

ESTABILIDAD DE TALUDES DE TIERRAS COHERENTES

POR JOSÉ DE UCELAY, INGENIERO DE CAMINOS

Recuerda el autor algunos casos antiguos de corrimientos de tierras, al par que comenta y elogia los artículos que publicamos sobre el tema, en diversos números del año pasado, firmados por el Sr. Entrecanales, mostrándose partidario de que se sigan sus enseñanzas al redactar proyectos de obras en que puedan presentarse tales problemas, y recomendando, asimismo, el previo asesoramiento geotécnico de las circunstancias observadas en el terreno al hacer los estudios.

El distinguido Profesor de la Escuela Especial de nuestro Cuerpo D. José Entrecanales Ibarra, ha terminado, en el número de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 1.º de marzo de 1941, los interesantísimos artículos publicados en la misma (véanse los números 2 708 a 2 711), con el encabezado "Aplicaciones de los métodos de comprobación de estabilidad de taludes de tierras coherentes".

Desde que se inició su publicación, en 1.º de diciembre de 1940, seguí con gran interés y atención, por lo que luego se indicará, el desarrollo paulatino y ordenado de los estudios realizados por nuestro compañero sobre un tema que será siempre de actualidad en toda clase de obras que hayan de apoyarse, o sirvan de apoyo, en terrenos de la naturaleza mencionada en los referidos artículos.

Según indicación del primer artículo, puede decirse que el estudio a fondo del problema de que se trata se inició en Suecia el año 1912, al ocurrir los corrimientos de los taludes de las trincheras, en los ferrocarriles de dicha nación, lo que motivó la constitución de una Comisión que sentó las bases de los procedimientos que aun siguen utilizándose, además de que por ello se inició la moderna geotécnica, incrementada después en 1916, al estudiarse el caso del hundimiento

del muelle Stigber, en Gotemburgo, y concretarse en el método sueco, nacido de los trabajos realizados por Petterson, Fellenius y Hultin.

En los tres primeros artículos y su resumen final, encontrará seguramente el constructor materia fértil para guía técnica, práctica y económica, en los múltiples casos que puedan presentarse con motivo no sólo de reparaciones urgentes, sino como previsión posible de accidentes, que pueden ser causa de perjuicios, particularmente, en la explotación de ferrocarriles y canales, así como en los muros-muelles de los puertos, y los de contención de terraplenes y revestimiento de taludes en las carreteras, incluyéndose, desde luego, todas las obras de fábrica (tajeas, alcantarillas, pontones, puertos y viaductos) de las vías de comunicación, cuya ejecución es la principal rama de la ingeniería.

No es el objeto de los presentes renglones hacer una síntesis (ni muchos menos, crítica) del estudio de que se trata, para el que todos los compañeros hemos de rendir sinceros plácemes, por haberse abordado este importante problema con la maestría que revelan sus bien meditados escritos, y sí únicamente recordando mis primeros trabajos en la carrera, los años 1892 y 1893, al construirse el ferrocarril de Luchana a Munguía, corroborar las teorías expuestas por el Sr. Entrecanales.

En su cuarto y último artículo se hace la aplicación correspondiente a los casos, que ya se indicaron en el primero, de los corrimientos del muelle de Maliaño (puerto de Santander), y del estribo del puente sobre el río Guadalquivir (ferrocarril de Madrid a Sevilla), entre las estaciones de Priorato y Lora del Río, así como otras obras que se citan, señalándose, finalmente, las constantes físicas y coeficientes de seguridad, según la clase de terrenos y las circunstancias especiales de cada caso, para llegar a la posible garantía de la obra correspondiente.

* * *

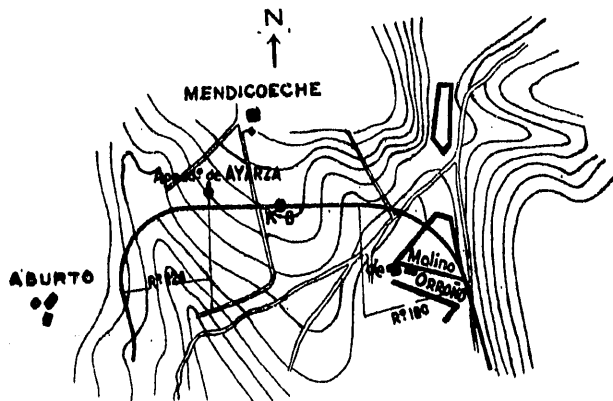


Figura a.

