

SOBRE LA UTILIZACION DE LOS DRENES CONTRAFUERTES, CON ALGUNAS IDEAS GENERALES SOBRE LOS CORRIMIENTOS DE TIERRAS

Por FRANCISCO JAVIER URQUIA ZALDUA,
Ingeniero de Caminos.

Presenta el autor un interesante trabajo sobre el tema epigrafiado, que dibidimos en dos artículos por su extensión, y que comprende una previa exposición de ideas generales que considera necesarias, por lo poco que se ha escrito en nuestro idioma sobre el tema.

I

Buena parte de la costa guipuzcoana se compone de estratos delgados alternativos de márgas, pizarras y areniscas, características del flysch cretáceo, sobre los que se apoyan formaciones recientes de arcilla plástica, de muy mala calidad.

Si unimos a esto la intensa erosión del mar y viento húmedo costero, las fuertes pendientes de sus montes y el clima lluvioso, no es de extrañar sean muy frecuentes los corrimientos de tierras en las carreteras de dicha zona que corresponden a mi servicio.

La prevención y corrección de estos corrimientos resulta una labor lenta e ingrata, entre otras razones, por su pequeño volumen individual y falta de medios, que no permite realizar los sondeos, ensayos y cálculos que preconiza la Mecánica del Suelo y, por otro lado, no ha resultado fácil adaptar los casos reales a las hipótesis simplificadas de dicha ciencia.

Habiendo utilizado en varias ocasiones el procedimiento de los drenes contrafuertes, sobre los que no he encontrado una información completa, hemos pensado que pudiera tener algún interés divulgarlo por medio de un artículo que comprenda su descripción, campo de aplicación, cálculo y exposición de algunos casos prácticos realizados.

Como el tema está englobado en el estudio general de los movimientos del suelo, sobre los que, en nuestra lengua, hay muy poco escrito con criterio formativo, las dos primeras cuestiones van precedidas, respectivamente, por algunas ideas sobre los corrimientos de tierras y sobre los medios de corrección de los mismos.

Algunas ideas generales sobre los corrimientos de tierras.

Para la determinación del medio más conveniente de prevenir o corregir un corrimiento de tierras, es muy útil conocer su causa, su tipo y su estabilidad o inestabilidad; es decir, si el fenómeno tiende a acelerarse o no.

En cuanto a las causas, y aparte de los rellenos y excavaciones motivados por las obras humanas, la erosión fluvial o marítima y los terremotos, la causa más general es el agua.

Por un lado, y a partir de cierto límite, produce una reducción en la cohesión y, por tanto, en la resistencia al corte del suelo, por aumento del contenido de agua o por debilitamiento de la arcilla con el tiempo. Por otro lado, puede perjudicar las posibilidades de equilibrio en la superficie de deslizamiento crítica, por ocasionar aumento de densidad del suelo, subpresión, variación brusca del nivel piezométrico, presión de filtración, erosión interna, sifonamiento, licuefacción espontánea, etc...

Un caso típico es el que describe nuestro compañero Jiménez Salas en su libro *Mecánica del Suelo* (1), pág. 300 (fig. 1.^a), en que la ejecución de un terraplén impermeable, obstaculizando la salida del agua de un estrato permeable, puede producir, por subpresión, la inestabilidad de la explanación de la carretera.

En cuanto al tipo de corrimiento, pueden distinguirse el corrimiento rotacional y el corrimiento lineal, que corresponden a los conceptos de talud finito e infinito, empleados por Taylor (2).

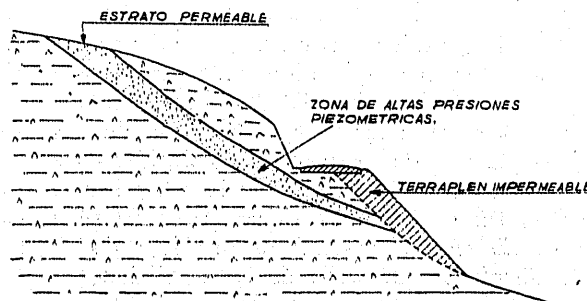


Figura 1.^a

(1) Editorial Dossat. Madrid, 1951.

(2) *Fundamentals of soil mechanics*. New York, John Wiley and Sons. London, Chapman and Hall (1948), página 418.

