

Investigación de las causas y soluciones del problema en el Km. 1½ de la Vía "Carlos J. Arosemena T."

Ing. MIGUEL ANGEL CHAVEZ *

RESUMEN

Mediante el presente trabajo se trata de hacer un enfoque práctico tendiente al planteamiento de la solución al problema de deslizamiento existente en el Km. 1½ de la vía Carlos J. Arosemena T. Como es de conocimiento público, este problema de inestabilidad se viene repitiendo desde casi 20 años, ocasionando molestias e ingentes gastos.

El análisis de varios parámetros geotécnicos nos ha permitido llegar a una interpretación del fenómeno en forma cuantitativa; sin embargo, debemos dejar constancia que las apreciaciones no tienen precisión en cuanto a longitudes y cotas. Se trata pues, de plantear la necesidad de una investigación comprobatoria rápida que incluye unas pocas decenas de metros lineales en perforaciones. Claro está, se considera también la existencia de otros trabajos investigativos en los cuales hemos encontrado importante información.

Para la mejor comprensión de lo que aquí se expone, se ha creído conveniente presentar esquemas y diagramas en la forma más simplificada posible.

La solución planteada es una de las que estimamos la más conveniente, en cuanto a costo y facilidades constructivas, sin obstruir completamente la afluencia de tráfico en aquella importante vía. Por razones obvias, al momento no presentamos planos ni detalles completos y de precisión, pues hemos considerado importante determinar el problema, sus características y magnitud, para de esta forma definir soluciones definitivas conocidas por la ingeniería ecuatoriana.

* Profesor del I.I.E.A. de la Universidad de Guayaquil.

1. TRABAJO REALIZADO

Inicialmente se recopiló la información, incluyendo planos a gran escala y otros planos con información topográfica antes de la década del cincuenta. Empleando fotografías aéreas (1:50.000) se realizó un estudio fotogeológico. Se efectuó luego un reconocimiento de campo con la finalidad de reconocer la topografía actual y al mismo tiempo tomar los datos geológicos requeridos para interpretar el problema existente.

Se analizaron los estudios realizados en los últimos años, de los cuales se ha obtenido cierta información en profundidad (perforaciones y ensayos).

1.1 GEOLOGIA GENERAL

El área estudiada forma parte del sistema orográfico Chongón—Colonche, que constituye el masivo rocoso más resistente en esta parte de la costa ecuatoriana.

El sistema Chongón—Colonche tiene como estructura resistente rocas sedimentarias de edad cretástica. Este conjunto rocoso es denominado formación geológica Cayo, la cual a su vez se subdivide en dos miembros llamados Calentura y Guayaquil chert, este último es el más resistente (es el más nuevo).

1.2 GEOLOGIA APLICADA AL SITIO PROBLEMA

Las características geológicas dominantes en todo el sistema Chongón—Colonche, son las mismas que aparecen en el área estudiada. Los estratos o capas rocosas se orientan E—O (Rumbo) y se inclinan hacia el S—O (20° a 30° de buzamiento).

Pueden ser encontrados los dos miembros geológicos antes citados, aunque en el talud rocoso frente al deslizamiento aflora al parecer, sólo el miembro Calentura.

1.2.1 DESCRIPCION LITOLOGICA

Los estratos rocosos consisten en capas de roca arenisca, y tienen espesores entre 30 y 70 cms.; intercaladas entre estas

últimas pueden ser encontradas capas de lutitas y tovas algo silíceas; sin embargo, el conjunto luce muy poco compacto y resistente, existe poca alteración.

1.2.2 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS ESTRUCTURALES

La disposición de las capas rocosas es favorable para la estabilidad de los taludes, pues además de su constitución litológica, dichas capas se inclinan en sentido contrario a la pendiente (Diag. N° 1).

Mediante el estudio fotogeológico y chequeo de campo, se estableció que no existen complicaciones importantes derivadas de fallas geológicas, pues no se hacen presente. Sólo a unos 800 metros del problema pueden ser encontradas viejas fallas (unas dos), pero su naturaleza no implica necesariamente inestabilidad, no al menos en el área que nos interesa.

En el sitio de deslizamiento se efectuaron minuciosas observaciones, constatándose que no existen las características indicadoras de la presencia de una falla geológica.

Dada la constitución de ese macizo rocoso, tampoco son evidentes condiciones de fallamiento a gran escala, es decir, que incluya las partes de la pendiente más elevados, ligados al deslizamiento problema.

1.3 COMENTARIOS GEOTECNICOS

Desde hace algunos años, las colinas existentes en los alrededores del deslizamiento han venido siendo explotadas como canteras, en tal forma que la altura de dichas colinas ha disminuido notoriamente; esto implica que el equilibrio de las pendientes pudo haber mejorado, por la disminución de cargas provocadoras de falla. Esta situación se puede comprender claramente en los diagramas N° 1 y 2, con lo cual se puede considerar que no existe una gran falla de talud (rotacional), tal como lo conjeturara un técnico mexicano.

Otra deducción que explicaba el fenómeno del deslizamiento como provocado por la carga hidráulica de un manto acuífero también quedaría sin fundamento, pues en el sector no existe dre-

najes captadores de aguas lluvias, los cuales se infiltran provocando una fuerza de flujo y éste, el fenómeno del cual tratamos. Además los deslizamientos y hundimientos han ocurrido independientemente de los ciclos de lluvias.

Obviamente el fenómeno de deslizamiento existe y ha afectado un tramo de casi 50 metros en uno de los carriles de la vía. Es bueno que anotemos como premisa, el hecho que el fenómeno ha ocasionado daños no sólo en el mismo sitio de deslizamiento, sino también en sus alrededores, pues la carpeta asfáltica ha sufrido grietas, las cuales se pierden cuando se alejan del centro del deslizamiento. Este fenómeno es fácilmente explicable por el simple hecho de que la carpeta asfáltica, es de comportamiento casi rígido y al existir grandes deformaciones (hundimientos) centrales, se producen grietas en lugares adyacentes.