Refiriéndose a los muros, que es el objeto primordial inmediatamente relacionado con el tema de que se trata, se dice: "Los muros caen con facilidad, aun con espesor bastante, cuando el terreno que los sustenta pierde su estabilidad por la presencia del muro", etcétera, etc. Es decir, que la misma obra que se ejecutó para contener un terraplén o revestir un desmonte, ha motivado, *precisamente*, que el terreno pierda sus condiciones primitivas de estabilidad aparente.

Todos los que han tenido que ejecutar esta clase de obra habrán experimentado alguna vez este hecho real, porque, además, suele partirse de la hipótesis, que se recuerda a continuación de los anteriores renglones del primer artículo, al suponer establecido "el equilibrio estricto, entre los dos prismas, activo y pasivo, que, como más desfavorables, pueden considerarse formados en el terreno", llegándose, "de ordinario, a un coeficiente de seguridad suficiente, que muchas veces, después, *desgraciadamente*, la realidad no confirma. Esas superficies planas (las de los prismas) no pueden serlo por la imposibilidad geométrica del corrimiento ..."

He ahí, en síntesis, lo que me movió, principalmente, a seguir con atención el trabajo del Sr. Entrecanales, para indicar aquí, brevemente, lo ocurrido en dos terraplenes y dos laderas de la línea férrea de Luchana a Munguía.

Ha de advertirse previamente que estos corrimientos de tierras y el derrumbamiento simultáneo de los muros que se les oponían, así como de las obras de fábrica comprendidas en la zona del movimiento, han ocurrido, y en mucha mayor amplitud, en otros ferrocarriles y carreteras, generalmente, después y como consecuencia de grandes lluvias, y en épocas invernales de nevadas y deshielos, siendo destacadas las de las explanaciones en terraplén, bajo las laderas, entre Lezama e Inoso (ferrocarril del Norte), zona baja de los montes de Iciar (entre Deva y Arrona, ferrocarril de Elgoibar a San Sebastián), descenso del túnel de Jesús del Valle a la estación de Carranza (ferrocarril de Zalla a Solares) y otras menos importantes de esta zona Norte, pero quizá hayan obedecido a causas distintas de las que han motivado el recuerdo de estas indicaciones para el ferrocarril de que se trata.

En los kilómetros 8 y 9 de la línea de Luchana a Munguía, que se construyó entre los años 1890 y 1894, había dos terraplenes: el llamado "El Juncal" (cota roja máxima de 7,50 m.) y el de Orroño, de 12 m., salvándose la primera vaguada, de escasa importancia, con una tajera de 1 m. de luz, y la segunda, con una alcantarilla de 3 m., para dar paso, al mismo tiempo que al arroyo Ayorza, a la servidumbre del camino de la barriada de dicho nombre, y a continuación una tajera de 0,75 m. de luz para la acequia o cauce del inmediato molino de Orroño, sito aguas

abajo del terraplén, a 80 m. de distancia del eje del ferrocarril; dichas obras de fábrica se habían construido en los veranos de 1890 y 1891, y habían sido ya descimbradas para 1892. Las primeras tongadas de los terraplenes mencionados habían sido tendidas en el verano de 1891, de fuerte sequía, sobre terreno de arcilla, al parecer resistente, aunque estuvo cubierto de juncos de gran desarrollo, que se supuso que, una vez enterrados bajo los terraplenes, no podrían motivar consecuencias posteriores. Pero después no ocu-

