

tantemente el número uno; y ese mismo número y nota de sobresaliente, mereció en la clasificación y calificación de fin de carrera en 1860.

Siendo todavía alumno de la Escuela estudió y redactó en unión de otros compañeros dos importantes proyectos de carreteras.

En Mayo de 1860 fué destinado como Ingeniero segundo al servicio ordinario de la provincia de Cáceres. En los dos años que prestó en ella sus servicios, redactó el proyecto completo de 188 kilómetros de carreteras, el de varios puentes de hierro y puentes de fábrica de máxima estabilidad y algunos otros menos importantes, atendiendo simultáneamente á las muchas obras en construcción de que estuvo encargado.

El Director entonces de la Escuela, D. Calixto de Santa Cruz, que reunía á otros muchos méritos el de tener un acierto, por nadie superado, para escoger los Ingenieros llamados á desempeñar las enseñanzas, consiguió que Martínez de Campos fuese nombrado en 1862 Profesor Ayudante. Á la vez que desempeñaba ese cargo, prestaba servicios especiales formulando en breve tiempo las liquidaciones de obras en que había intervenido como Ingeniero los dos años anteriores.

Nombrado Profesor de la Escuela comenzó á explicar en ella la asignatura de Mecánica racional en el curso de 1863 á 64, demostrando en sus lecciones excepcional inteligencia.

En 1866, cuando explicaba esa misma clase á la promoción del que escribe estos renglones, fué nombrado Inspector general de Obras públicas de la Isla de Puerto Rico, cargo que desempeñó con otras comisiones importantes hasta el año 1869 en que regresó á la Península.

Su labor fué allí como en todas partes mucha y buena; redactó el anteproyecto del puerto de la capital, el plan de alumbrado marítimo, el de carreteras y caminos vecinales, dos proyectos de puentes de hierro y otro de fábrica.

Á su regreso á la Península, en 1869, fué nombrado Profesor de la Escuela, y, con ligeras interrupciones, ha permanecido en ella hasta terminar el curso de 1885 á 86, explicando con extraordinaria brillantez las clases de construcción, abastecimiento, riagos y saneamientos, hidráulica general y aplicada y máquinas.

En 14 de Octubre de 1871 se apartó temporalmente de la Escuela solicitando la excedencia voluntaria. En virtud de la extraordinaria reducción del personal de Obras públicas decretada por el Sr. Escoriaza, fueron declarados excedentes muchos Ingenieros. Por su antigüedad hubiera correspondido á Martínez Campos quedar en esa situación, pero el decreto exceptuaba á los Profesores de la Escuela; él no quiso disfrutar un beneficio de excepción y voluntariamente solicitó una excedencia que le obligaba á imponer á su familia no pequeñas privaciones.

La segunda interrupción de sus servicios en el profesorado duró también poco tiempo; solicitado por la Empresa constructora del ferrocarril de Malpartida para resolver no pequeñas dificultades, y aunque hubiera sido compatible aquel servicio con el de la enseñanza, solicitó pasar al de la indicada Empresa constructora, quedando supernumerario y ofreciéndose á continuar explicando gratuitamente su clase hasta terminar el curso.

En Febrero de 1886 cesó por última vez en su cargo de Profesor por haber sido nombrado Consejero de Estado.

Grande y útil ha sido la labor de Martínez Campos como funcionario del Estado, lo mismo en los cargos que desempeñó, que en las numerosas Comisiones de que formó parte, mereciendo especial mención su notable informe como vocal de la Comisión técnica nombrada en 1889 para reconocer la catedral de Sevilla después de los hundimientos ocurridos en ella.

En una sola convocatoria aprobó todas las asignaturas de la Facultad de Derecho, obteniendo el grado de Licenciado con nota de sobresaliente en 27 de Noviembre de 1890.

En 30 de Septiembre de 1889 cesó en el cargo de Consejero de Estado por haber presentado su dimisión en términos que le honraban altamente, y fué nombrado, poco después, administra-

dor de la Compañía de los ferrocarriles de Madrid á Zaragoza y Alicante; de ella fué después director general, y su estrecha conciencia, al suponer que por su falta de salud no podía desempeñar el cargo con la asiduidad debida, le obligó á renunciar la Dirección general. Continuó siendo, sin embargo, vicepresidente del Consejo de administración y miembro del Comité de dirección.

Ha sido Diputado á Cortes por los distritos de Alcoy, Aguililla y Guayana (Puerto Rico) y por Matanzas (Cuba). Era Senador vitalicio desde Abril de 1899. Era académico de la de Ciencias y poseía la cruz de primera clase de María Victoria por sus servicios en las Obras públicas y la gran cruz de Alfonso XII. Ejerció su abogacía con una estrecha conciencia defendiendo con gran éxito asuntos de gran importancia, y aunque en la política tomó parte muy poco activa, porque no era su temperamento apropiado para luchas no siempre nobles, colaboró muy acertadamente en labores parlamentarias de prácticos resultados.

Trazada esta reseña de la extraordinaria labor de Martínez de Campos, seámos permitido retratarle de cuerpo entero en pocas palabras. La empresa á que prestaba últimamente sus servicios, ya ciego hacía muchos meses y gravemente enfermo, decía por boca de su Director: «Su muerte es una desgracia irreparable para la Compañía; Martínez de Campos no tiene reemplazo posible», y así es la verdad; aquella superior inteligencia que en cada caso particular encontraba la solución justa y práctica de la dificultad que se presentaba y aquella laboriosidad extraordinaria, no pueden sustituirse por otra equivalente; pero si enorme era el mérito del compañero que hemos perdido, mayor era su modestia; á ella, y sola á ella, se debió sin duda que no alcanzase las mayores preeminencias á que tenía derecho y que la Nación haya perdido en ello el mayor fruto que hubieran producido, para beneficio de todos, las dotes extraordinarias que adornaban á D. Miguel Martínez de Campos; sin embargo, seamos enteramente francos; no puede achacarse sólo á exceso de modestia su limitada carrera política; mucha parte tuvo en ello su carácter, su integridad y corrección exagerada, que le impedían transigir ni siquiera con el disimulo de la verdad, como le dijeron en cierta ocasión labios de altísimas personas; era, en fin, nuestro llorado compañero, una inteligencia privilegiada, un hombre modesto hasta la exageración, un trabajador incansable y una voluntad firmísima. ¿Cabe unir á todas estas otra perfección? Sólo una, y en él se daba en mayor escala todavía que las enumeradas: Era un santo; sólo un santo puede sufrir sin lanzar una queja ni demostrar pesadumbre las desgracias y sinsabores que ha sufrido con admirable resignación en los últimos años de su vida.

Reciba su familia nuestro más sentido pésame y la seguridad de que no olvidaremos fácilmente á D. Miguel Martínez de Campos los que tuvimos ocasión de conocerle.

VICENTE DE GARCINI.

TRAZADO POR DESVIOS

Muchos son los sistemas de trazado de vías de comunicación que pueden seguirse, y cada Ingeniero adopta el que le parece más cómodo y sencillo al fin que se propone, modificándole muchas veces para llegar al mismo objeto.

El nuestro, al trazar estos apuntes, no es hacer un detenido estudio de los diversos sistemas seguidos, con lo que sólo conseguiríamos llenar cuartillas sin exponer nada nuevo; y por más que en rigor tampoco lo sea, para muchos Ingenieros, cuanto vamos á exponer, como el sistema de trazado que, para darle al-

gún nombre, designamos con el de *trazado por desvíos*, es el que hemos encontrado más práctico, vamos á describirle con algún detalle.

