

63105



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS
POR EL DESLIZAMIENTO DE UNA
LADERA EN EL CASCO URBANO
DE CAZORLA (JAEN)

I N D I C E

1.- INTRODUCCION.

2.- ANTECEDENTES.

3.- SITUACION GEOGRAFICA.

4.- DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS DEL DESLIZAMIENTO.

4.1. ENCUADRE GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO.

4.2. CONDICIONANTES METEOROLOGICOS.

4.3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES.

4.4. CONDICIONANTES SISMOTECTONICOS.

4.5. PROBLEMATICA.

5.- MEDIDAS CORRECTORAS.

5.1. DRENES HORIZONTALES.

5.2. MUROS DE GAVIONES.

5.3. MEDIDAS COMPLEMENTARIAS.

6.- CONCLUSIONES.

A N E X O S

I: PLANOS Y PERFILES.

II: ENSAYOS DE LABORATORIO.

III: FOTOGRAFIAS.

IV: VALORACION ECONOMICA ESTIMATIVA.

Este estudio ha sido realizado por el siguiente equipo:

- D. Francisco Javier Ayala Carcedo.

Ingeniero de Minas.

Director del estudio. I.T.G.E.

- Dña. Mercedes Ferrer Gijón.

Licenciada en CC. Geológicas.

I.T.G.E.

- D. José A. Grao del Pueyo.

Licenciado en CC. Geológicas.

GEONOC, S.A.

- D. Guillermo O. Conconi.

Ingeniero Civil.

GEONOC, S.A.

El Instituto Tecnológico Geominero de España (I.T.G.E.), ha realizado con la colaboración de GEONOC S.A., un estudio sobre Riesgos Geológicos inducidos por deslizamientos de ladera en la localidad de Cazorla (Jaen).

El estudio se enmarca dentro del conjunto de trabajos de investigación que el I.T.G.E. realiza para el control de situaciones inestables del entorno Geológico.

Los trabajos están destinados al análisis de las características del fenómeno, a evaluar el grado de riesgo de la situación y a determinar unas conclusiones y recomendaciones a seguir para la solución del problema. Asimismo se incluye una evaluación económica estimativa de las recomendaciones sugeridas.

Este trabajo se ha realizado en virtud de la asistencia solicitada a este Instituto por la Alcaldía de Cazorla, por mediación de la Unidad de Protección Civil de Jaen.

MADRID JUNIO DE 1990.

1.- INTRODUCCION.

Cazorla es una localidad situada al Sur de la Provincia de Jaen.

En las proximidades del Casco Urbano, y en ocasiones dentro de él, se han localizado numerosos deslizamientos de ladera. Los principales se encuentran al Este del Casco Urbano, en una zona donde se iba a situar la "Villa Turística". Estos grandes deslizamientos están siendo estudiados en la actualidad por la empresa IBERINSA, que ha realizado una campaña geofísica y numerosos sondeos mecánicos en la zona. Por dicho motivo, este estudio se centrará solo en el deslizamiento de ladera que se ha producido dentro del Casco Urbano.

Los deslizamientos afectan a materiales cuaternarios (coluviales y eluviales) constituidos por unas arcillas margosas con abundantes cantos en la zona superior.

El deslizamiento estudiado se encuentra entre las calles de Ximénez de Rada y Martínez Falero de Cazorla. Recientemente se han construido en la coronación del deslizamiento unas viviendas. Anteriormente se había construido en el pie, realizando un cierto desmonte, un edificio con 2 sótanos. Asimismo se había instalado un muro a media ladera, entre las dos calles.

El cuatro de Enero de 1990 después de una época de intensas lluvias, se produjo un deslizamiento en dicha zona, que ocasionó graves daños al muro.

En esta zona se habían producido anteriores inestabilidades (deslizamientos) el 15 de Abril de 1984. Presumiblemente se produjo también otro movimiento en dicho lugar hace 25 años.

Por tanto se trata de reactivaciones de un paleodeslizamiento.

Finalmente se han localizado zonas inestables en los alrededores del polideportivo, que se han corregido mediante muros de gaviones (fotografía 8).

2.- ANTECEDENTES.

Existen numerosos trabajos sobre los deslizamientos que afectan a las laderas de Cazorla.

A raíz del deslizamiento del 15 de abril de 1984, el 30 de abril de ese mismo año, el Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) emite un "Informe Técnico sobre la visita realizada, en relación a un deslizamiento de ladera, en la población de Cazorla". Dicho informe concluye considerando imprescindible la realización de un estudio geotécnico.

Posteriormente, la empresa VORSEVI S.A., realiza el 11 de Junio de 1985, un estudio Geotécnico en el solar destinado a la Villa Turística, en la carretera de Cazorla a Iruela. Dicho estudio incluye 4 sondeos mecánicos, 4 ensayos de penetración dinámica tipo Borro, así como ensayos de laboratorio.

Más adelante, en Diciembre de 1985, el Servicio Geológico del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo realiza otro informe sobre los deslizamientos de Cazorla. Dicho trabajo es realizado por D. Angel García Yagüe.

Todos estos informes ya señalan como medidas correctoras el drenaje de la masa deslizada y la realización de medidas de contención (muros anclados a la roca).

En la actualidad la empresa IBERINSA está realizando un informe sobre los grandes deslizamientos de la "Villa Turística". Entre los trabajos de campo se han realizado sondeos mecánicos y una campaña geofísica.

3.- SITUACION GEOGRAFICA.

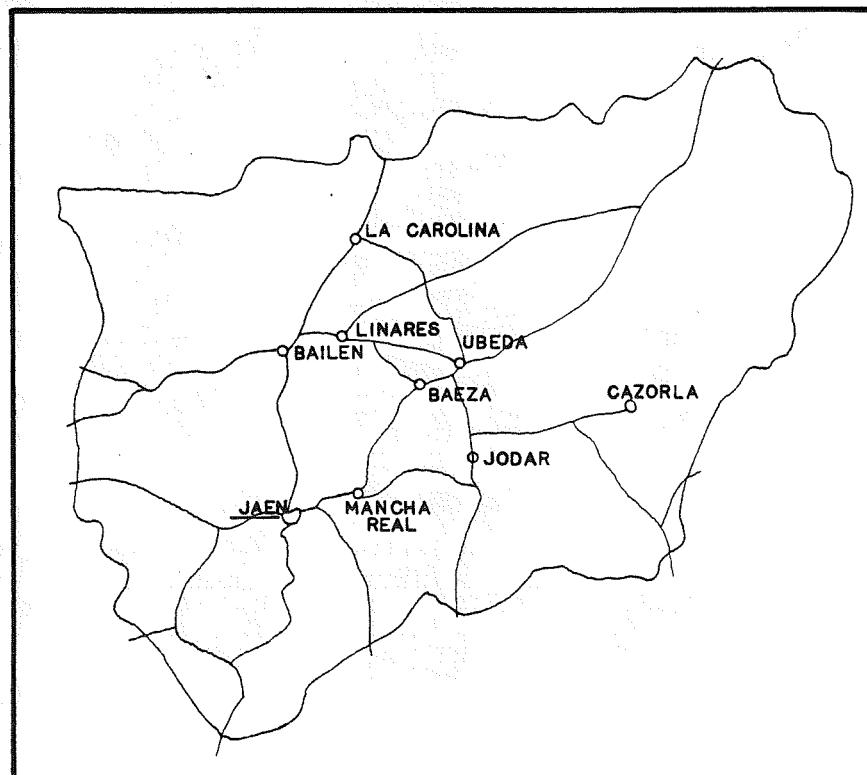
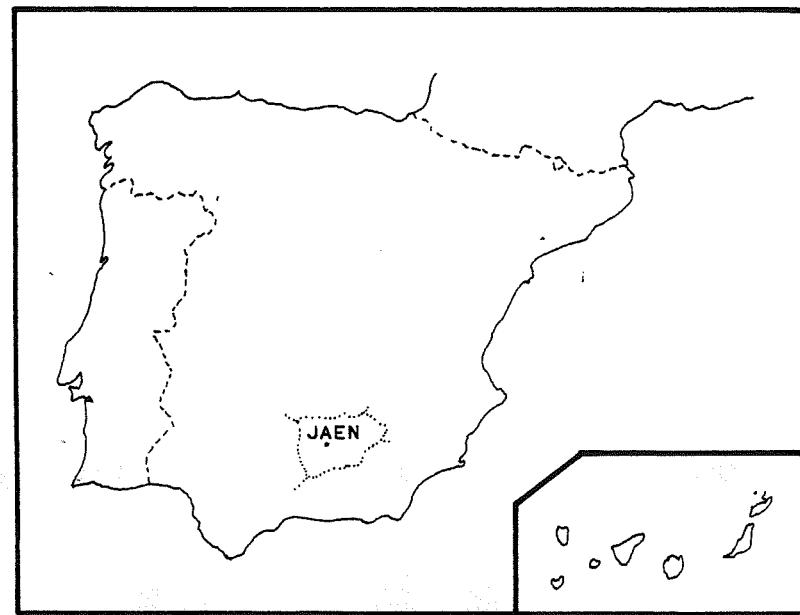
La localidad de Cazorla está situada en el Sur de la Provincia de Jaen, en la falda NW de la Sierra que lleva su nombre.