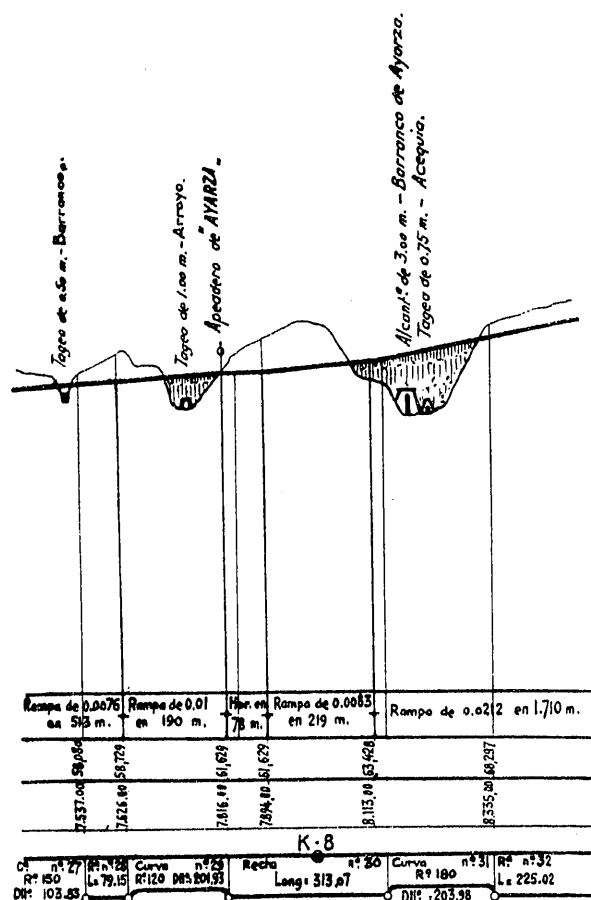
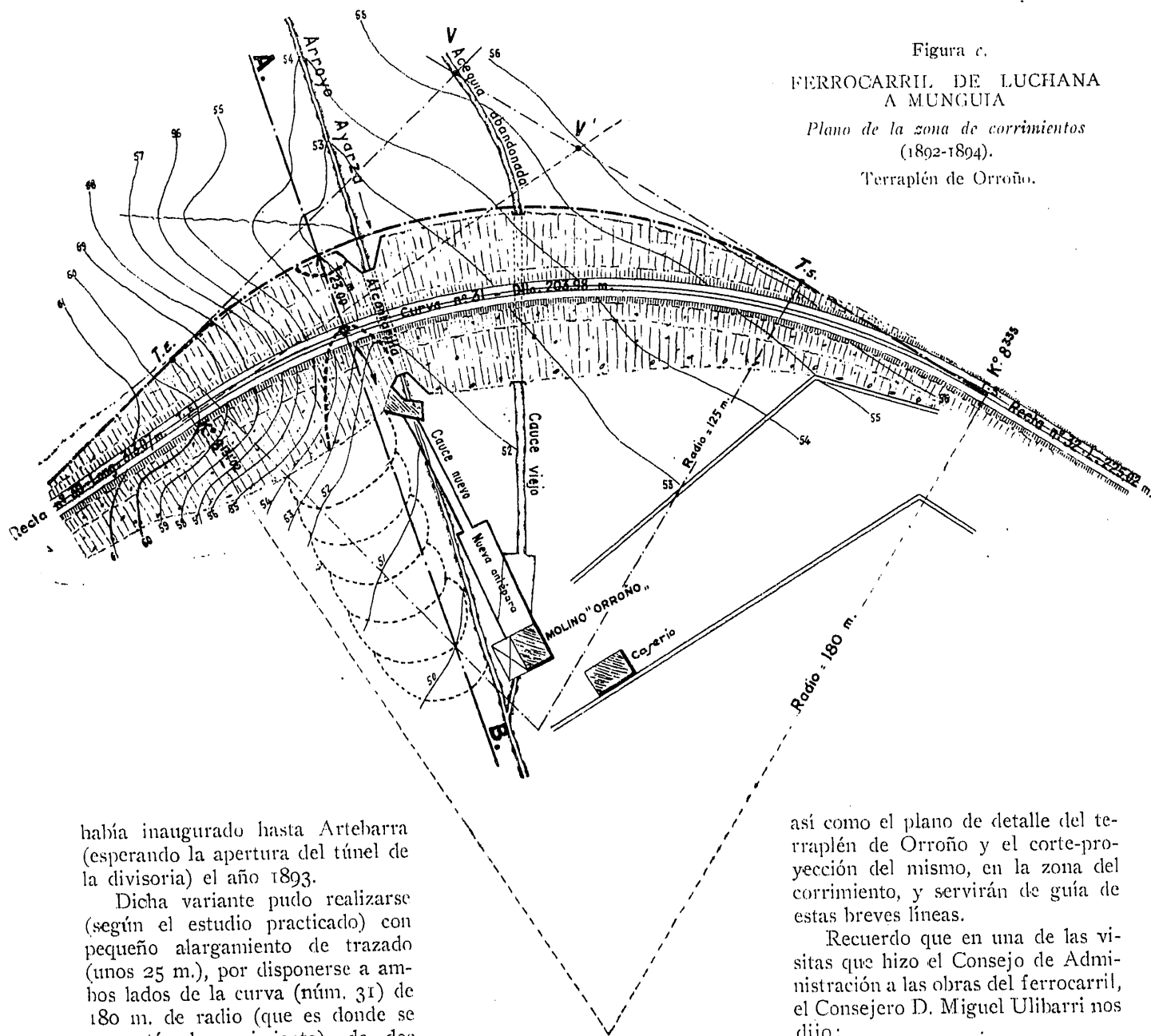