Tres son las condiciones que, en nuestra modesta opinión, debe reunir todo procedimiento de estudio de vías de comunicación: *rapidez*, *economía* y *exactitud*; *rapidez* para detenerse en el campo el menor tiempo posible, con lo cual se disminuyen las contingencias de las variaciones atmosféricas, que muchas veces hacen perder inútilmente buen número de días; *economía* tanto en el tiempo de campo como en el de gabinete, que es el más caro, por cuanto el personal que trabaja es facultativo, y aun estando á sueldo fijo representa una suma no despreciable en el coste del proyecto ó replanteo; y *exactitud* en cuanto es posible obtenerla en esta clase de trabajos, evitando errores ó disminuyendo su importancia.

El empleo del taquímetro abrevia notablemente el trabajo de campo, pero se hace interminable el de gabinete por la multitud de cálculos que lleva trasladar al papel los datos de las libretas, es decir, que si se economizan jornales, se aumenta el gasto de sueldos del inteligente personal que trabaja.

Con el trazado por desvíos, la base de cuyo procedimiento debemos al ilustrado Inspector Sr. D. Gumersindo Canals, se economiza tiempo en el campo y en el gabinete, es decir, tiempo y dinero; se adapta la traza mejor al terreno que por cualquier otro sistema, disminuyéndose, por lo tanto, los movimientos de tierras, y no se obtiene menor exactitud que por cualquier otro procedimiento: en la práctica del Sr. Canals hemos introducido algunas variantes, cuyo conjunto constituye el que vamos á exponer.

Ante todo debemos decir que para nosotros es axiomático que cuando un trazado no puede ir del origen al final en una sola línea recta, el trazado curvo es el más corto: en efecto; no pudiéndose trazar entre *A* y *B* la recta *AB* por las dificultades del terreno, queda elegir entre un trazado poligonal ó el curvo; supongamos, para abreviar, que el poligonal se redujera las dos rectas *AV* y *VB* (fig. 1.^a) unidas por una curva *DE*; cuanto ma-

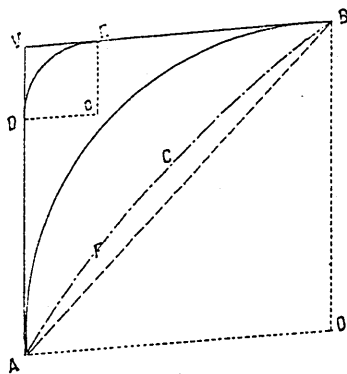


Fig. 1.^a

yor sea el desarrollo de esta curva, es decir, su radio, siendo siempre tangente á *AV* y *BV* más se aproximará á la recta *AB*, es decir, más se acercará á la mínima distancia, y, por lo tanto, la curva *ACB* será más corta que el trazado poligonal y si no hay otras condiciones que satisfacer, todavía *AFB* interior á ésta sería aún más corta, y como la que se dice del polígono *AVB* es aplicable á otro de mayor número de lados, resulta demostrado la que anunciamos.

No es posible, en general, el trazado curvo y hay que proceder á un sistema mixto, pues la proposición demostrada nos indica ya que siempre deben escogerse curvas de gran radio, procurando plegar la traza al terreno cuanto sea posible y con esta idea hay que hacer el estudio constantemente.

La base de todo estudio son los reconocimientos del terreno; estos reconocimientos son: uno general entre cada dos puntos de paso obligados de la línea; éste debe hacerse con mucho de-

talle, recorriendo toda la zona entre dichos dos puntos, comenzando por los caminos viejos existentes, observando después desde los puntos más elevados, hasta formarse idea del terreno y fijar próximamente la faja de aquel que deba seguirse: reconocimientos parciales después entre cada dos puntos notables elegidos en el anterior y un tercer reconocimiento que hará el Ingeniero á medida que va avanzando el señalamiento de la traza y sin interrumpir el trabajo del personal encargado de ella, para ver dónde debe terminar una alineación recta, qué curva ha de trazarse después, figurándosela ya trazada sobre el terreno, para que al llegar á aquel sitio se vaya con seguridad á señalar la curva, su terminación y empalme con la alineación siguiente.

Hechas estas indicaciones, vamos á ocuparnos del trazado, propiamente dicho, por el cual queda jalonada en el terreno toda la línea formando una escala con sus hectómetros y kilómetros perfectamente señalados, es decir, replanteada, como si se fuese á construir inmediatamente y en esta escala divisiones de 20 en 20 metros, cuya ventaja explicaremos oportunamente.

Tres brigadas ó cuadrillas es conveniente formar para llevar las operaciones, por más que pudiera hacerse con dos en caso necesario: la primera ó de delante, lleva la traza, á las órdenes del Ingeniero, con un Sobrestante trazador y seis peones; la segunda, el perfil longitudinal y transversales, á las órdenes de un Ayudante, que lleva el longitudinal, con otro Sobrestante para los transversales y seis peones; la tercera, con un Ayudante y tres peones, lleva los datos de plano; cuando esta tercera se funde en la segunda, un segundo Sobrestante, algo entendido, lleva las datos de plano.

Ocupémonos separadamente del trabajo de cada una de estas cuadrillas.

Trazado horizontal.—Se reduce, en resumen, á fijar en la traza una escala con divisiones obligadas de 20 en 20 metros, aparte de la que exija el trazado como puntos de tangencia, los de curvas muy cerradas, accidentes notables, etc.; para obtener esta escala basta una cinta ó cadena de 20 metros, siendo preferible la primera por su menor peso y más fácil manejo en las operaciones del trazado de curvas.

El de las rectas no ofrece la menor dificultad; basta seguir la enfilación con el trazado y á cada cinta levantar un coto en la línea; como cada cinco forman un hectómetro, colocar una estaca en el sitio conveniente, que indique el punto preciso en que se encuentre el trazado.

La manera práctica de estas operaciones que nos ha dado resultado es la siguiente: á partir del origen, perfectamente determinado por referencias á puntos fijos, y fija también la dirección de la primera recta, se comienza por colocar una estaca con un chafán en la cabeza para poder escribir en él; *O*, que representa origen y *cero* de distancia; esta indicación debe mirar en la dirección de la línea ó marcha del trazado para que, aun cuando haya desaparecido toda otra indicación, al cabo del tiempo pueda indicar, si ésta se conserva, la dirección aproximada de la línea; la misma precaución debe tenerse con cuantas estacas ó piquetes se coloquen. Un peón con el extremo de la cinta detrás y un Sobrestante trazador con el rodete delante y al lado de dicho funcionario un peón con cinco jalones de varilla de hierro y de 1,50 metros de altura y otro peón con un mazo para clavar los jalones, llevar las estacas y auxiliar en el trazado de las curvas, es el personal necesario para este objeto; en el origen se fija un jalón para establecer la alineación con el de delante ú otro convenientemente colocado á cada cinta se fija por el Sobrestante un nuevo jalón de los cinco de que dispone, dejándolos clavados para que pueda comprobarse la alineación por el Sobrestante, mirando atrás, en tanto que el peón que lleva la cinta la comprueba con el jalón en que se encuentra y el que haya á distancia adelante para fijar la línea; al coger el último jalón de los cinco coloca una estaca con la indicación del hectómetro y kilómetro á que pertenecen; señalando el primero con la inicial *H*, el segundo por un número y el kilómetro por un subíndice en esta forma: *H6*, que quiere decir hectómetro 6 del kilóme-

tro 5. cuya distancia al origen será, por lo tanto, 4.600 metros, pues estando dentro del kilómetro 5 aún no hay medidos más que 4 kilómetros, más los 600 metros desde la última estaca kilométrica. También podría, para evitar confusión, repetir en el subíndice el número del kilómetro que se ha colocado últimamente, y entonces la distancia de 4.600 metros se escribiría H6. Al terminar cada hectómetro á la izquierda, por ejemplo, del coto hectométrico, se levanta otro menor y á un metro ó dos del principal, para indicar á la cuadrilla segunda que hay estaca hectométrica. Entregado por el peón al Sobrestante su último jalón, marcha hacia atrás á coger otros cinco, cuidando no arrancar los jalones colocados hasta que uno ó dos peones, provistos de azada ó zapapico, hayan hecho el coto alrededor del jalón sin desharcerle, y además, que queden siempre cinco colocados. Al llegar á un kilómetro la estaca sólo tiene la indicación kilométrica en esta forma: K. 7, que quiere decir kilómetro 7 y distancia al origen, 7.000 metros; los puntos kilométricos se acercan al exterior en el terreno por el coto auxiliar que debe estar al lado opuesto de los que señalan hectómetros; así, en el supuesto que hemos presentado á la derecha en vez de á la izquierda.