En el corrimiento rotacional (fig. 2.^a), una masa de suelo desliza sobre otra en forma de arco sensiblemente circular, en el que la profundidad y las dimensiones en planta del corrimiento están proporcionados y el suelo es idéntico, a uno y otro lado de la superficie de deslizamiento. Normalmente, corresponde a un terreno de superficie y estratificación de escasa inclinación, sobre el que se destaca una alteración, a veces local, pero siempre importante, de dicha superficie.

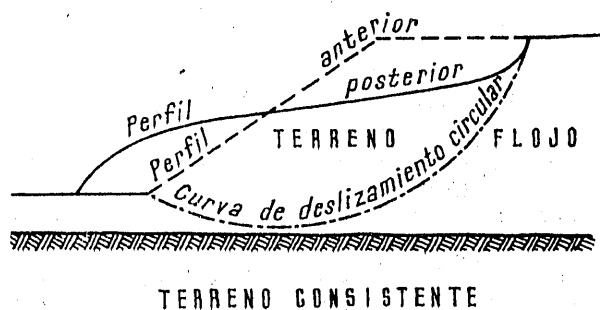


Figura 2.^a

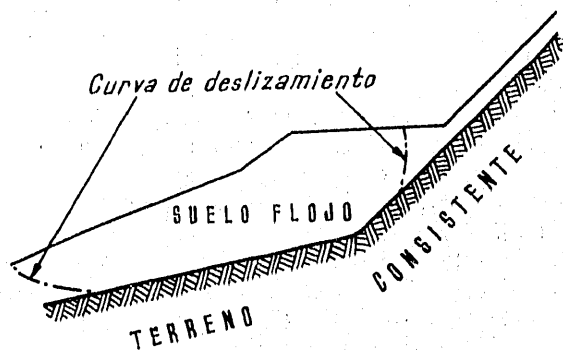


Figura 3.^a

En el corrimiento lineal (fig. 3.^a), una capa de terreno corre sobre otra de distinta calidad y se distingue en que la profundidad del corrimiento suele ser pequeña en relación con las otras dimensiones y la superficie de deslizamiento coincide, en buena parte, con un cambio brusco en la calidad del suelo. Normalmente corresponde a una zona de superficie y estratificación de bastante inclinación y donde frecuentemente la alteración de las condiciones, causa del corrimiento, es poco importante. El deslizamiento puede tener lugar en la zona de separación de un suelo blando superficial con otro más consistente (figura 4.^a) o en una capa de arcilla plástica, más o menos delgada, intercalada entre otras dos más resistentes (fig. 5.^a).

La diferencia entre estos dos tipos de movimientos radica en la disposición de las capas en la zona afectada.

En el caso de deslizamiento rotacional, al ser el suelo de naturaleza homogénea, con firme horizontal o muy profundo, se cumplen las hipótesis en que se basan los métodos teóricos en el cálculo de estabilidad de taludes y, por tanto, los deslizamientos se producen de acuerdo a los casos estudiados.

En el deslizamiento lineal, la zona de contacto

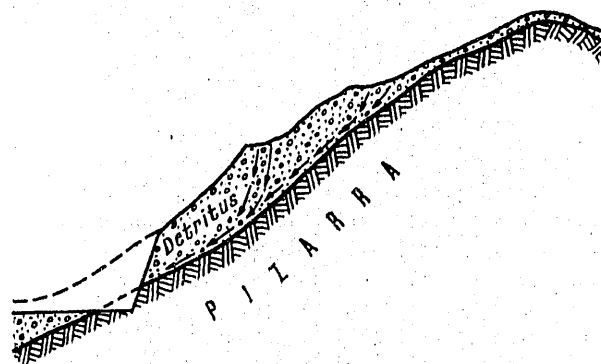


Figura 4.^a

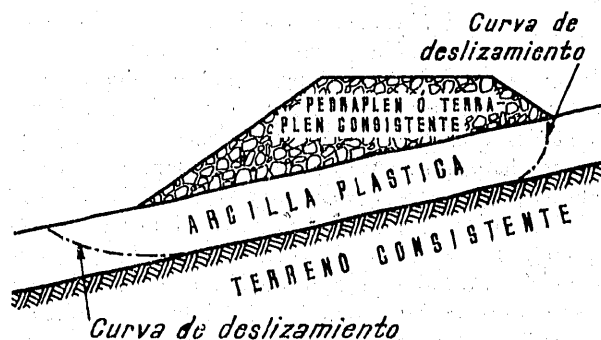


Figura 5.^a

entre un suelo flojo y otro u otros más fuertes e impermeables es un punto débil, debido a la acumulación de agua, que origina una reducción en la cohesión o adherencia de la zona límite.

