

TAQUEOMETRIA EN NIVELACION

| Estaciones | Altimetro en la estación | Indicaciones | | Angulos | | Altimetro en la estación | Altimetro en la estación | Altimetro en la estación | |
|------------|--------------------------|--------------|------------|----------|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|
| | | Vertical | Horizontal | Vertical | Horizontal | | | Vertical | Horizontal |
| Est. n.º 1 | 1.25 | 47.1 | 327.84 | 38.2 | 38.2 | 38.2 | 38.2 | 38.2 | 38.2 |
| | | | | | | | | 38.2 | 38.2 |
| | | | | | | | | 38.2 | 38.2 |
| | | | | | | | | 38.2 | 38.2 |
| | | | | | | | | 38.2 | 38.2 |
| Est. n.º 2 | 1.32 | 47.1 | 327.84 | 38.2 | 38.2 | 38.2 | 38.2 | 38.2 | 38.2 |
| | | | | | | | | 38.2 | 38.2 |
| | | | | | | | | 38.2 | 38.2 |
| | | | | | | | | 38.2 | 38.2 |
| | | | | | | | | 38.2 | 38.2 |

EXPLICACION
 La columna número 1 contiene las estaciones. En la columna número 2 se describe la línea del nivel. En la columna número 3 se describe el punto de la línea del nivel. En la columna número 4 se describe el punto de la línea del nivel. En la columna número 5 se describe el punto de la línea del nivel. En la columna número 6 se describe el punto de la línea del nivel. En la columna número 7 se describe el punto de la línea del nivel. En la columna número 8 se describe el punto de la línea del nivel. En la columna número 9 se describe el punto de la línea del nivel. En la columna número 10 se describe el punto de la línea del nivel.

NIVELACION TOPOGRAFICA

INSTRUCCIONES

PARA LA

PRACTICA DE LA NIVELACION TOPOGRAFICA

POR EL SISTEMA AMERICANO

ESCRITAS POR JOSE JOAQUIN ARRIAGA.

(1895)

INSTRUCCIONES
PRÁCTICA DE LA NIVELACION TOPOGRAFICA
POR EL SISTEMA AMERICANO
ESCRITAS POR DON JOSE JOAQUIN VERRAGA
(1881)

NIVELACION TOPOGRAFICA.

MÉTODO AMERICANO.

En la nivelación topográfica según el sistema francés, sábese bien que para cada dos lecturas de mira, una posterior y otra anterior, es necesario estacionar el nivel y medir la distancia, que es variable, entre los dos puntos en que se ha instalado la mira. Según este sistema, es, pues, preciso, poner en estación el instrumento tantas veces cuantas son las estaciones posteriores de mira, é ir midiendo las distancias que median entre las estaciones de ésta, que varían no sólo por el alcance del anteojo del nivel, sino también por el mayor ó menor detalle con que se quieran presentar en el perfil las variaciones y quiebras del terreno.

Este método aunque muy exacto y que es conveniente seguir cuando se trate de nivelaciones muy delicadas y al cual es conveniente aplicar en tales casos el sistema de compensaciones de Egault, es de por sí fatigoso por el repetido número de veces que el ingeniero tiene que estacionar el nivel para hacer solamente dos lecturas, una posterior y otra anterior, y tener además que medir las distancias, siempre variables, entre las dos posiciones de la mira.

Con el fin, pues, de acelerar las operaciones de campo y los cálculos que se ejecutan en el gabinete, sin quitar ni á unas ni á otros nada de su exactitud, sino antes bien simplificándolos, los ingenieros nor-

teamericanos transformaron, por decirlo así, el método francés de nivelación topográfica, introduciendo en él ciertas modificaciones, logrando con ellas facilitar los trabajos de gabinete y de campo, no sólo en lo que atañe á observaciones y á cálculos, sino también en lo que corresponde á la construcción de perfil, sin que la rapidez con que se practican todas estas operaciones implique error en ellas.

