

EL DESLIZAMIENTO DE OLVERA

MARTINEZ, Marcial. Dr. Ingeniero de Caminos, Jefe del Servicio de Obras Públicas, Cádiz. Junta de Andalucía.
ROMAN, Fernando. Dr. Ingeniero de Caminos. INTECSA.

RESUMEN

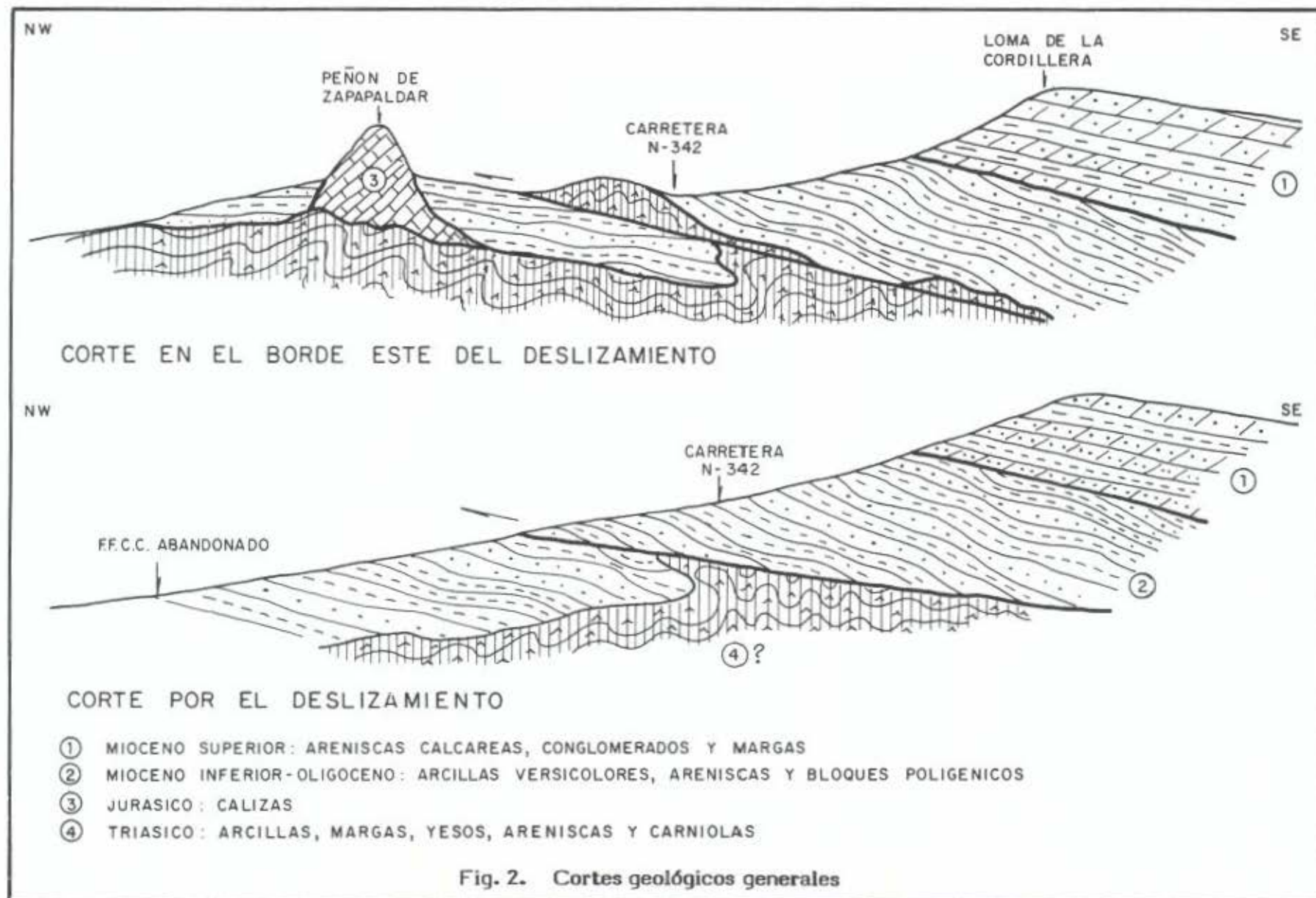
Se describen las características de un deslizamiento de cerca de 1 Millón de m³ que es atravesado, en un tramo de 150 m, por la carretera N-342 en su p.k. 108,600, cerca de Olvera, en el extremo Nor-oriental de la provincia de Cadiz. Se expone una interpretación del deslizamiento así como las soluciones analizadas y ejecutadas para combatir la inestabilidad y su funcionamiento.