Está situada a una cota de 826 metros sobre el nivel del mar.

A esta localidad se accede por la carretera Comarcal C-328 de Mancha Real a Cazorla.

Pertenece a la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir. En el censo de 1981 contaba el Municipio con 10.000 habitantes.

LOCALIZACION GEOGRAFICA



II

CAZORLA

21-37
(928)



FUENTE: MAPA DEL SERVICIO GEOGRAFICO DEL EJERCITO

Escala 1 : 50.000

CAZORLA

Hoja 928

4.- DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS DEL DESLIZAMIENTO.

4.1. Encuadre Geológico e Hidrogeológico.

Desde el punto de vista de la Geología Regional, la Sierra de Cazorla pertenece a la Zona Prebética según la división realizada por FALLOT (1984) de las Cordilleras Béticas.

Los rasgos estratigráficos más generales de la serie son:

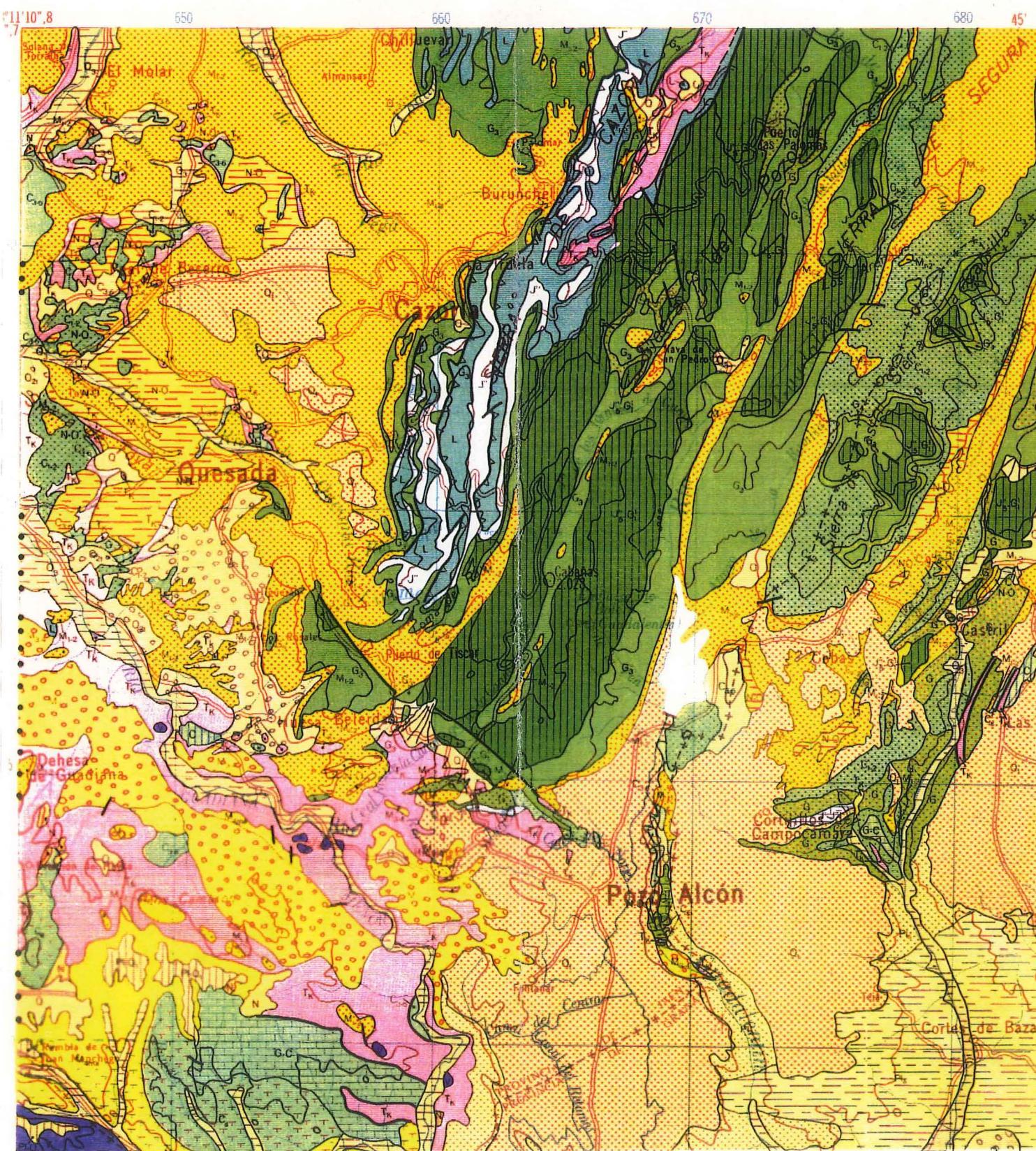
- a) Predominio de calizas frecuentemente dolomitizadas, en muchos términos del Jurásico y del Cretácico.
- b) Facies terrígenas en el Cretácico Inferior, con episodios de facies, o por lo menos fuerte influencia continental.
- c) Numerosas lagunas estratigráficas, y débiles discordancias internas en sus series.

La Sierra de Cazorla se caracteriza por una tectónica de escamas, todas ellas con vergencia al Oeste. Las escamas más externas cabalgan a su vez a los materiales Terciarios de la Depresión del Guadalquivir.

P. Fallot (1945) estudió la zona y elaboró el corte geológico que aparece en la figura 4.1.1.

MAPA GEOLÓGICO

LEYENDA



Escala 1:200.000

Proyección U.T.M. Elíptico de Hayford.
Altitudes referidas al nivel medio del mar en Alicante.
Equidistancia de Curvas 400 metros.
Longitudes referidas al meridiano de Greenwich. Datum Europeo.

CUATERN.

HOLOCENO	
PLEISTOCENO	
VILLAFRANQUIENSE	?

NEOGENO

PLIOCENO	
?	
VINDOBON.	
HELCIENSE	
BURDIGALIENSE	
AQUITANIENSE	

ROCAS VOLCANICAS

ZONA PREBETICA

NEOG.

MIOCENO	
BURDIGALIENSE	
AQUITANIENSE	

PAL.

OLIGOCENO	
EOCENO	

CRETACICO

SUPERIOR	SENONENSE	
	TURONENSE	
	CENOMANENSE	
	ALBENSE	
	APTENSE	
NEOCOMIEN.	VALANG.	

JURASICO

MALM	PORTLANDES	
LIAS		L

TRIAS

KEUPER		T _K
--------	--	----------------

SIMBOLOS GEOLOGICOS

—	Contacto de formaciones
—	Falla
—	Falla con indicación del hundimiento
- - -	Falla supuesta
—	Falla con indicación del corrimiento
△△△△△	Falla inversa
—	Rumbo y buzamiento de las capas
—	Buzamiento invertido
+	Capas horizontales
—	Capas verticales
—	Cabalgamiento
—	Anticinal
—	Anticinal volcado
—	Con dirección de buzamiento del eje
—	Cúpula o domo
<<<<<	Anticlinorio
—	Sinclinal
—	Sinclinal volcado
—	Sinclinal con dirección de buzamiento del eje
X > > X	Sinclinorio
• • •	Cambio de información

Más concretamente la zona inestable objeto del presente estudio se instala sobre un recubrimiento cuaternario (coluvial y eluvial) constituido por unas arcillas margosas, con numerosos cantos en la zona superior. El espesor de este tramo en general supera los 3 metros y localmente alcanza los 10 metros (según los sondeos realizados en los alrededores). El coluvial está constituido por la acumulación de materiales caídos de las zonas más altas y el eluvial por materiales residuales resultantes de la alteración "in situ" del sustrato. La superficie de rotura del deslizamiento se enclava posiblemente en estos materiales. Superficialmente aparecen unos rellenos heterogéneos antrópicos.