Trazado de curvas.—Cuando se crea conveniente terminar la alineación recta, para lo que, á ser posible, se debe elegir un punto de la escala, esto es, un coto á 20 metros del anterior, como éste lo está del que le precede, se sigue el procedimiento de desvíos sucesivos sobre la tangente y sobre las cuerdas (curvas circulares que son las más sencillas), en la siguiente forma:

Supongamos (fig. 2.^a) que al llegar al punto B de la alineación

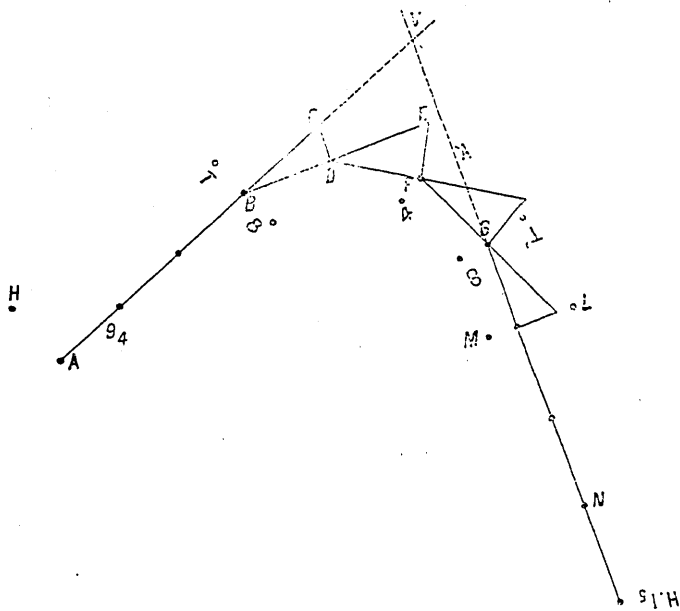


Fig. 2.^a

AB, se observa la conveniencia ó necesidad de abandonarla para buscar otra nueva, la VN, por ejemplo, ó mejor dicho, que hay que pasar por el punto N ú otro próximo, ó seguir una dirección tal como la VN ó paralela á ella; habrá que trazar una curva, que escogeremos circular, por cualquiera de los procedimientos que enseña la Geometría, y entre ellos pudiera adoptarse el de ordenadas sobre la tangente, puesto que tangente ha de ser la nueva alineación curva á la recta anterior.

La ecuación de la circunferencia referida al diámetro y á la tangente en uno de sus extremos, es

$$y^2 - 2ry + t^2 = 0, \quad (a)$$

de donde

$$y = r \pm \sqrt{r^2 - t^2}$$

llamando r al radio de la circunferencia y á las ordenadas según el diámetro y t á las abscisas sobre la tangente; el signo (+) corresponde á los puntos situados á más de un cuadrante del origen, y el (—) á los que distan menos de dicho punto; á la distancia y es á la que llamaremos desvíos, representándolas por la letra d ; como este sistema de trazado no será posible para puntos que sigan al primero, en muchos casos convendrá trazar los puntos siguientes por desvíos sobre las cuerdas sucesivas, desvíos que son dobles de los de la tangente, como vamos á demostrar, siempre que se trate de casos iguales de la circunferencia y en condiciones especiales, que son las en que hemos de colocar el trazado: si A, M y N son tres puntos (fig. 3) de la curva

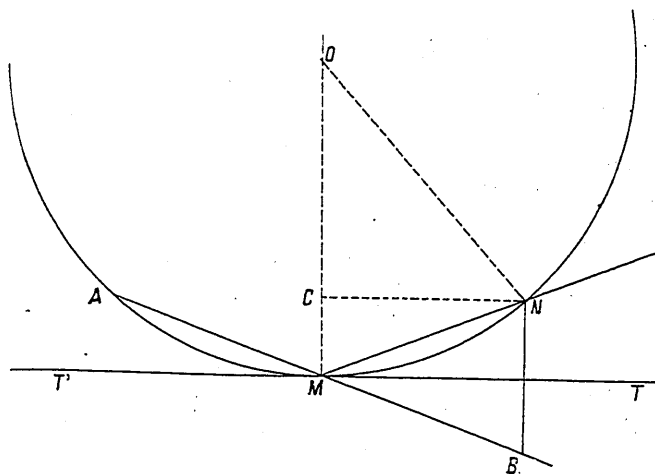


Fig. 3.^a

circular, tales que $AM = MN$ y MT es la tangente en M , si se prolonga AM hasta $MB = MA$ y se unen B y N , resultará

$$NMT = AMT'$$

por cuerdas iguales concurrentes en el punto de tangencia

$$AMT' = BMT$$

por opuestos por el vértice, y, por lo tanto,

$$NMT = BMT,$$

luego la tangente MT es mediana en el triángulo isósceles NMB , y, según esto, normal á la base BN en un punto medio; luego $TN = TB$.

Y

$$NB = 2NT,$$

pero NT es el desvío d sobre la tangente y llamando D al desvío en estas condiciones sobre la cuerda

$$D = 2d,$$

como habíamos anunciado.

Como vemos, el desvío d ó y es función de r y de t , ó longitud de tangente que podemos tomar á nuestro arbitrio.

Teniendo ésta presente, es muy fácil y cómodo el trazado de la curva (fig. 2.^a): se prolonga la recta AB , á partir de B otros 20 metros, hasta C en C se levanta la perpendicular CD ; desvío sobre la tangente y se obtiene el punto D , se prolonga BD hasta E , de modo que $DE = DB$, fijando un jalón en E , con una cinta cuyo origen esté en D , y otra en la anilla E , uniendo las dos cintas para formar el ángulo DFE y cuyos lados sean $DF = DB = BC$ y $EF = 2d = D$, clavando en F un jalón marcará un punto de la curva; del mismo modo se trazará el G , cuyo desvío sobre la prolongación de DF será igual también á EF , y así cuantos puntos se quieran, hasta llegar al límite de

la curva; supongamos que éste sea G , habrá que trazar la recta GN , tangente en G a la curva; siguiendo el mismo procedimiento se prolongará FG hasta L , tal que $GL = GF = FD = DB = BC = t$, se formará el ángulo $GLM = BCD = 90^\circ$ sobre LM se tomará $LM = d = CD$ y M será un segundo punto de la tangente; la alineación GMN será la que resuelva el problema.

Este es, en principio, el procedimiento sobre el que hay que hacer varias observaciones, pues tal como la hemos presentado no resulta práctico, aparte de algunas objeciones que pudieran hacerse al mismo.

He aquí los puntos que hay que esclarecer:

1.º No siempre podrán trazarse cuerdas de 20 metros en curvas cerradas.