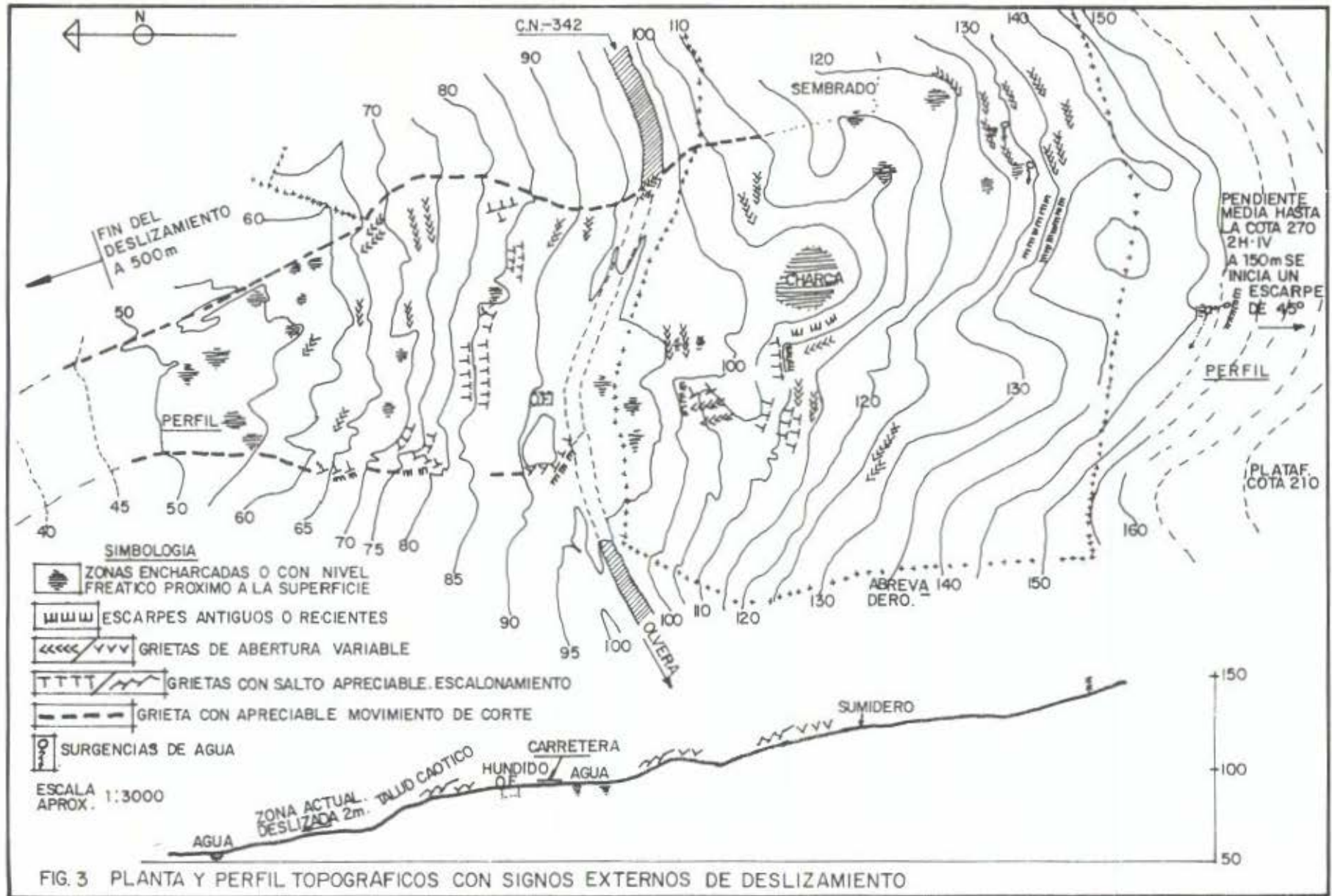
1.- INTRODUCCION

Cerca del límite de las Provincias de Cádiz y Málaga, a unos 6 km al Este de la Población de Olvera, la carretera N-342 (Jerez, Antequera, Granada, Cartagena) discurre por una suave media ladera en la que, en un tramo de unos 10 km y durante muchos años, se han venido produciendo una serie de sucesivos deslizamientos. Uno de ellos, objeto de esta comunicación, destaca por su persistencia y por la magnitud de la masa en movimiento así como por su longitud, si bien solo afecta a un tramo de 150 m de carretera. Se localiza a la altura del P.K. 108,600, en un punto en el que la carretera atraviesa una ligera vaguada. (Figura nº 1).

La inestabilidad de la ladera era conocida desde las fases del proyecto de la carretera (*) y se puso claramente de manifiesto en el momento de construir el terraplén sobre la vaguada en los años 1977-1978 con la aparición de grietas, hundimiento y desplazamientos de la plataforma construída. En 1980 se construyó un sistema de drenaje semiprofundo consistente en una zanja longitudinal rellena de "piedra en rama" en el pie del terraplén más otras transversales bajo aquél. Se realizó asimismo un drenaje superficial consistente en la construcción del relleno en sus primeros 1-1,5 metros como pedraplén y en la ejecución de una nueva obra de fábrica para el desagüe de la vaguada.

(*) La N-342 no ha tenido continuidad, como tal, hasta que se completó el tramo Olvera-Campillos





En casi todas las depresiones o zonas horizontales, desde la cota 125 hacia abajo se acumula agua y en particular existía una charca de unos 30 m de diámetro a 100 m aguas arriba de la carretera.

En las grietas observadas en el terreno entre esta charca y la carretera, el agua aparecía a 20 ó 30 cm de profundidad (en la época del estudio).

c) Grietas

Por encima de la cota 150 no aparecían prácticamente grietas.

En las zonas con topografía y pendientes suaves existían grietas abiertas que indican movimientos traslacionales, subparalelos a la superficie topográfica.