Figura b.

rrió así, y cuando yo me hice cargo de la construcción del ferrocarril, en mayo de 1892, ya se notaron los primeros síntomas, que me obligaron a enterarme de los antecedentes, y a un estudio detenido, llegando hasta proponer una variante de trazado, que es probable hubiera solucionado rápidamente la cuestión y no hubiera costado tanto como el conseguir llegar con la rasante a la altura necesaria para el perfil longitudinal de la línea, y sobre todo, evitar que dicha rasante se alterase con frecuencia, quedando colgada la vía en cuanto llovía con alguna insistencia, interrumpiéndose la explotación del ferrocarril que se



había inaugurado hasta Artebarra (esperando la apertura del túnel de la divisoria) el año 1893.

Dicha variante pudo realizarse (según el estudio practicado) con pequeño alargamiento de trazado (unos 25 m.), por disponerse a ambos lados de la curva (núm. 31) de 180 m. de radio (que es donde se presentó el movimiento), de dos rectas (núms. 30 y 32), de gran longitud, de 313,07 m. y 225,02 m., respectivamente. Quebrando ligeramente la núm. 30 en su última tercia parte, con una pequeña desviación del lado del vértice de las dos rectas, cabía retirar el eje del ferrocarril a unos 23 m. aguas arriba, quedando fuera de la zona peligrosa de los manantiales sepultados, con lo que se hubieran evitado todos los inconvenientes mencionados. Dicha variante no alteraba sensiblemente las condiciones del trazado en planta y alzado.

Las figuras que se acompañan (a, b, c y d) representan, sucesivamente, una parte del plano general y el perfil longitudinal, en la zona de que se trata,

así como el plano de detalle del terraplén de Orroño y el corte-proyección del mismo, en la zona del corrimiento, y servirán de guía de estas breves líneas.

Recuerdo que en una de las visitas que hizo el Consejo de Administración a las obras del ferrocarril, el Consejero D. Miguel Ulibarri nos dijo:

“¡Cuántas mingorras y sordas he matado yo aquí — señalando el terraplén removido de Orroño —”. Es decir, que allí, y cosa análoga ocurría en el terraplén del “Juncal”, había *manantiales perennes subterráneos* que fueron sepultados, quedando sin salida, con los terraplenes y obras de fábrica correspondientes. El corrimiento principal de los taludes de aguas abajo, de ambos terraplenes, afectaba solamente a la zona central de la vaguada (la longitud de dos carriles de 9 m., en “El Juncal”; y de cuatro carriles, en Orroño), dándose paso provisional a los trenes, con marcha lenta y precauciones consiguientes, apoyándose la vía sobre pilotaje y plataforma, pero dicho apoyo era arrastrado

hacia el pie del talud, deslizándose el macizo sobre la superficie curva del *liso interior*, que asomaba casi al borde superior de aguas arriba de la explanación. El terraplén descendía *constantemente*, deslizándose sobre la superficie cilíndrica, con la directriz de los *círculos pésimos* hacia aguas abajo, llegando a tomar una base de 115 m., casi diez veces su altura, o sea cerca del triple de su ancho normal de 40 m., con los taludes del proyecto de $1,50 \times 1$, amenazando con su continuación por el valle, como obras marinas, a medida que se volcaban vagones de tierras areniscas escogidas de piedra para el balastado de la vía, y la obra de fábrica perdía rápidamente el estribo y la aleta del lado del corrimiento.

Insistiendo la Compañía en no variar el trazado, hubo de recurrirse al empleo del pilotaje para conservar la rasante, y al propio tiempo sanear el terreno con un buen drenaje, que es por donde se debió empezar el verano de 1891, antes de cegar los manantiales.

El fuerte liso, indicado en las figuras *c* y *d*, se había acentuado al caer la aleta (muro en ala, en esviaje) del frente de aguas abajo, en la zona removida, pues dicha obra y la parte contigua de su estribo, fuertemente cimentadas sobre hormigón, fueron, seguramente, "la presa" que impidió totalmente el desagüe de los manantiales encerrados en la bolsa que se señala, convirtiendo en barro y papilla el terraplén arcilloso que por este lado avanzaba hacia el centro de la vaguada. Volvieron a colocarse las cimbras, reforzándolas en la zona de estribos, y fué sustituyéndose el relleno arcilloso, que se expulsó a la vega, por tierra arenisca franca, del préstamo inmediato a la zona del desmonte de la recta núm. 32.