El sustrato está constituido por unas margas y calizas de edad Miocena.

* Desde el punto de vista HIDROGEOLOGICO se pueden diferenciar 2 comportamientos diferentes:

- semipermeables los recubrimientos cuaternarios. La permeabilidad es mayor en el coluvial con cantos (zona superior) que en el eluvial (más arcilloso).
- impermeable el sustrato o zócalo de margas y semipermeable el de calizas, condicionando a las zonas diaclasadas, fracturadas, o en su caso Karstificadas.

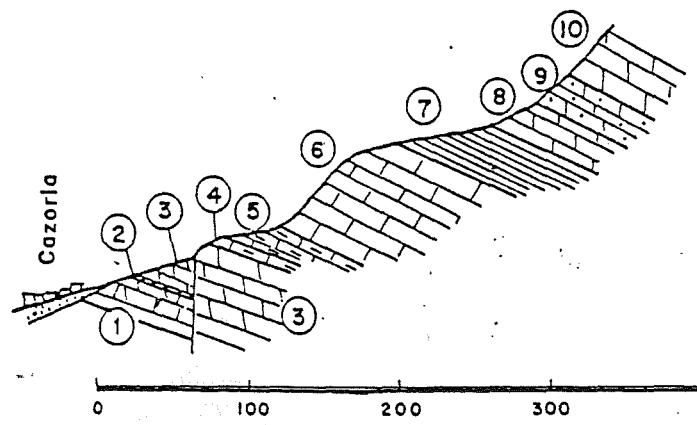


Figura 4.1.1. - Corte litológico por Cazorla (P. Fallot)

- 1.- Serie dolomítica. Sobre margas y areniscas neógenas
- 2.- Areniscas blandas estériles. Terciario
- 3.- Nivel dolomías
- 4.- Margo-calizas dolomíticas
- 5.- Margo-calizas grises
- 6.- Calizas blancas. Neógeno. Burdigaliense
- 7.- Margas azuladas. Mioceno
- 8.- Nivel amarillento. Aspecto dolomítico (Senonense)
- 9.- Calizas blancas oolíticas. Jurásico
- 10.- Dolomías oscuras

El agua procedente de la infiltración directa, o bien la aportada subterráneamente por las calizas mesozoicas de la Sierra de Cazorla, va a circular por el recubrimiento cuaternario (sobre todo por la zona superior constituida por el coluvión).

4.2. Condicionantes Metereológicos.

La localidad de Cazorla presenta las siguientes precipitaciones medias mensuales y máximas en 24 horas, en el período 1981-1985 (*).

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Total Mensual	64,70	56,40	72,90	112,6	73,00	10,8	6,70
Máxima en 24H	75(82)	42(85)	31(84)	93(84)	34(84)	16(81)	17(81)

MES	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Total Mensual	8,3	10,6	23,10	130,90	125,90	695,8
Máxima en 24H	17(83)	10 (82)	36(82)	155 (82)	86(81)	93(84)

(*) Datos extraídos del observatorio de Cazorla (Nº 5038)

Como puede observarse hay 2 épocas más lluviosas:

- Abril.
- Noviembre y Diciembre.

El riesgo de deslizamiento de laderas será mayor en estas épocas, por la asociación del fenómeno a la presencia de agua en los materiales afectados.

De los valores recogidos para el período 1981-1985, se obtiene que la precipitación máxima en 24 horas se produjo en Abril de 1984, siendo posiblemente el factor desencadenante del deslizamiento que tuvo lugar el día 15 de Abril.

Durante los meses previos al deslizamiento se produjeron las siguientes precipitaciones:

Mes de 1989 Precipitación	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
TOTAL MENSUAL (mm)	125	106,5
MAXIMA EN 24 HORAS	55 (dia 30)	22 (dia 17)

Se puede deducir que en el deslizamiento que se ha producido el día 4 de Enero de 1990, no han influido tan decisivamente las lluvias, ya que han sido inferiores a las precipitaciones medias. No

obstante, es clara la relación entre el fenómeno y una época lluviosa.

4.3. Características geotécnicas de los materiales.

En el apartado 4.1. ya se han descrito las litologías involucradas en la inestabilidad objeto del presente estudio. A partir de las muestras tomadas en campo se han realizado en el laboratorio una serie de ensayos encaminados a determinar los parámetros geotécnicos de los materiales. Estos datos se han completado con valores extraídos de tablas bibliográficas.

RECUBRIMIENTOS CUATERNARIOS NO ANTROPICOS

Estos materiales presentan una gran variabilidad granulométrica, por lo que sus parámetros geotécnicos van a ser asimismo muy variables.

Las granulometrías efectuadas han dado los siguientes valores:

Gravas: 37 - 52 %

Arenas: 17 - 18 %

Finos: 30 - 45 %

Se han realizado ensayos de límites de Atterberg y se han obtenido los siguientes resultados:

- Límite Líquido (WL) 26 - 30 %
- Límite Plástico (WP) 17 - 18 %
- Indice de Plasticidad (IP) 8 - 10 %

Estos valores indican que los finos del suelo son arcillas de baja plasticidad (CL).

Se han realizado asimismo ensayos de contenido en carbonatos y los resultados obtenidos indican que se trata de arcillas margosas (65 - 70 % de CO_3Ca).

Según la clasificación U.S.C.S. corresponden al grupo GC de gravas arcillosas.

A estos valores, se le pueden asignar los siguientes parámetros geotécnicos (1):

PICO	$\gamma = 2,00 \text{ T/m}^3$ $\phi' = 28^\circ$ $C' = 3 \text{ T/m}^2$
------	---

RESIDUAL	$\phi' = 22^\circ$ $C' = 0 \text{ T/m}^2$
----------	--

Por tratarse de la reactivación de un paleodeslizamiento, el material deslizado presenta condiciones residuales.

(1) Según el GRUNDBAV TASCHENBUCH, 3a ED. 1a Parte 1980.

Estos datos son aplicables al coluvial con cantos, ya que el eluvial más arcilloso tendrá una resistencia considerablemente menor, que no se puede evaluar al no haber sido posible la toma de muestras.

Todos estos valores aparecen en el cuadro general de ensayos de Laboratorio que se ha incluido en los anexos.

4.4. Condicionantes sismotectónicos.

Cazorla está situada en una zona de alto riesgo sísmico (grado 7º).

El riesgo sísmico es un factor que va a poder contribuir a desencadenar nuevas reactivaciones del paleodeslizamiento, sobre todo si se encuentra en condiciones residuales de resistencia y con un factor de seguridad muy próximo a uno.

4.5. Problemática.

4.5.1. Problemática puntual.

El casco urbano de Cazorla es afectado por un deslizamiento de ladera que ha tenido múltiples movimientos históricos. La situación de este deslizamiento aparece en el plano I existente en los anexos. La coronación del deslizamiento está constituida por la fachada posterior de un edificio de viviendas adosadas de reciente construcción. En el pie del deslizamiento se ha realizado un desmonte y se ha construido un edificio de viviendas de 4 alturas y

un sótano. A media ladera se instaló un muro de ladrillos sin armadura que se ha deformado a causa de los empujes. La tendencia al aumento de longitud ha provocado la aparición de tracciones en sentido longitudinal. Al no poder resistirlas el muro, han aparecido grietas verticales de gran e igual apertura desde su coronación hasta su cimiento. Este muro no ha volcado al romper, posiblemente por presentar una cimentación tipo zapata continua; se ha producido un deslizamiento a través de la cimentación del muro. Sobre estas grietas abiertas se colocaron "testigos de yeso" que, pueden registrar nuevos movimientos.

Al tratarse de la reactivación de un paleodeslizamiento, la resistencia de los materiales se encuentra en condiciones residuales.