En las zonas de pendientes más acusadas, sobre todo en el relleno (entre las cotas 60 y 90), se podían observar grietas con salto, ocasionando el típico escalonamiento.

Son destacables las grietas que limitan transversalmente el deslizamiento en las que se aprecia un movimiento traslacional acusado de la zona central. Impresionan por su continuidad (250-300 m) y por la magnitud del movimiento. Durante el levantamiento topográfico se apreciaron traslaciones de 15-20 cm/día, y se conocían, tras un periodo lluvioso, desplazamientos de 50 cm/noche.

Por último hay que mencionar el agrietamiento y aspecto caótico general que presentaba toda la superficie del relleno (terraplén) desde la carretera hasta lo que se considera como terreno natural (cota 60-65).

4.- CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

De la inspección visual y del análisis del Informe del Servicio de Materiales basado en sondeos mecánicos, ensayos de penetración dinámica y ensayos de laboratorio, se pudieron extraer las siguientes conclusiones relativas a las características del terreno bajo la carretera.

Hasta 5,50 m - 6,00 m bajo la carretera, aparece una arcilla con un 30% de arena fina, de colores marrones o amarillentos y a continuación aparece una alternancia de arcilla y arenisca, que en principio se estimó como el substrato mioceno, pero que actualmente no existen garantías de que así sea.

Aunque las litologías de ambas capas sean similares se aprecian diferencias en las propiedades físicas, de estado y en las de resistencia a la penetración, tal como se indica en el cuadro siguiente.

	$\gamma_d(T/m^3)$	W	IP	N _{SPT}	N ₂₀
Capa superior	1,45	31,2	0,65(LL-1)	10-16	5
Capa inferior (Substrato in situ?)	1,69	21,0	0,67 (LL-9)	Rech.	20-R

5.- INTERPRETACION DEL DESLIZAMIENTO

En la figura 4 se ha dibujado un corte esquemático longitudinal del deslizamiento que incluye los paquetes de arenisca del mioceno superior, pues se estima que el deslizamiento actual está asociado a un primer deslizamiento de aquellos paquetes.