Las obras ejecutadas consistieron en galerías (de mínima sección) a través del terraplén, con la rasante más baja posible para su desagüe exterior, indemnización al molino de aguas abajo, cuyo pequeño embal-

se (de su antipara reducida) impedía dicho desagüe; relleno de las galerías con piedra y cunetones por los pies de los taludes, desaguando los de aguas arriba a la alcantarilla, la que a su vez fué reforzada, empalmándose los estribos en sus pies con bóveda escarzana invertida, de 2 m. de luz, que cubrió el desagüe de la vaguada, recogiendo el agua de los cunetones mencionados, dándose así paso, al propio tiempo, al

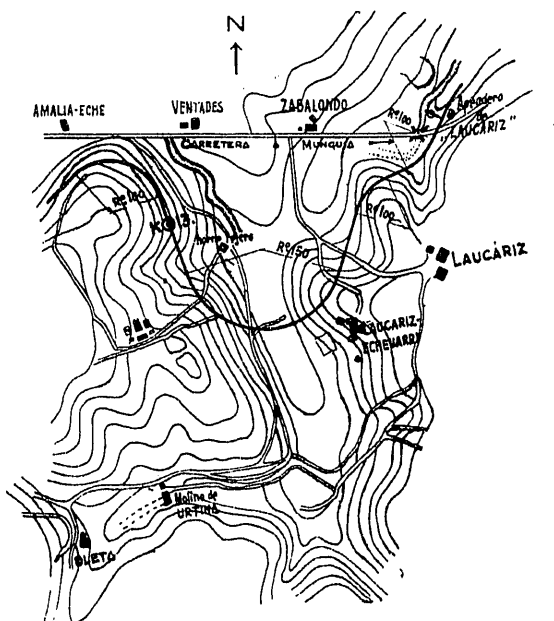


Figura c.

camino de servidumbre del barrio de Ayarza, que estuvo inutilizado mientras se ejecutaron las reparaciones citadas, desviándose por los puntos de paso de este terraplén con las trincheras de las rectas números 30 y 32. (Véanse las figuras *c* y *d*.)

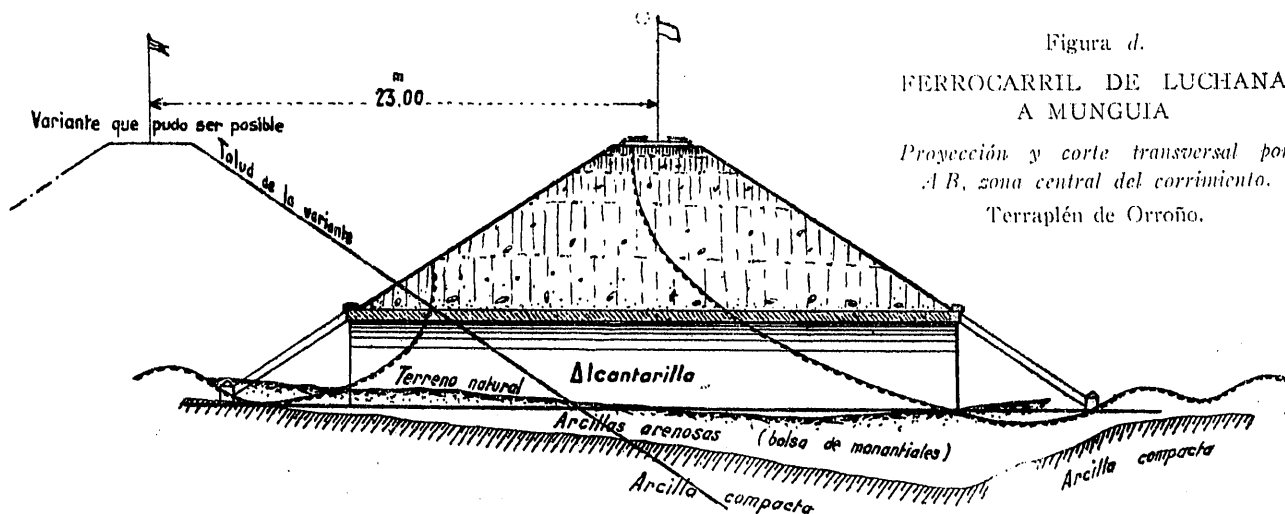


Figura d.

FERROCARRIL DE LUCHANA
A MUNGUÍA

Proyección y corte transversal por
A B, zona central del corrimiento.

Terraplén de Orrño.

