ALGO SOBRE REPLANTEO DE UNA VIA FERREA

ABREVIATURAS

PC = principio de curva.
PT = fin de curva.
PI = punto de intersección.
PE = principio de espiral.

Las deformaciones de una carrilera en su plano horizontal son más notables en las curvas por razón de las varias fuerzas que actúan sobre ellas con el paso de los trenes. Puede considerarse que las rectas son poco deformadas, al menos en su mayor parte, pues que en las proximidades de las curvas siempre sufren alguna desviación por la tendencia de las máquinas a formar una especie de curva de transición.

Cuando una carrilera se ha dejado mucho tiempo entregada a capitanes solamente, las deformaciones son generalmente pronunciadas, imponiéndose entonces, más que nunca, el replanteo técnico de ella.

Esto es muy natural, pues no son los capitanes entre nosotros hombres técnicos, y mueven la carrilera atenidos, única y exclusivamente, *a su ojo*, mientras no tengan trazo de un ingeniero.

Se entiende por replanteo de una vía férrea la operación consistente en retrazar lo que se trazó al enrielar.

Para efectuar esta operación tal como queda enunciada, son necesarias las notas de aquel trazo, y necesario también tomar exactamente uno de los alineamientos viejos.

La operación se facilita notablemente cuando al enrielar se han dejado puntos de referencia en todos o casi todos los alineamientos.

Ahora bien, cuando se va a retrazar sin tomar los alineamientos puestos al enrielar y sin las curvas correspondientes a éstos, quizás lo más probable es que las curvas así trazadas no se acomoden a la longitud de los rieles.

Lo mismo ocurre y con mayor razón cuando no se dispone de notas de ninguna clase, de suerte que el ingeniero tiene que empezar por averiguar el radio de cada curva para poder trazarla.

Los varios métodos usados para ello tales como: promedio de flechas, localización aproximada del *P C* o *P T*, etc., etc., no dan resultados satisfactorios comoquiera que en la mayoría de los casos hay necesidad de cortar o introducir fragmentos de rieles, operación costosa y a veces demorada.

El fin de estas líneas es dar a conocer una fórmula, encontrada y ensayada por mí con muy buenos resultados en el F. C. de A., para averiguar el radio de una curva simple acomodada a la longitud de los rieles.

El planteo de ella es como sigue, suponiendo que el riel medido sea el interior:

Sean: l = longitud de rieles con sus espacios entre dos puntos equidistantes una cantidad T del vértice.

R = radio de la curva buscada por el centro de la carrilera.
Tc = distancia tangente de la misma.
$\triangle$ = ángulo al centro.
a = ancho de vía en recta.

c = desarrollo del arco de radio unidad para el ángulo al centro $\triangle$.

Entonces, para desarrollo de la curva del riel interior correspondiente a la curva central de radio R, tenemos: si R es el radio de la curva del centro, el radio de la curva concéntrica del riel interior será $R - \frac{1}{2}a$ y por tanto el desarrollo será esto multiplicado por c o sea:

$$L = (R - \tfrac{1}{2}a)\,c \ldots\ldots (1)$$

Ahora bien, para hallar la longitud de rieles que quedará comprendida entre el *P. C.* y el *P. T.* de aquella curva, hay que considerar dos casos:

1.° *Que Tc sea menor que T.*

En este caso la longitud del riel interior entre los puntos B' y C' que son las proyecciones sobre dicho riel del *P. C.* y del *P. T.* de la curva que se busca, es $l - 2\,A'B'$ pues $A'B' = D'C'$.

Ahora bien:

$A'B' = A'I' - B'I' = AI - BI = T - Tc$ como puede verse fácilmente de la fig. 1.

Por consiguiente, queda como longitud del riel interior
l-2 (T — Tc) y reemplazando Tc por su valor $R\,\mathrm{tg.}\,\frac{1}{2}\triangle$ queda:

$$L = l - 2T + 2R\,\mathrm{tg.}\,\tfrac{1}{2}\triangle \ldots\ldots (2).$$

Igualando (1) y (2) se tiene cumplida la condición de que el desarrollo sea igual a la longitud de rieles.