En los casos resueltos en Guipúzcoa han sido más frecuentes los corrimientos lineales.

Otro dato muy interesante es la velocidad con que se desarrolla el corrimiento y si el movimiento tiende a crear unos factores favorables o desfavorables a su estacionamiento; es decir, si el fenómeno es estable o inestable.

Sobre este tema puede consultarse la publicación de Terzaghi *Mechanism of landslides*, editada por la Universidad de Harvard con el número 481, y del que se ha publicado un extracto traducido en el Bo-

letín de Información Privada núm. 3, del Laboratorio del Transporte.

Un factor favorable a la estabilidad es que al producirse el corrimiento tiene lugar un movimiento de masas en su talud, disminución en la cola y aumento en el pie, que reduce los esfuerzos y tensiones a lo largo de la superficie de deslizamiento.

de la correspondiente a dichas juntas, que es muy reducida, pudiéndose producir entonces un corrimiento rápido.

En la figura 6.^a se ve un deslizamiento de una trinchera de ferrocarril al sur de Londres, setenta años después de haber sido excavada.

Las arcillas de gran susceptibilidad tixotrópica (1)

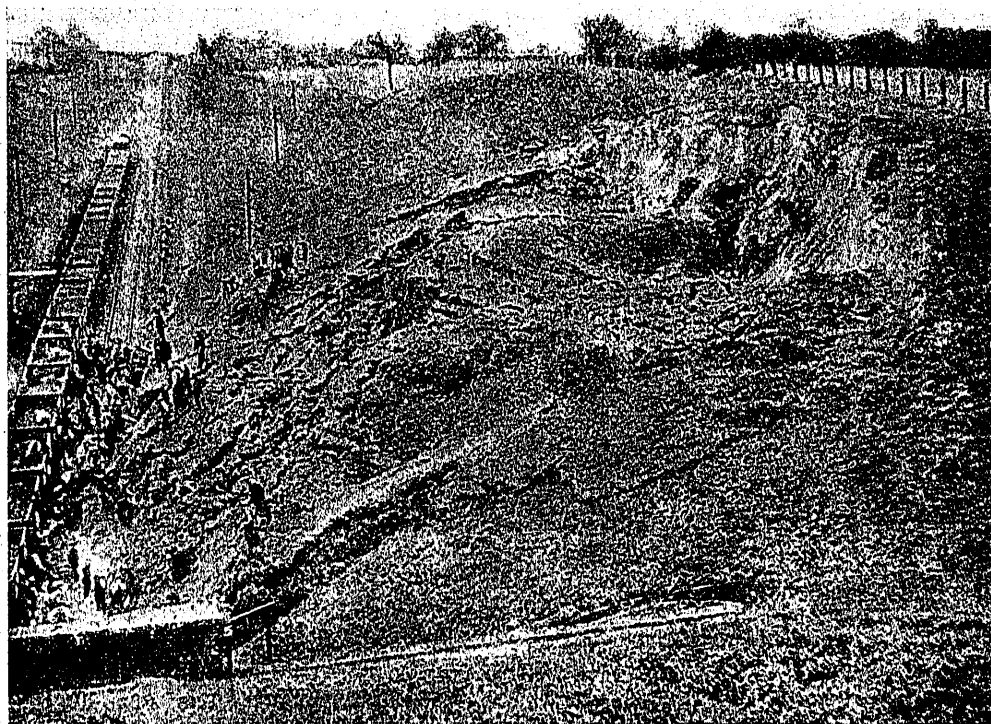


Figura 6.^a

Es efecto desfavorable, por tender a disminuir las resistencias tangenciales correspondientes del suelo, la filtración de agua por las grietas producidas, que puede ablandar la superficie resistente. Igualmente, la perturbación provocada por el movimiento en la estructura de las arcillas de gran susceptibilidad tixotrópica, aunque al cabo del tiempo tiende a reorganizarse esta estructura y recuperar parte de la resistencia perdida.

Existen arcillas cuya cohesión va disminuyendo con el tiempo, por el agua que penetra en fisuras imperceptibles abiertas en el suelo por sollicitaciones mucho menores de las críticas. Un caso típico es el de las llamadas arcillas duras fisuradas de Londres, de un alto valor de cohesión inicial. En estas arcillas, debido a su estructura, se abren fisuras con sollicitaciones reducidas, penetrando el agua que ablanda la arcilla adyacente. Al cabo de unos meses o años el suelo está formado por núcleos duros de arcilla consistente con juntas de arcilla blanda, de forma que la resistencia de conjunto termina por depender

se distinguen en el laboratorio por una gran diferencia en la resistencia a la compresión de una muestra inalterada y de otra obtenida después de un amasado enérgico del mismo suelo. En un corrimiento, porque tienden a fragmentarse en una masa de pedazos lubricados.