2.º Siendo $BC = 20$ metros, BD y las curvas sucesivas serán mayores y los puntos obtenidos alterarán la escala que se pretende formar en el terreno.

3.º El trazado de los ángulos rectos en C y en L es un procedimiento lento.

4.º ¿Qué límites de desvíos se han de tener presentes para no excederse en el trazado de las curvas de los radios límites?

5.º No siempre es posible comenzar el trazado de una curva en una de las divisiones de 20 metros de la escala.

6.º Dificultad de que al trazar la curva ésta lleve a su salida la dirección conveniente.

Vamos a resolver estas diferentes cuestiones:

1.º Con efecto, no siempre pueden trazarse cuerdas de 20 metros sobre el terreno; pero el procedimiento que exponemos no obliga a hacer esto; es más, en curvas muy cerradas en que el desvío es grande, por razones que diremos más adelante, aun cuando el terreno lo permitiera, no conviene hacerlo para evitar grandes errores. Lo que sí es preciso es que la longitud de las cuerdas sea un divisor de 20, divisor que la misma curva aconsejará en cada caso; lo que es necesario es que se tenga presente al jalonar la escala y que en la tangente de entrada de la curva se indique bajo el signo T la longitud adoptada para la cuerda, con el fin de que al llevar la nivelación pueda comprobarse si ha habido error. Además, al terminar la curva, contar bien con su longitud para el amojonamiento de la alineación siguiente; así, si la curva tiene 14 metros de desarrollo, el primer coto de la siguiente alineación, después de la estaca de tangente, estará a 6 metros.

2.º Lo mismo decimos en cuanto al origen del trazado de la curva; no es necesario que comience en una de las divisiones de la escala; es conveniente para abreviar el trabajo, pero nada más; el trazado de la curva comienza en el punto que se juzgue necesario, cuidando de medir la distancia del punto de tangencia al coto anterior, tanto para amojonar luego la curva con arreglo a las divisiones de 20 metros, cuanto para escoger la longitud de la cuerda en el trazado.

Así, si a los 13 metros de un coto establecido está el cambio de alineación, como de 13 a 20 van 7, y éste no es divisor de 20 con el que es primo, el máximo divisor común siendo 1, ésta será la longitud de la cuerda; si el cambio de alineación está a 16 metros del coto anterior, tiene con 20 de común divisor 4, que será en metros la longitud de la cuerda a valor de x ; si a 15 metros, si a 5, este 5 en metros será la longitud de la cuerda, con lo que entre los puntos trazados para la curva se encontrará seguramente uno que distará 20 metros del coto de escala, con lo que no se habrá alterado éste; será el séptimo punto de curva después de la tangente de entrada, en el primer caso, el siguiente, en el segundo y en el tercero.

Claro es que cuando el terreno obliga a comenzar la curva fuera de un coto de 20 metros, es que la curva ha de ser cerrada, de modo que el buscar cuerdas menores de 20 metros no alarga la operación, pudiendo muy bien suceder que por el terreno mismo sea aún excesiva la cuerda elegida y haya que reducir su longitud a 1 metro.

3.º y 4.º Si la tangente de entrada de la curva se eligiera de 20 metros ó de uno de sus divisores, como la cuerda es oblicua

al desvío, puesto que es la hipotenusa BD del triángulo rectángulo BDC , habría que tomar (fig. 2.ª)

$$BC = t = \sqrt{BD^2 - d^2}$$

en que t es 20 ó uno de sus divisores; mas esta expresión irracional, como sabemos, pocas veces tiene un valor exacto, aparte de esto obliga a un cálculo molesto.

Esto se evita no trazando CD perpendicular a BC , sino formando un triángulo BCD isósceles, haciendo $BC = BD = t$, con lo que se comete un error que es necesario calcular, para ver su importancia.

Sea (fig. 4.ª) ab la tangente y a el punto de tangencia, origen

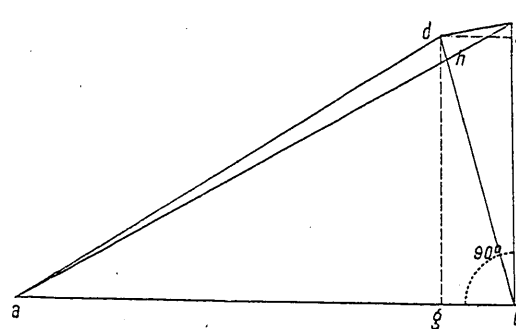


Fig. 4.ª

de la curva, bc el desvío ó $dab = t$ longitud constante de la cuerda; si en lugar de trazar la normal bc a ab , se forma el triángulo adb , en que

$$\begin{aligned} ad &= ab = t \\ bd &= bc = d \end{aligned}$$

el punto de la curva habrá ido a parar a d : trazando dg y df paralelas a bc y ab , se podrán establecer las relaciones

$$\begin{aligned} cd^2 &= bc^2 + bd^2 - 2bc \times bf \\ bd^2 &= bc^2 + cd^2 - 2bc \times ef \end{aligned}$$

y llamando e al error cd y v al ef , error según la vertical

$$\begin{aligned} e^2 &= 2d^2 - 2d \times bf \\ v &= e^2 - 2d \times cf \end{aligned}$$

de donde

$$e^2 = 2dv \dots v = \frac{e^2}{2d} \quad (3)$$

En el triángulo adb , del mismo modo

$$ad^2 = ab^2 + bd^2 - 2ab \times bg$$

ó bien

$$v = d^2 - 2t \times df;$$

y llamando h al error según la tangente ó horizontal de la figura, df será:

$$d^2 = 2th \dots h = \frac{d^2}{2t} \quad (4)$$

Otra expresión de v es

$$\begin{aligned} v &= cb - bf = d - bf = d - \sqrt{bd^2 - bf^2} = d - \sqrt{d^2 - h^2} \\ &= d - \sqrt{d^2 - \frac{d^4}{4t^2}} = d \left(1 - \frac{1}{2t} \sqrt{4t^2 - d^2} \right) \quad (5) \end{aligned}$$

el valor de e en función de d y t será, deducido del triángulo cdf y de (4) y (5);

$$e = \overline{cd} = \sqrt{h^2 + v^2} = \sqrt{\frac{d^4}{4t^2} + d^2 \left(1 - \frac{1}{2t} \sqrt{4t^2 - d^2}\right)^2}$$

desarrollando la cantidad bajo el radical, después de sacar d factor común y simplificar, será

$$e = d \sqrt{2 - \frac{1}{t} \sqrt{4t^2 - d^2}} \quad (E)$$

expresión que, para que sea real, es preciso que d no llegue a exceder a $2t$, y como no puede ser *cero*, sin lo cual no había desvío, d tiene que estar comprendido entre *cero* y $2t$.

Haciendo desaparecer los radicales en la ecuación (E), reduciendo la ecuación resultante y ordenando con relación a d , se obtendrá la ecuación

$$d^5 - 4e^2 t^2 d^3 + e^4 t^4 = 0 \quad (6)$$

y poniendo

$$e = \alpha d$$

lo que siempre es posible, pues todo depende del valor de α que ahora suponemos indeterminado para apreciar la importancia del error, sustituido del (6) dará

$$d^5 - 4\alpha^2 t^2 d^3 + \alpha^4 t^4 d = 0$$

y dividiendo por d^4 y despejando d ,

$$d^2 = 4\alpha^2 t^2 - \alpha^4 t^2 = \alpha^2 t^2 (4 - \alpha^2),$$

y, por lo tanto,

$$d = \alpha t \sqrt{4 - \alpha^2}$$

α estando comprendida entre *cero* y 2 sin poder tener ninguno de estos valores.

