

título de obras de fábrica, que comprende 44 tajos, una alcantarilla y tres pontones, es también subido relativamente á la corta extension de la línea, como lo es también la expropiacion, por ser de buena calidad los terrenos que se han atravesado en una considerable extension.

El coste de las diferentes partes de la construccion por metro lineal es el siguiente, sin contar con el puente de madera sobre el Besaya:

	Pesetas.
Expropiacion.	5,74
Explanacion.	13,97
Obras de fábrica.	6,28
Afirmado.	4,57
Obras accesorias.	0,61
Conservacion y acopios.	0,59
TOTAL.	31,76

Las obras están bien ejecutadas, y todo hace esperar que se conservacion no será difícil ni costosa.—M.

(Se continuará.)

NOTAS

SOBRE EL EMPLEO DE LA TACHEOMETRÍA EN EL LEVANTAMIENTO DE PLANOS Y NIVELACIONES.

(Continuacion.)

111. La 3.^a condicion necesaria para garantir la medida de distancias hemos dicho ser « que se haga con perfeccion la lectura de las divisiones. »

A propósito de este particular hay que recordar lo dicho en otro lugar al describir la mira y el anteojo: la acertada combinacion de colores en aquella, y la especial construccion de éste permiten leer con facilidad á la distancia de 500^m los centímetros, y apreciar las fracciones de medio centímetro, de modo que el error de lectura para un observador medianamente ejercitado no puede ocasionar en la distancia horizontal errores mayores de 0^m,50.

112. En resumen: vemos que el tacheómetro y mira, tal cual hemos descrito á uno y á otra, y considerados como estadia, pueden emplearse con ventaja siempre que la índole de las operaciones

permita errores de 0^m,50 en la apreciacion de distancias.

Desde luego se echa de ver que construyendo el anteojo de modo que el ángulo micrométrico sea doble, resultaria que cada centímetro de la mira representaria un metro de distancia, y entónces podrian apreciarse éstas con errores que no excederian de 0^m,25.

Conviene también observar, á propósito de la verticalidad de la mira, que, tratándose de los vértices de la línea de operaciones, casi nunca ocurrirá que V adquiera el valor limite de 75°, ó 125°, porque con dicho valor y el de 500^m para g se salva un desnivel de más de 100^m, y es muy raro que sea conveniente escoger base de operaciones con semejantes circunstancias; podrán únicamente ocurrir éstas, tratándose de puntos de detalle en que los errores que puedan cometerse quedan aislados, y sin influencia en el resto de las operaciones. Nuestra opinion es que la base de operaciones debe escogerse de modo que el ángulo V no sea mayor de 108°, ni menor de 92°, y de este modo no hay que temer tanto los descuidos del portamira.

Si, por otra parte, nos hacemos cargo de cuán insegura es la medicion de distancias con la cadena cuando el terreno es algo accidentado, ó se halla cubierto de vegetacion, vendremos á parar en que el empleo del tacheómetro como estadia es muy ventajoso y relativamente exacto en la mayor parte de los casos.

115. Vamos ahora á considerar el tacheómetro como instrumento para medir desniveles.

Hemos visto ya que la diferencia del nivel depende: 1.º, de la altura del instrumento en estacion (h); 2.º, de la altura de mira (m); 3.º, de la tangente ó cotangente trigonométrica del ángulo vertical (V), multiplicada por la distancia horizontal (D), cuyo producto hemos llamado (t). Resulta, pues, que la diferencia del nivel hallada será tanto más exacta, cuanto más lo haya sido la determinacion de las cantidades (h), (m), (V) y (D).

La altura del instrumento puede medirse con toda la exactitud apetecible sin gran esfuerzo; dicha altura comprende desde el punto del terreno, respecto al cual se halla centrado en estacion el tacheómetro (punto que conviene sea la cabeza de una estaca), hasta el centro de los muñones ó pitones, que forman el eje horizontal de giro del anteojo, cuyo centro está completamente aparente en los dos costados del instrumento. Si se quiere una

gran precision en esta medida, se puede llevar una pequeña regla de 0,50 próximamente, y colocarla horizontal por medio de un nivel de mano sobre la cabeza de la estaca, midiendo despues con la cinta, y mejor con una regla graduada, que puede fácilmente plegarse, y guardarse la altura desde la regla al eje del anteojo. De este modo pueden apreciarse hasta milímetros, y aconsejamos que así se haga, toda vez que esto ocasiona bien poco trabajo, porque el número de estaciones no es muy grande durante cada día, y porque la propia experiencia nos ha hecho ver los errores á que expone el hacer con poco cuidado la medida de (*h*). Creemos, por lo tanto, que la determinacion de (*h*) no da lugar á error alguno, y entra con su verdadero valor en la expresion del desnivel.