En realidad de verdad, el método americano de nivelación es el mismo francés, y en el cual podríamos llamar lecturas posteriores á las que en el nuevo método han recibido la denominación de *lecturas de enlace*, y anteriores á las finales de cada serie y que se llaman *lecturas para comparar*. De manera que cuando de las lecturas de enlace y de las últimas para comparar, se tendrían las anteriores y las posteriores del sistema francés; y como también se tienen las distancias que entre ellas median, por la suma de las distancias parciales entre las estaciones de mira, se obtendrían así los datos suficientes para hacer los cálculos de la nivelación por el sistema francés y construir el perfil á grandes tramos y sólo con los detalles principales.

Las modificaciones que esencialmente se han hecho á este sistema para expeditar las operaciones de campo consisten: 1ª, interpolar mayor número de lecturas de mira entre la posterior y la anterior, haciéndolas todas con una sola estación del instrumento, que se sitúa, como está prescrito, á la mitad de la distancia de las dos estaciones extremas de la mira, para nulificar así los errores por refracción y esfericidad; 2ª, á considerar una distancia constante entre las estaciones de mira, pudiendo ser ella al arbitrio del ingeniero, y según quiera detallar más ó menos su perfil, de 10, 15, 20, 25 ó 30 metros; 3ª el observar en las operaciones de campo una marcha invariable y constante; 4ª, á consignar en su registro los datos tomados en el terreno con más celeridad y en menor número de columnas que las que requiere el registro por el método francés, puesto que en aquél quedan suprimidas la columna de distancias y las de diferencias positivas ó negativas.

Consiste, pues, el método americano de nivelación en visar sucesivamente desde una sola estación del instrumento 5, 7, 9, 11 ó mayor número impar de puntos, que serán los correspondientes á las

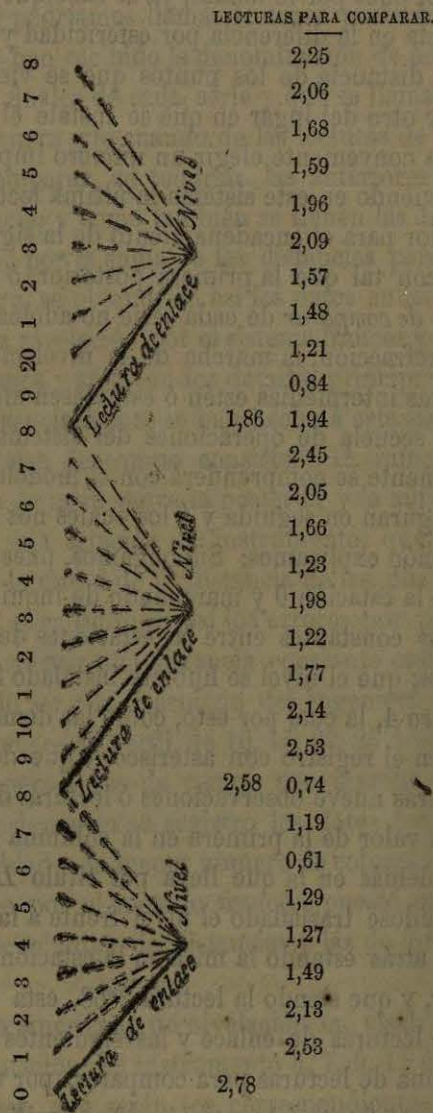
señales ó estacas que se hayan fijado en el suelo para marcar las estaciones de la mira. La potencia ó alcance del anteojo del nivel, el largo del estadal que se emplee y la configuración del terreno, plano ú ondulado, en que se practique la nivelación, indicarán fácilmente al ingeniero el número mayor ó menor de puntos que pueda observar á derecha é izquierda, del punto en que instale el instrumento, pues por lo demás, ya se sabe que resulta compensación perfecta en la diferencia por esfericidad y refracción, cualquiera que sea la distancia de los puntos que se visasen, si esta es igual á un lado y otro del lugar en que se instale el instrumento: por esta razón es conveniente elegir un número impar de estaciones.