El fenómeno se tornó espectacular, cuando una vivienda de dos plantas se hundió fallando su estructura; justamente se construyó frente al sitio deslizable. Sin embargo, al borde del otro carril (el no afectado), fue también construido un muro de contención de aproximadamente 2,80 metros de altura, sin que éste haya sufrido hasta el momento daño alguno.

Esta situación corrobora lo expresado en renglones anteriores, a propósito de la estabilidad reinante en las pendientes del terreno en ese sector. Entonces la problemática se circunscribe al mismo sitio del problema y no existe ningún accidente de grandes proporciones y que éste sea incontrolable.

Con la ayuda de datos obtenidos en perforaciones efectuadas para otros estudios, más los datos aportados en el presente trabajo, hemos podido interpretar y cuantificar el fenómeno de la siguiente manera:

"Partiendo de la geomorfología original existente en ese sector, la misma que podría ser comparada con un plano topográfico antiguo; proyectamos la ubicación de la avenida C. Julio Arosemena T. (Diagrama N° 2A), en el cual se constata la existencia de una pequeña entrante del Estero Salado, cuya definición pudo haber sido favorecida (en el pasado geológico), por un drenaje que, descendiendo desde las alturas de la colina erosionaba este sanjón, el cual debió ser rellenado en casi su totalidad para construir dicha vía. Haciendo una esquematización del mencionado sanjón se puede tener un perfil de suelos y rocas, tal como está expresado en el diagrama N° 3.

En el diagrama N° 4 constatamos una sección perpendicular en la cual se muestra el relleno, la sub-base y carpeta asfáltica y, sobre todo, la variación del nivel de marea del estero Salado.

Este último aspecto tiene enorme trascendencia, pues según lo demostramos a continuación es el causante principal del problema.

Ciertamente, el cambio de mareas hace que el agua salada sature un plano inclinado constituido por materiales limo-arenosos y roca descompuesta, ocasionando así un plano de debilidad activo, situado en los costados y en el fondo del sanjón antes citado. Cualquier relleno (carga) que se ponga sobre dicho sanjón (Plan indicado), ha tendido y tiende a desplazarse a cotas más bajas (hacia el fondo del estero), por gravedad y el juego hidrostático de las mareas; esto se puede comprender fácilmente en el grupo de diagramas "D". Se debe notar que el plano de debilidad se puede extender desde unos decímetros arriba de la máxima marea (por el ascenso capilar), hasta donde se desplace el relleno.

Abundando más en diagramas, se puede mostrar, como debió haber sido el relleno, inmediatamente después de la construcción (Diagrama N° 5), y cómo luego de las deformaciones (deslizamientos—asentamiento), según se puede apreciar en el diagrama N° 6. La resultante del fenómeno puede ser expresado en el diagrama N° 7 (véase también los diagramas "D"). A parte de los asentamientos y agrietamientos, nótese cómo se forma una merma de materiales, los mismos que van descendiendo (desplazándose) con la ayuda del plano de deslizamientos antes analizado.

1.3.1 Geometría de Deslizamiento:— Los resultados del fenómeno que estamos analizando indican que el deslizamiento es del tipo rotacional. En realidad este fenómeno debe ocurrir, sin embargo, este tipo de deslizamiento es factible en terrenos homogéneos (técnicamente isotrópicos), esto es, sólo en suelos o sólo en rocas. El caso que nos ocupa es diferente, la anisotropía es bien evidente, pues existen suelos heterogéneos de relleno sobre un lecho rocoso alterado.

El mecanismo de falla se origina en una superficie de corte semicurva (colgada), continuándose con una superficie comparable con un plano inclinado. Este plano constituye la superficie potencial de falla, y en este círculo se desarrollan los más gran-

des cambios de tensión, pues tanto los suelos de relleno, como la superficie rocosa alterada, pierden demasiado su resistencia al corte, por la influencia del agua, según se demostró en el párrafo anterior.

La forma rotacional de un movimiento de falla puede ser concebida tal como está indicado en el diagrama de referencia "E", de la forma siguiente:

El terraplén compactado sobre el sanjón, cana u hondonada, cualquiera que sea su nombre, por el proceso antes descrito empieza a deslizarse por la pendiente rocosa, llegando a estabilizarse únicamente cuando el volumen deslizado se asienta o deposita al pie del talud, esta acumulación de material hizo que el plano de deslizamiento cambie de lineal a curvo, conformándose así el giro rotacional de la falla.

1.4 PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES Y RECOMENDACIONES

Conocido el problema, la solución ingenieril más apropiada puede ser planteada con relativa facilidad, para ello se hace necesario definir con exactitud cotas y dimensiones, teniendo como base una pequeña investigación de campo. A nuestro entender, lo que hace falta es perforar unos 80 m. lineales, distribuidos en tal forma que permitan definir con exactitud las diferentes capas de suelos y el lecho rocoso sano y alterado y, además los niveles y cotas y la interacción del agua salada a causa de las mareas. Un programa de ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos también deberá ser incluido, tomando especial énfasis en la definición de los parámetros de resistencia al corte.

Según los datos que hemos podido disponer en otros trabajos y nuestras deducciones, una de las soluciones aconsejables podría ser: construir un muro de contención tal como el que se esboza en el diagrama N° 8. Otra solución podría ser: contener el deslizamiento mediante pilotes perforados y tirantes de anclaje dirigidos y apoyados en el lecho rocoso inclinado.

La idea de construir un puente, no sería la más económica y además, a nuestro parecer, significaría un mal empleo del conocimiento de la técnica actual, pues dadas las condiciones del

deslizamiento analizado, el puente tendría más de 80 metros de luz y no podría ser apoyado en su parte central, pues el sitio es inestable. En consecuencia, si se proyecta construir un puente, éste deberá ser colgante y de un elevado costo.