Se completó el saneamiento con arbolado, que prendió rápidamente en los taludes, y cuyas raíces están absorbiendo las aguas de los manantiales encañados, pues hay que suponer que las galerías estarán ya cegadas, y desde hace cuarenta y cinco años (desde 1896), puede decirse que las barrancadas de Orroño

En cuanto a los otros dos casos, terraplén arcilloso y ladera escarpada de "El Pino", del otro lado de la divisoria (dentro del kilómetro 13), las causas originarias del movimiento fueron, principalmente, el haberse practicado "escalonados" caprichosos en la ladera (sin tener en cuenta el buzamiento del terreno

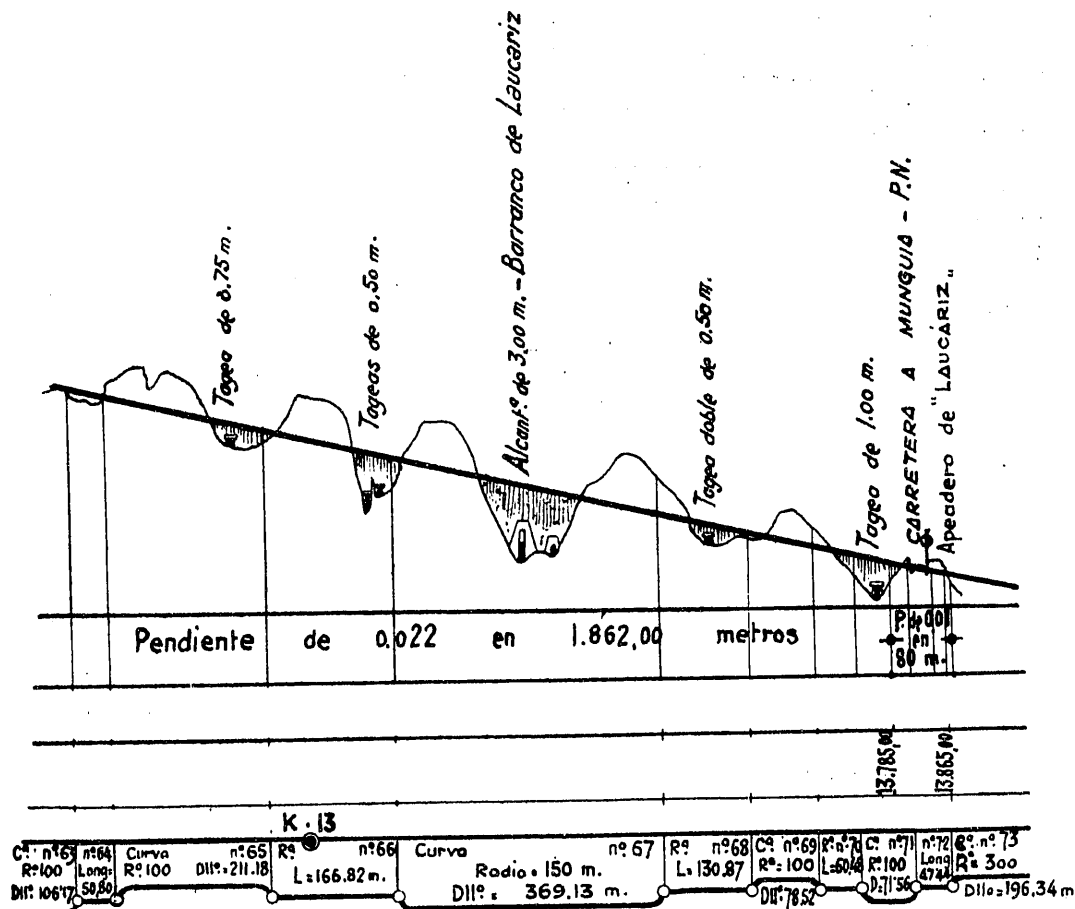


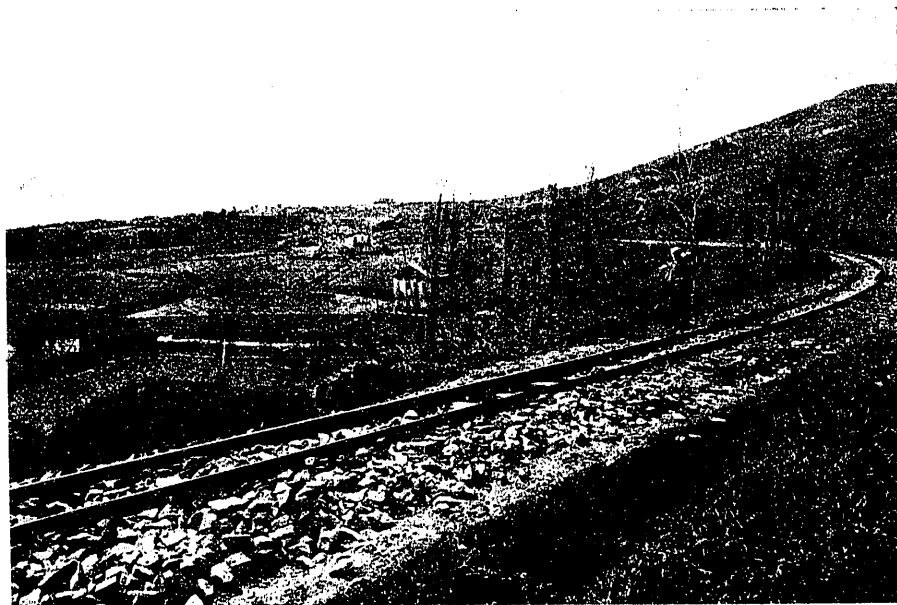
Figura f.

y del "Juncal" son verdaderos bosques, de vegetación exuberante, teniendo por *calle* la explanación del ferrocarril. (Véanse las fotografías correspondientes.) *

* El viento huracanado de la noche del 15 de febrero de 1941 (ciclón generalizado en toda la zona litoral cantábrica), arrancó casi de cuajo todo el arbolado de ambos terraplenes, habiendo quedado solamente los restos que se observan en las fotografías correspondientes.

Respecto a la alcantarilla, tuvo que sustituirse el muro en ala de la zona removida, por un macizo de hormigón, fuertemente cimentado, quedando obstruida definitivamente la servidumbre de paso, que se verifica por dos caminos, habilitados por los puntos de paso antes mencionados, y al mismo tiempo se restableció el funcionamiento del molino de Orroño, que recibe las aguas directamente del arroyo, en su antipara (que se puede apreciar en la fotografía) por la tajeta mayor, cubierta con la bóveda inferior, que estriba a su vez la alcantarilla.

rocoso descubierto en las trincheras inmediatas) para reducir al mínimo la base ocupada por los terraplenes o para apoyar los muretes de repié con el mismo fin, cayendo en el defecto señalado por el Sr. Entrecanales, alterándose la estabilidad del terreno, cerrándose además con dichos muretes y los de las