

ra exacta de decímetros, cuya lectura se obtiene por el número rojo que se encuentra debajo de la línea y marca los metros y el negro que está por encima y señala los decímetros. Esta disposición varía en otras miras, y es conveniente antes de usarlas penetrarse del sistema de representación y de la manera de hacer la lectura. Algunas miras presentan invertidas las cifras para usarse con los instrumentos de anteojo astronómico.

Los centímetros que cada decímetro comprende están marcados por rectángulos alternativamente blancos y negros, de manera que leyendo de abajo arriba, los negros ocupan los lugares pares. A la mitad exacta de cada decímetro hay un círculo negro, cuyo centro está á la altura de la línea de separación de los centímetros quinto y sexto. Respecto á los milímetros se aprecian á ojo, para lo que se necesita alguna práctica. Algunas miras están divididas hasta dobles milímetros por trazos gruesos alternando también de blanco y negro, y dispuestos al lado de las divisiones que marcan los centímetros.

456. **Uso y lectura de la mira parlante.**—Puesta verticalmente la mira en el punto cuya distancia al plano de nivel se quiere determinar, procederá el portamira á sacar el segundo cuerpo, si el primero no basta para alcanzar al plano citado, dándole toda su altura, para lo que se tendrá cuidado con el ajuste del botón correspondiente, que tendrá lugar al llegar á la altura conveniente, en virtud de la fuerza elástica del resorte. En caso necesario se hará uso del tercer cuerpo, para lo que será conveniente introducir el segundo á fin de no separar á la mira de su aplomo, y sacar sucesivamente el tercero y segundo, cuidando siempre del ajuste sucesivo de ambos botones.

La división de la mira en que se proyecte el plano de nivel dará la altura pedida, obteniéndose su valor por la lectura de los metros y decímetros que comprenda, y la apreciación de los centímetros y milímetros. Como ejemplos de lectura, se representan en la figura las alturas siguientes, que corresponden á otras tantas posiciones en que se supone situado el plano de nivel: $m = 0^m,300$; $n = 0,470$; $p = 0,730$; $q = 1,084$; $r = 1,150$.

457. **Mira parlante perfeccionada.**—Esta mira, que es la que emplea en sus trabajos el *Instituto Geográfico*, se compone de una regla de madera R (fig. 232, lám. 11), que tiene de largo $3^m,05$; de ancho $0^m,10$ y de grueso $0^m,02$. En su cara anterior AB lleva la *división*, y en la posterior CD tiene en sentido de toda su

longitud una pieza adicional ó listón *W* de forma prismática rectangular, también de madera, fuertemente unida á dicha cara posterior CD por medio de tornillos, después de encolada, con el objeto de dar más consistencia á la regla R é impedir que se alabee. En esta misma cara lleva en la parte superior, y á los dos tercios de la altura de la mira, una pieza prismática de metal, tal como *s*, unida al listón *W* y con un pequeño taladro *o* por donde pasa el hilo de una plomada *p*, y en la inferior un *tope* de metal *t* donde descansa el vértice del cono de la plomada en un punto *o'* señalado en la cara superior del tope, que se llama *punto de fe*. Este punto *o'* y el taladro dicho *o* se hallan á la misma distancia del listón *W*.

Tanto la parte superior de la mira como la inferior terminan en dos cantoneras de hierro para impedir que se deteriore, y la cantonera inferior *c'* va provista en su punto medio de un pequeño cilindro terminado en un segmento esférico *e*. Acompaña por separado á la mira una plancha de hierro P prismática triangular (fig. 233, lám. 11) que tiene de lado $0^m,15$ y de grueso $0^m,02$ y que lleva un agarradero ó asa *r* para el transporte. Esta plancha triangular tiene en el centro de su cara superior practicada una cavidad esférica *c* y un taladro en el centro de esta cavidad, que permite ver un punto del terreno. Esta cavidad puede recibir y además encajarse en ella el segmento esférico *e* en que termina la cantonera inferior *c'* de la mira. En los tres vértices de la cara inferior lleva esta plancha tres puntas de hierro para afirmarla en el terreno.