Asumiendo que, la solución de construir un muro de contención, la finalidad de esta obra sería fundamentalmente de impedir la saturación del plano deslizante, bloqueando las mareas y a la vez conteniendo el empuje de tierras; opcionalmente podría contener en la parte alta de la estructura drenes, para eventuales empujes hidrostáticos.

La solución planteada, permitiría dejar funcional una vía. Para la construcción del muro se requerirá construir una trinchera, la misma que deberá ser analizada en su estabilidad, definiendo los taludes adecuados; para ello se efectuarían ensayos de corte con las muestras de suelo, obtenidas convenientemente, en las perforaciones. En la construcción también se deberá prever bombeo; para garantizar la estabilidad del talud de la trinchera al lado del Estero, se podría detener temporalmente el flujo de agua salada, utilizando una trinchera de lodo (Pantalla de arcilla). Desde luego, ésto se menciona para objetivar el proceso constructivo.

Otra solución que nos parece es la más interesante, sería la de contener el deslizamiento mediante un conjunto de tirantes de anclaje (8 á 10), los cuales se apoyarían y fijarían en un muro de hormigón alargado (ver diagrama N^o 9), el cual funcionaría como una "Zapata de tensión", denominándose así porque da la idea del funcionamiento de una zapata en suelos cohesivos, resistiendo como fundación (compresiones). En nuestro caso, la zapata también descansa sobre suelos cohesivos y debe resistir a la tensión de los tiranets anclados en la roca.

Los tirantes de anclaje podrían resistir fácilmente una tensión mucho mayor que aquella que provoca el deslizamiento. Sin embargo, para garantizar la estabilidad y contener el flujo de agua se podría hincar una fila de tabla—estacas justamente al pie del muro (ver fig. Nos. 9 y 10), las cuales llegarían hasta la roca.

Puede darse el caso de que si se efectúa un análisis detallado de las estructuras que proponemos se requiera por ejemplo, dos filas de tirantes apoyados también en "zapatas", debiéndose además poner en este caso las tablas—estacas, según se ve en el diagrama N^o 11.

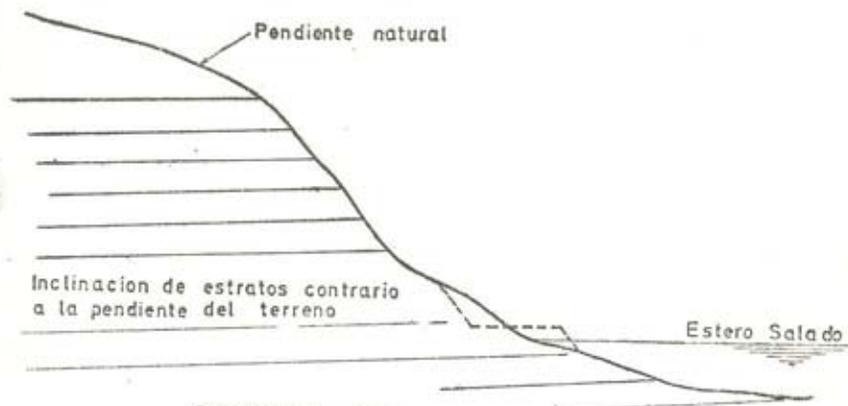
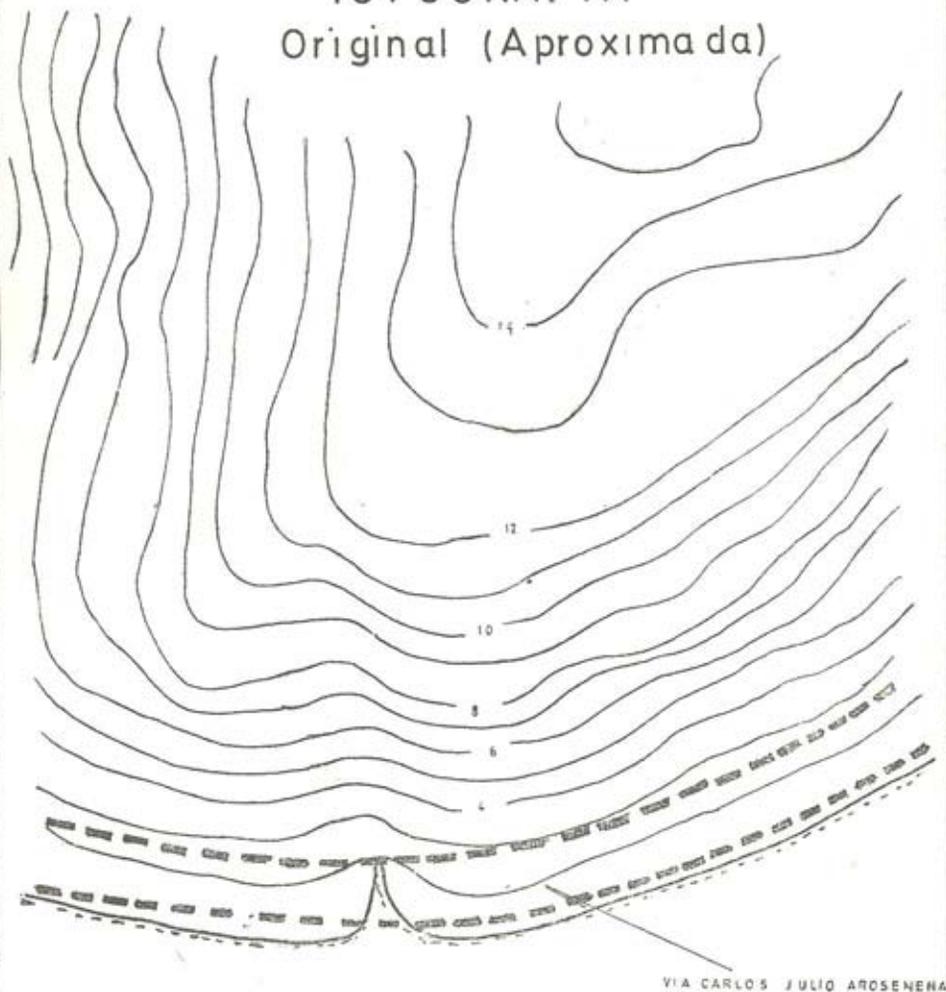


DIAGRAMA Nº 1.



