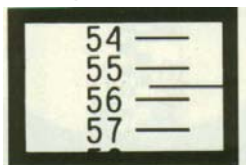
Los tornillos calantes o nivelantes tienen un movimiento suave exento de juego y su paso ha sido elegido de manera que el centrado de la burbuja del nivel esférico se logre rápidamente, lo cual ahorra tiempo. El Nivel Wild N 3 con nivel tubular tiene tornillos calantes de paso fino, lo cual no permite un rápido centrado de la burbuja.

La retícula tiene a la derecha del trazo vertical el habitual trazo horizontal para la lectura de la mira y a la izquierda dos trazos cuneiforme (en forma de cuña) que permiten un encuadramiento muy exacto del trazo centimétrico observado en una mira invar.

**MICRÓMETRO DE PLACA PLANO PARALELAS**

Para las nivelaciones de alta precisión, la estima de los milímetros a simple vista, por parte del operador, no es suficiente. A los instrumentos empleados para estos trabajos se les puede anteponer al objetivo un dispositivo llamado: micrómetro de placa plano paralelas, como sucede en los niveles automáticos Wild NAK2, ó nivel automático Zeiss Ni2.

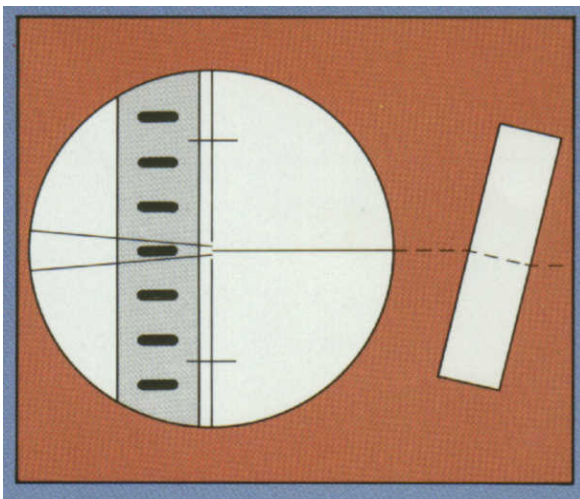
Estos dispositivos permiten desplazar la imagen de la línea de puntería, paralelamente a sí misma, en forma vertical, por una división entera de la graduación de la mira, es decir 1 cm. basculando una placa óptica plano paralela, dispuesta delante del objetivo .



\_MICRÓMETRO de CARAS PLANAS y PARALELAS

Campo visual del NAK2.Lect. en la cuña:77cm  
Con el micrómetro. - Arriba lectura en el

Después de haber calado el nivel esférico verificado que el compensador trabaja , se puede medir la distancia entre el trazo horizontal del retículo y el trazo vecino de la división de la mira. El desplazamiento paralelo vertical de la visual (Fig. 5 ) hasta este trazo de la mira se logra por la rotación de un botón, que produce un giro, alrededor de un eje horizontal, de la placa plano paralela, y este giro queda registrado en una escala micrométrica, en la cual se leen los milímetros y las décima de milímetro y se aprecia la centésima de milímetro



GIRANDO EL BOTÓN DEL MICRÓMETRO SE PRODUCE UN DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE LA IMAGEN DE LA LÍNEA DE PUNTERÍA

El fabricante menciona que se puede cometer un error medio para 1 Km de doble nivelación de  $\pm 0.7$  mm y si se le agrega el micrómetro :  $\pm 0.3$  mm. lo que corresponde a una nivelación de la línea de puntería de aproximadamente  $\pm 0,01$ mm/10m – constituye junto con el micrómetro de placa plano paralela GPM3 y el ocular 40x (ambos accesorios suplementarios) la base ideal para utilizar el NA2 en nivelaciones de precisión y mediciones de control.

La lectura numérica del desplazamiento paralelo se efectúa directamente hasta 0,1 mm y a estima hasta 0,01 mm. sobre una escala de vidrio bien iluminada, en el ocular. El trazo cuneiforme del NA2 permite marcar con alta precisión, el trazo centimétrico en una mira invar..

Una lectura completa se obtiene del siguiente modo:

1. El operador, dicta primero los centímetros que en forma directa lee sobre la escala correspondiente (la de la izquierda o la de la derecha de la mira, según cual se ha enrasado); y
2. La lectura del ocular del micrómetro.

### **REDES GEODÉSICAS DE NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE PRECISIÓN EN SAN JUAN**

A la Provincia de San Juan, siguiendo las vías del F.C. Gral. Belgrano que viene de la Provincia de Córdoba, ( Chepes, Difunta Correa, Caucete, San Juan) ingresa la línea de nivelación de precisión: N 23, que finaliza en el punto llamado Nodal 70 ( hoy 145) ubicado en el Parque de Mayo, frente al Casino provincial. A partir del mismo arrancan las siguientes líneas de nivelación:

- Hacia el Norte ( Jáchal ), paralela a la Ruta Nacional N° 40 que continúa hacia la Rioja , pasando por Guandacol, Villa Unión.
- Hacia el Oeste, por ruta 14 hasta Calingasta, en la plaza de La Capilla existe otro punto nodal , que es el punto de partida de otra línea hacia el Sur pasando por Barreal llega a Uspallata; y finalmente
- La línea N 24 hacia el Sur ; esta línea que sigue paralela y casi pegada a las vías del F.C Gral. San Martín, llegando a la Provincia de Mendoza se cerrándose en Uspallata, con la que viene de Calingasta.
- También desde Marayes ( San Juan) arranca hacia al Norte otra línea que pasando por la Villa San Agustín de Valle Fértil llega a Baldecitos y de allí pasando por Talampaya llega a Villa Unión.
- Existen otras líneas como ser: de Calingasta hacia el Norte pasando por Tocota llega a Las Flores y de allí hasta Rodeo, continuando hacia el Oeste y cierra en Jáchal con la línea que viene de San Juan.
- Desde Rodeo pasando por Angualasto existe otra línea que llega hasta San Guillermo.