El deslizamiento se ha producido sobre rellenos antrópicos y recubrimientos cuaternarios (coluvial y eluvial) que, debido a las limitaciones de este trabajo, no ha podido ser determinado su espesor, ni la situación de la superficie de rotura, ni la profundidad del nivel freático. Datos extraídos de otros informes realizados en los alrededores con sondeos mecánicos, indican que el espesor en general es superior a 3 metros y localmente alcanza los 10 metros. Este dato deberá ser confirmado con sondeos geotécnicos, antes de acometer las medidas correctoras.

Las características y dimensiones principales de este deslizamiento son las siguientes:

- Longitud máxima 30m.
- Anchura media 25 m.
- Pendiente media de la ladera 24°.

En el talud inferior aparecen grietas de tracción en la coronación que son signos inequívocos de inestabilidad.

* Los factores implicados y desencadenantes del deslizamiento son los siguientes:

- La fuerte pendiente de la ladera.
- Las fuertes precipitaciones registradas durante los meses de Noviembre y Diciembre. Este factor ha sido importante pero no el principal, ya que las lluvias han sido inferiores a las precipitaciones medias (ver apartado 4.2.).

Al infiltrarse el agua de lluvia en el recubrimiento cuaternario se eleva el nivel freático, afectando a las propiedades y características del material. Por una parte disminuye la resistencia del terreno (ya de por sí baja al encontrarse en condiciones residuales por tratarse de la reactivación de un paleodeslizamiento), y además aumenta la densidad y por tanto el peso de la masa inestable.

- El debilitamiento del pie del talud y un aumento de peso en la coronación al construir unas viviendas. Para ello se realizó un

cierto desmonte y se instaló un muro sin ningún tipo de armadura a media ladera. Este muro ha sido claramente insuficiente. Este factor puede considerarse decisivo al tratarse de una ladera que ya había sido afectada por numerosos movimientos.

4.5.2. Problemática regional.

Dentro del Término Municipal de Cazorla aparecen numerosos deslizamientos de ladera. Los más importantes se encuentran en la zona destinada a "Villa Turística" al E. del Casco Urbano (Fotografías 1 y 7).

Estos grandes deslizamientos están siendo estudiados en la actualidad por la empresa IBERINSA, y se ha realizado una campaña de campo con geofísica y sondeos mecánicos. Entre las soluciones posibles a estos deslizamientos se apuntan la realización de una zanja profunda de drenaje perimetral en la cabecera junto a la carretera, que captase el aporte de agua subterránea de las calizas mesozoicas al coluvión, y la obligatoriedad de una cimentación mediante pilotes sobredimensionados en las edificaciones a construir en la ladera.

De esta manera se cortaría el aporte de agua a la masa deslizada y se estabilizaría la zona mediante las cimentaciones, que actuarían a modo de "pilotes pasivos". Estas apreciaciones son muy subjetivas ya que no poseemos información sobre las características de la zona inestable.

El Centro de Salud de reciente apertura presenta daños al estar situado en el pie de uno de estos deslizamientos, y se realizó un gran desmonte para su construcción. La solución podría ser un gran muro rígido anclado a la roca y bien cimentado. Esta obra sería de un gran costo económico.

Finalmente, se observaron algunos deslizamientos en la zona del polideportivo (Fotografía 8) que han sido corregidos mediante muros flexibles de gaviones, con buen resultado hasta la fecha.

5.- MEDIDAS CORRECTORAS.

Durante la visita técnica efectuada al deslizamiento el 12 de Enero, se observó que ya se habían tomado algunas medidas. Dichas medidas consistían en quitar material en la cabecera del deslizamiento y construir una pequeña canalización que evita el paso de la escorrentía superficial a la zona deslizada. Estas medidas han sido muy positivas.

La corrección de taludes mediante medidas de drenaje tiene por objeto reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia, y disminuye el peso total.

Una de las medidas correctoras que se describen a continuación es la construcción de drenes horizontales o californianos. Para dimensionar correctamente dichos drenajes será necesario realizar 2 sondeos mecánicos con extracción de testigo continuo y de 10 - 15 metros de profundidad. Dichos sondeos definirán el espesor de los rellenos y de los recubrimientos cuaternarios no antrópicos, así como la profundidad del nivel freático. Se dejará instalado en ellos tubería piezométrica. Un sondeo se colocará en la coronación del deslizamiento y otro junto al muro que ha sido deteriorado, tal y como aparece en el plano II de los Anexos.

Asimismo se instalarán 2 muros de gaviones en la parte baja y se llevarán a cabo una serie de medidas complementarias.

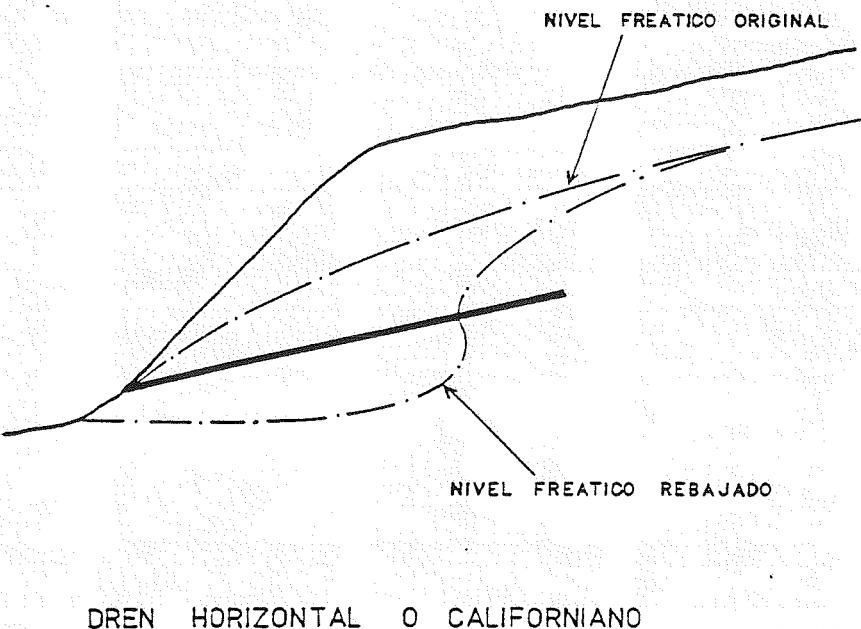
5.1. Drenes Horizontales o Californianos.

El drenaje de la masa deslizada se realizará mediante drenes californianos. Consisten en taladros de pequeño diámetro, aproximadamente horizontales ($5-10^\circ$), que parten de la superficie del talud y que están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo.

Se dispondrán de 2 niveles de drenes con un intervalo aproximado de 7 metros en vertical y comenzando desde el pie del talud.

El diámetro de los taladros podrá oscilar entre 10 y 15 cm. y su espaciado será de 5 metros.

Con objeto de permitir el drenaje por gravedad, los drenes se disponen subiendo desde el talud con un ángulo generalmente comprendido entre 5 y 10° .



Es importante que los drenes horizontales se mantengan libres de materiales que pudieran reducir su sección, pues en caso contrario su efectividad puede verse disminuida hasta en un 75%.

Para ello pueden limpiarse periodicamente inyectando aire a presión o agua, y en todos los casos será necesario instalar revestimientos de PVC, con ranuras de 0,25 mm de abertura.

La longitud estimada de estos drenes será de 12 metros, aunque dependerá del espesor del coluvión, y de la profundidad del nivel freático (estos datos serán desvelados por los sondeos mecánicos que se realizarán previamente).

En resumen, se colocarán 2 filas de drenes (a 2 alturas distintas) y 4 - 5 drenes por fila. La disposición aparece en el perfil II de los anexos.

El agua captada por estos drenajes se canalizará y conducirá fuera de la zona deslizada.

5.2. Muros de Gaviones.

Después de realizar las medidas de drenaje, se reforzará el muro superior deteriorado con un muro de gaviones, y se instalará otro en el pie del talud.

Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consiste en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable, retenido por una malla de alambre metálico.

La construcción del muro es muy simple y consiste en colocar los gaviones con una disposición similar a la que se aprecia en la figura 5.2.1.

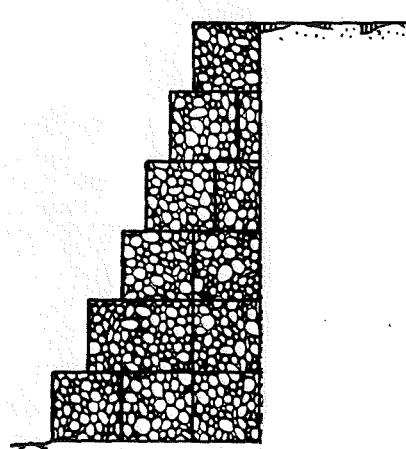


Figura. 5.2.1. - Muro de Gaviones con Intradós escalonado y trasdós vertical.