DIAGRAMA Nº 2

TOPOGRAFIA
Original (Aproximada)



ESTERO SALADO

diagrama N° 2A

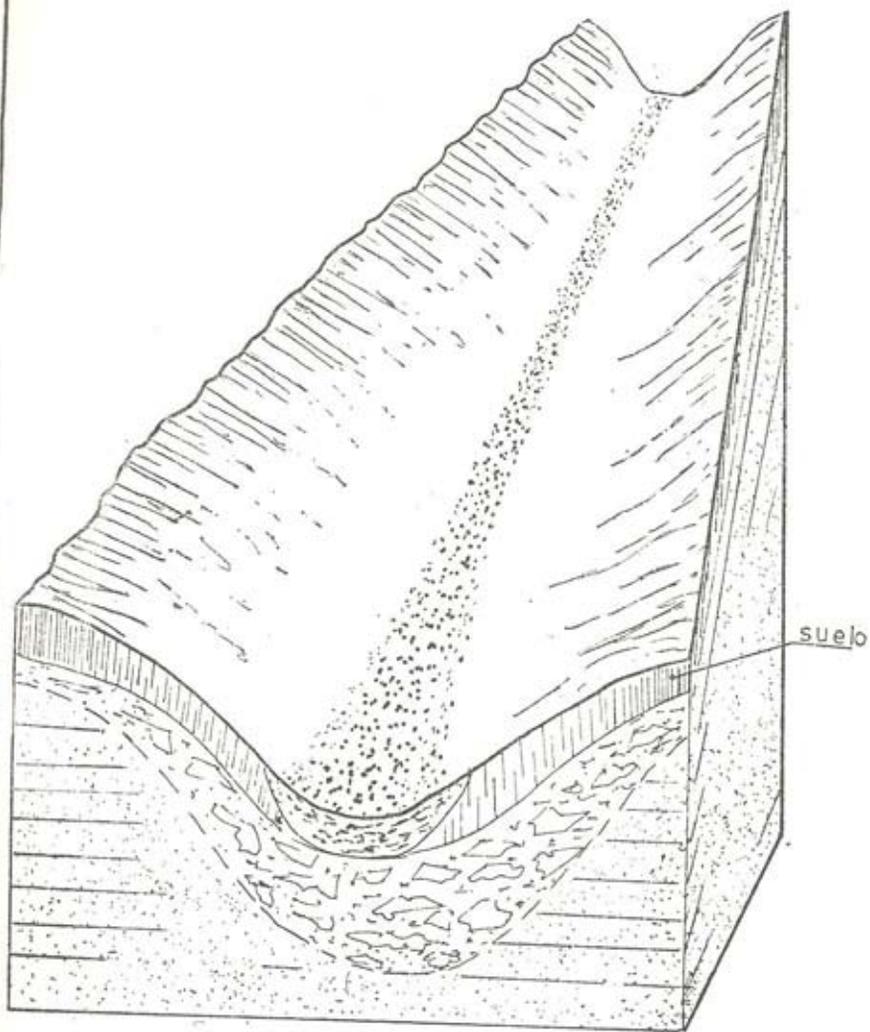


diagrama N° 3

INTERACCION DE MAREAS

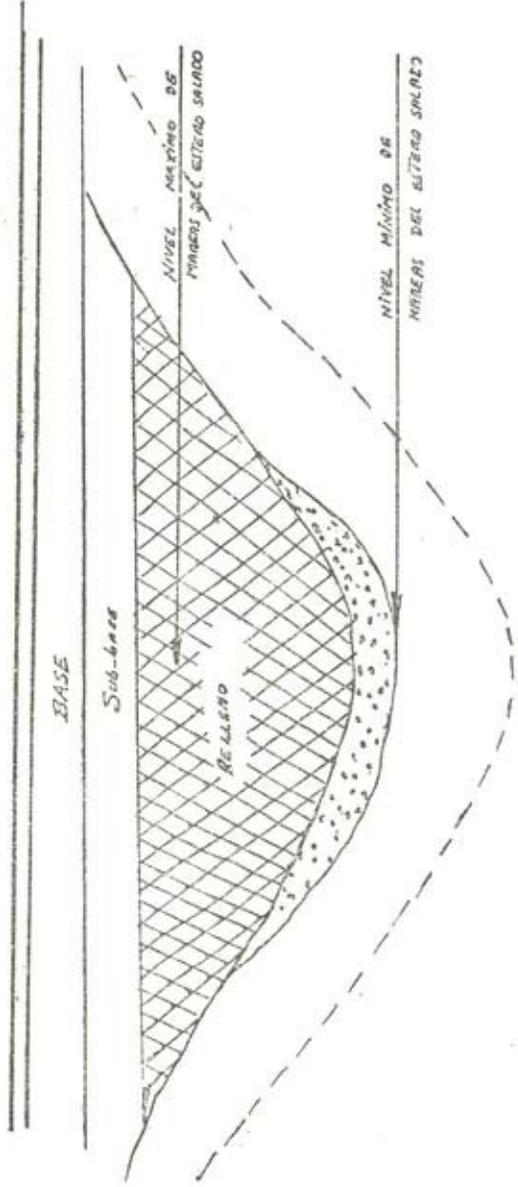
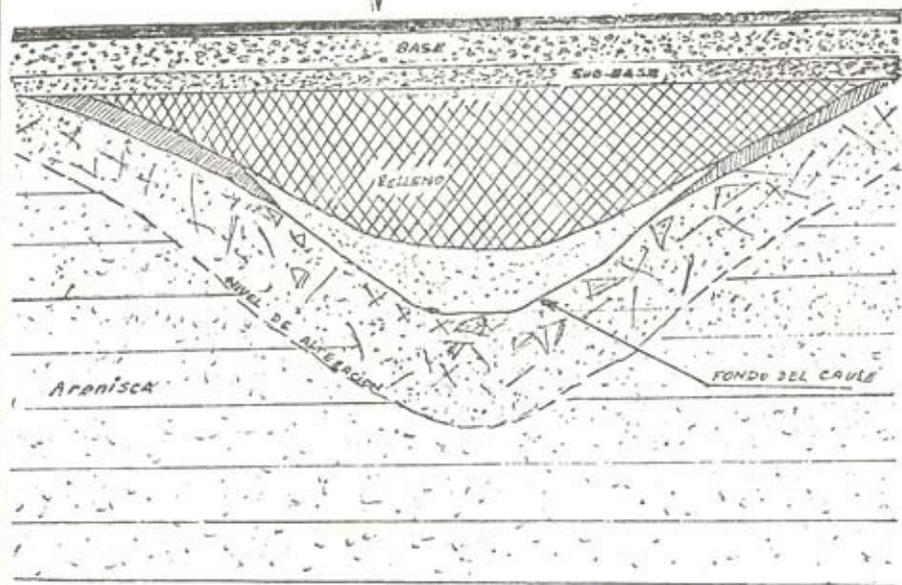