### **NIVELACIÓN DE PRECISIÓN PARA DETECTAR DEFORMACIONES DE LA CORTEZA TERRESTRE, POR MOVIMIENTOS TECTÓNICOS**

Como aplicación se menciona un resumen de los trabajos realizados en la zona de la Rinconada , Departamento Pocito Provincia de San Juan, en la falla Geológica “Rinconada”, durante los años 2003-2004 y 2005 con participación de Alumnos del Departamento de Agrimensura, dos de ellos realizaron su Trabajo Final.

En base a las evidencias geológicas existentes, se han monumentado en forma subterránea 6 puntos, dándose mucha importancia al mantenimiento inalterable de los vértices, pues se piensa volver a nivelar dentro de tres ó cuatro años.

Se definieron dos cuadriláteros bastante regulares, siendo su esquema el que se adjunta en hoja aparte., en la cual se puede observar los valores altimétricos y distancias entre vértices.

Los distintos lados de los cuadriláteros se dividieron en tramos, materializándose puntos intermedios entre los cuales se realizaban nivelaciones de ida y vuelta.

Dado que la topografía de la zona es bastante abrupta, se realizó una prenivelación entre tramos con un nivel Kern GK1 con rötula y mira común a fin de que los cortes de mira no fueran mas abajo de los 30 cm. para evitar efectos de refracción por calentamiento de la corteza terrestre; ni más arriba de 2,70 m. para evitar posibles errores accidentales por pequeñas inclinaciones de la mira. Se ha medido con bastante exactitud el punto medio entre dos posiciones de mira, para cumplir el requisito de nivelación geométrica desde el medio y de ese modo no existiría la necesidad de modificar la posición de la lente de enfoque interior en cada nivelada, para ver con nitidez las divisiones de la mira.

Se adoptó una longitud máxima entre nivel y mira de 25 m, pues en base a un estudio realizado antes de ir al campo nos permitía decir que la exactitud de las observaciones nos daría la precisión requerida de  $\pm 1$  a  $\pm 2$  mm por Km (Movimiento estimado por estudios Geológicos).

Teniendo en cuenta que se volvería a renivelar en un período de tres años, en las posiciones de miras y nivel, se tomaba el trabajo de realizar pequeños montículos del material existente en el recorrido colocándole cactus, piedras o cañas en la parte superior para individualizar los puntos y además se limpiaba el lugar donde se colocaría el sapo, el cual se hincaba con fuerza en el suelo.

En general las longitudes de nivelada fueron menores de 25 m, ya sea por la fuerte pendiente del terreno o bien para evitar que las miras fueran a ubicarse en bajadas de agua, pues las marcas, serían destruidas por las crecientes de agua en época de lluvias También se achicaba la distancia de nivelada cuando el material era muy suelto (arena), a pesar de que se utilizaban los sapos para apoyar las miras.

Los equipos de trabajo estaban constituidos por:

- Un operador del nivel:
- Dos mireros, que colocando las miras sobre sapos fuertemente “clavados” la mantenían siempre bien vertical por medio del centrado del nivel esférico, esta tarea se facilita por medio de dos puntales-
- Un anotador que sobre planillas previamente confeccionadas debía ir anotando y controlando que diferencia de las lecturas sobre una misma mira diferían en 301,55 (se aceptó lecturas que diferían en  $\pm 0,1$ mm) de no cumplirse se vuelve a leer. El anotador debe hacer números claros, no enmendar ninguno, pues provoca confusiones al realizar los cálculos.
- Una persona teniendo la sombrilla para evitar calentamientos al nivel.

Si algún tramo nivelado de ida y vuelta no cumplía con la tolerancia mencionada, se volvía a renivelar todo el tramo.

Por lo general en todos los tramos, una mira es mejor iluminada por el sol que la otra. Esto también es motivo de errores accidentales en las lecturas.

La metodología de trabajo consistió en :

El operador estaciona el trípode , de patas fijas, las que se numeraban de 1 a 3 para colocar dos patas en dirección de la línea de avance y en la próxima estación gira el trípode y pone otras dos en dirección de avance; las hinca con fuerza en el suelo (para dar estabilidad al instrumento), aclaraba los hilos de la retícula ( debe verlos bien negros) aclara la imagen de la mira (números bien negros, no debe haber error de paralaje) y aclara números y rayas del ocular del micrómetro. Controla si el compensador funciona. Hace la lectura atrás, escala que ve como izquierda (de mayor valor), gira el nivel apuntando a la mira de adelante, lee escala de

la izquierda; gira el nivel  $180^\circ$  y lee sobre la misma mira (de adelante) escala de la derecha, el anotador verifica si la diferencia da 301,55.

Luego el operador gira el nivel hacia atrás y lee la escala de la derecha, se controla: 301.55

Las planillas permitían ir calculando los desniveles parciales y totales para verificarlos con los obtenidos de vuelta. Con la metodología indicada se han conseguido muy buenos resultados, en algo mas de 2 km. de recorrido, solo décimas de mm.

Para tener un buen rendimiento en las jornadas de trabajo, en invierno, se debe empezar apenas haya claridad hasta eso de las 12 hs; si está nublado, se puede seguir más horas de trabajo. En verano y en el tipo de clima que tenemos en San Juan, se debe empezar muy temprano hasta no más de las 10 hs,

### **NIVEL DE PRECISIÓN WILD N3.**

Este nivel de alta precisión, no automático, con nivel a coincidencia, ya tiene incorporado en su interior, delante del objetivo, el micrómetro poseyendo la ventaja estar protegido del polvo del ambiente y suciedades propias del uso. El funcionamiento es igual a lo ya explicado

Es usado por le Empresa Pescarmona en Mendoza, para controlar todos los demás instrumentos ópticos con los cuales verifican la construcción y el control de calidad de grandes piezas mecánicas.