Sirviendo en este sistema la última lectura á la derecha, ó última anterior para el encadenamiento de la siguiente serie de observaciones, con tal que la primera posterior, ó *de enlace*, y la última anterior ó *de comparar* de cada serie no adolezcan de error de esfericidad y de refracción, la marcha de la nivelación será exacta aunque las lecturas intermedias estén ó estuviesen afectadas de tal error.

La secuela de operaciones del sistema americano de nivelación claramente se comprenderá con el modelo de registro y el diagrama que figuran en seguida y á los cuales nos referimos en lo que á continuación explicamos: Supongamos, pues, una nivelación comenzada en la estación 0 y marchando de izquierda á derecha; que las distancias constantes entre las estaciones de la mira hayan sido de 20 metros; que el nivel se hubiere instalado frente á la estaca ó estación número 4, la cual por esto, como las demás del instrumento, marcamos en el registro con asterisco, y que desde ella se han hecho las primeras nueve observaciones ó lecturas de mira, debiéndose consignar el valor de la primera en la columna titulada *Lecturas de enlace*, y las demás en la que lleva por título *Lecturas para comparar*; que habiéndose trasladado el nivel frente á la estación 13 se ha visado hacia atrás estando la mira en la estación 8, final de la estación anterior, y que siendo la lectura 2^m68, esta se consignó en la columna de lecturas de enlace y las siguientes hasta la estación 18, en la columna de lecturas para comparar; por último, que llevado el instrumento frente á la estación 23 se repitió el procedimiento, visando

la mira situada en la misma estación 18, consignando la lectura 0,86 entre las de enlace y las siguientes hasta la última entre las de comparar. Véase, pues, que en el campo solamente se consignan en la cartera: en la primera columna el orden progresivo de las estaciones de mira; en la segunda, las lecturas de enlace; en la tercera, las lecturas para comparar, llenándose en el gabinete, las intituladas *Alturas del instrumento* y *Cotas del terreno*, con referencia al plano general de comparación que se elija.

Hé aquí el diagrama y registro á que se refieren las anteriores explicaciones.



REGISTRO NUMERO 1.

| ESTACIONES DE MIRA. | LECTURAS DE ENLACE. | LECTURAS PARA COMPARAR. | ALTURA DEL INSTRUMENTO. | COTAS DEL TERRENO. | OBSERVACIONES. |
|---------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--|
| 0 | 2.78 | | 102,78 | 100,00 | Distancia constante entre las estaciones de mira, 20 ^m . Plano general de comparación, á 100 ^m abajo del 0, punto inicial de la nivelación. |
| 1 | | 2,53 | | 100,25 | |
| 2 | | 2,13 | | 100,65 | |
| 3 | | 1,49 | | 101,29 | |
| *4 | | 1,27 | | 101,51 | |
| 5 | | 1,29 | | 101,49 | |
| 6 | | 0,61 | | 102,17 | |
| 7 | | 1,19 | | 101,59 | |
| 8 | 2,68 | 0,74 | 104,72 | 102,04 | |
| 9 | | 2,53 | | 102,19 | |
| 10 | | 2,14 | | 102,58 | |
| 1 | | 1,77 | | 102,95 | |
| 2 | | 1,22 | | 103,50 | |
| *3 | | 1,98 | | 102,74 | |
| 4 | | 1,23 | | 103,49 | |
| 5 | | 1,66 | | 103,06 | |
| 6 | | 2,05 | | 102,67 | |
| 7 | | 2,45 | | 102,27 | |
| 8 | 0,86 | 1,94 | 103,64 | 102,78 | |
| 9 | | 0,84 | | 102,80 | |
| *20 | | 1,21 | | 102,43 | |
| 1 | | 1,48 | | 102,16 | |
| 2 | | 1,57 | | 102,07 | |
| *3 | | 2,09 | | 101,55 | |
| 4 | | 1,96 | | 101,68 | |
| 5 | | 1,59 | | 102,05 | |
| 6 | | 1,68 | | 101,96 | |
| 7 | | 2,06 | | 101,58 | |
| 8 | | 2,25 | | 101,39 | |