diagrama Nº 4

ESTADO INICIAL

Km = 1:500



DE FORMACIONES

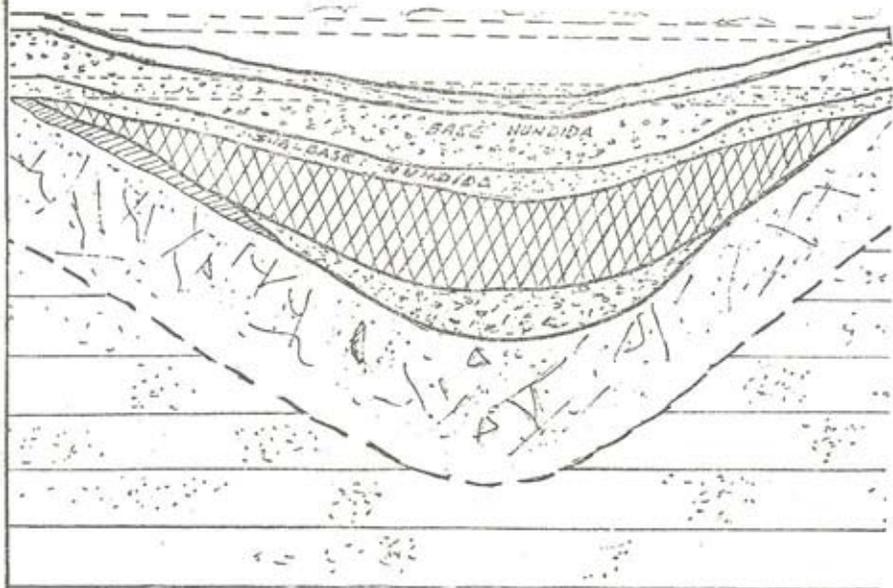
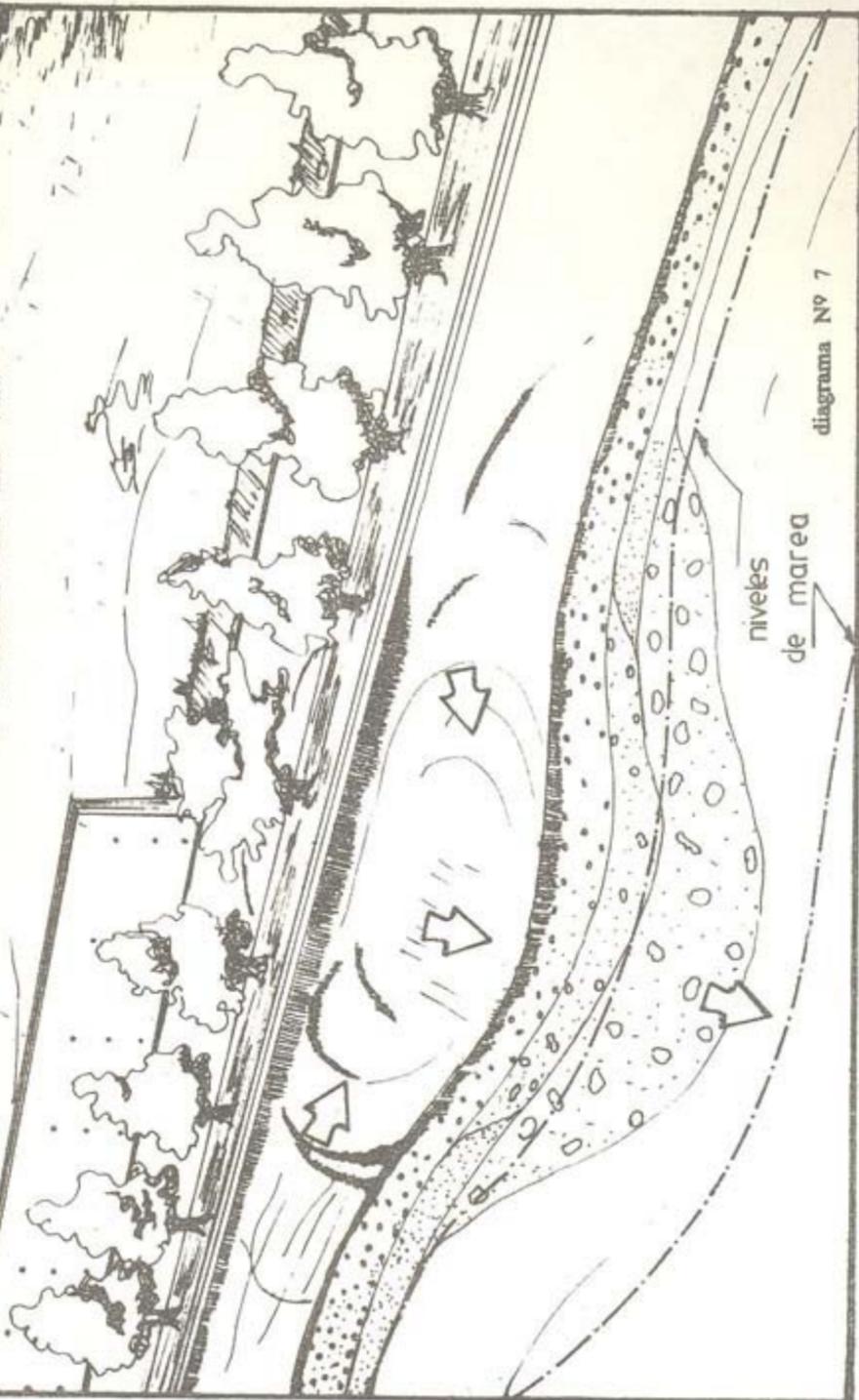
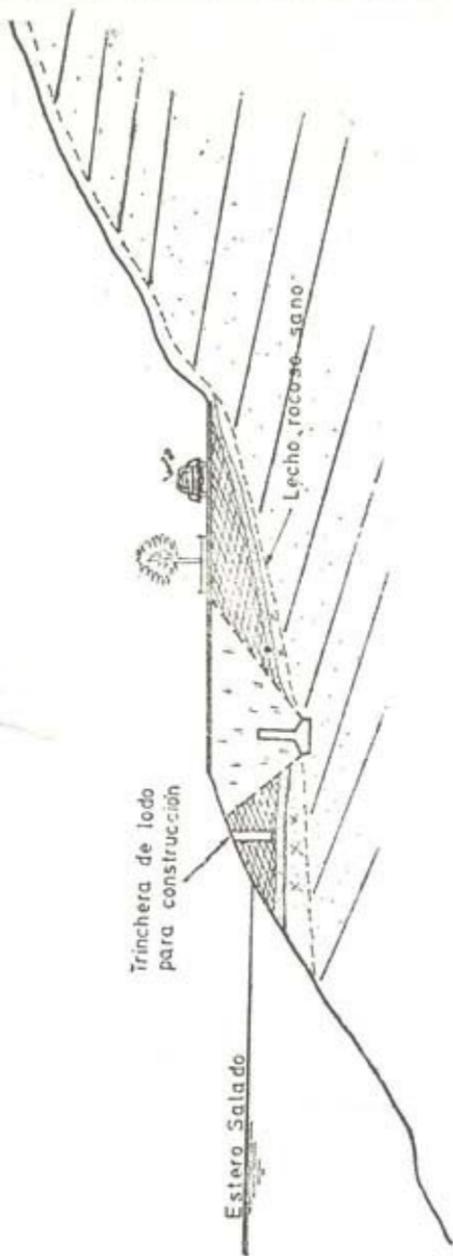