Lleva también la mira en su cara posterior CD, y á la altura de $1^m,10$, un taladro practicado en el listón *W*, donde entran á rosca los extremos de dos mangos *m* y *m'* ó agarraderos de madera que sirven para sostener la mira durante su uso.

458. **Divisiones y lectura de la mira.**—En la cara anterior AB de la mira (fig. 232, lám. 11) se ha dividido su anchura *ab* en cinco partes, y las rectas trazadas por los puntos de división en sentido de la longitud de la mira, dividen á esta cara anterior en cinco fajas. Partiendo después de la parte inferior, se divide la longitud de dicha mira en *decímetros* por rectas *ab*, *a'b'* y *a''b''*.... Como la longitud de la mira hemos dicho que es de $3^m,05$ y la parte dividida sólo comprende 3 metros, llevando el *ceró* á los 2 centímetros de la cantonera inferior se dejan en la parte superior 3 centímetros en blanco.

El ancho que suele tener cada una de las cinco fajas en que está dividida la mira en sentido de su longitud, contando de derecha á izquierda, hallándose colocado el observador de frente á la cara anterior AB, y la división de cada una, son las siguientes:

La primera faja tiene 0^m,03 de ancho, y ésta se divide en decímetros que están numerados, colocando los números en la raya inferior de cada decímetro, empezando por la parte inferior é invertidos, para que se puedan leer con el anteojo astronómico (90) en su posición natural ó directos.

Las fajas segunda y tercera tienen cada una 0,020 de ancho, y en ellas cada decímetro está subdividido en centímetros, pintados alternativamente de blanco y negro y en sentido contrario una de otra, pues los centímetros blancos de la una corresponden á los negros de la otra, y reciprocamente.

La cuarta faja, que es la más estrecha, pues sólo tiene de ancho 0^m,005, no tiene otro objeto que presentar una separación entre las tres fajas anteriores que llevan las divisiones y la faja quinta, destinada á contener otra vez los decímetros como la primera, pero pintados en ella alternativamente con tres colores, que son el negro, blanco y rojo, empezando por el negro en el primer decímetro de la parte inferior de la mira, y con el fin de anotar después de la lectura el color del último decímetro en que están comprendidos los centímetros de la lectura.

La importante adición en la mira de esta quinta faja con la división en decímetros señalados con los tres colores dichos y alternados, tiene la ventaja de poner en el acto de manifiesto los errores de lectura que se cometan, y los cuales pueden corregirse en el momento de la observación.

Para esto, observaremos que los decímetros de la mira son:

- | | | |
|-------------------------|---|---------------------------|
| En el primer metro... | { | Negros.—Los 1, 4, 7, 10. |
| | { | Blancos.—Los 2, 5, 8. |
| | { | Rojos.—Los 3, 6, 9. |
| En el segundo metro.. | { | Negros.—Los 3, 6, 9. |
| | { | Blancos.—Los 1, 4, 7, 10. |
| | { | Rojos.—Los 2, 5, 8. |
| Y en el tercer metro... | { | Negros.—Los 2, 5, 8. |
| | { | Blancos.—Los 3, 6, 9. |
| | { | Rojos.—Los 1, 4, 7, 10. |

Se ve fácilmente que en los tres metros de que consta la mira no se repite ningún color en un decímetro que termine en la misma cifra, y por esta observación es fácil conocer un error de lectura, comprobarle y corregirle.