Estas arcillas, cuya identificación creemos es importante, por dar lugar a corrimientos difíciles de resolver, pierden, al producirse el deslizamiento, gran parte de su resistencia por la rotura de las ligaduras físicoquímicas que unen las partículas. Por esta causa pasan a un estado virtualmente líquido, los corrimientos son muy rápidos y la masa puede continuar fluyendo hasta una considerable distancia de su posición primitiva.

Por nuestra parte, nos atrevemos a sugerir en esta cuestión si sobre los efectos observados de disgregación de la masa no tendrá influencia, además de la susceptibilidad tixotrópica del suelo, las defor-

(1) Véase Jiménez Salas: *Mecánica del Suelo*, pág. 64.

maciones tangenciales dentro de la masa en movimiento, derivadas de su adaptación a superficies de deslizamiento no circulares.

En la figura 7.^a se ve una fotografía de un deslizamiento de arcillas de gran susceptibilidad tixotrópica en Suecia. La escasa inclinación del terreno



Figura 7.^a

y la posición oblicua e irregular de las fachadas de las casas da idea del sistema complicado de elevaciones y asientos que tuvo lugar, más propios del movimiento de un líquido viscoso que de un suelo.

Drenes contrafuertes.

Se llaman drenes contrafuertes (fig. 8.^a) a las zanjas excavadas en la dirección de la máxima pendiente de un talud, que llegan a una profundidad mínima del orden de 30 cm. por debajo de la del posible círculo o curva crítica y que se rellenan de un material permeable y resistente, previa la ejecución de un dren en el fondo de la zanja.

Por un lado, constituyen un saneamiento profundo de la zona afectada por el corrimiento, y por otro lado, actúan como contrafuertes; es decir, son capaces de recoger la parte de esfuerzo de la zona entre drenes que el suelo no es capaz de absorber y transmitirlo a capas más profundas, de mejor estabilidad.

Para completar el saneamiento y evitar pequeños corrimientos locales entre contrafuertes, puede ser conveniente excavar una zanja poco profunda en la cabeza del talud que una los distintos drenes contrafuertes, y rellenarlo del mismo material de éstos.

Con idéntico fin pueden ejecutarse en la superficie del talud drenes poco profundos, en forma de cola de pescado, que se llaman drenes laterales, co-

nectados a los drenes contrafuertes. Estos drenes superficiales no es necesario estén provistos de tubos o elementos de desagüe, siendo conveniente la instalación de éstos en los drenes contrafuertes.

El desagüe de estos drenes contrafuertes se efectúa por medio de drenes sencillos, colocados en la

prolongación de los mismos o uniendo sus pies, que deben desaguar de forma que el agua no repercuta desfavorablemente en la zona de corrimiento.

Como se indica a puntos en la figura 8.^a, es posible aumentar la resistencia de los drenes contrafuertes, hincando en su fondo estacas o pilotes, o también mejorar el saneamiento prolongando las zanjas con galerías de drenaje para llegar a las zonas permeables, evitando el efecto perjudicial de las altas presiones del agua intersticial.

Por tanto, la estabilidad se plantea entre unos elementos del suelo, que aun con la mejora proporcionada por el saneamiento, resultan de resistencia

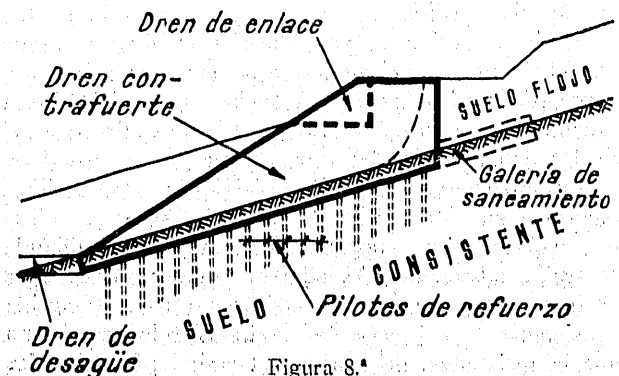


Figura 8.^a

insuficiente, y otros, de material resistente de los drenes contrafuertes, que deben tener una estabilidad sobrada para absorber el déficit de las primeras, transmitido por un efecto de abovedamiento y rozamiento de las caras laterales.