***DEBO AGRADECER AL AGRIM. MARCELO ABAD QUE GENTILMENTE CEDIÓ SUS APUNTES QUE SIRVIERON DE BASE AL PRESENTE DOCUMENTO.***

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Tratado de GEODESIA Y TOPOGRAFÍA del Dr. GIOVANNI CICONETI
- Compendio general de Topografía Teórico Práctica de ROBERTO MULLER
- Folletos Editados por Wild Heerbrugg

## ALTIMETRIA

### ALTURAS ORTOMÉTRICAS, GEOMÉTRICAS Y ELIPSOIDALES

El primer elemento necesario para la definición de la altura es la superficie de referencia.

Una vez establecida ésta, se especifica la dirección ortogonal necesaria para la medida de elevación, así como el desarrollo de la escala a lo largo de la dirección desde el sistema de referencia adoptado.

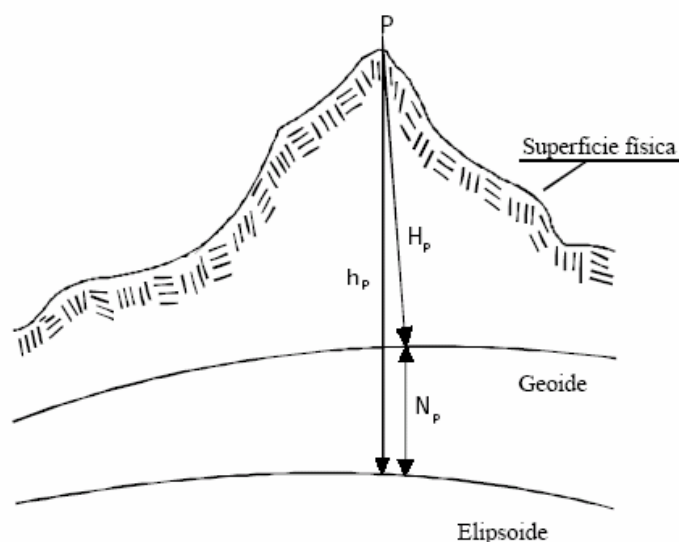
Como resultado de la forma en que estos elementos son seleccionados, se pueden definir diferentes sistemas de altura como:

- 'h' Altura elipsoidal: adoptada como superficie de referencia a un elipsoide de dos ejes. La **altura elipsoidal** de un punto del terreno es la distancia medida a lo largo de la normal al elipsoide entre dicho punto y el elipsoide de referencia.
- 'H' Altura ortométrica (o elevación sobre la superficie del geoide): Toma como referencia una superficie equipotencial de campo de fuerza de gravedad, aproximada al NMM (Nivel Medio del Mar) aislado de las oscilaciones periódicas y corregido de las variaciones no periódicas (geoide).

La **altura ortométrica** de un punto del terreno es la distancia medida a lo largo de la vertical (levemente curva) entre dicho punto y el geoide. La definición de GEOIDE considerada dentro de los grupos especializados de la Asociación Internacional de Geodesia es la siguiente: *Superficie de nivel del campo de gravedad terrestre, ajustada al nivel medio del mar determinado por series de 18,67 años de observación y corregidas por los mejores modelos de circulación, de influencia meteorológica y de tectónica de placas.*

El segundo sistema permite mantener, el significado físico de la altura en el NMM. Sin embargo, las complicaciones matemáticas surgen cuando se determina la diferencia entre las dos superficies (elipsoide - geoide) conocida como ondulación del geoide, cuyo conocimiento es necesario para conectar los dos sistemas de altura.

La siguiente figura muestra la principal relación entre la altura elipsoidal  $h$  y la ortométrica  $H$ .



$h_p$  se puede medir con el GPS, mientras  $H_p$  es observable con operaciones de nivelación corregidas por observaciones de gravimetría;  $N_p$  (altura del geoide u ondulación) es la elevación sobre la superficie del punto P proyectado en el geoide a lo largo del geoide vertical (línea vertical).

Se denominan **alturas geométricas** a las obtenidas por el método topográfico-geodésico de nivelación geométrica.

Las alturas así halladas no tienen en cuenta la desviación de la vertical, como consecuencia de la falta de paralelismo de las superficies equipotenciales del campo de gravedad terrestre.

Las alturas ortométricas sí tienen en cuenta la desviación de la vertical. Para hallar la altura ortométrica de un punto del terreno a partir de la altura geométrica medida, será necesario conocer el valor de gravedad del mismo por medio del uso de gravímetros.

La diferencia entre las alturas geométrica y ortométrica (corrección ortométrica) se estima que puede variar desde unos pocos milímetros a algunos decímetros, y su valor depende no solo de la pendiente del terreno, sino del material que se encuentre bajo la superficie terrestre.

### **ONDULACIÓN DEL GEOIDE**

Una vez determinada la corrección ortométrica, se aplica a la altura geométrica obteniéndose la altura ortométrica que representa la verdadera altura del punto del terreno respecto del geoide, medida a lo largo de la línea de la plomada desde el terreno al geoide (ligeramente curvada).

Si disponemos del valor de la altura elipsoidal de dicho punto respecto del elipsoide de referencia ( $h$ ), podremos conocer la ubicación del geoide respecto del elipsoide, valor que se denomina Ondulación del Geoide y se simboliza con la letra  $N$ , por diferencia de alturas. Es decir que:  $N = H - h$ .