Supongamos que la altura de un punto sea 1^m,65. La altura de mira nos dará esta medida si está bien tomada, y además, como la fracción 0^m,65 termina en el quinto centímetro del séptimo decímetro del segundo metro de la mira, el color de este séptimo decímetro será blanco, según la tabla anterior, y se leerá y apuntará la cota del punto diciendo 1^m,65 blanco. Pero en el caso de que por equivocación se lea ó se escriba 0^m,65 blanco ó 2^m,65 blanco podemos cerciorarnos de este error al hacer la verificación ó comprobación valiéndonos de los colores. En efecto, no podría ser la cota 0^m,65 blanco, pues esta cantidad es menor que el primer metro y termina en un punto que es el quinto centímetro del séptimo decímetro de dicho primer metro, cuyo decímetro es negro. No puede tampoco ser la cota 2^m,65, pues el séptimo decímetro del tercer metro de la mira, en cuyo quinto centímetro concluye la medida, es rojo. Luego no pudiendo ser la cota del punto 0^m,65 ni 2^m,65, será la 1^m,65, que termina en el quinto centímetro del séptimo decímetro del segundo metro de la mira, que es blanco, y que es la verdadera.

Se comprende también que aun cuando las verificaciones ó comprobaciones no puedan hacerse en el campo por falta de tiempo, ó aun cuando se hagan pasasen algunos errores desapercibidos, se podrían notar fácilmente en el gabinete con el auxilio de los colores y corregir las lecturas, sin tener que salir de nuevo al campo á repetir los trabajos.

459. **Uso de la mira.**—Se empieza por colocar la plancha triangular P sobre el terreno, de modo que el taladro que lleva la cavidad c corresponda al punto de estación del terreno, y se afirma sobre éste por medio de las tres puntas de hierro que lleva en su parte inferior. Se coloca después la mira sobre la plancha de modo que su extremo esférico e encaje en la cavidad c de dicha plancha, con lo cual se podrá entonces hacer girar á la mira alrededor de un mismo punto, que es el extremo del eje del cilindro que termina en la superficie esférica e. De este modo, el portamira, que agarra la mira por los mangos m y m', puede presentar de frente al observador la cara de las divisiones haciéndola girar según las indicaciones de éste. Una vez puesta la mira como debe

hallarse, el porta-mira la pondrá próximamente vertical, observando la plomada *p* y moviendo la mira hasta lograr que coincida exactamente el vértice del cono de la plomada con el punto *o'* de fe del tope *t*, y la tendrá en la misma posición hasta que el observador, después de haber hecho, comprobado y corregido la lectura, le haga señas de que puede trasladar la mira á otro punto.

460. **Niveles.—Nivel de perpendicular y limite de su empleo.**—Este sencillo instrumento, descrito ya (23) y representado en la figura 6 (lám. 1), se emplea para la nivelación horizontal por él una regla ó un plano (24 y 29) á los que se refieren las alturas de mira (450); pero sólo se emplea en operaciones de poca importancia ó cuando se puede operar á muy cortas tiradas. En efecto, representando por $S = 0^m,001$ la separación *dd'* (fig. 7, lámina 1), que la plomada puede experimentar respecto de la verdadera bisectriz $ad = l$, por *x* la distancia horizontal á que puede corresponder un desnivel $D = 0^m,01$, que se considera como el error límite de los que pueden tolerarse para la inclinación de la regla, se tendrá la proporción

$$S : l :: D : x = \frac{l \times D}{S} = \frac{0^m,3 \times 0,01}{0,001} = 3^m;$$

límite de las distancias á que puede operarse sin cometer errores que lleguen á valer un centímetro, suponiendo que la altura *ad* es la que ordinariamente tiene de tres decímetros.

461. **Nivel de agua.**—Se compone de un tubo de hoja de lata ó de latón, encorvado en sus extremos y terminado en ellos por dos frascos de cristal, del mismo diámetro, unidos al tubo por un mastic completamente impermeable, constituyendo así lo que en Física se llama un *tubo de brazos comunicantes*. En su parte media tiene un mango cónico hueco, que se introduce en la espiga de un trípode ordinario; todo como representa la figura 234 (lám. 11). Lleno el tubo de agua hasta unos dos tercios de la altura de los frascos, y libre de aire interpuesto el líquido, para lo cual se inclina el tubo hasta que el agua llene uno de los frascos, que se tapa con el dedo, y se continúa elevando por el otro extremo hasta observar que ha cesado el desprendimiento de las burbujas de aire, las superficies del líquido estarán en un mismo plano horizontal, en virtud de un principio que se demuestra en Hidrostática.