Además es necesario que, por efecto del saneamiento o de la mejor calidad del suelo sobre el que apoyan los drenes contrafuertes, no sea posible el movimiento por una superficie que pase por debajo de dicho apoyo.

Como material de relleno hemos empleado piedra para el fondo de las zanjas y escoria en el resto, material este último muy económico en muchas zonas de Guipúzcoa.

Entendemos que, en lugar de escoria, puede emplearse cualquier relleno que sea permeable, de gran ángulo de talud natural y no contenga elementos finos, que son de menor resistencia y que pueden ser arrastrados por el agua que corre por el sistema de saneamiento. Así, pueden emplearse gravillas, arenas gruesas, pedraplenes, piedra plegada, mampostería en seco, gaviones, etc., teniéndose en cuenta que cuanto más resistente sea el material, menor puede ser el ancho de los drenes contrafuertes o mayor su espaciamiento.

Igualmente, como el material de relleno debe tener unas condiciones de resistencia superiores a las que corresponden a la estabilidad propia, es necesario un material mejor cuanto mayor es la inclinación del talud cuyo corrimiento se pretende evitar.

Así, la escoria sólo se puede emplear en terraplenes o laderas suaves, mientras en los desmontes es necesario, en general, emplear mampostería en seco, piedra plegada o material de resistencia análoga.

Para fijar la anchura de los drenes contrafuertes y su separación, proponemos el empleo del método de cálculo que se indica más adelante en este artículo.

Donde no se conocen datos concretos del suelo, puede ser útil la siguiente tabla, contenida en el libro *Practical problems in soil mechanics*, de H. R. Reynolds y P. Protopadakis (1), para taludes en desmonte y relleno de piedra plegada (convertida a unidades métricas):

Tipo de suelo	Contenido de agua — Por 100	Cohesión — Grs./cm. ²	Espaciamiento entre contrafuertes — Metros	Espaciamiento de los drenes laterales — Metros
Arcilla muy floja . . .	40	146	4,57	3,05
Arcilla floja..	35	195	5,18	3,66
Arcilla media	30 a 33	293 a 390	6,40 a 7,32	4,27 a 5,18
Arcilla dura.	25 a 27	488 a 732	7,23 a 9,15	6,10 a 7,62

Ancho de las zanjas, 0,60 a 1,50 metros.

(1) London, Crosby, Lockwood and Son (1952).

Igualmente, de los casos prácticos que se indican al final del artículo, puede deducirse que laderas inestables de 3 a 4 metros de profundidad de terreno movedizo, 30 a 40 % de pendiente y suelos de cohesión crítica, para $\phi = 0$, de 200 a 225 gr./cm.², pueden estabilizarse con drenes contrafuertes de escoria de unos 2 metros de ancho, cuyos ejes disten de 4 a 8 metros.

Algunas ideas sobre las medidas de prevención o corrección de los corrimientos de tierra.

Las medidas que tienden a prevenir o contener un corrimiento pueden reunirse en cuatro grupos:

1.º Medidas de aumento de estabilidad por cambio de la forma de la superficie del suelo. Tienden a disminuir las solicitaciones de la superficie de deslizamiento, mediante excavaciones y terraplenados que alteran la distribución de masas en el suelo, en beneficio de la estabilidad.

2.º Medidas de saneamiento y plantaciones. Tienden a evacuar rápidamente parte del agua superficial o de filtración de la masa afectada por el corrimiento. Las plantaciones, además, disminuyen la erosión del agua superficial.

3.º Medidas mixtas de saneamiento y refuerzo. Los drenes contrafuertes tratados en el presente artículo.

4.º Medidas de refuerzo del suelo. Tienden a aumentar la resistencia del suelo, bien por inyecciones, tratamientos eléctricos, térmicos, etc., o, como es lo más corriente, introduciendo en la masa elementos de resistencia, estacas, pilotes, tablestacas, muros, etc., que recogen la sollicitación que el suelo no es capaz de absorber y la transmiten a zonas profundas más estables.

Haciendo caso omiso de las medidas del primer grupo de un campo de aplicación bastante concreto, nos encontramos, corrientemente, en la disyuntiva de emplear medidas de saneamiento, drenes contrafuertes o pantallas formadas por muros o tablestacas.