Para que el error fuera igual al desvío, será preciso que $\alpha = 1$, y entonces (E)

$$d = t \sqrt{3} > t,$$

cosa que nunca se hace, porque entonces resultaría una curva inadmisibles, como puede comprobarse con cualquier tabla de trazado de curvas.

Para $\alpha = 0,1$ resulta (E)

$$d = 0,1 \cdot t \sqrt{3,99} = 0,1997t \quad \text{ó} \quad d = 0,2t;$$

que para $t = 20$ metros máximo de este valor $d = 4$,
y para $t = 1^m$ $d = 0,2$ $e = 0,02$ $e = 0,4$.

Para $\alpha = 0,01$ resultará (F)

$$d = 0,01 t \sqrt{4 - 0,0001} = 0,01t \times 1,99997 = 0,0199997t \\ \text{ó} \quad d = 0,02t;$$

que para $t = 20$ $d = 0,4$ $e = 0,04$
y para $t = 1$ $d = 0,02$ $e = 0,002$.

Estos errores en el trazado sobre el terreno significan bien poco; son despreciables y se reducen aún más en sentido del radio de la curva, es decir, en el valor de v (3) y en el de la tangente (4), y para

$$\alpha = 0,1 \begin{cases} t = 20 \dots e = 0,4 & \dots d = 4 & \dots v = 0,02 & \dots h = 0,4 \\ t = 1 \dots e = 0,02 & \dots d = 0,2 & \dots v = 0,001 & \dots h = 0,02 \end{cases} \\ \alpha = 0,01 \begin{cases} t = 20 \dots e = 0,04 & \dots d = 0,4 & \dots v = 0,002 & \dots h = 0,004 \\ t = 1 \dots e = 0,002 & \dots d = 0,02 & \dots v = 0,0001 & \dots h = 0,0002 \end{cases}$$

Como se ve, este sistema da un error despreciable a la entrada de la curva en la posición del primer punto, en el sentido del radio de aquélla, y siendo igual construcción a la salida, otro pequeño error en la posición de la tangente.

Este error nace de tomar para desvío sobre la primera cuerda $2bc = 2d$, cuando el verdadero desvío que resulta con esta construcción es

$$dg = bf - bc - ef = d - v = d - \frac{e^2}{2d} = \frac{2d^2 - e^2}{2d}$$

ó poniendo por e su valor, y llamando d' al verdadero desvío que se ha trazado:

$$d' = \frac{2d^2 - d^2 \left(2 - \frac{1}{t} \sqrt{4t^2 - d^2}\right)}{2d} = \frac{\frac{d^2}{t} \sqrt{4t^2 - d^2}}{2d} \\ = \frac{d}{2t} \sqrt{4t^2 - d^2} \quad (G)$$

de modo que si aun se quiere obtener la exactitud, bastará construir tablas de los valores de d' para los de t correspondientes a $t = 1, t = 2, t = 4, t = 5, t = 10$ y $t = 20^m$, y los correspondientes de d de centímetro en centímetro hasta el límite a que corresponda el radio límite de la curva que se pueda aceptar: los desvíos sobre las cuerdas serán entonces $2d'$ en lugar de $2d$, es decir, llamándolos D'

$$D' = \frac{d}{t} \sqrt{4t^2 - d^2}.$$

5.º Si en la figura 3.ª trazamos desde el centro O los radios OM y ON a los extremos de la cuerda MN y por N la NC' paralela a la tangente, y, por lo tanto, perpendicular al radio OM , en el triángulo OMN se verificará la conocida relación

$$\overline{ON}^2 = \overline{OM}^2 + \overline{MN}^2 - 2OM \cdot MC' \quad (\alpha)$$

pero

$ON = OM = r$ radio de la circunferencia;

$MN = t$ longitud de la cuerda, según la notación conocida en las fórmulas anteriores;

$MC = NT = d'$, y sustituyendo estos valores en (α)

$$r^2 = r^2 + t^2 - 2rd'$$

de donde

$$d' = \frac{t^2}{2r} \quad (\beta)$$

y poniendo por d' su valor (G)

$$\frac{d}{2t} \sqrt{4t^2 - d^2} = \frac{t^2}{2r}$$

y desarrollando después de elevar al cuadrado y reduciendo

$$d^4 - 4t^2 d^2 + \frac{t^4}{r^2} = 0$$

de donde

$$d^2 = t^2 \left(2 - \sqrt{4 - \frac{t^2}{r^2}}\right)$$

se toma el signo menos porque d debe ser menor que t , y $d^2 < t^2$, y, por último,

$$d = t \sqrt{2 - \sqrt{4 - \frac{t^2}{r^2}}} \quad (\gamma)$$

si sólo se quisiera el procedimiento aproximado, la ecuación (β) se convertiría en

$$d = \frac{t^2}{2r} \quad (\beta')$$

Cualquiera de las expresiones (γ) ó (β') , nos dará el valor del desvío primero para un radio determinado, y, por lo tanto, para el radio límite.

Para ver la diferencia que hay entre las dos fórmulas: supongamos un radio de 100 metros para una curva con cuerdas de 20 metros: la fórmula (γ) dará

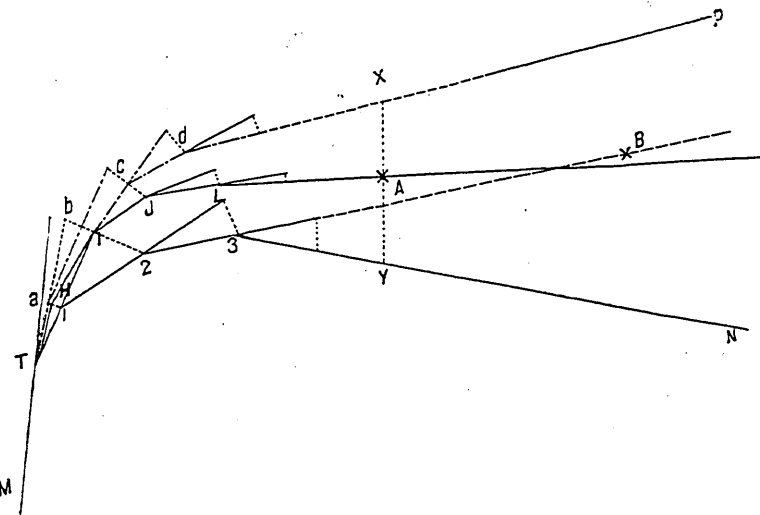
$$d = 2 \text{ aproximadamente,} \\ \text{y la } (\beta') \dots d = 2 \text{ valor exacto.}$$

Como se ve, pues, el error que se comete tomando por desvío primero al tercer lado del triángulo isósceles en vez de la normal, influye poco en el trazado.

Poniendo en las fórmulas (β) y (γ') para r los radios máximos que se admitan en el proyecto, se tendrán los límites correspondientes de d máximos que podrán aceptarse para los valores de $t = 1 : 2; 4 : 5; 10$ y 20 metros.