El agua que llena el tubo conviene que esté mezclada con vino,

para destacar más las superficies de nivel, y en invierno debe contener mayor cantidad de alcohol, para evitar la congelación del líquido.

462. **Uso del nivel de agua.**—Se emplea este instrumento para hallar el desnivel entre dos puntos A y B (fig. 234, lám. 11), poniéndole en estación en un punto C próximamente equidistante de los puntos dados, sin que sea necesario que este punto corresponda á la alineación AB, y de la manera que hemos dicho (461), cuidando de que el tubo de comunicación esté lo más horizontal que sea posible juzgar á la vista, y se le hace girar alrededor de su espiga hasta que los frascos se hallen en un plano vertical con una mira de tablilla colocada en uno de los puntos A. Dirigiendo entonces la visual tangentemente á los anillos formados por las superficies del líquido, se lleva el punto de mira á la altura de la visual, como hemos indicado (453), y se lee el valor de la altura *Aa*; trasladando la mira á B se obtiene del mismo modo la *Bb*, y la diferencia $Bb - Aa$ es el desnivel verdadero entre A y B (447). Cuando C diste muy desigualmente de A y B, conviene aplicar la corrección á que nos hemos referido para este caso (448).

463. **Límite del empleo del nivel de agua.**—La indeterminación de la visual en virtud de la *acción capilar*, puede producir un error límite *e*, á una cierta distancia *x*, que se calcula, sabiendo que crece con ella, y que á la semilongitud *l* del tubo de comunicación es $0^m,001$, por la proporción:

$$0^m,001 : \frac{l}{2} :: e : x = 500 \times e \times l; \quad [51]$$

Suponiendo que el error *e* no ha de pasar de $0^m,1$ y que la longitud del tubo es $1^m,2$, resulta $x = 60^m$, distancia que se considera en la práctica como el límite máximo.

464. **Nivel de aire con anteojo.**—El nivel de aire que construyen en la actualidad los instrumentistas franceses es el inventado por Mr. Chézy y modificado ventajosamente por Monsieur Egault.

Se compone de un anteojo astronómico AB (fig. 235, lám. 12), el cual descansa entre los collares *b* en que terminan unos soportes fijos á la regla metálica CD, uno de los cuales es susceptible sin embargo de subir ó bajar convenientemente en una cierta cantidad, por medio del tornillo *s* movido por una llave, haciendo así

variable la inclinación del eje del anteojo con respecto al plano de la regla. El anteojo puede sacarse de los collares y colocarse de nuevo en ellos invertido; para lo cual se aflojan los tornillos b , que permiten girar á unas aldabillas para dar paso al nivel, las que se vuelven á cerrar cuando el anteojo está colocado de nuevo, oprimiendo los tornillos, los cuales no le permiten entonces otro movimiento que el giro alrededor de su eje de figura dentro de los collares. Puede determinarse una de las infinitas posiciones que en virtud de este giro puede ocupar el tubo del anteojo, moviendo el tornillo a , que atraviesa un cilindro ó tambor metálico c fijo al soporte, hasta el tope de su extremo con un prisma saliente invariablemente unido al tubo del anteojo; de esta manera, puede hacerse volver cuando sea necesario en lo sucesivo á la posición así determinada, moviéndole hasta que tenga lugar el contacto del prisma y el tornillo.

Sobre la regla CD se halla el nivel n , provisto de su tornillo r de corrección particular é invariablemente unido á ella, y en su parte inferior el eje de rotación del instrumento, relacionado con una plataforma de tres tornillos t (129), con otro de presión para impedir el giro del instrumento cuando se le aprieta con alguna fuerza. El trípode es el segundo de los descritos (131).

Algunos niveles tienen en vez del tornillo de presión, un sistema de tornillos de presión y de coincidencia (107); pero esta disposición no es absolutamente necesaria, por no ser preciso fijar con exactitud la posición de la cerda vertical del retículo en el anteojo.