Un intento de interpretación del fenómeno es el siguiente:

El origen del deslizamiento puede estar en una rotura de la cabecera de la ladera (Tramo A) donde los estratos alternados de arenisca (o conglomerado) y margas buzan hacia la derecha. Esta rotura ha podido comenzar por una flexión de los estratos a causa de una pérdida de resistencia de niveles margosos de la base (1) o por descalce de aquellos; el vuelco y la flexión de los estratos han abierto juntas conjugadas con la estratificación por donde han progresado la entrada de agua y meteorización general de la cuña flectada. No descartamos la posible existencia de una vena de agua (artesianas?) que haya sido el primer origen del debilitamiento de las capas.

A continuación ha podido producirse una rotura de la base de toda la cuña flectada (quizás más arcillosa y saturada), deslizando ésta hacia abajo y quedando una masa (2) al pie del escarpe con una estructura geológica todavía reconocible.

Sucesivos deslizamientos en el pie de estas masas deslizadas (Tramo B) han ido desorganizando la estructura del macizo hasta transformarla en la masa arcillosa que engloba bloques de arenisca de los tramos C y D.

El agua sale por los puntos (3) y (4) bien porque son la salida de niveles de arenisca todavía interconectados entre sí, o bien porque los cambios de pendiente, con un nivel freático somero, obligan a dichas surgencias de agua. Sin embargo el hecho de que en los tramos C y D no se observen surgencias puntuales de agua redonda quizás en favor de la primera de estas dos hipótesis.

La masa de arcillas, arcillas arenosas y arenas (que proceden de la alteración de los niveles areniscosos), y que engloba bloques de arenisca, se mueve de una forma desordenada, paralelamente a la primitiva superficie topográfica, a lo largo de la vaguada.

Las causas del deslizamiento de esta masa están, por un lado, en la saturación de la matriz arcillosa, con la consiguiente disminución de su resistencia al corte, y por otro, en las presiones intersticiales que actúan prácticamente en toda la altura del terreno en movimiento.

Es fácil demostrar que para un movimiento traslacional plano, con flujo de agua paralelo a la superficie y con el nivel freático prácticamente aflorante el deslizamiento se produce cuando, para una cohesión despreciable, el ángulo de rozamiento es:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\operatorname{sen} \alpha}{\cos \alpha - \frac{\gamma_w}{\gamma_a}}$$