Generalmente, el método más eficaz es el saneamiento, bien por plantaciones, cunetas superficiales, drenes en zanja, en galería con pozos, drenes hincados, etc. Al evacuar el agua, no sólo es posible disminuir su efecto, causa normal de los corrimientos, sino que es el único medio que, a un precio asequible y disminuyendo el contenido de agua en grandes volúmenes de suelo, permite poner en juego las enormes resistencias adicionales, necesarias para evitar los grandes corrimientos.

Por ello, entendemos que el saneamiento es, prácticamente, el único remedio posible de los grandes corrimientos. En los pequeños será el más conveniente, por su mayor garantía y menor coste, en aquellos en los que puede presumirse que existen grandes probabilidades de éxito, por estar localizada la corriente de agua o zona de acumulación de donde

proviene el corrimiento. Igualmente, aun en los casos en que las probabilidades de éxito no son tan grandes, puede ser conveniente su empleo, como primer intento para contener el deslizamiento si, como es corriente, resulta desproporcionadamente más barato que los demás.

Tiene, además, la gran ventaja de que los elementos de saneamiento, zanjás, galerías, etc., sirven de exploración del terreno, pudiendo observar su calidad, grado de humedad, presencia de manantiales, etc., lo que permite acomodar el proyecto a las conclusiones que puedan deducirse.

Sin embargo, el método de saneamiento no siempre es eficaz, aun en pequeños corrimientos, por algunos inconvenientes:

1.º No actúa ante la erosión fluvial o marítima, causa inmediata o mediata en muchos corrimientos. Por ello, no suele ser eficaz en laderas inestables, cuyo movimiento está ocasionado por la erosión fluvial o marítima. En estos casos, las corrientes superficiales y de filtración suelen variar continuamente y es necesario, como fase previa, fijar su régimen hidráulico estabilizando el corrimiento general.

2.º Para aplicar el saneamiento, con cierta garantía, es necesario conocer el suelo y el régimen hidráulico del agua subterránea, lo cual no siempre es posible, por falta de tiempo o medios, o porque la investigación resulta de un coste desproporcionado con la magnitud del problema.

3.º A veces, el saneamiento no consolida rápidamente el terreno movido y, por ello, un sistema de drenaje que podía haber evitado un corrimiento determinado, puede ser insuficiente para contenerlo por la disminución de resistencia del suelo movido, sobre todo en caso de arcillas de gran susceptibilidad tixotrópicas.

El inconveniente citado en segundo lugar parece superado con la aplicación de la técnica de sondeos, con hinca horizontal de tubos de hierro perforados, como sistema de drenaje.

Este método se utiliza en la captación de aguas subterráneas con destino a abastecimientos, al que pertenece el sistema Raney, sobre el que publicó un artículo en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de junio de 1952 nuestro compañero D. Francisco Zapata.

De esta forma es posible hacer unas hincas de observación dispersas, en primer lugar, para concentrar, posteriormente, los tubos de drenaje en la zona donde se acuse el agua.

A pesar de que este método parece, a primera vista, muy apropiado para su aplicación a la corrección de corrimientos, no nos atrevemos a sacar conclusiones definitivas hasta que se utilice en casos concretos que den una idea de su coste y eficacia.

Como criterio general puede decirse que los drenes contrafuertes y los muros sólo deben emplearse en los casos en que sea previsible que el saneamiento

no actúe con suficiente eficacia o resulte de un coste mucho mayor.

El empleo de drenes contrafuertes depende, en primer lugar, de la posibilidad de obtener un material de relleno adecuado, a un precio reducido, en cuyo caso tiene diversas ventajas:

1.ª Las zanjás excavadas sirven para explorar el terreno, observando las corrientes de agua, las zonas húmedas, la calidad de las distintas capas, su inclinación, así como la realización de ensayos *in situ* si se dispone de los aparatos correspondientes. Todo esto permite acoplar la anchura, profundidad de los drenes contrafuertes y la capacidad de sus medios de desagüe a las condiciones de cada zanja.

2.ª La posición transversal de las zanjás y la posibilidad de escalonar su ejecución, permite hacer la excavación con un mínimo de debilitamiento de la zona en movimiento. Con ello se reducen las posibilidades de que se produzcan corrimientos durante las obras de reparación, con las posibles consecuencias dolorosas inherentes. Este dato es muy importante, ya que no hay que olvidar que la ejecución de zanjás, galerías y pozos en terrenos de estabilidad incierta, puede presentar peligro para el personal, aunque se procure, dentro de lo posible, aprovechar las épocas de tiempo favorable. En este aspecto, las zanjás transversales proporcionan a los operarios un camino de salida rápido para escapar de un posible derrumbamiento, en los síntomas previos.