Esta fórmula es una aproximación ya que no considera diferencias de longitud entre las normales o factores de escala diferentes que resultan de los diferentes tipos de observaciones. Para propósitos cartográficos el error producido por esta aproximación puede ser normalmente ignorado.

Para la altimetría tradicional en el trabajo cartográfico, el NMM está asignado convencionalmente al cero de elevación (o de nivel), ya que la superficie del mar está disponible desde casi todas partes. El NMM está determinado suficientemente por las observaciones de las mediciones de marea durante un largo período para filtrarlo de los efectos de marea de corto plazo.

Existen modelos de geoide que nos permiten obtener  $N$  con solo conocer las coordenadas latitud y longitud del punto.

Estos modelos fueron obtenidos por interpolación a partir de puntos del terreno con  $N$  conocida. La precisión de un modelo de geoide depende de la cantidad de puntos con  $N$  conocida, por ello surge la recomendación de realizar medición GPS diferencial en puntos de altura geométrica conocida.

Si el valor de  $N$  es preciso, podremos obtener altura geométrica ( $H$ ) precisa a partir de altura elipsoidal ( $h$ ) medida con precisión. Es decir  $H = N + h$ .

### **EL NIVEL MEDIO DEL MAR**

El nivel medio del mar nos permite aproximarnos al geoide. Los efectos oceanográficos producen diferencias en su determinación, que en el peor de los casos pueden exceder al metro pero que generalmente son menores.

El nivel medio del mar se define como la media aritmética de alturas horarias de marea (o alturas equiespaciadas con un intervalo menor) durante un período de tiempo adecuado que permite eliminar el aporte de la marea, fenómeno resultante de la atracción gravitacional de la Luna y el Sol que actúan sobre la Tierra. Por lo tanto, se deben realizar largas series de mediciones de marea para poder determinar el nivel medio del mar con precisión.

Las primeras mediciones de marea se realizaban con reglas que se disponían sobre la playa y

se vinculaban altimétricamente, mediante una nivelación geométrica, a puntos fijos en tierra. Con la aparición de los primeros mareógrafos a flotador se pudo disponer de mediciones continuas y prolongadas en el tiempo, donde la precisión alcanzada es de  $\pm 1$  cm en altura y  $\pm 1$  minuto en tiempo. También se puede medir el nivel del mar por medio de satélites altimétricos como el GEOSAT y el TOPEX/POSEIDON.

En el año 1996, el Instituto Geográfico Militar vinculó los mareógrafos de Mar del Plata, Puerto Belgrano, Puerto Madryn, Comodoro Rivadavia y Puerto Deseado con puntos altimétricos en tierra con cotas referidas al Cero IGM (cero del mareógrafo de Mar del Plata), utilizándose un registro de corta longitud. Con posterioridad se vincularon los mareógrafos de Río Gallegos y Ushuaia.

Como se disponía de los registros de los mareógrafos de flotador de los puertos de Mar del Plata, Puerto Belgrano, Puerto Madryn, Comodoro Rivadavia y Puerto Deseado, se realizó la determinación de la variación de la cota del nivel medio del mar en dichos puntos, referida al Cero IGM. No se dispuso de series completas para todas las estaciones mareográficas. Los niveles medios de 19 años para el período 1958-1976 variaron pocos centímetros en cuatro de las cinco estaciones mareográficas, salvo para Puerto Madryn con algo más de dos decenas de centímetros.

### **LOS PRIMEROS TRABAJOS DE NIVELACIÓN**

Los primeros trabajos de nivelación tuvieron como objetivo establecer una base para los estudios hidrográficos de los grandes ríos mesopotámicos. Dichos trabajos datan del año 1899 y el encargado de realizarlos era el Ministerio de Obras Públicas (Dirección General de Obras Hidráulicas).

Hacia 1909, existían unos 3.800 km de línea nivelada con cerca de 430 referencias, distribuidas en las provincias de Buenos Aires, Santa Fé, Entre Ríos y Corrientes. Estas líneas se desarrollaron a lo largo de los principales ferrocarriles.

También en Santa Fé se llevaron a cabo los primeros trabajos de nivelación de precisión por parte del Instituto Geográfico Militar. A tales efectos se dividió a la provincia en 12 polígonos de unos 300 a 400 km de perímetro cada uno, cuyos lados se los hizo coincidir generalmente con las vías férreas.

### **EL PUNTO ALTIMÉTRICO DE REFERENCIA NORMAL**

En el año 1924 se determina el nivel medio del mar por el mareógrafo del Puerto de Mar del Plata. A partir del citado año, toda la altimetría de la cartografía del IGM se refiere a dicho cero (Cero IGM).

Antes de la determinación del Cero IGM, los trabajos de nivelación se encontraban referidos al Cero del Mareógrafo del Riachuelo, que se encuentra 0,255 m más alto que el Cero IGM.

El origen del sistema de referencia vertical de la Argentina está referido al nivel medio del mar, materializado por observaciones realizadas al mareógrafo de Mar del Plata (Buenos Aires), instalado en el año 1924. En el año 1949 la marca de referencia del mareógrafo fue conectada por nivelación de alta precisión a una marca mucho más estable en Tandil, localidad ubicada aproximadamente unos 200 Km. de la línea de costa. Así se tiene el Punto Altimétrico de Referencia Normal (PARN) en las Sierras de Tandil (Parque Independencia), constituidas por un bloque homogéneo y rígido de basamento cristalino situado entre 6 y 10 m de profundidad que garantiza la estabilidad del punto. Se vincula el PARN con el mareógrafo de Mar del Plata por medio de una línea de nivelación de alta precisión de 180 km de longitud, con 75 puntos fijos, cada 2 a 3 km entre ellos. La línea se construyó en dos partes, la primera entre los años



1947 y 1948 y la segunda en el año 1950. Esta línea termina en un punto ubicado en la Plaza Luro de la ciudad de Mar del Plata. El PARN dispone de 8 puntos fijos auxiliares a distancias entre 500 y 1000 m desde el mismo y 4 mojones subterráneos. Este punto permanece hoy como el arranque de las líneas de nivelación nacionales. Este marco de referencia fue extendido a todo el país a través de nivelaciones de alta precisión..