114. La altura de mira (*m*) se lee de la misma manera que se leen las miras parlantes en la nivelacion ordinaria, de modo que si se abrigasen dudas respecto al valor de (*m*), sería preciso abrigras tambien respecto al método de dicha nivelacion ordinaria. La única diferencia podria consistir en que la distancia á que se hace la lectura es ordinariamente mayor con el tacheómetro que con los niveles ordinarios; pero en cambio el anteojo del tacheómetro está dotado de una gran potencia, y se usa con miras más claras y sencillas. Al hablar de la determinacion de distancias hemos dicho ya que hasta 500^m puede hacerse la lectura de la mira sin cometer error mayor de medio centímetro, y, en nuestra opinion, éste es el límite de aproximacion con que puede obtenerse el valor de (*m*). No debe olvidarse que la lectura de (*m*) recibe una comprobacion, porque no sólo es leida directamente, sino que (dentro de los límites de apreciacion de que se dispone) debe ser la media entre las dos lecturas de los dos hilos superior é inferior.

115. En cuanto al valor de (*t*) observemos que la tangente ó cotangente trigonométrica del ángulo vertical *V* depende de la observacion de este ángulo en el instrumento; y ya en otro lugar hemos dicho que los tacheómetros que hemos manejado aprecian sólo hasta 2 minutos centesimales, que próximamente equivalen á 1 minuto sexagesimal, de modo que podemos considerar que el error cometido en la lectura de *V* no excede de medio minuto sexagesimal.

116. En la determinacion de la distancia horizontal (*D*) no puede evitarse, segun ya hemos di-

cho, un error menor de 0^m,50, y la influencia de este error en la expresion de (*t*) es tanto mayor, cuanto mayor es tambien la inclinacion de la visual: esto es evidente desde luego, observando que el valor de la tangente ó cotangente trigonométrica de *V* crece con la inclinacion de dicha visual. Esto nos dice de nuevo cuán importante es que el ángulo *V* no difiera mucho del valor 100°, que corresponde á la horizontal del anteojo.

117. El producto $D + \text{tang. } V = t$ adolecerá de un error definitivo, que provendrá del que afecte á cada uno de sus factores, y el valor de dicho producto será: $(D + d) \times \text{tang. } (V + v)$, siendo (*d*) y (*v*) los errores cometidos en la determinacion de la distancia horizontal y en la lectura del ángulo vertical *V*, errores cuyo límite hemos dicho ser respectivamente 0^m,50, y 1' centesimal; tomando para *D* y *V* los valores límites de que ya hemos hecho mérito, la expresion anterior será:

$$(300^m + 0^m,50) \times \text{tang. } (25^\circ + 1'),$$

y el error cometido será:

$$(300^m + 0^m,50) \times \text{tang. } (25^\circ + 1') - 300^m \times \text{tang. } 25^\circ = 0.$$

Los dobles signos dan lugar á valores distintos del producto (*t*), y fácilmente puede verse que el mayor valor corresponde al caso en que, siendo $V < 100^\circ$, sean distintos los signos de (*v*) y de (*d*), ó en que, siendo $V > 100^\circ$, tengan (*v*) y (*d*) un mismo signo. Haciendo en esta hipótesis los cálculos indicados, obtendremos:

$$0 = 0^m,26.$$

118. Veamos ahora cuál es la suma de todos los errores que pueden cometerse al calcular el desnivel entre dos puntos tales, que la recta que los une sea de 500^m en proyeccion horizontal y tenga una inclinacion de 25°; suponemos, además, que no hay compensacion de errores.

Inexactitud cometida en la determinacion de (<i>h</i>)	0,000
Id. en la determinacion de (<i>m</i>), siendo el límite de apreciacion 0,005, y pudiendo disminuir este límite con la distancia.	0,005
Id. en la determinacion del producto (<i>t</i>), siendo el límite de apreciacion de 0 ^m ,50 en la distancia <i>D</i> y 1' en el ángulo <i>V</i> , pudiendo disminuir estos límites con la distancia y la inclinacion de la visual.	0,260
Mayor error posible.	0,265

Ciertamente esta cifra final no es muy tranquilizadora, ni muy á propósito para inspirar confianza

en el método tacheométrico aplicado á medir desniveles; y aun cuando semejante cifra final pudiera considerarse como error admisible tratándose de algun punto de detalle, no lo es de ningun modo, tratándose de los vértices de la línea de operaciones, y condena sin apelacion el método tacheométrico aplicado á la nivelacion.