De la ecuación así obtenida se despeja:

$$R = \frac{2T - l - \frac{1}{2}ac}{2\,\mathrm{tg.}\,\frac{1}{2}\triangle - c}$$

2.° *Cuando Tc mayor que T.*

Con una figura semejante a la (2) puede verse fácilmente que la longitud de rieles entre *PC* y *PT* queda en este caso $l + 2\,(Tc - T) = l + 2R\,\mathrm{tg.}\,\frac{1}{2}\triangle - 2T$ que igualada con el desarrollo y despejado R da:

$$R = \frac{2T - l - \frac{1}{2}ac}{2\,\mathrm{tg.}\,\frac{1}{2}\triangle - c}$$

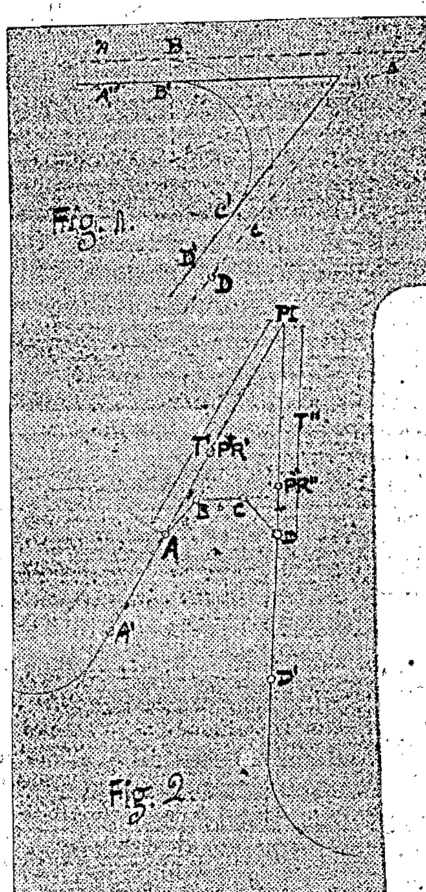
fórmula ésta exactamente igual a la anterior, de lo cual se deduce que el radio es independiente del caso que se presente.

Para demostrar que el radio es uno solo para cada caso concreto, basta analizar la fórmula de la siguiente manera: en ella no entran más cantidades variables que T y l. Ahora bien, una variación $\underline{+}\,x$ de T exige una variación $\underline{+}\,2x$ en l, y como T está afectado del coeficiente 2 y lleva signo contrario al de l se destruyen dichas variaciones dejando constante toda la expresión para cada caso particular.

Esto último indica que el radio es independiente de los puntos que se tomen en el terreno, en las rectas, para medir entre ellos los rieles, como se verá en seguida.

Teniendo presente lo dicho al principio, esto es, que los alineamientos curvos son en general muy deformados en tanto que los rectos nó, debe procurarse, para hacer un replanteo económico, conservar estos últimos en cuanto sea posible y buscar las curvas que se acomoden a ellos y a los rieles.

El procedimiento para tomar los datos en el terreno es el siguiente: en los extremos de cada recta se ponen puntos en mitad de la carrilera, tales como, *A A' D* y *D'* (fig 2) que sirven para deter-



minar los alineamientos *AA'* y *DD'*, entre los cuales se recorre un polígono a ángulos de deflexión y distancias partiendo del punto *A* y terminando en *D*.

Con estos datos se calculan las distancias *T'* y *T''* de esos puntos *A* y *D* al vértice o *PI* y se averigua también el ángulo al centro de la curva.

Aunque el asunto es muy conocido de todos no está por demás expresar en palabras la fórmula para hallar esas distancias T' y T'' así: (1)

Se multiplica cada lado del polígono por el seno de la suma algébrica de los ángulos que le siguen de derecha a izquierda, se suman estos productos y el total se divide por el seno de la suma algébrica de todos los ángulos o sea del ángulo al centro $\triangle$; el cuociente será una de las distancias requeridas.

Se hace lo mismo de izquierda a derecha y se obtiene la otra distancia.

En seguida se mide el riel interior (riel por riel es lo más aconsejable) entre las proyecciones sobre éste de los puntos A y D (fig. 2); a esta longitud se le suma lo que se quiera dejar como espacios en las junturas de los rieles.