465. **Uso del nivel de aire con anteojo.**—Se emplea de una manera enteramente análoga al nivel de agua (462), horizontalizando el nivel como en la brújula (180), y haciendo uso por lo general de la mira parlante.

466. **Verificaciones y correcciones.**—1.^a *Centración de la cerda horizontal.*—Se hace coincidir esta cerda con la imagen de una recta cualquiera, que puede ser la horizontal de la tablilla de una mira, y se continúa como hemos dicho para la centración del retículo (94). Cuando se hace uso de la mira, se toman las alturas correspondientes á ambas posiciones, se marca la altura media, y se lleva á ella la cerda por el movimiento de los tornillos del retículo.

Puede corregirse también la otra cerda del mismo modo, con lo que resultará centrado el anteojo; lo que no es preciso en los niveles, aunque puede ser conveniente para emplear la cerda vertical

después de haberla hecho describir un cuarto de revolución, en el caso de haberse inutilizado la cerda horizontal.

2.^a *Verticalidad del eje de rotación del instrumento.*—Es la misma que hemos explicado (181), corrigiendo por los tornillos t y por el r de corrección particular del nivel.

3.^a *Horizontalidad del eje óptico del anteojo.*—Se ejecuta lo mismo que la verificación y corrección análogas (219), dirigiendo la visual á una mira colocada á 200 ó 300^m del punto de estación, y marcando la altura correspondiente á la graduación que cubre la cerda horizontal del anteojo; sacándole después de los collares para colocarle de nuevo en ellos invertido, y dando una semi-revolución al instrumento para dirigir la visual á la mira y ver si marca la misma altura. Si no, se corrige por la altura media de la mira y el tornillo s que mueve el soporte b del anteojo.

4.^a *Determinación de la posición perfectamente horizontal de una de las cerdas del retículo.*—Se hace girar el anteojo alrededor de su eje de figura dentro de los collares, hasta que la cerda sea horizontal á la vista, y se mueve el instrumento alrededor de su eje de rotación hasta que el cruzamiento de las cerdas cubra un punto bien determinado: continuando el mismo movimiento, se observa si los demás puntos de la cerda horizontal van cubriendo sucesivamente el punto observado, durante todo el tiempo que permanece en el campo del anteojo, en cuyo caso la cerda será perfectamente horizontal. Cuando esta circunstancia no se verifique, se moverá el anteojo dentro de los collares en el sentido conveniente, hasta hallar una posición en la cual la cerda cubra constantemente el mismo punto, fijando esta posición por el movimiento del tornillo a (fig. 235, lám. 12) hasta el contacto indicado (462). Conviene asegurarse de este contacto en las observaciones, para tener seguridad en la horizontalidad perfecta de la cerda correspondiente del retículo.

467. **Límite del empleo del nivel de aire.**—Sea AC (figura 10, lám. 1) la regla sobre que está colocado un nivel de aire y mn' la separación de la burbuja, que suponemos de 0^m,001 como límite máximo; la tangente del ángulo c será sensiblemente la razón $mn' : r$, siendo r el radio b de curvatura del tubo, y la del ángulo $s = c$ tendrá por expresión $e : x$, siendo e el error máximo que puede tolerarse en el desnivel y corresponde á una distancia x , cuyo valor se trata de determinar. La igualdad de las razones $mn' : r$ y $e : x$ dará, suponiendo que el radio r es de 20 metros,

$$x = \frac{r \times e}{0,001} = 1000 \times r \times e = 20000 \times e; \quad [52]$$

Dando á e valores sucesivos $0^m, 1, 0^m, 01, \dots$ resultarán para $x, \dots, 2000^m, 200^m, \dots$ y teniendo en cuenta que el error de desviación de la burbuja que hemos supuesto es bastante exagerado, en razón á que la simple vista puede apreciar una desviación mucho menor, y que el radio de curvatura es mayor que 20^m en los niveles que generalmente se emplean, pueden considerarse como exactas las alturas de mira observadas á una distancia de 200^m en las aplicaciones ordinarias de la nivelación. Este límite da á conocer la indisputable ventaja de este nivel sobre los anteriormente explicados.