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad.

Los muros de gaviones serán con el intradós escalonado y el trasdós vertical, y tendrán, las siguientes dimensiones:

- Muro superior

Altura desde cimiento a coronación 3 m.

Ancho en la base 2 m.

Longitud 30 m.

- Muro inferior

Altura desde el cimiento a coronación	4 m.
Ancho en la base	3 m.
Longitud	30 m.

El relleno de los gaviones será de caliza.

Sus principales ventajas son las siguientes: su instalación es rápida y sencilla, son estructuras flexibles que admiten asientos diferenciales del terreno importantes y no tienen ningún problema de drenaje dado que son muy permeables.

Los inconvenientes principales de los gaviones, además de su posible carestía son:

- Facilidad de rotura de la cesta por agentes externos naturales o por vandalismo. Las roturas se propagarán por rasgadura hasta la ruina del gavión al estar la cesta sometida a tracción.
- Difícil evaluación de la durabilidad del mallazo, debido a los fenómenos de corrosión metálica y a los de envejecimiento y rotura mecánica de la capa protectora de PVC, en su caso.
- Necesidad de un suelo matriz seleccionado.

Finalmente hay que señalar que estos muros de gaviones solo aportan peso al pie del talud y deberán ir complementados por drenes californianos; por si solos no estabilizarían la ladera. La

disposición de estos muros aparecen en los planos y perfiles de los anexos.

5.3. Medidas Complementarias.

Como complemento de la medida de drenaje y contención antes descritas, se efectuarán otras actuaciones. Dichas medidas consistirán en un control de posible fugas en las conducciones de agua potable y de saneamiento, que discurren por la calle Ximénez de Rada, y en la impermeabilización de la coronación del deslizamiento y canalización adecuada de la escorrentía superficial, en dicha zona, de manera que evite la filtración de agua a la ladera deslizada; esta canalización se podría realizar mediante una cuneta con rejilla que desagüe a través de una tubería en el registro de saneamiento existente en la calle Ximénez de Rada. La disposición de esta cuneta aparece en el plano III de los anexos.

La sección de dicha cuneta podría ser la que aparece en la figura 5.3.

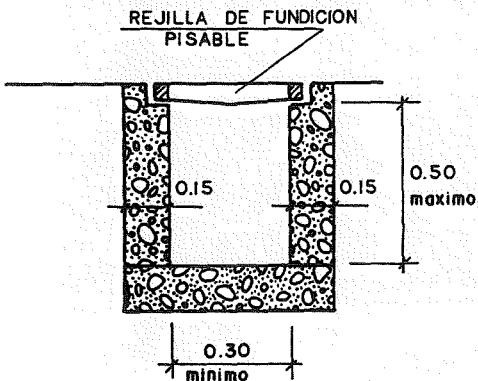


Figura 5.3. Cuneta con rejilla.

6.- CONCLUSIONES.

- * El 4 de Enero de 1990 se ha producido un deslizamiento de ladera en el Casco Urbano de Cazorla (Jaen) entre las calles Ximénez de Rada y Martínez Falero. Como consecuencia del mismo aparecieron grietas de tracción en la coronación, y un muro de ladrillos sin armar existente a media ladera ha quedado seriamente dañado.
- * Los deslizamientos de ladera en el Término Municipal de Cazorla son abundantes: zona destinada a la "Villa Turística" al E. del Casco Urbano, zona del polideportivo, del Centro de Salud, etc. Estos grandes deslizamientos están siendo estudiados en la actualidad por la empresa IBERINSA, que ha realizado una campaña de Geofísica y numerosos sondeos mecánicos en la zona. Por dicho motivo, este estudio se centra solo en el deslizamiento que se ha producido dentro del Casco Urbano.
- * El deslizamiento estudiado ya presentó anteriores movimientos el 15 de Abril de 1984 y presumiblemente hace 25 años, por lo que se trata de la reactivación de un paleodeslizamiento.
- * Los deslizamientos se enclavan sobre rellenos antrópicos, así como por recubrimientos cuaternarios (Coluvial y Eluvial), constituidos por arcillas margosas con cantos abundantes en la parte superior (Techo). Estos depósitos se instalan sobre materiales miocenos constituidos por calizas y margas.

* Los factores desencadenantes del deslizamiento han sido las fuertes pendientes de la ladera (24°), así como las precipitaciones registradas durante los meses de noviembre y diciembre (232 mm). Al infiltrarse el agua en el recubrimiento cuaternario da lugar a una disminución de las propiedades resistentes del material (ya de por sí bajas al ser residuales) y a un aumento de las presiones intersticiales. Finalmente otro factor decisivo ha sido el debilitamiento del pie del talud y una sobrecarga en la coronación, al construir varios edificios de viviendas e instalar un muro a media ladera de dimensiones y características insuficientes.

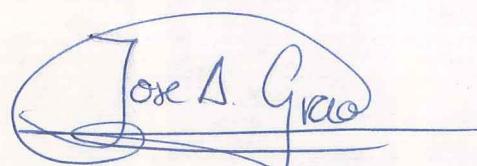
* Las actuaciones propuestas implican necesariamente, como primera medida, la realización de dos sondeos geotécnicos en el deslizamiento. Dichos sondeos definirán el espesor de los rellenos antrópicos y del recubrimiento cuaternario, así como la profundidad del nivel freático, y permitirán dimensionar correctamente los drenajes a realizar. Estas actuaciones se complementan con la realización de 2 muros de gaviones y evitando los posibles aportes de agua a la zona deslizada, ya sea proveniente de la escorrentía superficial o bien de fugas de conducciones.

Si las actuaciones propuestas no se realizaran se correría el riesgo de una reactivación del deslizamiento después de una época de lluvias, y podría afectar gravemente a las viviendas situadas en la coronación y pie de la zona deslizada.

El coste de estas actuaciones se ha estimado en algo más de 8 millones de pesetas.

MADRID 1990.

Fdo: D: Francisco J. Ayala Carcedo
* Ingeniero de Minas
* Director del Area de Ingeniería
Geoambiental I.T.G.E.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature reads "José A. Grao".

Fdo: D: José Antonio Grao del Pueyo
* Licenciado en C.C. Geológicas.