pequeñas obras de fábrica de las vaguadas respectivas, con sus cimientos de hormigón, los desagües de manantiales cruzados por el trazado, además de haberse empleado tierras arcillosas, muy plásticas, procedentes de las trincheras inmediatas, para el aprovechamiento más económico del entreperfilado correspondiente. Hubo que reforzar las laderas con macizos hormigonados (procedimiento usual), desaguando los manantiales subálveos con zanjas que los descubriesen y llevasen a la obra de fábrica correspondiente, sin entrar en el



Fotografía A.—Vía y sus inmediaciones, en el terraplén de Orroño.

cuerpo del terraplén, subdividiéndose así el macizo del corrimiento.

Respecto a la escarpada ladera de "El Pino", hay que observar que la cota roja media del desmorte era de 0,50 m. en el eje de la línea, y que el destajista del trozo se limitó a volcar el desmorte de un lado sobre el terraplén del otro, en los mismos entreperfiles; pero el talud exigido por la trinchera, en su zona alta, rompió, en su curso, un manantial que corría entre la tierra vegetal y una capa de caliza margosa, sin cuidarse de llevar a los puntos de paso, debidamente encauzado, dicho manantial con el cunetón o zanja de coronación procedente, que es a lo que hubo que llegar al descubrirse dicha falta, después de haber tenido que desviarse la línea, y con ello la vía, agarrotándola y reduciendo su radio de 100 m. a 92, en esta parte del trazado, que tiene la rasante más pronunciada del ferrocarril, por lo que, siendo obligado un peralte fuerte, los trenes suben con dificultad por "El Pino" y tienen que bajar bien frenados, por el garrote y la curva de que se trata, que es la más cerrada del ferrocarril, y que con el tiempo tendrá que suavizarse para su debida explotación, si, como parece, ha de lle-

garse a la Federación y Unificación de Empresas y Líneas, tan indispensable; si no, han de abandonarse, definitivamente, muchos ferrocarriles de vía de ancho inferior al normal. (Véase la fotografía correspondiente.)