diagrama N° 6

ESTADO ACTUAL DE LA VIA



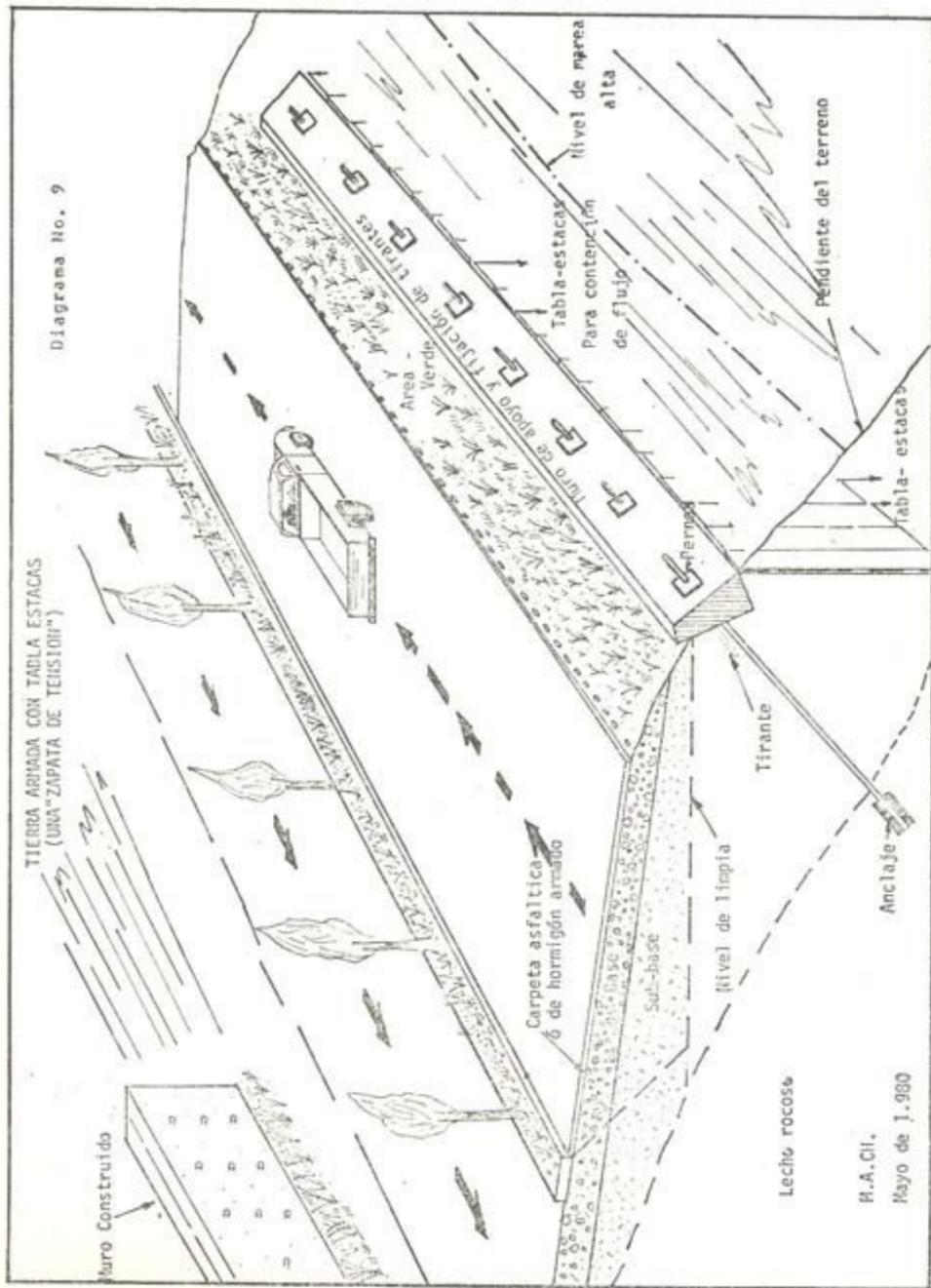
SECCION TRANSVERSAL DEL MURO



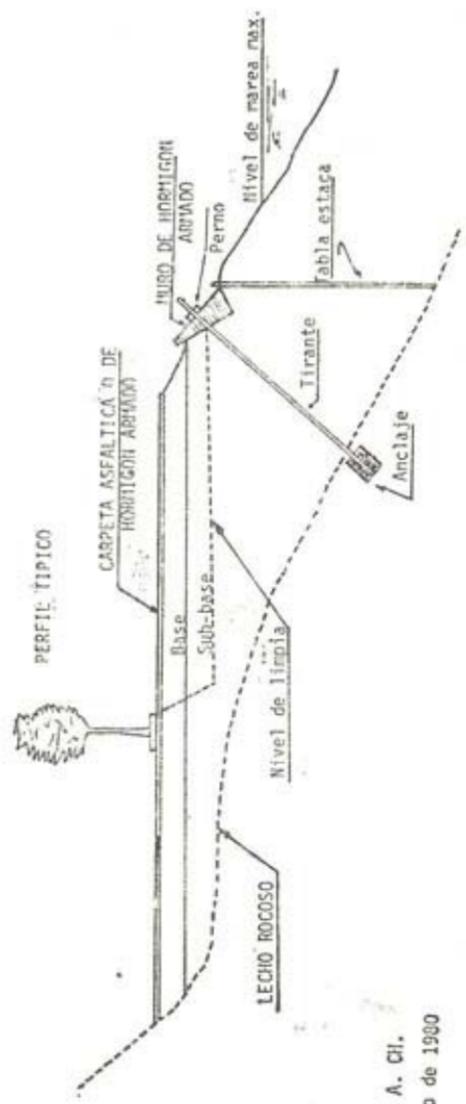