119. Pero ántes de acoger esta opinion, y ántes de examinar si en la práctica hay probabilidad de que simultáneamente se verifiquen las circunstancias desfavorables, que han hecho posible la comision de un error de 0,265, hagamos un pequeño paréntesis, y supongamos que se hace uso del método ordinario de nivelacion en el caso que acabamos de presentar como ejemplo. En él hemos supuesto dos puntos distantes 500^m en sentido horizontal, y la recta que los une inclinada 25° respecto del horizonte. Ahora bien: dos puntos en semejantes circunstancias ofrecerán una diferencia de nivel de 124^m próximamente, y para hallarla empleando el nivel ordinario será preciso hacer por lo ménos 56 estaciones y 72 lecturas de mira. Suponiendo que el error cometido en cada lectura sea 2 milímetros (lo cual admite una perfeccion de lectura no muy frecuente, ni fácil de suponer en cualquier observador), resulta por esta sola causa 0^m,045 de error (1); además de esto, harémos notar que, cuando en una distancia de 500^m hay que salvar un desnivel de 120^m, no suele encontrarse un terreno fácil de recorrer, ni muy á propósito para instalar el nivel en sitios desde donde pueda aprovecharse toda la longitud de la mira, y de aquí la necesidad de hacer un número de estaciones y de lecturas de mira mayor que el anteriormente supuesto; estas mismas dificultades son tambien causa de que no puedan sentar bien las miras sobre el terreno, y de que (si no se emplean estacas ó tablas para apoyarlas) puedan apoyarse en dis-

(1) Ya ha podido notarse en todo lo que precede que nunca hemos admitido que los errores se compensen, sino que hemos supuesto acumuladas todas las causas de error: esta manera de razonar nos parece mucho más natural, porque aun cuando esté en lo posible que las equivocaciones cometidas se compensen, y que dicha compensacion llegue alguna vez á anularlas y á producir resultados exactos, esta posibilidad no excluye la de que su acumulacion en un mismo sentido haga que el resultado traspase el límite de inexactitud que nos hayamos impuesto, y desde el momento en que esto suceda, siquiera sea una sola vez, procede desechar todo procedimiento, que no garantice de un modo absoluto el límite de exactitud que reclame la índole de los trabajos.

tinto punto del terreno cuando se las hace girar despues de observada la nivelada de adelante para presentarlas á la observacion de la nivelada de atras, todo lo cual es una no pequeña causa de inexactitud.

No insistirémos más sobre estos detalles, que sobradamente conocen todas las personas que se han ocupado en esta clase de trabajos. Hagamos notar, además, que nosotros hemos supuesto á D el valor de 500^m, lo cual supone una distancia entre las estaciones mayor aún que el límite que hemos indicado.

120. Retrocedamos ahora para repasar de nuevo las inexactitudes apuntadas (núm. 117), y recordando cómo han llegado á cometerse, verémos que ha sido preciso suponer acumuladas circunstancias muy desfavorables, que es raro ocurran en la práctica, y mucho ménos en la base de operaciones. En efecto: por muy accidentado que sea el terreno, y cualquiera que sea el objeto de las operaciones topográficas, de todos modos la extensa zona con que el tacheómetro puede tomarse ofrece facilidad de elegir los vértices de la línea de operaciones, de modo que los ángulos verticales V no sean menores de 92°, ni mayores de 108° (lo cual permite salvar desniveles de 56^m de una sola vez), y en este caso la inexactitud en la determinacion de D, que ha originado un error de 0^m,26, queda reducido á 0^m,02; además de esto, no siempre ocurrirán simultáneamente los dos casos límites en la distancia y en el ángulo V, y aun entónces podrá neutralizarse el error cometido, segun los signos que tengan los d' y v' cometidos en la apreciacion de D y de V. Por otra parte, la doble observacion de cada vértice nos da valores y términos medios, que siempre serán ménos erróneos que los que resultarían de una sola observacion.

En cuanto á los puntos de detalle, podrán hallarse alguna vez en los casos límites; pero los errores en ellos cometidos quedan aislados y sin influencia en el resto de las operaciones; y á propósito de estos puntos de detalle, no es fuera del caso advertir que si hubiesen sido tomados por el método ordinario de perfiles trasversales, se hubieran cometido errores quizá mayores.

121. Con todo lo dicho hasta ahora en el presente capítulo creemos haber analizado suficientemente el tacheómetro bajo los tres puntos de vista en que nos propusimos considerar, á saber: como goniómetro, como estadio y como nivel; los

resultados de este análisis dan idea del grado de exactitud que de dicho instrumento puede esperarse, y las modificaciones que conviene introducir en el que hemos descrito y usado en nuestros trabajos.

(Se continuará.)

PARTE OFICIAL.