468. Cuando no se conoce el valor del radio r de curvatura del tubo para aplicar la fórmula [52], se le puede hallar midiendo una distancia l de dicho nivel á un punto cualquiera en el que se coloca una mira, y viendo el camino e recorrido por la visual en ella para dos posiciones sucesivas de la ampolla en las que ha dado una separación $s = mn'$, por la proporción

$$e : l :: s : r = \frac{l \times s}{e}; \quad [53]$$

469. El procedimiento que se emplea para la nivelación haciendo uso de los niveles, se le llama *nivelación por alturas*, para distinguirla de la llamada *nivelación por pendientes* ó *nivelación trigonométrica*, la cual tiene por objeto hallar el desnivel entre dos puntos dados, resolviendo el triángulo rectángulo ABC (fig. 78, lám. 3), que constituye la recta AB que los une, con la vertical BC del punto más elevado y horizontal AC del otro, conociendo la pendiente ó inclinación de AB (Acots., 25) y la longitud de la misma recta ó de su proyección horizontal AC. La pendiente puede obtenerse en grados (180): para lo cual se hará uso de cualquiera de los instrumentos de planimetría provistos de limbo zenital, como el teodolito (214) y la brújula descrita (178), que también se llama por esta razón *brújula eclímetro* ó *brújula nivelante*; ó bien que tienen un limbo susceptible de disponerse verticalmente, como el grafómetro (207).

Otros instrumentos, llamados *eclímetros*, están destinados exclusivamente á la determinación de las pendientes por la relación entre el desnivel BC y la proyección horizontal AC (Acots., 25). Esta

relación es la tangente trigonométrica del ángulo de elevación ó depresión correspondiente.

470. **Eclímetros.—Eclímetro de perpendicular.**—Es el nivel de perpendicular que hemos citado (460), y cuyo travesaño está dividido en partes iguales, cada una de las cuales es la centésima parte de la distancia bn (fig. 236, lám. 12) comprendida entre el punto b y el medio n del travesaño. Este instrumento se corrige como el nivel de perpendicular (50), llevando en cuenta el error de que puede llegar á estar afectado por el uso.

Para hallar la pendiente de una recta AB, se le dispone sobre ella como el nivel de perpendicular, y se observa el número de divisiones que señala la parte nr del travesaño comprendida entre el cero n de la graduación y la división r que coincide con el cordón del perpendicular.

La semejanza de los triángulos rectángulos ABC, brn , que tienen el ángulo b igual al B (24), da la relación

$$\frac{AC}{CB} = \frac{nr}{bn} = \frac{nr}{100}; \quad [54]$$

Así, cuando nr comprende 1.....2.....3..... divisiones, la pendiente de AB será de 1.....2.....3..... por 100.

471. **Eclímetro de pínulas.**—Este instrumento está formado de una regla metálica (fig. 237, lám. 12), que termina por dos pínulas P, P' perpendiculares á ella, y lleva un nivel provisto de su tornillo t de corrección particular. Está unida la regla á un trípode ordinario por medio de una plataforma de resortes (128), sirviendo los tornillos proyectados en h para establecer la unión entre esta plataforma y la regla. Cada una de las pínulas está provista de una abertura cuadrada con dos cerdas que se cruzan á ángulo recto, y de un taladro cónico ó esférico, que da paso á la luz por un agujero de muy pequeño diámetro. Este agujero y el cruzamiento de las cerdas, deben estar á la misma altura en ambas pínulas con respecto á la cara superior de la regla del instrumento, para lo cual se dispone en una de ellas P, un tablero móvil á lo largo de la pínula, por el juego de un tornillo s y de un resorte en espiral: la otra pínula P' es mucho más elevada, y está formada por un bastidor fijo a (fig. 238, lám. 12), dentro del cual puede subir y bajar con movimiento rápido el tablero T cuando se afloja el tornillo de presión z , y se pone en movimiento el tablero cogiéndole por el botón d . Apretando el tornillo z forma cuerpo el tablero con