Procediendo en la nivelación de esta manera, se habrían hecho solamente tres estaciones con el nivel, mientras que por el método francés habría sido necesario hacer veintiocho, es decir, instalar y nivelar el instrumento veinticinco veces más que con el sistema americano. Según éste sólo se habrían hecho treinta y una lecturas de mira, al

paso que siguiendo el francés habría sido necesario hacer cincuenta y seis. Al resolver la nivelación, véase igualmente, que se suprimen las columnas de diferencias positivas y negativas, que según el antiguo método son necesarias para obtener las cotas del terreno. Pero la ventaja principal del sistema americano consiste en que en la marcha de los cálculos se procede sin error, mientras no le haya en las observaciones correspondientes á las estaciones 0, 8, 18 y 28 que son las enlazadas, de suerte que aunque hubiese habido equívoco, en la lectura de alguna de las intermedias, el defecto quedaría allí sin afectar los cálculos ulteriores de la nivelación.

Llenadas en el campo las tres primeras columnas del registro, se resolverá después la nivelación calculando para cada serie la altura que el eje óptico del anteojo del nivel tendrá en cada una de las estaciones de éste, respecto del plano de comparación, si este se fija abajo del 0, y es la que llamamos en el registro *altura del instrumento*; y como la tercera columna da directamente las depresiones del terreno respecto del eje visual, podrán derivarse inmediatamente las cotas que corresponden á los puntos nivelados.

Si el plano general de comparación que se elija queda situado sobre el 0 ó punto de partida de la nivelación, se restará la lectura de enlace, para obtener la distancia vertical del mismo plano al eje del anteojo, y las lecturas de la tercera columna se sumarán con esa distancia, para hallar las de los puntos nivelados al mismo plano de comparación. Si éste, por el contrario, quedase situado abajo del 0, el procedimiento sería inverso; es decir, que en este caso se sumaría la lectura de enlace con la cota del primer punto para tener la altura del instrumento, y de ésta se restarían las lecturas de la tercera columna, para obtener las cotas del terreno que se consignan en la quinta.

Supongamos, por ejemplo, elegido el plano de comparación á 100^m abajo del 0: la altura del instrumento se compondrá en este caso de esa distancia, cota del primer punto; más de la primera lectura de enlace, 2^m.78 que se obtuvo estando la mira en 0, origen de la nivelación, y tendremos 102^m.78, cuya cantidad se escribirá en la columna intitulada *altura del instrumento*, y de ella se restarán las lecturas para

comparar de la primera serie de la número 1 á la número 8. En este punto el terreno presenta una depresión de 0^m.74 respecto de esa misma altura; restándose, por consiguiente, de ella, resultará que dicho punto se encuentra sobre el plano de comparación á 102^m.04, valor que se consignará en la columna de las cotas. En la serie siguiente y al cambiar el instrumento de estación, el eje del anteojo tenía respecto del punto 8 una altura de 2^m.68; por consiguiente, la del instrumento sobre el plano de comparación fué de $102^m.04 + 2^m.68 = 104^m.72$, número que pertenece á la cuarta columna por ser la nueva altura del instrumento. Restando de ella la segunda serie de lecturas para comparar hasta llegar á la que se hizo en la estación 18, que fué de 1^m.94, resultará la cota de este punto igual á 102^m.78. Si á este valor se agrega, como se ha hecho en las dos series anteriores, la lectura de enlace 0^m.86, se tendrá para altura del instrumento 103^m.64; substrayendo de esta cantidad las lecturas siguientes para comparar, hasta la hecha en la estación 28 que fué de 2^m.25, se tendrá para la cota de este último punto 101^m.39.