### CONSTITUCIÓN DE LA RED DE NIVELACIÓN DE ALTA PRECISIÓN

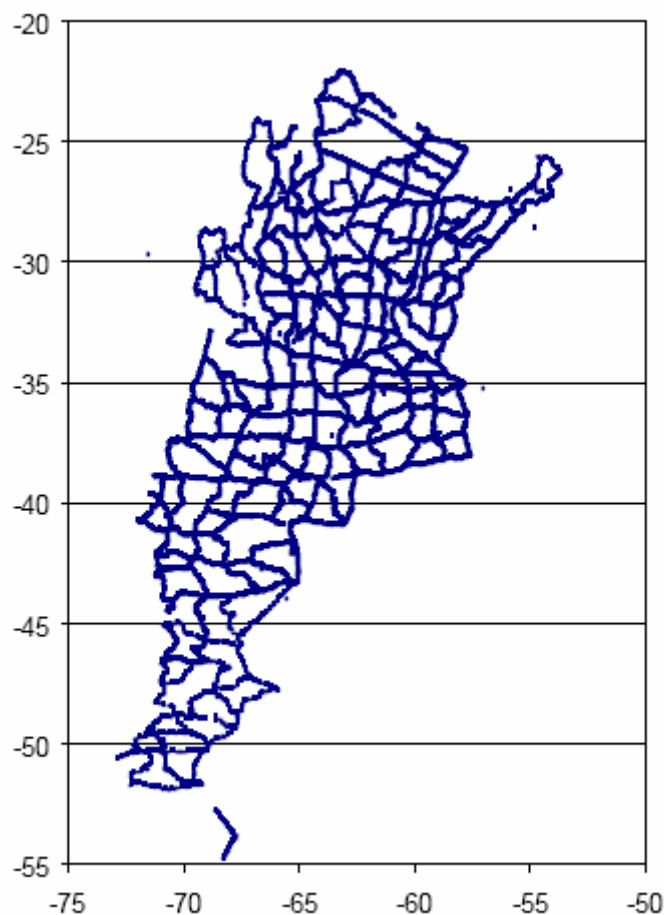


Figura 1: Red de nivelación de alta precisión

La Red de Nivelación de Alta Precisión (Fig. 1) divide al territorio de la República Argentina en polígonos cerrados y en polígonos periféricos sobre el litoral marítimo y límites internacionales. Estos polígonos son líneas de nivelación de alta precisión arrancan y cierran en puntos altimétricos de 1ra. Categoría denominados nodales, Se disponen de aproximadamente 225 nodales para el territorio nacional. Se encuentran materializados en las plazas de los pueblos y ciudades. Las líneas de nivelación son itinerarios de puntos fijos altimétricos situados cada 3 a 4 km. La cantidad estimada de puntos fijos es de 16320 para el país. La red altimétrica nacional 87.529 Kms de nivelación de alta precisión y precisión, por 72.805 Kms de nivelación topográfica y 3.250 Kms de nivelación auxiliar para apoyo fotogramétrico. Las líneas de nivelación de alta precisión son 370 y dividen al territorio de la República Argentina en polígonos cerrados o mallas y en polígonos periféricos sobre el litoral marítimo o límites internacionales. Las líneas de nivelación de alta precisión arrancan y cierran en nodales. Los nodales son puntos fijos altimétricos de 1ra. Categoría y generalmente se encuentran ubicados en las plazas de los pueblos o ciudades. Las líneas de nivelación de precisión se desarrollan en el interior de las mallas y dividen a cada

una de ellas en 6 a 8 polígonos. Las líneas de nivelación de precisión arrancan y cierran en puntos fijos altimétricos de líneas de alta precisión. Las líneas de nivelación topográfica densifican la malla y arrancan y cierran en puntos fijos altimétricos de líneas de alta precisión o precisión. Las 3 redes se desarrollan a lo largo de caminos. De allí el trazado irregular de los polígonos. La condición de cierre impuesta por el IGM para estas líneas es de 3 mm ] [km l . Cabe destacar los años de esfuerzo de la institución responsable de la construcción, medición y actualización de las redes de nivelación: el Instituto Geográfico Militar Argentino. Los puntos altimétricos se encuentran materializados por un pilar de hormigón y ubicados a no más de 30 m del alambrado en el interior del campo. Si no hay alambrado, se ubican a partir del eje del camino, a unos 50 m del mismo.

Podemos distinguir dos períodos en la medición de la Red de Nivelación de Alta Precisión, antes y después de la promulgación de la Ley de la Carta, de fecha 3 de octubre de 1941. Con anterioridad a la promulgación de la citada Ley, se habían medido Líneas de Nivelación de Alta Precisión en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Santa Fé y Córdoba. En la etapa posterior a la Ley de la Carta, se comenzó nuevamente la construcción y medición de la Red de Nivelación de Alta Precisión, con vinculaciones a puntos de la Red anterior. Algunas líneas de la anterior Red integran la nueva. Las dos nivelaciones se encuentran referidas al Cero IGM.

El total de puntos altimétricos monumentados con valor de cota conocido es de más de 32.000, de los cuales aproximadamente el 50% pertenece a puntos de la Red de Nivelación de Alta Precisión. El resto de los puntos se divide en aproximadamente 24% para puntos de líneas de precisión (con arranque y cierre en puntos de líneas de alta precisión) y el 26% restante para puntos de líneas topográficas (con arranque y cierre en puntos de líneas de precisión).