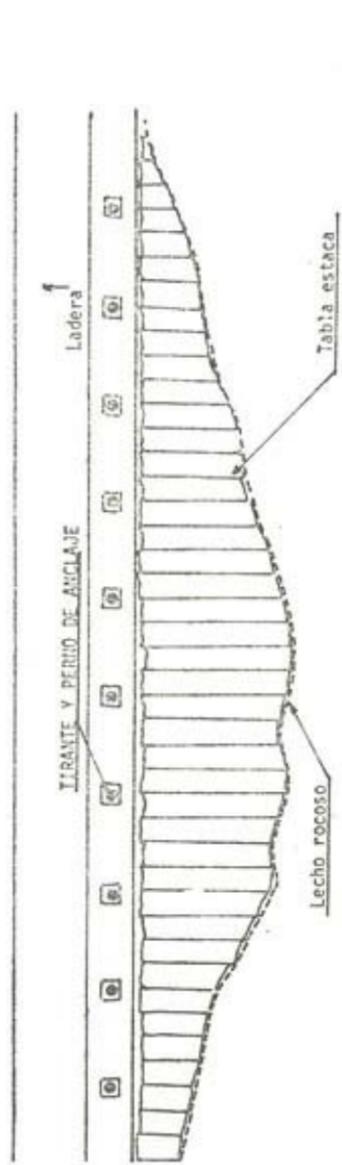
VISTA FRONTAL DEL MURO



Diagrama No. 9

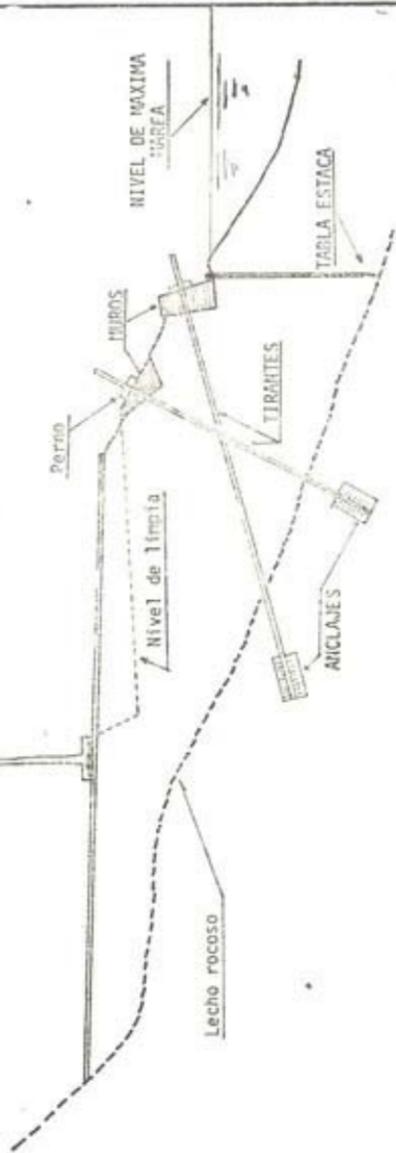
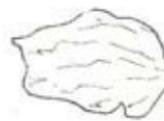