Antes de proceder á la construcción del perfil, es conveniente comprobar el resultado de las operaciones practicadas en el campo y los cálculos hechos en el gabinete, para lo cual se sumarán por una parte las lecturas de enlace y por otra las finales para comparar de cada grupo y obteniendo el residuo entre las dos sumas, que habiendo operado con precisión debe resultar igual á la diferencia de nivel entre los puntos extremos del trayecto nivelado.

Conforme al ejemplo propuesto, tendremos:

| | |
|----------------------------|---------|
| Cota del primer punto..... | 100,000 |
| Idem del último..... | 101,39 |
| Diferencia..... | = 1,39 |

| Lecturas de enlace. | Finales de cada grupo. |
|---------------------|------------------------|
| 2,78 | 0,74 |
| 2,68 | 1,94 |
| 0,86 | 2,25 |
| 6,32 | 4,93 |
| 6,32 - 4,93 = 1,39 | 1,39 - 1,39 = 0. |

En caso de que no se obtenga este resultado, y aparezca una fuerte diferencia entre ambos valores, deberá inferirse que se obtuvieron datos erróneos en el campo al practicar la nivelación, ó se sufrieron equívocos al hacer los cálculos, y en uno ó en otro caso habrá necesidad de repetir las operaciones hasta lograr una comprobación satisfactoria.

Habiendo certeza por las comprobaciones practicadas de que con igual exactitud se ha procedido en el campo como en los cálculos ejecutados en el gabinete, contará el ingeniero con los elementos suficientes para construir el perfil, con cuyo objeto debe emplear papel cuadrulado al milímetro, porque así se evitará el trabajo de medir horizontalmente con la escala las distancias y verticalmente las alturas, teniéndose también la ventaja con el papel cuadrulado de considerar según la escala que se elija, una unidad constante para las distancias entre las estaciones de mira. Si se adopta, por ejemplo, la de $\frac{1}{4000}$ para las horizontales, y si fué de 20^m la distancia constante, esta equivaldrá en el papel á 5 milímetros.

Observaciones. 1^a Puede muy bien suceder que en el curso de una nivelación sea necesario fijar algún detalle importante, como una zanja, una alcantarilla, un arroyo, ó un puente pequeño que se encuentre situado en el trayecto que se sigue y entre dos estaciones de mira; en este caso se trasladará ésta á dicho punto para hacer la lectura respectiva y se anota esta circunstancia tanto en la columna de observaciones con en la de estaciones, poniendo en ésta, en vez de un número entero que exprese la distancia, el entero anterior más una fracción. Si, por ejemplo, en la nivelación que hemos puesto por modelo se hubiese encontrado un detalle importante digno de figurar en el perfil, entre las estaciones 25 y 26, y distando dicho punto 12^m.60 de la estación 25, anotaríamos este detalle en la columna de estaciones, interpolando entre la 25 y 26 la distancia 12^m.60 precedida del signo + y consignando entre las lecturas de mira correspondientes á dichas estaciones, la que pertenece á la estación accidental 25 + 12^m.60, diciéndonos esta anotación: que á la estación 25 más 12^m.60 se encuentra el punto de detalle nivelado.

2^a Si el terreno por donde se lleva la nivelación presenta pendien-

tes fuertes subiendo ó bajando, de manera que no sea posible desde una sola estación del instrumento visar gran número de puntos, será necesario repetir las estaciones del nivel, teniendo siempre presente que en cada uno de estos casos, la primer lectura posterior que se haga se ha de considerar de enlace, y las demás, mientras no se traslade el instrumento á otro punto, deben inscribirse en la columna de lecturas para comparar. Las distancias entre las estaciones de mira podrán en tal caso acortarse, pero es necesario anotar en la cartera esta circunstancia para no incurrir en grave equivocación, debiéndose indicar desde qué estación hasta cuál otra, la distancia normal de 30 metros por ejemplo, se redujo á 10 ó 15 metros por exigirlo así la pendiente del terreno.