Las mediciones se realizaron de manera que se satisfaga que el error de cierre en la nivelación de ida y vuelta entre puntos fijos no fuera mayor que 3mm multiplicado por la raíz cuadrada de la distancia nivelada en km

Desniveles observados: Esta información fue completamente volcada a formato digital. Al momento de la digitalización, aun no estaban calculados los desniveles correspondientes a la últimas líneas de nivelación medidas por el IGM, ubicadas en la provincia de Santa Cruz. Esta información esta ya disponible y en breve será incorporada al banco de datos. La distribución de desniveles de la red puede verse en la figura 2. De ella es evidente que prácticamente toda la red de nivelación consta de desniveles que no sobrepasan los 200m y alrededor del 84% de los desniveles es inferior a 25m.

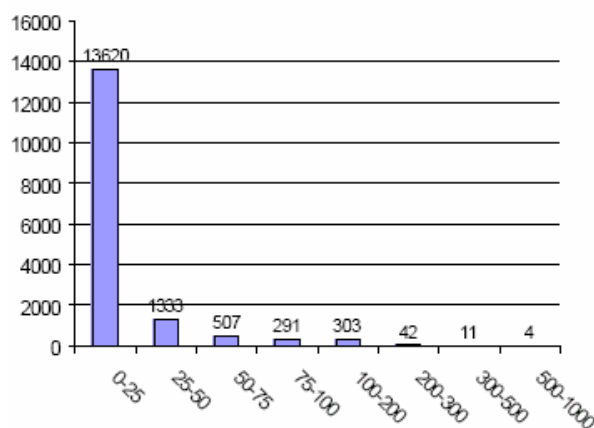


Figura 2: Distribución de los desniveles [m] entre puntos fijos

Casi todos los puntos fijos de la red cuentan con coordenadas geocéntricas. Sin embargo, su precisión varía entre algunos metros para las cientos de metros en el caso de que hayan sido obtenidas a partir de mapas topográficos, un procedimiento usual hasta hace algunos años. El 84% de los puntos fijos de la red cuenta con determinaciones del valor de gravedad.

Desde 1969 a 1971 se realizó en EE.UU. la compensación de 54.000 km correspondientes a líneas de nivelación de alta precisión. De 1971 a 1997, el IGM compensó provisoriamente 32.000 km más con un programa en lenguaje fortran. Actualmente se realiza un ajuste provisorio con el mismo programa al terminarse de medir 4 ó 5 polígonos de nivelación de alta precisión contiguos.

La red de nivelación de primer orden fue completada por el IGM en el año 2001 y consiste de unos 16000 puntos distribuidos a lo largo de varias decenas de miles de kilómetros de líneas de nivelación geodésicas de alta precisión. La necesidad de contar con altitudes referidas al nivel del mar durante el largo período que llevó el establecimiento de la red hizo que el Instituto Geográfico Militar tuviera que calcular y entregar valores altimétricos preliminares. Estos valores fueron obtenidos por ajuste de las observaciones altimétricas a lo largo de los rulos de la red.

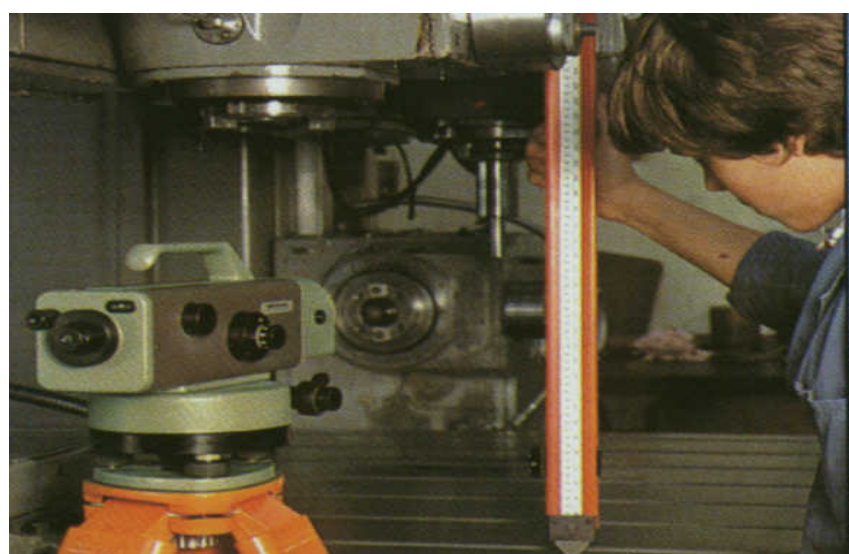
Desde 1997 el Grupo de Trabajo III (datum vertical) del Proyecto SIRGAS está trabajando para el establecimiento de un marco de referencia unificado para todo el continente americano. Esto implica la revisión y unificación de los sistemas de referencia vertical de cada país así como su densificación. En este sentido, GT III ha recomendado a los países participantes calcular los números geopotenciales correspondientes a sus redes de nivelación de alta precisión en los casos en que hubiera información gravimétrica disponible. Siendo este el caso de Argentina, el Subcomité de Geodesia del CNUGGI viene trabajando con el objeto de producir un ser consistente de números geopotenciales para la red de nivelación nacional de primer orden.

Muchas actividades relacionadas con redes altimétricas en distintos países de Sud América comenzaron a partir de la reunión de la IAG que tuvo lugar en Cartagena (Colombia), donde Argentina y Chile decidieron comparar sus respectivas redes altimétricas en diferentes puntos a lo largo de su frontera, que se extiende unos 5000 Km. en la Cordillera de los Andes.