3.ª El relleno se adapta fácilmente a cualquier pequeño movimiento, y por la gran superficie de fondo puede apoyarse normalmente en un suelo de calidad media, que no sería apto para cimentar un muro.

4.ª Une las virtudes del saneamiento a las del refuerzo, que es necesario en el caso de arcillas muy debilitadas por el movimiento, como las tixotrópicas, para restablecer rápidamente la explanación de la zona afectada.

Como inconvenientes pueden citarse:

1.º No actúa, en general, con gran eficacia ante la erosión fluvial o marítima, causa inmediata o mediata de muchos corrimientos. Sin embargo, cuando el relleno de los drenes contrafuertes está constituido de materiales no socavables, como maupostería, gaviones, etc., puede tener cierta influencia sobre la erosión al actuar como espigones de protección.

2.º Por partirse de materiales de resistencia escasa, sólo puede aplicarse a taludes suaves, resultando económico únicamente en los corrimientos de escasa profundidad.

Quedan únicamente por estudiar los elementos de refuerzo: estacas, pilotes, tablestacas, muros de pie o en talud, que en principio deben ser utilizados en último extremo, ya que, normalmente, resultan mucho más caros e inseguros.

Las estacas, pilotes y tablestacas pueden obligar a la superficie crítica de deslizamiento a hacerse más

profunda, con el aumento de estabilidad consiguiente. Sólo son económicos cuando se hincan cerca del pie de la superficie de deslizamiento y en corrimientos que necesitan un esfuerzo de contención poco importante. Tiene la ventaja de que pueden aplicarse rápidamente y sin perturbaciones, antes de que el movimiento haya hecho disminuir la resistencia del suelo y causado trastornos.

En cuanto a los muros de pie o en talud, son especialmente aptos para corregir corrimientos cuya causa inmediata o mediata es la erosión fluvial o marítima; en otros casos en que el firme está cercano, o cuando se presume no resultarán eficaces los otros medios.

Sin embargo, como han sido numerosísimos los fracasos en el empleo de muros para la corrección de corrimientos, debe mirarse este tipo de obras con gran prevención y, en todo caso, proyectarlos teniendo en cuenta una serie de factores cuyo desconocimiento puede ser causa de su ineficacia y hasta de su repercusión desfavorable en el movimiento.

1.º Debe estudiarse el conjunto muro-relleno, llevándose la cimentación del primero hasta una profundidad en que no sea posible un deslizamiento por debajo del apoyo.

2.º Debe proyectarse un saneamiento de la cara interna del muro y de la cimentación, para no alterar el régimen hidráulico del agua intersticial. En otro caso, la elevación del contenido de agua del relleno puede producir un aumento de empujes, en muchos casos enormes y siempre muy difíciles de evaluar, así como disminuir la resistencia del suelo de cimentación.

3.º Hay que estudiar la estabilidad del suelo por encima de la cabeza del muro, para que no se produzcan corrimientos, por superficies de deslizamiento que pasan por dicha cabeza y que el muro no puede impedir, quedando sepultado dentro de la masa movida. Por ello, normalmente, los muros no son eficaces en corrimientos lineales largos, como los de ladera.

4.º Hay que combinar la ejecución de las excavaciones por trozos, evitando disminuciones en la estabilidad incierta del suelo que pudieran provocar

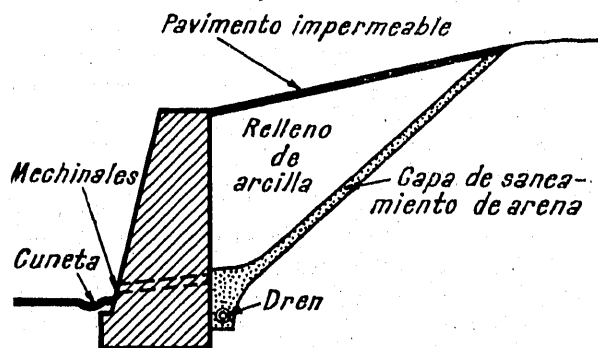


Figura 9.*

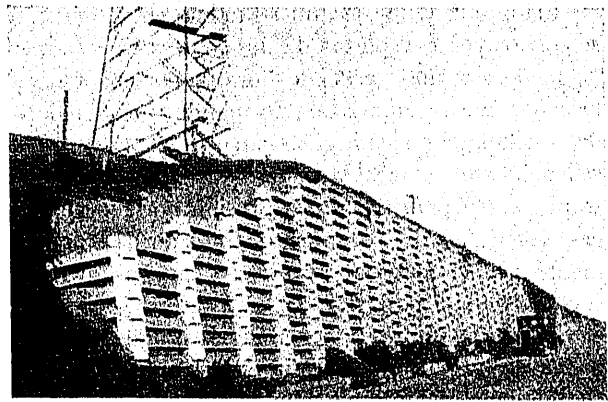


Figura 10.

nuevos movimientos durante la ejecución de las obras, lo cual se traduce en una gran lentitud.