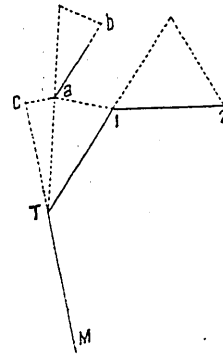
6.º Parece, á primera vista, que teniendo este sistema de trazado de curvas como uno de los objetos principales plegarse al terreno, y que la tangente de salida siga la dirección conveniente para el trazado que ha de ser muy difícil, ó menos fatigoso el conseguir este resultado, y sin embargo no es así, como vamos á demostrar considerando los dos casos que pueden presentarse: (a) dar á la tangente de salida la dirección conveniente; (b) hacer que la curva se pliegue completamente al terreno.

a) Supongamos (fig. 5.^a), que la tangente de salida deba pa-

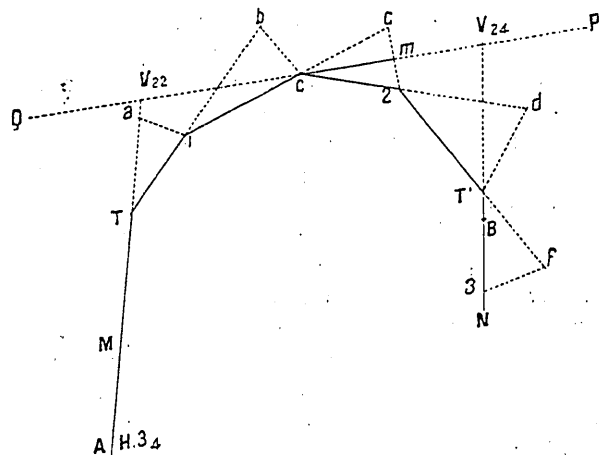
Fig. 5.^a

sar por los puntos AB ó aproximarse á ellos siguiendo la dirección de la línea AB y que la última alineación es la 23 que corta á AB ó la $3N$ que se aleja de ella. Sin levantar del suelo los primeros piquetes C y 1 , y viendo á la línea TC se traza (figura 6.^a), el punto a con un desvío pequeño, para que desde luego la curva resultante $TabcdP$ sea demasiado abierta, á diferencia de la anterior que era excesivamente cerrada, y comparando las distancias aproximadas AX y Ay del punto A á las líneas $3N$ y dP será menos fácil, con escasa práctica, obtener el des-

vío conveniente para que el trazado pase por AB , ó se le aproxime lo suficiente en posición y dirección.

Fig. 6.^a

b) Para hacer que el trazado se pliegue al terreno, como con una sola curva circular es muy casual que pueda conseguirse, se traza una curva formada con curvas circulares tangentes entre sí: se traza, al efecto, una primera curva $T1t$ (fig. 7.^a), con sutan-

Fig. 7.^a

gente de salida tmP , hasta que se separa sensiblemente de la forma que debe afectar, se dejan fijos los piquetes t, c y m , y sobre tm como prolongación de la tangente de entrada Qt , y á partir de tm se traza un nuevo desvío, $m2$, para fijar el punto 2 de la numeración, y siguiendo el trazado de éste al punto T' con desvío $T'd = 2 \times m2$ y se sigue de la misma manera, bien hasta la tangente de salida de esta nueva curva $T'3N$ (suponiendo que sea ésta), en la que el desvío será $3f = 2m$, ó para trazar sobre ella un nuevo desvío que permita trazar una tercer curva tangente á la segunda; y así sucesivamente.

Terminado el trazado de una curva, ya sea ésta de uno ó varios centros, se estaquilla y amojona, y se cuida de rectificar la escala que se va señalando sobre el terreno; si, por ejemplo, en el punto A tenemos $H3_4$, es decir, que es el hectómetro 3 del kilómetro 4, y, por tanto, su distancia al origen es 3.300 metros y el punto T de entrada de la curva está, los 20 metros, ó sea á 3.320 del origen, y la curva $Tá1t$ se ha trazado con cuerdas de 5 metros, el punto t estará á 3.330 del origen, y si la curva $t1T'$ se ha trazado con cuerdas de 4 metros, el punto T' distará 3.338 metros del origen; sobre la tangente final de salida habrá que tomar $T'B = 2$ metros, y desde el punto B á 3.340 metros del origen habrá que tomar 300 de 20 metros, y en el coto extremo de éstas poner la estaca $H4$, que estará á 3.400 metros del origen.

En los puntos T, t y T' se pondrán las estacas correspondientes; por ejemplo, $T.22$ en el punto T ; $\left. \begin{matrix} T'.22 \\ T'.24 \end{matrix} \right\}$ en el t y $T'.24$,

en el T' y un coto suplementario á izquierda y otro á derecha de cada uno de los puntos T , t y T' para indicar la tangente.

Si se quiere trazar el vértice, aunque no es necesario para nuestro sistema, con una banderola se buscará el punto en que se cortan las alineaciones rectas extremas AT y Pt de la curva 22, por ejemplo, que la señalará con una estaca numerada $V22$, y de la misma manera el vértice $V24$ en que se encuentran las tP y NT .

Otro de los medios para facilitar el trazado es convenir en que toda alineación recta es de orden impar ó par, según que la primera sea recta ó curva, y así, en las curvas de varias cintas no comprendiendo entre ellas ninguna recta, se supondrá que la alineación recta intermedia existe con una longitud *cero*, y así se estampará en la libreta de plano, como veremos después al hablar de las libretas.

Así en la colocación como en la numeración de las estacas de la escala que se traza pudiera haber algún error que se conoce y se corrige fácilmente, pues como detrás de la cuadrilla que marca la traza y á más ó menos distancia de ésta marcha la que lleva el perfil longitudinal, el jefe de esta segunda cuadrilla debe ir contando los puntos señalados, y en el momento que observe que entre dos estacas hectométricas sólo hay tres mojones, ó sean 80 metros, ó hay cinco cotos ó 120 metros, envía un hombre á la primera cuadrilla para advertir el error, y el trazado se corrige desde ésta nuevamente, poniendo al primer hectómetro que le corresponda después de recibir el aviso una cinta más con su coto en el primer caso ó menos en el segundo, pero sin volver atrás, pues el recorrido y arreglo de las estacas anteriores queda á cargo de la segunda cuadrilla á medida que avanza, haciendo la nivelación; otro tanto hay que advertir en el caso de que en dos estacas se observe repetición ó falta sin ser consecutivas; así si dos estacas consecutivas con los H.5., H.7., falta la H.6., se corregirán todas las siguientes por la cuadrilla de nivelación, avisando á la del trazado, que hará la corrección desde la primera que tenga que colocar y se seguirá de este modo por la segunda cuadrilla, hasta llegar á un punto en que se encuentren hechas todas las correcciones.

Trazado vertical.—Por abreviar hemos llamado trazado horizontal al señalamiento de la traza, aun cuando ésta rara vez lo es, dándole este nombre porque en el plano lo que se acusa es su proyección horizontal; del mismo modo y por igual razón llamamos también vertical la reunión de datos para formar las proyecciones verticales sobre el papel del desarrollo del trazado que constituye el perfil longitudinal y las de los perfiles transversales.

Hecha esta aclaración del lenguaje, vamos á ocuparnos del trabajo de la segunda cuadrilla, que á mayor ó menor distancia de la primera va levantando los perfiles.

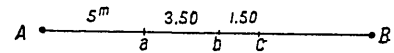
El Ayudante Jefe de la segunda brigada levanta el perfil longitudinal, necesitando dos peones portamiras, otro con una cinta de 20 metros y otro para transportar el nivel.