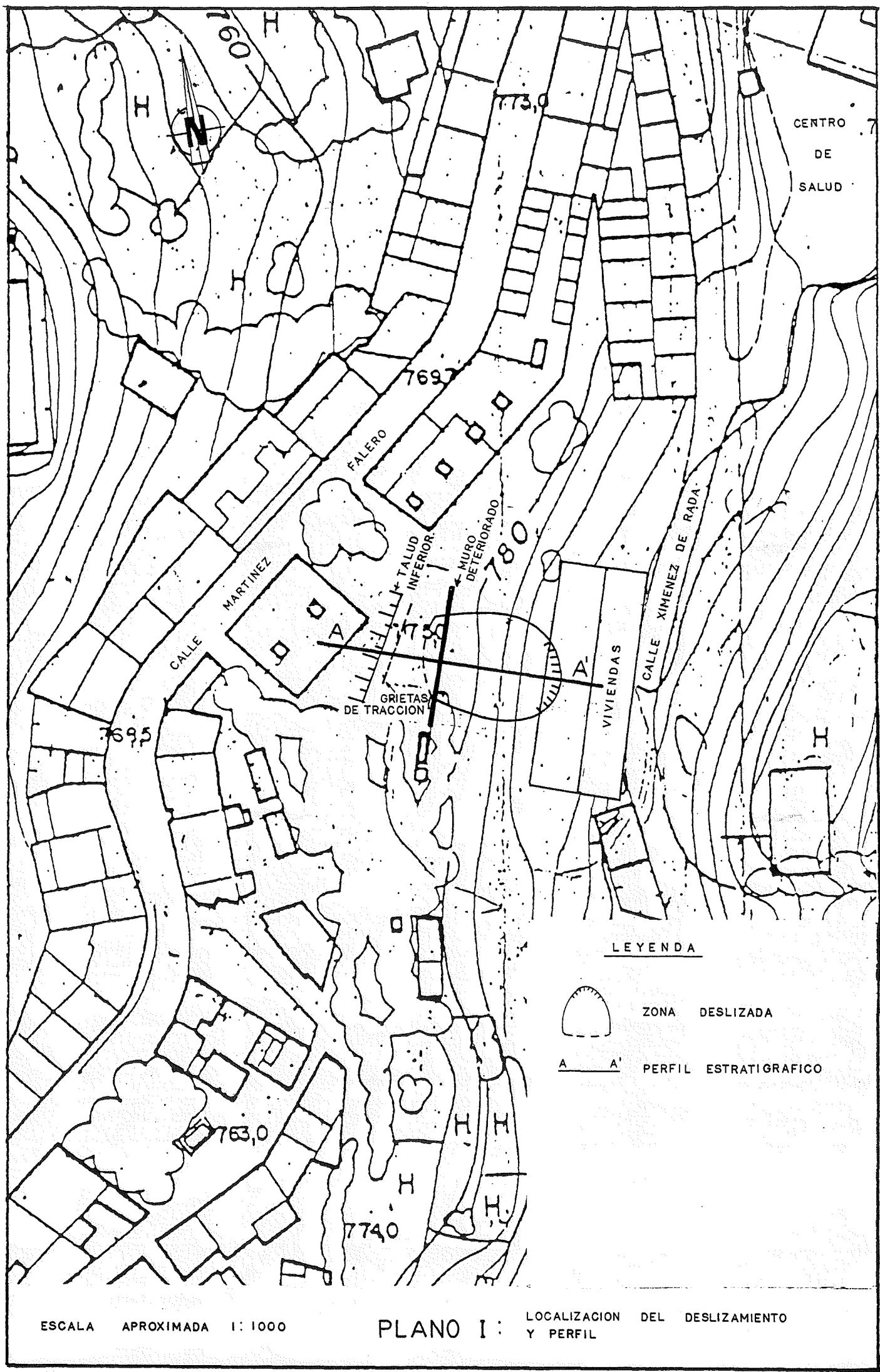
BIBLIOGRAFIA

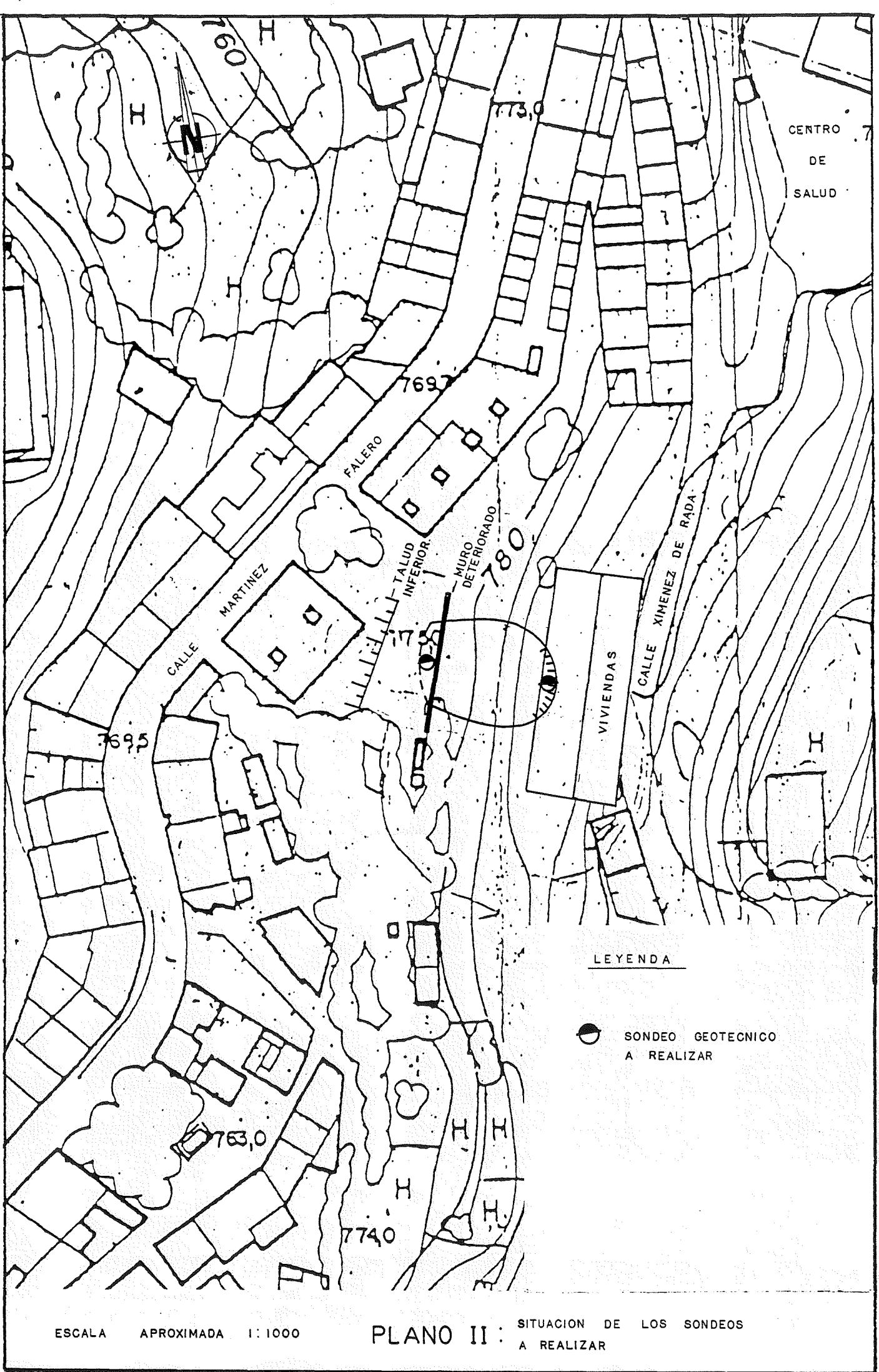
- ALONSO, E. (1986) "Influencia del agua en la estabilidad de taludes. Roturas en roca. Casos Reales". Riesgos Naturales en Ingeniería Civil. U.P.C. Barcelona.
- AYALA, F. J. y otros (1987) "Tipología y desarrollo de movimientos". Manual de taludes. I.G.M.E.
- CANMET (1977) "Pit Slope Manual" Minister of Supply and Services. Canadá.
- FERRER GIJON, M. (1987) "Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas" Riesgos Geológicos. I.G.M.E. Madrid
- HUNT, R.E. (1984): "Geotechnical Engineering Investigation Manual" Mc Graw Hill, New York.
- I.G.M.E. (1982): "Mapa Geológico de España E. 1:200.000; Hoja 78: Baza" Madrid
- JIMENEZ SALAS, J. A. y otros (1975-1980) "Geotécnica y Cimientos Vol. I, II y III" Ed. Rueda. Madrid.
- RAT, M (1976) "Drainages". Bull. Liais. Lab. Ponts et Ch. Número Especial III "Estabilite des Talus" Vol. 2.