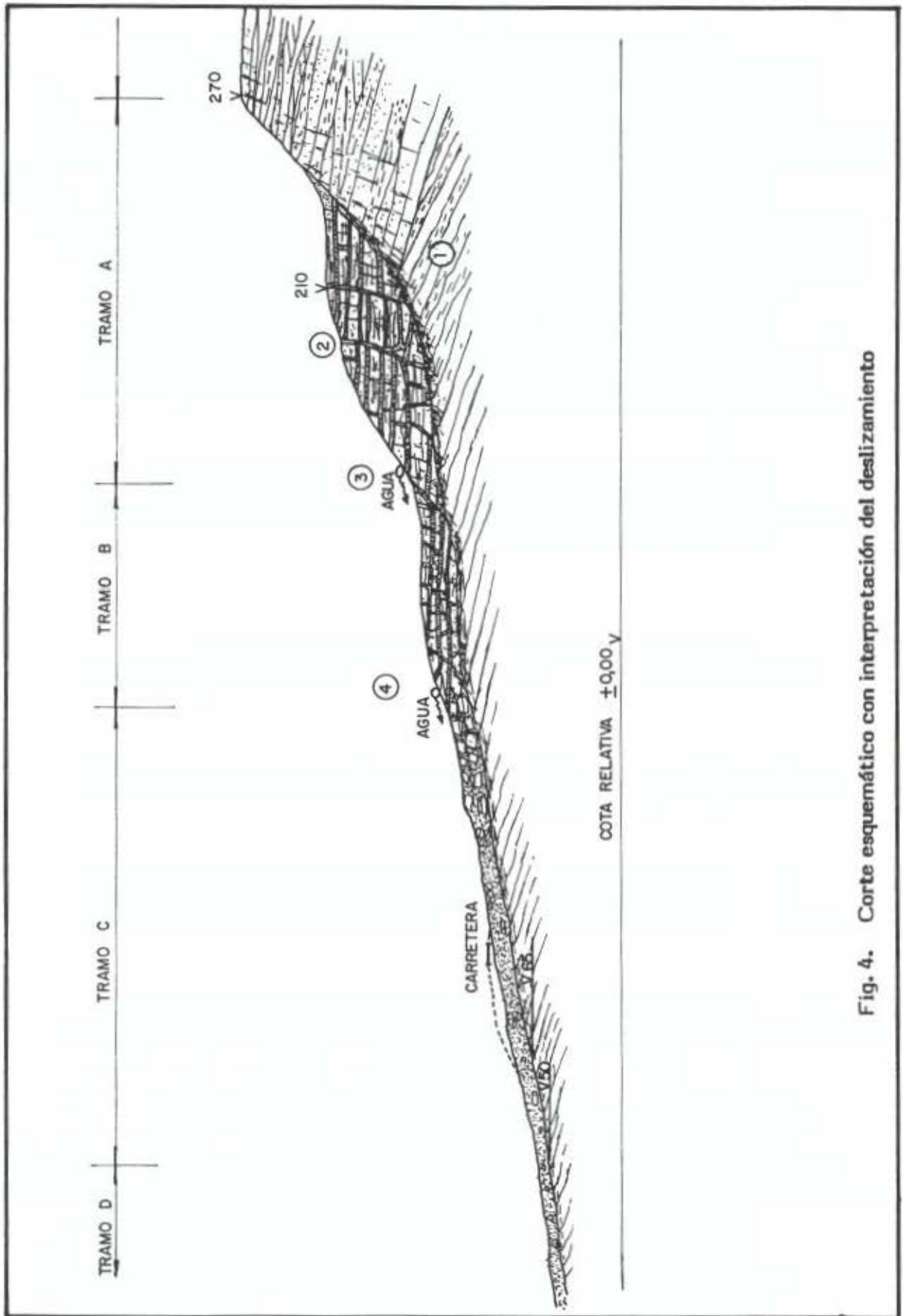


Fig. 4. Corte esquemático con interpretación del deslizamiento

donde: α = pendiente en grados de la superficie
 γ_a = peso específico aparente de la masa movida en T/m³
 γ_w = peso específico del agua

Para la pendiente de la zona media en movimiento, de 10-12°, resulta un ángulo de rozamiento de $\varphi = 21-25^\circ$ que es un valor que razonablemente debemos esperar de la matriz arcillosa.

Este deslizamiento, que debería llamarse más propiamente reptación ("creep") o incluso flujo de barro, se produce en condiciones naturales. De hecho se sigue produciendo aguas abajo de la carretera fuera de su influencia. Por lo tanto al colocar un peso encima (el terraplén de la carretera), con el incremento de presiones intersticiales que se genera, el movimiento se acentúa, debiendo disminuir cuando las sobrepresiones intersticiales se redujeran. Este movimiento del terreno de cimentación ha ocasionado que el terraplén colocado encima haya ido rompiéndose paulatinamente, agrietándose y saturándose, con lo que se ha ido confundiendo con la masa de suelo que se mueve.

El agua que satura la "lengua" en movimiento proviene de la lluvia directa que se infiltra a favor de las depresiones, tramos de escasa pendiente, grietas, etc., así como de la que surge de los manantiales comentados. Se desconoce si existe una infiltración desde el sustrato "in situ" hacia la masa en movimiento por su cara inferior, y no debe descartarse esta posibilidad.

En **resumen**, se pueden distinguir:

El tramo A y parcialmente el B donde existe una masa rocosa movida, pero que conserva en parte su estructura y que podría moverse en bloque, de una forma más ordenada por superficies de rotura más o menos conocidas (circular, quebradas,...).

Estos tramos pueden ser estables a corto y medio plazo, salvo pequeñas reptaciones en su superficie que disminuirían tras la recogida y canalización del agua de escorrentía y de los manantiales.