CONSTRUCCIÓN DEL PERFIL.

Aunque la práctica de la nivelación tiene en ocasiones por objeto conocer solamente la diferencia de nivel entre dos puntos, para lo cual es suficiente obtener el residuo entre las sumas de las lecturas posteriores y las anteriores, ó restar una de otra las cotas de los puntos extremos, en el mayor número de casos es necesario con los mismos elementos de la nivelación determinar el corte del terreno, ó más bien dicho, la proyección de él con todos sus quiebres é inflexiones, sobre un plano vertical que se supone secante á la misma superficie del terreno en todo el trayecto de la línea nivelada. Esta proyección del suelo sobre un plano vertical, es la que ha recibido el nombre de *perfil*, y su construcción, conforme al sistema americano, es sobremanera sencilla.

Usase para ello papel cuadrulado al milímetro ó á dos milímetros como el del modelo que presentamos á continuación, pues presta la comodidad de no ser ya necesario trazar líneas horizontales, ni verticales, ni de recurrir á una escala para ir tomando materialmente el valor de las distancias entre las estaciones de mira y las cotas ó alturas de los puntos del terreno sobre el plano general de comparación. La misma cuadrícula del papel sirve tanto ó mejor que una escala de marfil para apreciar esas distancias, y sobre ella se eligen las escalas que más convengan á la construcción del perfil.

Es de rigor para esto, considerar dos escalas, una que sirve para las distancias horizontales y otra para las verticales, debiéndose procurar siempre que ésta sea diez ó cien veces menor que aquélla; la razón de esta regla es, que si se construyese el perfil con una sola escala, muchos detalles del terreno no serían muy aparentes á la simple vista, ni podrían apreciarse debidamente, lo que sí se consigue alterando su forma con el uso de escala distinta para las verticales, sin que esto influya en contra de la exactitud de las operaciones que en seguida se practican sobre el mismo perfil para la ejecución de muchos y variados proyectos.

Como se ve en el presente modelo, la escala de $\frac{1}{5000}$ se eligió para las distancias horizontales, y la de $\frac{1}{500}$ para las verticales. Siendo la cuadrícula de dos milímetros, cada espacio de ella equivaldrá á 10 metros y dos á 20 metros, que es la unidad que en la nivelación se empleó para las distancias de la mira. El mismo espacio de dos milímetros equivale á 1 metro en la escala de $\frac{1}{500}$, muy suficiente para apreciar en el valor de las cotas las fracciones de metro, y hacer bien aparentes en el trazo del perfil las prominencias y depresiones del terreno.

Elegidas, pues, las escalas, es conveniente escribir en la parte superior del perfil, y con cifras bien claras, las series de números que indican las estaciones de mira tal como en el campo se consignaron en el registro. Muy cómodo es también para mayor claridad, escribir con tinta roja los números que señalen decenas y centenas y los demás con tinta negra como se ve en el modelo.

Convenida despues la posición del plano general de comparación, arriba ó abajo del 0, y determinada su distancia respecto de éste, se marca la traza de aquél sobre el papel con una línea horizontal de carmín. Hecho esto, se fija sobre la línea vertical correspondiente al 0, la posición de este punto, sobre ó abajo del plano general de comparación, consúltase en seguida cuál es la cota del punto número 1 y se marca su situación como la del 0 con un punto de lápiz, se pasa á continuación al 2 marcándolo igualmente, y así se continúa hasta fijar el último punto nivelado; después no hay más que ligar con una línea continua y muy fina hecha con el lápiz esta serie de puntos ap-