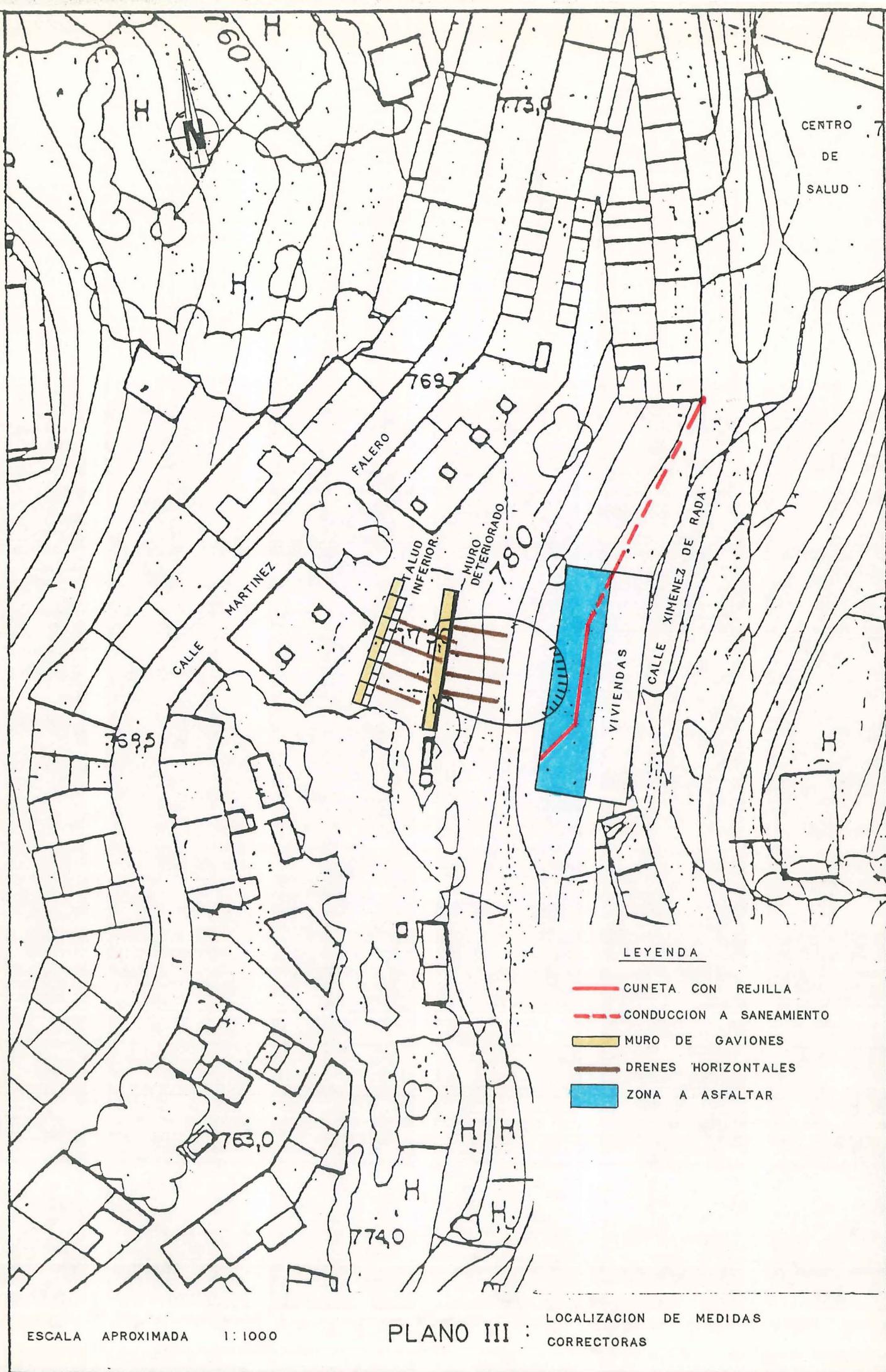
- RODRIGUEZ ORTIZ, J. M. (1987) "Auscultación y corrección de movimientos del terreno" Riesgos geológicos. I.G.M.E. Madrid.
- VARNES, D.J. (1978) "Slope Movements types and processes". Landslides Analysis and Control. Transportation Research Board National Academy of Sciences. Washington D.C.
- ZURUBA, Q Y MENCL, V. (1982): "Landslides and their control". Elsevier 2a Ed.

ANEXOS

I PLANOS Y PERFILES







DESLIZAMIENTO DE CAZORLA (JAEN)

PERFIL ESTRATIGRAFICO A-A'

LEYENDA



RECOBRIAMIENTO CUATERNARIO (COLUVIAL Y ELUVIAL)



MARGAS Y CALIZAS TERCIARIAS

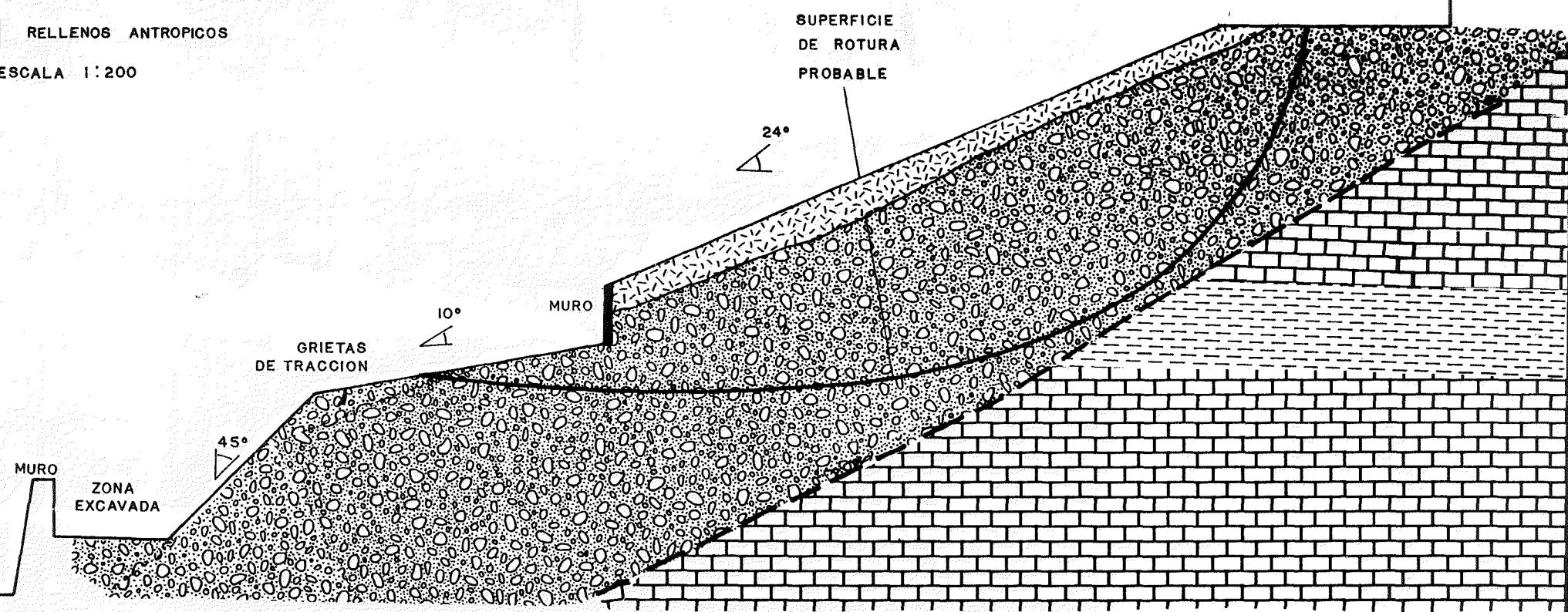


RELLENOS ANTROPICOS

ESCALA 1:200

VIVIENDAS
DE LA
CALLE
XIMENEZ
DE RADA

VIVIENDAS DE LA CALLE
MARTINEZ FALERO



DESLIZAMIENTO DE CAZORLA (JAEN)

PERFIL II: MEDIDAS CORRECTORAS

LEYENDA



RECUBRIMIENTO CUATERNARIO (COLUVIAL Y ELUVIAL)