La variante estudiada consiste en internar el trazado, cortando en trinchera de caliza franca, con un corto túnel intermedio, la estribación bordeada con la obra existente, con lo que se aumentará hasta 120 metros el radio de la curva, mejorando notablemente la explotación, ya que la mayor inclinación de la rasante, por la consiguiente reducción de longitud, quedará compensada, con exceso, por el menor peralte de la vía.

Las cuatro fotografías, obtenidas recientemente, se refieren: A, vía y sus inmediaciones en el terraplén de Orroño, con vista tomada desde las proximidades de la tangente de salida de la curva núm. 31; B, vista del apartadero de Ayarza desde la zona central, de la curva núm. 29, del terraplén de "El Juncal", después de haber llegado el material anejo a un servicio de arcillas; C, vista del terraplén de "Laucariz", en el que se evitaron todas las contingencias del de Orroño,



Fotografía B.—Apartadero de Ayarza.

por haberse tomado las precauciones necesarias, antes del vertido de las tierras, y *D*, vista de la ladera de "El Pino" (que está sobre la ladera), con un tren de viajeros, atacando dicha curva en su ascenso hacia la divisoria. Las fotografías *C* y *D* se hallan relacionadas con el plano y perfil (figs. *e* y *f*), así como las *A* y *B* corresponden a las figuras *a* y *b*, plano y perfil, de que ya se ha tratado anteriormente.

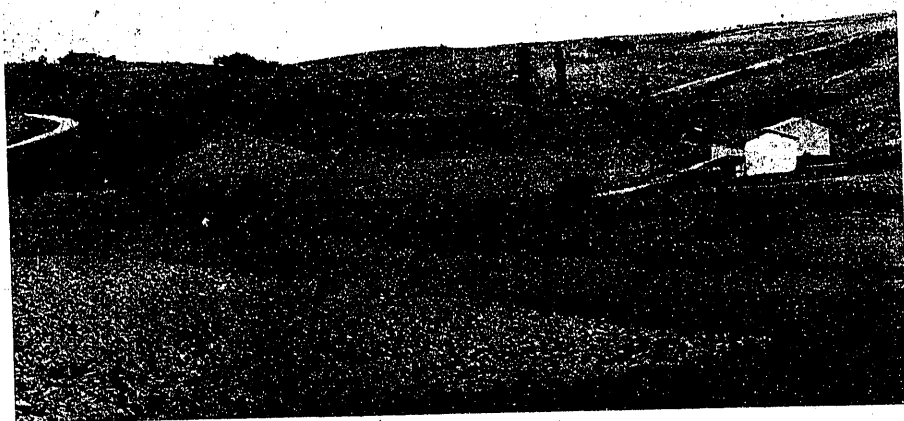
Resumen.

De lo que se lleva expuesto se deducen, en síntesis, dos conclusiones:

1.ª Que los proyectos de la mayor parte de las obras de nuestra especialidad, precisan, por lo general, el asesoramiento geotécnico de las circunstancias particulares observadas en el terreno al ser replanteados, interviniendo, si fuera necesario, con sus informes, las Jefaturas de Sondeos y Cimentaciones, previo el oportuno reconocimiento, del que pudiera deducirse la conveniencia de modificaciones en el trazado, de corrección de torrenteras en los terrenos accidentados de montaña y en los cruces de ramblas, y desde luego, la inclusión en el presupuesto de las partidas alzadas correspondientes sobre las previstas en ellos; y

2.ª Si a pesar de todas las precauciones deducidas, que seguramente convienen al constructor de obras, para reducir al mínimo las contingencias y discusiones enojosas, con interpretaciones acomodaticias de los pliegos de condiciones del proyecto correspondiente (motivando la necesidad de proyectos reformados con sus presupuestos adicionales obligados), surgieran los inconvenientes, que tan breve y magistralmente apunta el Sr. Entrecanales al final de su último artículo, síganse las enseñanzas reveladas en su interesante y luminoso estudio, utilizando los ábacos procedentes mencionados en el mismo, y acudiendo, *especialmente*, a lo que se detalla en los métodos de tanteo de *superficies circulares* (págs. 8 y 9 de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, de 1.º de enero de 1941).

Es evidente que con lo expuesto en los renglones precedentes no se ha hecho descubrimiento alguno de nuevas ideas; pero siendo el objeto primordial del jubilado que los suscribiera llamar la atención de los compañeros acerca del tema que lo ha sugerido, que lo estimo de importancia cada día más apremiante, habré satisfecho mi anhelo si con ello he conseguido lo que me proponía.



Fotografía C.—Vista del terraplén de "Laucaiz".



Fotografía D.—Ladera de "El Pino".