El trabajo del Ayudante se limita á la comprobación de la escala que fija la traza, corrección de ésta donde encuentre algún error, dando aviso inmediatamente al Ingeniero que marcha con la primera brigada. En tanto el terreno no obligue á otra cosa, los puntos de mira serán sumariamente los acotados en la línea, y cuando tenga que trazar alguno intermedio, como entre cada dos cotos hay 20 metros, mide las distancias parciales excepto la última, que debe ser la diferencia entre 20 y la suma de las distancias parciales tomadas desde el coto anterior; así, si entre los dos cotos A y B (fig. 8.^a) que distan 20 metros, ha tenido necesidad de tomar las alturas en a , b y c además de las extremas, las distancias serán según, las acotaciones de la figura,

$$\begin{aligned} & \bullet \quad Aa = 5^m \quad ab = 3,50^m, \quad bc = 1,50^m. \\ & \quad \quad cB = 20 - (5 + 3,50 + 1,50) = 10 \end{aligned}$$

Debe advertirse que como las longitudes medidas en los trazados no pueden jamás ser de rigurosa exactitud, aun cuan-

do para ello se emplea el aparato Ibáñez y tampoco es necesaria en los proyectos, no procede la apreciación de centímetros, que serían en número diferente á cada repetición de una medida que se hiciese, pareciéndonos ridículo ver una serie de distan-

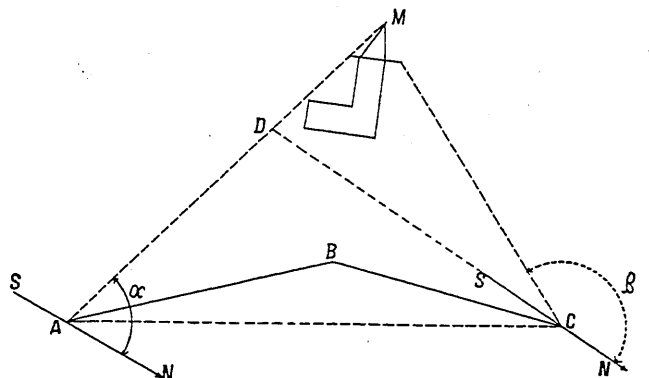
Fig. 8.^a

cias con 23, 85 ó 34 centímetros, dando apariencias de precisión á medidas que ni por necesidad, ni por la forma en que hay que hacerlas en los trazados no puede tenerlas, como sabemos todos los Ingenieros; así, que lo más que puede admitirse son decímetros; por nuestra parte, desde que adquirimos la práctica en estos trabajos, raras veces hemos llevado la apreciación más que á medios metros.

El Sobrestante traza los transversales con reglones graduados que llevan un nivel de burbuja sencillo, fijo, en el canto superior, y para esto le bastan dos peones; un reglón horizontal apoyado por uno de sus extremos en el terreno y tocando por el otro al otro reglón vertical, puede medir sobre aquél las distancias y las alturas sobre éste, repitiendo la operación cuantas veces sea necesario para abarcar toda la extensión del perfil á derecha ó izquierda de la línea; en caso necesario, puede auxiliarse con los posteriores que se emplean en el perfil longitudinal.

Conviene que el Sobrestante lleve papel cuadriculado arreglado á la escala de transversales que haya de emplear habiéndole ya preparado en el comercio; y, por lo tanto, á medida que toma los datos, puede ir dibujando los perfiles con gran economía de tiempo para los trabajos de gabinete.

Croquis y datos de plano.—Un Ayudante con dos peones y una cinta de 10 metros bastan para tomar los datos de plano y hacer los croquis en una libreta, refiriendo los puntos del plano á las estacas y cotos de la línea; el croquis se dibuja por curvas de nivel; una pantómetra de brújula perfeccionada basta para tomar los rumbos de caminos, ramblas y cursos de agua, fijando los edificios y puntos notables que se encuentren á distancia por rumbos ó ángulos desde dos puntos de la línea; así, por ejemplo (figura 9.^a), una horizontal que se pueda divisar desde dos puntos

Fig. 9.^a

A y C de la línea (cuanto más distantes estos últimos entre sí mejor), se fijarán tomando los rumbos a y C (ambos en el mismo sentido), á la veleta ó aguja de la torre, puesto que evidentemente prolongando la línea NS hasta el punto D en que encuentra á la visual AM , en el triángulo DMC formado por dichas dos líneas y la visual CM , se conocen los ángulos DC y el lado CD está perfectamente determinado por hallarse perfectamente fijo en el plano los puntos A y C , y, por lo tanto, la línea AC , lado del triángulo ADC y en el que se podían medir los ángulos adyacentes, no siendo esto necesario por estar ya fijo en el plano ó poderse fijar en él por la libreta de datos del trazado.

Libretas de campo.—Todos los datos recogidos en el campo

se reúnen, como es sabido, en las libretas que han de servir para la redacción del proyecto. Las libretas son dos, una para el plano y otra para el perfil longitudinal, pues los transversales se dibujan en el mismo campo en hojas cuadrículadas á escala, habiéndose ya editado hojas que tienen indicados los taludes en cada uno de los perfiles de carretera de diversos anchos con caja y cunetas y pudiendo hacerse una cosa semejante en los estudios de ferrocarriles y canales.

Para libretas de perfil longitudinal puede emplearse cualquiera de las de uso corriente, en las que se anota el número del perfil, su referencia al punto de la línea y las diferencias de nivel, parciales ó totales.

Así, que lo que para el caso presente tiene interés, es la disposición de las libretas de plano que con éxito hemos empleado; son pequeñas, de $0^m,16 \times 0^m,11$: la plana de la izquierda destinada á croquisar la traza y terreno, y la de la derecha con el encasillado del modelo adjunto. En la primera columna, número de orden correlativo. En la segunda, los rumbos aproximados en grados solamente, esto es, refiriéndonos al modelo para las rectas números 3, 5, 7 y 9, se escribirá sólo con lápiz 54° , 137° , 156° y 224° , respectivamente, ó 55° , 136° , etc., para que al calcular el rumbo exacto se pueda comprobar si ha habido error en alguna lectura y repetir ésta en caso necesario. En la casilla

tercera se pone el ángulo exacto de dos rectas consecutivas ó de las dos tangentes en que termina la curva trazada en el mismo desvío, pues si hay dos curvas tangentes, la recta intermedia de longitud *cero* así estampada en la libreta quedará sustituida por la tangente común en el punto de contacto; tomado el primer rumbo con toda exactitud, sirviéndose al efecto del mismo para medir el ángulo de la alineación núm. 1 con la línea NS, los rumbos se calculan antes de levantar el goniómetro de la estación por la relación que existe entre los rumbos de las dos alineaciones y el ángulo que forman. En la casilla cuarta, *desvíos*, se escriben éstos en la horizontal de la alineación curva; los desvíos se entiende que para cada curva el que figura es el tomado sobre la tangente para el primer punto de curva, pues los otros son dobles de éste, como hemos dicho. La quinta casilla, *radios*, se calcula en el gabinete, así como la siguiente, por más que en ésta, cuando se pueda medir con la cinta, se tendrá una longitud aproximada que servirá de comprobación. En las casillas de longitudes parciales y totales, se escriben las primeras y se van sumando en los totales, comprobando si, con efecto, dan la distancia al origen que marca el amojonado de la línea. Finalmente, en la última casilla se estampa de un modo claro y conciso cuanto pueda servir para facilitar el dibujo del plano y de la traza.

Número de orden	ALINEACIONES					LONGITUDES		OBSERVACIONES
	RECTAS	CURVAS				Parciales.	Al origen.	
	Rumbos.	Ángulos.	Desvío.	Radio.	Tangente.	Metros.	Metros.	
1	$0^\circ 0'$					320	320	El punto 1 dista 154 de la torre de Navalunga y 187 de la Peña del Caballo. La alineación 1 está en la meridiana. Los desvíos se han tomado por abscisas de 20 metros sobre la tangente y cuerda sucesivas.
2		$125^\circ 18'$	2,42	88,80	43,35	80	400	
3	$54^\circ 42'$					145,50	545,50	
4		$97^\circ 30'$	2,95	69,45	60,91	100	645,50	
5	$132^\circ 12'$					584,50	1.230	
6		$160^\circ 44'$	1,15	178,43	30,29	60	1.290	
7	$156^\circ 28'$					122	1.412	
8		$112^\circ 0'$	0,99	262,22	136,40	240	1.653	
9	$224^\circ 28'$					828	2.480	

Queda, pues, para el gabinete el cálculo de radios y tangentes. Los primeros no serán exactamente los que corresponden á los desvíos por el error que se comete en el primero y último de cada curva.