Los trabajos de campaña para la primera comparación fueron hechos durante el año 2002. El encuentro tuvo lugar en Monte Aymont, un paso fronterizo cercano al Estrecho de Magallanes, en la zona continental más austral de ambos países (Fig. 3). Se encontró una diferencia  $0,22 \pm 0,025$  metros.

La Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata (FCAG-UNLP) y el Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI) iniciaron en Diciembre de 1998 el proyecto "Sistema de Referencia Vertical en Argentina por Mareógrafos y Altimetría Satelital" (SIRVEMAS). El principal objetivo de este trabajo es contribuir al mejoramiento de la materialización del Sistema de Referencia Vertical. En particular, a la definición de un marco de referencia consistente con la precisión de las modernas técnicas geodésicas espaciales.

ILUSTRACIONES RESPECTO A LAS APLICACIONES DE LA NIVELACIÓN DE PRECISIÓN EN LA INDUSTRIA



## DISTINTO MODELOS Y MARCAS DE NIVELES

### NIVELES DIGITALES ELECTRÓNICOS TOPCON



### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

#### LA MEDICIÓN AUTOMÁTICA ACELERA LA VELOCIDAD DE LA MEDICIÓN

Usted puede determinar la altura y la distancia digitalmente de manera automática utilizando el sistema patentado de mira graduada con código de barra de TOPCON.

Debido a que se realiza una medición totalmente electrónica, no hay necesidad de leer la mira. Usted solo visualiza y enfoca la mira y luego presiona el botón de "MEDICIÓN" (MEAS).

Es muy simple! El resultado aparecerá en la pantalla en apenas 4 segundos.

#### MEDICIONES ALTAMENTE PRECISAS

La habilidad de medir de manera totalmente automática y la pantalla digital del DL-101/102 elimina cualquier error de lectura, errores de transcripción en la libreta de campo, y otros posibles errores humanos. Por lo tanto se obtienen datos electrónicos de medición más precisos y confiables de lo que se logra con los métodos de medición visual convencionales.

#### ALMACENAMIENTO EN MEMORIA INTERNA

El DL-101/102 almacena todos los datos de medición en la memoria interna. La memoria interna con capacidad de 256KB permite almacenar aproximadamente 8,000 puntos. El puerto de la tarjeta PCMCIA esta ubicado detrás del compartimiento de la batería. Esto permite proteger la tarjeta PCMCIA contra la humedad. Usted puede escoger donde almacenar los datos bien sea en la memoria interna o en la tarjeta PCMCIA.

#### LUZ EN PANTALLA

Usted puede activar o desactivar la luz de la pantalla y escoger el nivel de brillo (hasta el nivel 9) lo cual le permite ver la pantalla en condiciones de poca luz.

**PUERTO PARA COMUNICACIONES**

Puerto estándar de comunicaciones RS-232C para comunicación con un dispositivo externo o un computador.

**APLICACIONES AVANZADAS**

- Nivelación de redes: Su desempeño permite usarlo en redes desde el 1er al 4to orden de nivelación
- Monitoreo de deformación: Monitoreo y monitoreo de subsidencia terrestre.
- Topografía industrial: Nivelación en línea, Nivelación de área, Redes de Nivelación, Levantamientos de curvas de nivel.
- Replanteo en Construcción de Vías y Ferrocarriles: Secciones transversales, perfiles longitudinales, replanteo de elevaciones
- Construcción de túneles y minería

NIVELES NIKON



100091  
Settop AL-32

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Desviación estándar en 1 Km de doble nivelación: 1.5 mm  
 Telescopio: Imagen directa  
 Apertura objetivo: 45 mm  
 Aumentos anteojo: 32x  
 Distancia mínima de enfoque: 1.8 m  
 Rango de compensación automática: ± 14'  
 Sensibilidad nivel circular: 8'/2 mm  
 Graduación círculo horizontal: 1°  
 Factor de multiplicación: 100

110022  
Nivel AL-32  
con Micró-  
metro FS1



**SETTOP AL-32 + FS1 Micrómetro de placa plano-paralela**  
 Desviación estándar en 1 Km de doble nivelación: ± 0.7 mm

## Settop AL-32

### Nivel Automático de 32x y 1,5mm de precisión

El nivel automático AL-32 se usa para mediciones precisas en geodesia, construcción e industria. Para nivelaciones de precisión se coloca el micrómetro de placa planoparalela FS1, para leer hasta 0.1 mm.

Código	Modelo	Descripción	Euros
100091	AL-32	Nivel automático	535
110022	FS1	Micrómetro óptico para AL-32	661
700001		Trípode extensible de aluminio	99
600011		Mira de aluminio, dobles mm. de 4m.	96
610001		Funda mira	
610002		Nivel mira	
		<b>Pack Recomendado incluyendo:</b>	<b>667</b>
100091		Nivel automático AL-32	535
700001		Trípode extensible de aluminio	60*
600011		Mira de aluminio, dobles mm. de 4m.	72*

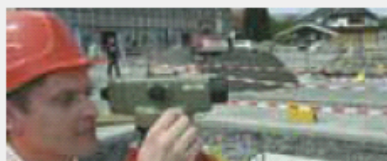
(\*) Precios Especiales en el pack recomendado

NIVELES LEICA

# Leica NA2/NAK2

**El clásico entre los niveles  
Leica Geosystems**

Con el nivel automático universal NA2 ya no quedan más dudas en cuanto a precisión, confort y seguridad de medición. Este nivel fue diseñado por ingenieros geodestas que conocen los requisitos para que un instrumento tenga todo lo necesario para garantizar la precisión en el campo. EL NA2 se amortiza rápidamente, pues puede emplearse en todo tipo de trabajo de topografía, en la construcción para nivelación, en proyectos de ingeniería y para el control geodésico en todos los niveles de precisión.