Marzo, 13 (*Gaceta* del 18).—Orden autorizando á D. Miguel de Navarrete, D. Emeterio Andrés y D. Joaquin Solauillonde para que construyan un pantano de riego en el barranco denominado de la Hoz, término de Torralba de Ribota, provincia de Zaragoza.

Marzo, 14 (*Gaceta* del 19).—Orden disponiendo que para lo sucesivo se considere como una condicion particular comun á todas las contratas de obras públicas, la de que los gastos materiales del replanteo general sean de cargo de los contratistas respectivos.

Marzo, 17 (*Gaceta* del 24).—Orden disponiendo que la direccion de las obras de puertos administradas por las juntas creadas ó que se creen al efecto, y realizadas con arbitrios y fondos especiales, esté á cargo de Ingenieros del cuerpo de Caminos, nombrados por el ministerio de Fomento, á propuesta de las juntas; que por las mismas se señale y abone, con cargo á los fondos especiales de las obras, el sueldo que hayan de percibir; que los Ingenieros que desempeñen estos cargos sean declarados supernumerarios en el cuerpo, y que la inspeccion ordinaria se haga constantemente en todos los casos por los Ingenieros jefes de las provincias respectivas.

Marzo, 20 (*Gaceta* del 24).—Orden á los gobernadores de provincias para que exciten el celo de las corporaciones locales, de las juntas de comercio, y de las personas más interesadas en el desarrollo de los intereses materiales, á fin de que se asocien y propongan al Gobierno la creacion de juntas especiales de puertos, que inicien desde luego y formulen el plan de obras que en cada localidad sea más conveniente y de más urgencia realizar. El Gobierno, por su parte, autorizará desde luego su formacion, las investirá de atribuciones, costeará los estudios facultativos, prestará los auxilios que el estado del Tesoro permita, y propondrá en su dia al Poder legislativo los arbitrios con que allegar fondos y aumentar los que de sus propios recursos reunan las provincias y municipios.

Marzo, 20 (*Gaceta* del 24).—Orden á los gobernadores de provincias para que contribuyan á excitar el celo de los ayuntamientos y de las comunidades de propietarios que se hubiesen mostrado moro-

sos, á fin de que por su propia conveniencia redacten y reformen las ordenanzas, y establezcan los sindicatos y jurados de riego en consonancia con las prescripciones de la ley de 3 de Agosto de 1866.

Marzo, 24 (*Gaceta* del 28).—Orden declarando que, como complemento á lo prescrito en la real orden de 22 de Abril de 1865, se entienda que las Compañías de caminos de hierro deben ser consideradas como una sola empresa para todos los efectos de la contratacion en materia de trasportes, sin perjuicio de las acciones que puedan corresponder á las respectivas Compañías por consecuencia de las bases de la combinacion.

Marzo, 26 (*Gaceta* del 29).—Orden disponiendo que la línea en construccion de Madrid á Malpartida de Plasencia, única de que es concesionaria la Compañía del ferro-carril del Tajo, que en la actualidad forma parte de la division de Madrid, pase á la del Norte, quedando así ambas en condiciones análogas en cuanto á la importancia de las líneas que las constituyen.

Marzo, 26 (*Gaceta* del 30).—Decreto, dejando sin efecto la real orden de 3 de Agosto último, disponiendo que se reunan nuevamente el servicio terrestre y el marítimo, compuesto de todo lo relativo á puertos, faros y valizamiento, bajo las órdenes del Ingeniero jefe de la provincia de Barcelona.

MARZO, 22.

MINISTERIO DE FOMENTO.

Decreto.

La ley de presupuestos de 28 de Febrero último, atendiendo á la imperiosa necesidad de introducir economías en los diversos ramos que comprende la Administracion del Estado, ha reducido considerablemente el número de los Ingenieros del cuerpo de Caminos, Canales y Puertos que han de prestar servicio activo durante el actual año económico. La Asamblea Nacional, sin embargo, teniendo en cuenta las importantes y numerosas atenciones propias de su instituto, se ha limitado únicamente, llena de prevision y cordura, á consignar el personal estrictamente necesario para no abandonarlas por completo, concediendo al ministro de Fomento la facultad de ampliarlo dentro de ciertos límites cuando el bien del servicio lo exija y las circunstancias del país lo reclamen.

Ciertamente que no sería acertado renunciar para siempre á proseguir la obra de desarrollo y de progreso, desde hace tanto tiempo y á costa de tantos sacrificios comenzada: cierto también que el Gobierno de la república, con más afán que nadie, está dispuesto á fomentar los intereses materiales, y decidido á impulsar las obras públicas, que han señalado en todos tiempos como un indicio fijo la altura á que se eleva el nivel moral de los pueblos; pero