5 7 8 9

nte, 0,9 po

2,50
2,28
1,86

Excavac

Plan

17,80
17,12
16,94
16,7619,77
19,44
19,04

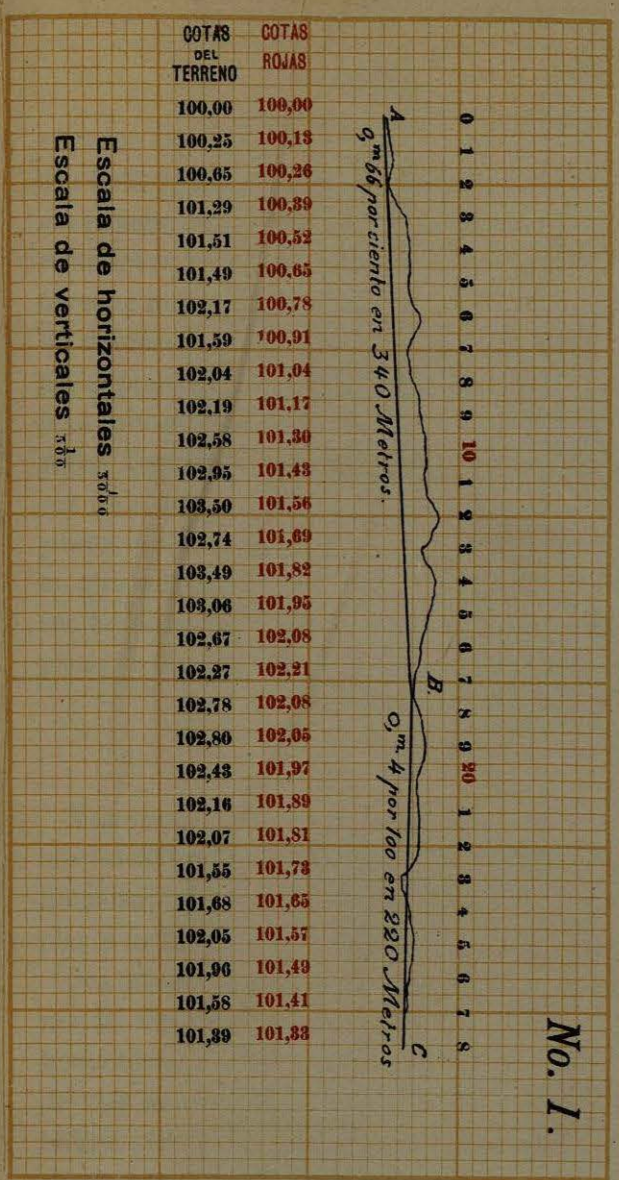
cala de

se pueden trazar las líneas de proyecto en vista de las condiciones del terreno para darlas la pendiente apropiada á los trabajos que se han de ejecutar.

Acceptadas una ó varias líneas atendiendo para ello al objeto con que se proyectan, se trazan en el perfil con tinta roja y se determina su pendiente por metro dividiendo la diferencia de nivel de los puntos extremos de la línea por la distancia horizontal que media entre

que sirve para
 lebiéndose pro-
 que aquélla; la
 con una sola es-
 rentes á la sim-
 sí se consigue
 las verticales,
 peraciones que
 a ejecución de
 se eligió para
 ales. Siendo la
 equivaldrá á 10
 a nivelación se
 cio de dos mi-
 suficiente para
 o, y hacer bien
 depresiones del
 en la parte su-
 e números que
 e consignaron
 claridad, escri-
 centenas y los

de comparación,
 cto de éste, se
 horizontal de
 espondiente al
 neral de com-
 nto número 1
 e lápiz, se pasa
 continúa hasta



se pueden...
 del terreno para darlas la pendiente apropiada á los trabajos que se han de ejecutar.
 Aceptadas una ó varias líneas atendiendo para ello al objeto con que se proyectan, se trazan en el perfil con tinta roja y se determina...
 que se proyectan, se trazan en el perfil con tinta roja y se determina...
 que se proyectan, se trazan en el perfil con tinta roja y se determina...