**NA2, Nivel Automático Universal**

Con aumento: 32x  
Desviación estándar por km: 0.7 mm  
(nivelación doble, dependiendo del tipo de mira y la técnica)

**1** Referencia: 352 036



1

**NAK2, Nivel Automático Universal (400gon)**

Con aumento: 32x  
Desviación estándar por km: 0.7 mm  
(nivelación doble, dependiendo del tipo de mira y la técnica)

Referencia: 352 039



2

**NAK2, Nivel Automático Universal (360°)**

Igual que el NAK2, pero círculo horizontal 360°, intervalo de escala óptica 10', lectura por estimación 1'

Referencia: 352 038



3

**GPM3, Micrómetro de placa planoparalela**

En estuche, 10mm. de alcance

**2** Referencia: 356 121

**GOA2, Ocular de autocolimación**

Para todos los instrumentos

**3** Referencia: 199 899



4

**GFZ3, Ocular Cenital**

Permite visuales inclinadas hasta el cenit

**4** Referencia: 734 514



5

**FOK73, Ocular de 40x**

Para NA2/NAK2  
Intercambiable con el ocular estándar

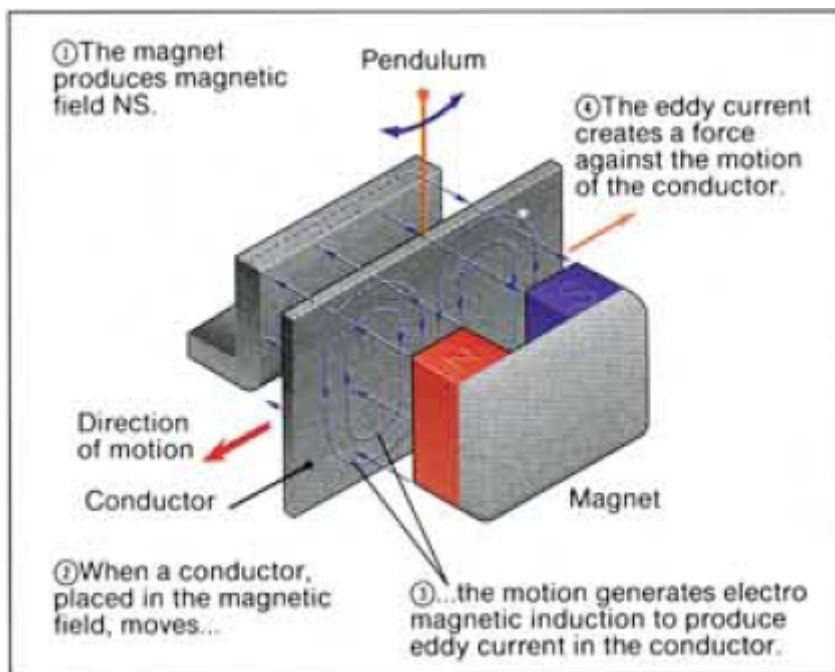
**5** Referencia: 346 475

Datos técnicos	NA2	NAK2
Aumento	32x	ocular estándar: 32x ocular FOK73 (a pedido): 40x
Medición de ángulos	-	360°/400gon
Desviación estándar (por km de nivelación doble)	0,7 mm (0,3 mm con micrómetro de placa planoparalela)	0,7 mm (0,3 mm con micrómetro de placa planoparalela)
Estandqueidad frente a agua y polvo	IP53	IP53
Margen de temperatura en empleo	-20°C a +50°C	-20°C a +50°C



**NIVELES SOKKIA B1/B1C**

Cuenta con un compensador de alta precisión (0.3") de amortiguación magnética que asegura estabilidad y precisión, incluso bajo cambios bruscos de condiciones atmosféricas o fuertes vibraciones. Su generoso rango de trabajo de 10' asegura un correcto funcionamiento aún con un calaje aproximado.

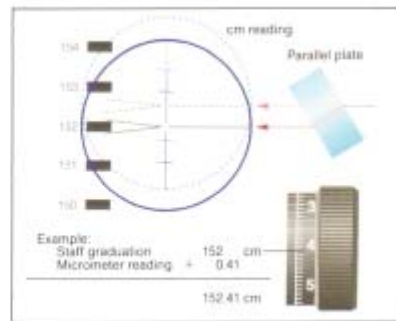


El equipo cuenta con la posibilidad de incorporar un micrómetro de caras planoparalelas para mediciones de alta precisión. Con el micrómetro de alta precisión OM1 puede leerse directamente la décima de milímetro y estimarse la centésima de milímetro.



**Accurate Levelling**

The level's reticle can be fitted with the optional parallel plate micrometer for precise measurement in increments of 0.1mm (estimation 0.01mm). The accuracy obtained over 1km double-run levelling is boosted from 0.8mm to a remarkable 0.5mm with the parallel plate micrometer.



	<b>B1/B1C</b>
Aplicación	Geodesia
Aumentos	32 X
Imagen	Directa
Poder de resolución del anteojo	3"
Mínima distancia de enfoque	2.3 m
Velocidad de enfoque	Doble
Retículo	Cuña
Constante de multiplicación	100
Constante aditiva	0 m
Colimación gruesa	Colimador
Compensador	Magnético

---

Rango de trabajo compensador	10'
Precisión del compensador	0.3"
Error kilométrico doble recorrido	0.8 mm
Error kilométrico con micrómetro	0.5 mm
Diámetro círculo horizontal	92 mm (B1C)
Lectura círculo horizontal	10' (B1C)
Estima círculo horizontal	1' (B1C)
Sensibilidad nivel esférico	10'/2 mm
Espejo para calaje	Prisma
Tornillo pequeños movimientos H	Doble sin fin
Peso	3 Kg
Base	Cóncava y plana
Micrómetro de caras planoparalelas	Opcional
Iluminación del retículo	Opcional