Las medidas de saneamiento tienen especialmente importancia en rellenos de arcilla. A. Casagrande (1) ha propuesto el sistema que se indica en la figura 9., para facilitar el drenaje del relleno y disminuir la tendencia a aumentos de volumen, debidos al hinchamiento o helada.

A los efectos de un mejor saneamiento y menores exigencias, en cuanto a la calidad del suelo de cimentación, son más interesantes los muros de gran talud, los de mampostería en seco, gaviones o los muros *cribs* (fig. 10), de empleo corriente en Norteamérica.

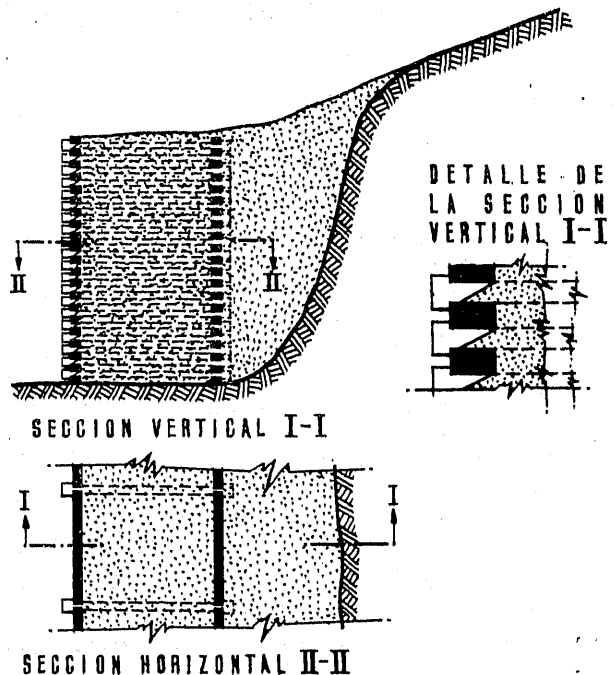


Figura 11.

(1) *Bodenmechanik und neuerzeitlicher Strassenbau*. Colección de 24 autores, Volk und Reich Verlag, Berlín, 1936.

Estos muros (1), según se indica en la figura 11, se construyen con piezas de dos tipos, primitivamente de madera y más tarde de hormigón armado prefabricado, que se entrelazan, formando una fila de celdas rectangulares, adosadas unas a otras, y que se rellenan con material granular adecuado. Las piezas se proyectan para resistir la presión horizontal y cargas verticales de rozamiento transmitidas primeramente por el material granular y más tarde por el suelo o relleno posterior. El sistema permite unificar el tipo de las piezas y tenerlas fabricadas y almacenadas en previsión de futuros corrimientos, con lo cual es posible ejecutar estos muros con una enorme rapidez.

En caso de emplear fábrica con aglomerante, así

(1) La descripción de estos muros puede verse, por ejemplo, en el libro de G. P. Tschebotarioff: *Soil mechanics, Foundations and earth structures*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, London (1952), pág. 481.

como en todos los muros de cimentación profunda, creo que es más conveniente, en general, proyectar contrafuertes robustos, aislados y bien cimentados, unidos por delgados muros-pantalla de cimentación somera, ligeramente arqueada en alzado, más baja junto a los contrafuertes. Estos machones aislados, a igualdad de coste, proporcionan elementos de mayor resistencia que el muro corrido; alteran mucho menos el régimen hidráulico del agua intersticial, que puede correr por la zona entre contrafuertes y las excavaciones aisladas, y hacen menos probable la producción de nuevos corrimientos durante las obras.

Como se verá en un ejemplo práctico que se describe más adelante, es posible llegar a soluciones mixtas, por ejemplo, muros de contención de pie, bajos y robustos, completados por drenes contrafuertes, a los que se encomienda la misión de evitar corrimientos por encima de la cabeza del primero.

(Continuará.)