Llamando α al ángulo en el vértice de dos alineaciones consecutivas A , el ángulo en el centro de la curva, suplementario de α , R el radio de la curva y l el desarrollo de la trazada en el terreno, la fórmula

$$l = RA = R(180^\circ - \alpha)$$

dará

$$R = \frac{l}{\text{arc}(180^\circ - \alpha)}$$

la longitud de desarrollo l está escrita frente á cada curva en la columna de longitudes parciales; el denominador $\text{arc}(180^\circ - \alpha)$ representa la longitud del careo de $180^\circ - \alpha$ (α está escrita en la tercera columna) en la circunferencia de radio *uno*, y este valor se encuentra en cualquiera de las tablas que de minuto en minuto y calculadas entre *cero* y 180° . Llevando estos valores á la

fórmula anterior se obtienen los radios con la aproximación que se desee.

Las tangentes ó longitud de tangentes comprendida en cada caso entre el punto de tangencia y el vértice de la curva se calculan al propio tiempo por las tablas ya referidas, multiplicando el valor de la tangente trigonométrica natural que dan las tablas, referido al radio *uno*, por el radio R en virtud de la fórmula

$$tg \cdot \frac{1}{2} (180^\circ - \alpha) = R \times (\text{tangente natural tabular}).$$

Por último, hemos dicho que las longitudes parciales ó distancias entre dos cotos consecutivos de la línea, cuando el terreno no obliga á alterarla, es de 20 metros, y esto obedece, en primer término, á facilitar, sin exceso de trabajo en el campo, el amojonamiento hectométrico; segundo, á tener un número fijo, constante y sencillo para facilitar la medida en la nivelación, y, finalmente, á la facilidad de la cubicación de los entreperfiles, en la generalidad de los casos, pues como uno de los factores de las fórmulas de cubicación es $\frac{1}{2} l = 10$ metros, no hay en rigor que hacer más que la operación mecánica de añadir un *cero* ó correr la coma un lugar á la derecha en el otro factor.

A esto se reduce nuestro sistema que nos ha permitido adelantar hasta 6 kilómetros diarios en el trazado en terreno bastante quebrado, marchando á caballo casi constantemente para dirigir las operaciones y practicar los reconocimientos parciales aprovechando el tiempo invertido por las cuadrillas en el trazado de alineaciones rectas, vigilando el orden de los trabajos y llevando la libreta que se comprueba á cada anotación.

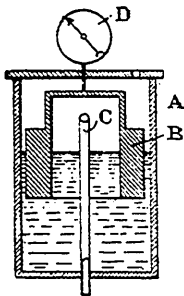
Al volver del campo, cada noche, no hay la rectificación de libretas que es necesaria con los demás sistemas, y al llegar al gabinete se encuentra ya muy adelantado el trabajo para el proyecto.

Ávila 26 de Noviembre de 1906.

MANUEL GONZÁLEZ MARTÍ.

MANOMETRO DE TIRO PHOENIX

El manómetro de tiro, sistema Poenix, presentado en la Exposición de automóviles que se ha celebrado en Londres, se compone: 1.º De una caja metálica cerrada A, cuyo interior está en comunicación con la atmósfera, y que contiene una cierta cantidad de glicerina. 2.º De un cilindro B, abierto en su parte inferior, que es un flotador. En el cilindro B desagüa un tubo C, que pone el espacio cerrado que aquél limita en comunicación con el punto de la chimenea donde se trata de medir el tiro. El cilindro B desciende ó se eleva en el baño de glicerina, según que el vacío parcial debido al tiro es más ó menos importante.



Este instrumento es extremadamente sensible y el cilindro B se desplace en cantidades muy notables para variaciones de presión apenas perceptibles por medio de los otros manómetros.

Para hacer estos movimientos visibles, los constructores del aparato MM. Sanders Rehders and Cº, de Londres, enlazan el

cilindro B con una aguja móvil delante de un cuadrante D, ó un estilete móvil delante de una hoja de papel fijada á un tambor movido por un aparato de relojería. El aparato registrador constituido de esta última manera es muy útil para darse cuenta de la regularidad en la marcha del juego, y la curva que en él se obtiene registra todos los periodos de apertura de las puertas del hogar.—O.

SERVICIO CENTRAL DE TRABAJOS HIDRÁULICOS

COMISIÓN DE ESTUDIO

DE LAS

OBRAS PARA RIEGO EN LA REGIÓN INFERIOR DEL GUADALQUIVIR

PLAN DE OBRAS

para una zona de 95.000 hectáreas con 40 por 100 de cultivo intenso.

(CONTINUACIÓN)

Alcance de la ley de Newel.—La exactitud de esta ley puede apreciarse solamente cuando se comparan cuencas diversas de condiciones idénticas, aplicando á cada una la media total correspondiente á un largo periodo de años, pero no tiene valor alguno si se refiere á la misma cuenca cuyos coeficientes y lluvias medias de varios años sean conocidos, para deducir el coeficiente que corresponderá á una lluvia determinada. Justificaremos esta opinión al indicar los coeficientes de aprovechamiento en algunos puntos de la cuenca del Guadalquivir deducidos de los estados de aforo de la División de Córdoba.

Coefficientes de aprovechamiento en la cuenca del Guadalquivir.—Sirviendo de base estos aforos y conociendo las superficies de las cuencas alimentadoras correspondientes á cada escala y las alturas pluviométricas en las diversas zonas, se han redactado las tres hojas del anejo núm. 6 que se refieren á los aprovechamientos efectivos de las aguas de lluvia para cada año en los diferentes puntos del cauce principal.

Á continuación exponemos el resumen de aquel cuadro.

CUENCA	MÓDULOS Ó COEFICIENTES DE APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS DE LLUVIA											
	1887-88.	1888-89.	1889-90.	1890-91.	1891-92.	1892-93.	1893-94.	1894-95.	1895-96.	1896-97.	1897-98.	1898-99.
Guadalquivir.												
Calancha.....	"	"	"	"	"	"	0,14	0,19	0,22	0,14	0,085	"
Menjibar.....	0,28	0,26	0,16	0,12	0,22	0,10	0,08	0,13	0,18	0,19	0,085	"
Villa del Rio.....	"	"	"	"	"	"	"	0,12	0,15	"	"	"
Córdoba.....	"	"	"	"	"	0,09	0,085	0,12	0,12	0,17	0,085	0,11
Palma del Rio.....	"	"	0,14	0,10	0,17	0,10	0,08	0,12	0,12	0,22	0,08	"
Cantillana.....	"	0,20	0,14	0,16	0,22	0,13	0,14	0,15	0,16	0,22	0,08	"
Genil.												
Pinos Genil.....	"	"	"	"	"	1,07	1,10	1,28	1,14	1,31	1,04	"
Loja.....	"	"	"	"	0,45	0,58	0,30	0,26	0,56	0,44	0,35	"
Puente Genil.....	"	"	"	"	"	"	0,33	0,30	0,56	"	"	"
Palma del Rio.....	"	"	"	"	"	"	0,19	0,25	0,43	"	"	"
Guadalimar.												
Baeza.....	"	"	0,30	"	"	0,16	0,075	0,88	0,15	0,27	"	"
Ribera de Huelva.....	"	"	"	"	"	0,10	0,07	0,30	0,31	0,70	0,55	"