Los tramos C y D, donde no se distingue la estructura primitiva, y donde el movimiento es de tipo reptación. En estos tramos, de menor pendiente, se ha estimado como muy probable que el sustrato primitivo no ha sufrido movimientos apreciables y que la masa movida procede en su mayor parte de las cotas más altas.

Los tramos C y D son inestables "per se" y su inestabilidad puede disminuir, o desaparecer, si la matriz arcillosa dejara de estar saturada y desaparecieran las presiones intersticiales; es decir, si se eliminara el agua.

6.- OBRAS CORRECTORAS EJECUTADAS. SU FUNCIONAMIENTO

Las actuaciones realizadas preliminarmente así como las del proyecto de corrección persiguen el mismo fin: evitar la infiltración del agua de escorrentía y drenar la existente en el terreno.

Otras soluciones fueron planteadas después de la última investigación y consistían en la realización de una estructura que salvara la vaguada, o bien en la excavación y sustitución de la totalidad de la masa movida bajo la carretera o en el establecimiento de una "presa" en arco, etc. La dificultad de su proyecto y/o su excesivo coste las hacían de escasa viabilidad y rentabilidad.

Las obras ejecutadas bajo las directrices de la actual Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía (Delegación de Cádiz) siguieron las directrices del proyecto original pero haciendo hincapié en el drenaje profundo.

Se ejecutaron las zanjas drenantes de mayor profundidad compatible con los medios económicos disponibles, de unos 6 m de profundidad, con tubo dren colector y se restituyó la carretera adaptándola al terreno al máximo, prefiriéndose pequeños desmontes (1-3 m) antes que cualquier terraplén que no fuese el "paquete" del firme.

Estas labores de drenaje suelen funcionar con éxito como medidas precautorias de posibles deslizamientos, al menos durante el plazo de la vida del dren (¿colmatación?). Sin embargo, en una masa en movimiento casi constante, como la de nuestro caso, difícilmente pueden pararlo totalmente, al menos en los primeros años, lo que puede traducirse en roturas del sistema de drenaje con la consiguiente y problemática inversión del fenómeno. Si a esto unimos la dificultad de precisar con exactitud la potencia de terreno deslizado se puede deducir que cualquier solución de este tipo cuenta siempre con un cierto grado de incertidumbre en la garantía de conseguir la estabilización total.

En nuestro caso se ha comprobado en los dos primeros años de funcionamiento que las obras proyectadas y construidas han cumplido su misión de combatir el deslizamiento en el sentido de reducir los desplazamientos de varios metros por año, antes de las obras, a una magnitud inferior a 1 m por año. Esto se ha traducido en unas obras de conservación menos costosas, así como, lo más importante, ha permitido mantener abierta al tráfico una carretera cortada en numerosas ocasiones anteriores.

Las razones de no conseguir una mayor estabilización pueden estar, tal como se ha apuntado, en:

- Dificultad de precisar la potencia de la masa en movimiento con lo que el drenaje puede quedarse escaso en profundidad.
- Dificultad de situar y mantener eficazmente los drenes necesarios.

En cualquier caso creemos que los trabajos de investigación y estabilización de la ladera han sido adecuados y eficaces, y con un alcance proporcional a la magnitud de la obra a estabilizar.

Para el caso de que la magnitud de los desplazamientos lo aconsejara, se había propuesto una segunda fase con nuevas investigaciones, ampliación del drenaje profundo, regularización de la superficie topográfica, establecimiento de una red de cunetas para evacuación de la escorrentía y además, aguas abajo de la carretera actual, un drenaje profundo.

El hecho de que en el primer invierno en que se lograba "contener" el deslizamiento, aparecieran otros a menos de 1-2 km, en donde nunca se habían producido, ha obligado a reconsiderar el tema en profundidad.

Así pues, en estos momentos, se está estudiando la posibilidad de una variante (del citado tramo de unos 10 km) que discurra por la ladera opuesta del valle. Esta solución, de elevado coste bajo el punto de vista de considerarla solo para el deslizamiento analizado, resulta razonable para el conjunto del tramo de media ladera inestable.