TIERRA ARMADA CON TABLA-ESTACAS
VISTA FRONTAL (UNA "ZAPATA DE TENSION")



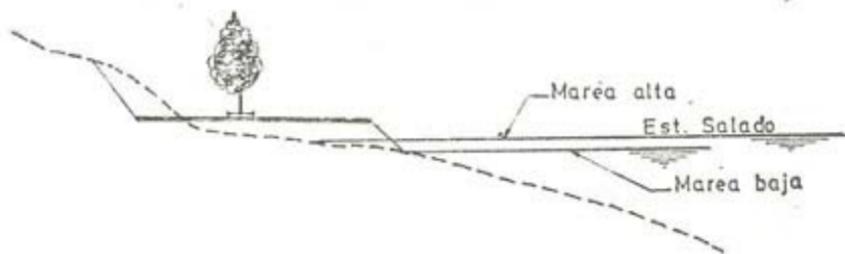
M. A. Cif.
Mayo de 1900

TIERRA ARMADA CON TABLA -ESTACA
TODOS "ZAPATAS DE TENSION"

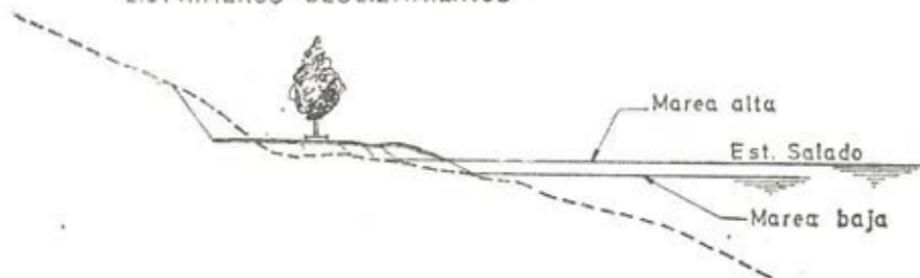


M. A. Di.
Mayo de 1900

1. PERFIL DE LA VIA INMEDIATAMENTE DESPUES DE LA CONSTRUCCION



2. PRIMEROS DESLIZAMIENTOS



3. AVANCE DE DESLIZAMIENTOS

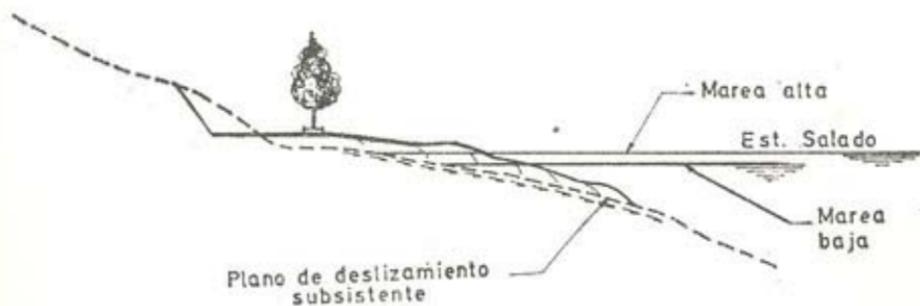
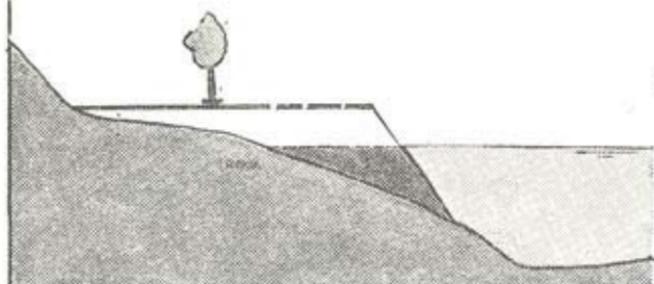
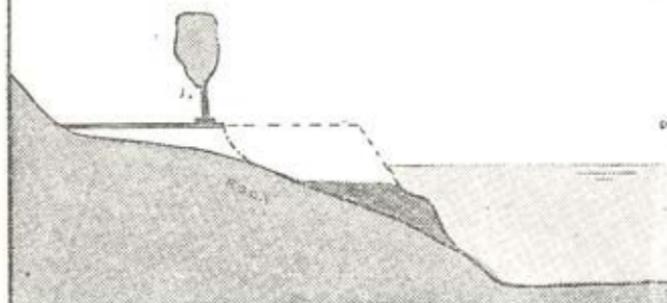


DIAGRAMA "D"

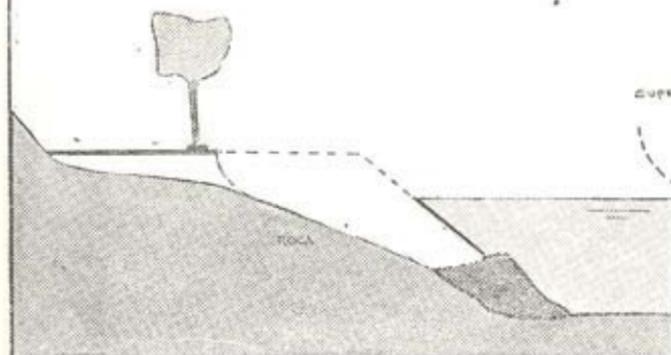
TIPO DE DESLIZAMIENTO



ASTERO SALADO
(MAREA ALTA)



PRINCIPAL SUPERFICIE
DE DESLIZAMIENTO



SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO
POSTERIOR

REFERENCIA E