Además, para que dé l de la fórmula, es necesario agregar o quitar la diferencia entre T' y T'' según que se tome la mayor o la menor de éstas como T, para la aplicación de aquélla.

Los cálculos pueden simplificarse bastante poniendo puntos de referencia tales como $P'R'$ y $P''R''$ (fig. 2), y aún más cuando del punto A se ve el punto D.

Una vez obtenido el radio, se busca en una cartera el más próximo que dé un grado divisible por *4* o siquiera por *2*, teniendo presente para ello, que cuando el ángulo al centro es pequeño (menor de 25 grados) una diferencia grande en el grado de la curva da poca diferencia entre rieles y desarrollo, y que cuando $\triangle$ es grande una diferencia de pocos minutos en el grado da mucha diferencia entre rieles y desarrollo.

Una vez escogido el grado que se va a poner a la curva, se calcula su *distancia tangente* y para localizar en el terreno el PC o el PT se mide de los puntos A o D, para atrás o para adelante según el caso, la diferencia entre Tc, *distancia tangente* de la curva, y T' o T''.

INTRODUCCIÓN DE ESPIRALES EN UNA CARRILERA EXISTENTE

Bien conocido es el efecto producido por la introducción de espirales o curvas de transición en una curva circular: se desplaza la curva hacia su centro tanto más cuanto más largas sean las espirales introducidas.

Hecha esta consideración es claro que para conservar la misma posición de la curva en el terreno es necesario disminuír su radio lo suficiente para que la curva se desplace hacia su vértice lo mismo que se había movido hacia su centro.

El procedimiento empleado por mí en el F. C. de A., D. del Nus, era el siguiente. Calculaba la curva por la fórmula anterior, es decir, sin tener en cuenta para nada las espirales.

Una vez obtenida esta curva escogía un radio un poco menor (nunca debe uno apartarse demasiado del primitivo) y averiguaba las externas correspondientes a esos dos radios, la diferencia de las cuales puede llamarse *Dif. E.*

(1) La demostración de esto puede verse en las notas sobre Ferrocarriles, dictadas por el Dr. Fabriciano Botero cuando fue Profesor de la materia en la Escuela de Minas.

Ahora bien, en las carteras, en la de Henk por ejemplo, se encuentra para *shift* (movimiento de la curva hacia su centro) $1/24.\ X^2/R$ en que X es la proyección de la espiral sobre la dirección de la tangente, pero que puede tomarse como el largo mismo de la espiral siempre que ésta se mida en la dirección de la deflexión total, y R radio de la curva que se va a poner.

Este *shift* dividido por cos $\frac{1}{2}\ \triangle$, coseno de la mitad del ángulo al centro, da la diferencia en las externas, por motivo de las espirales, la cual diferencia igualada a la *Dif. E*, da una ecuación suficiente para calcular la longitud de las espirales de manera que la curva no cambie sensiblemente de posición en el terreno.

La fórmula resultante es ésta:

$$X = \sqrt{24\ R.\ \text{Dif. E} \cos \tfrac{1}{2} \triangle}$$

Cuando la longitud de la espiral no resulta en números completos y el grado de la curva sí lo es, conviene escoger como longitud la más próxima a aquélla, de manera que la deflexión total de la espiral resulte completa lo cual es una ventaja.

Al contrario, si el grado de la curva no es completo, la longitud de la espiral no lo será tampoco, y entonces conviene tomar la deflexión completa en minutos más próxima y luégo ver qué longitud de espiral le corresponde.

No está por demás advertir que para esto último no se pueden dar reglas fijas y que sólo el criterio personal puede resolver los casos que se presenten.

ROBERTO ARANGO V.

Medellín, Febrero de 1915.

NOTA.—Para trazar la curva en el terreno es preciso calcular la distancia del PE al vértice. La siguiente fórmula da resultados muy aproximados:

$$Te = (R + S) \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} \triangle + \tfrac{1}{2} X$$

en que Te = distancia tangente del principio de la espiral al vértice.

R = radio de la curva que se va a poner.

S = movimiento, hacia su centro, de la curva, medido sobre los radios perpendiculares a los alineamientos.

$\triangle$ = ángulo al centro y

X = longitud de la espiral.

Una vez calculada la *distancia tangente* se procede como en las curvas sin espirales.

R. A. V.