MARGAS Y CALIZAS TERCIARIAS



REELLENOS ANTROPICOS

ESCALA 1:200

VIVIENDAS DE LA CALLE
MARTINEZ FALERO

MURO DE GAVIONES
INFERIOR

DESMONTE

MURO

DREN CALIFORNIANO

MURO DE GAVIONES
SUPERIOR

DREN
CALIFORNIANO

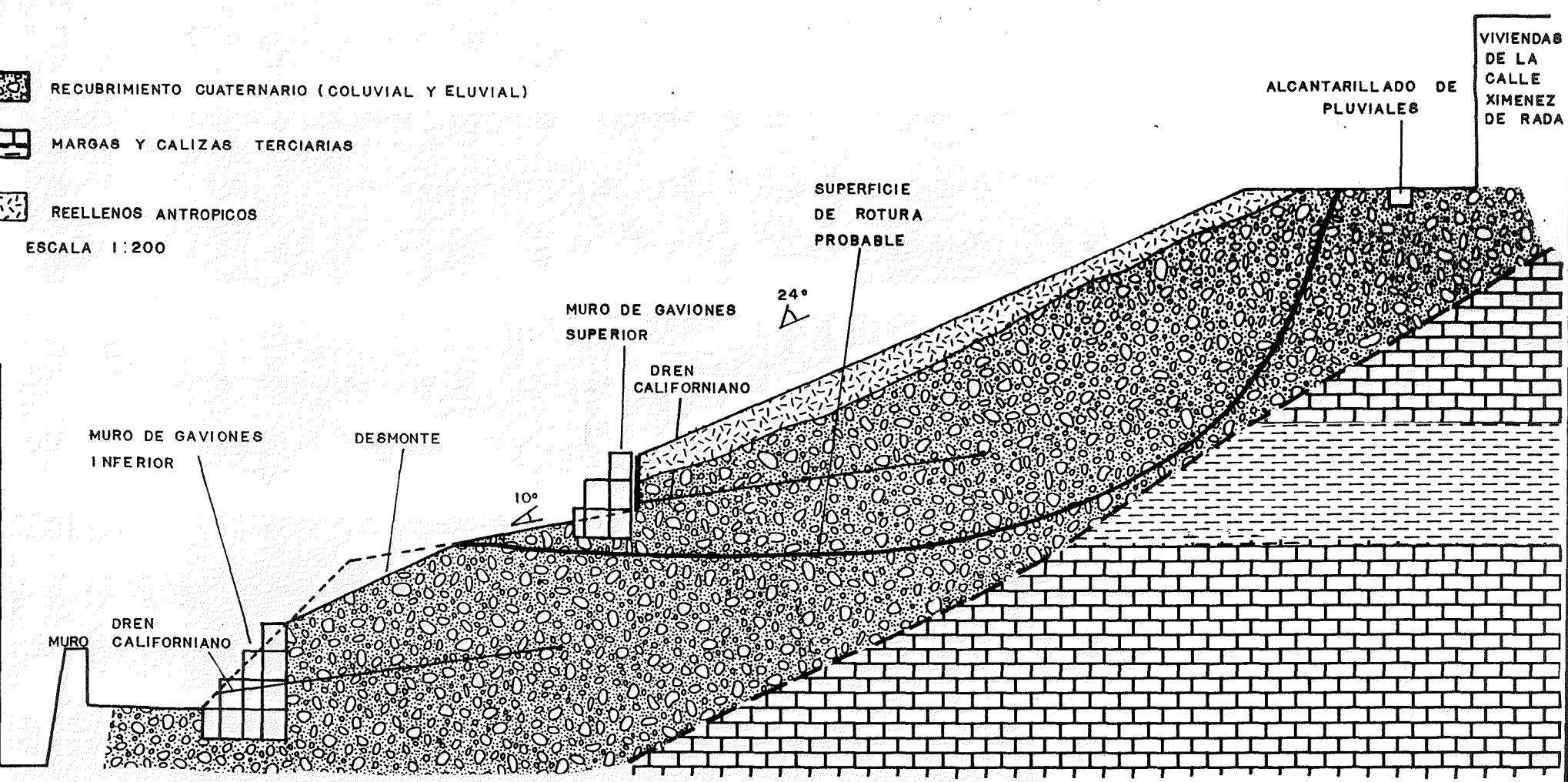
SUPERFICIE
DE ROTURA
PROBABLE

24°

10°

ALCANTARILLADO DE
PLUVIALES

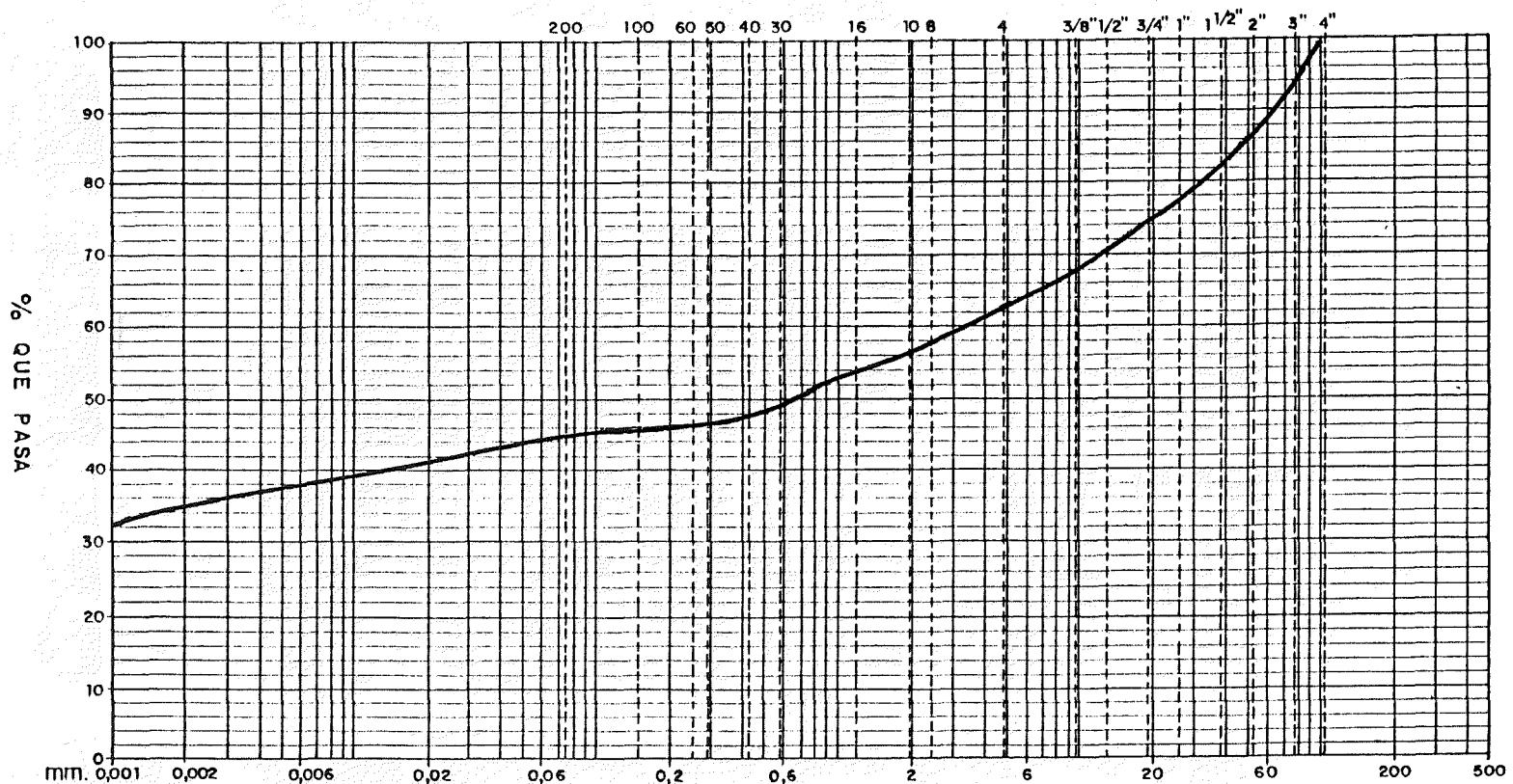
VIVIENDAS
DE LA
CALLE
XIMENEZ
DE RADA



II ENSAYOS DE LABORATORIO

CLIENTE: Deslizamiento de Cazorla (Jaén)		Punto	
		Verificado	
		Dibujado	
CUADRO GENERAL DE ENSAYOS DE LABORATORIO			
SONDEO Nº			
MUESTRA Nº	A	B	
PROFUNDIDAD m			
U.S.C.S.	GC	GC	
W (%)			
γ (t/m^3)			
γ_d (t/m^3)			
γ_s (t/m^3)			
w_L (%)	30,5	26,0	
w_p (%)	20,0	17,0	
I_p (%)	10,5	9,0	
pasó T-200 (%)	45	30	
retenido T-4 (%)	37	52	
c_c			
q_u (kg/cm^2)			
E (%)			
c (kg/cm^2)			
φ (°)			
P_f (kg/cm^2)			
E_r (%)			
PROCTOR	w_{opt} (%)		
	$\gamma_{máx.}$ (t/m^3)		
CBR	INDICE CBR ($\gamma_{máx.}$ w_{opt})		
	INDICE CBR (95% $\gamma_{máx.}$)		
Mol. org. (%)			
SC3 (%)			
CC3-CC0 (%)	65	70	
K (cm/seg)			

TAMICES SERIE A.S.T.M.



ARCILLA Y LIMO

ARENA

GRAVA

BOLOS

MUESTRA
NUMERO

A

SONDEO N.^o
O CATA N.^oPROFUNDIDAD
O COTA

U.S.C.S.

GRANULOMETRIAS

Verificado

Dibujado

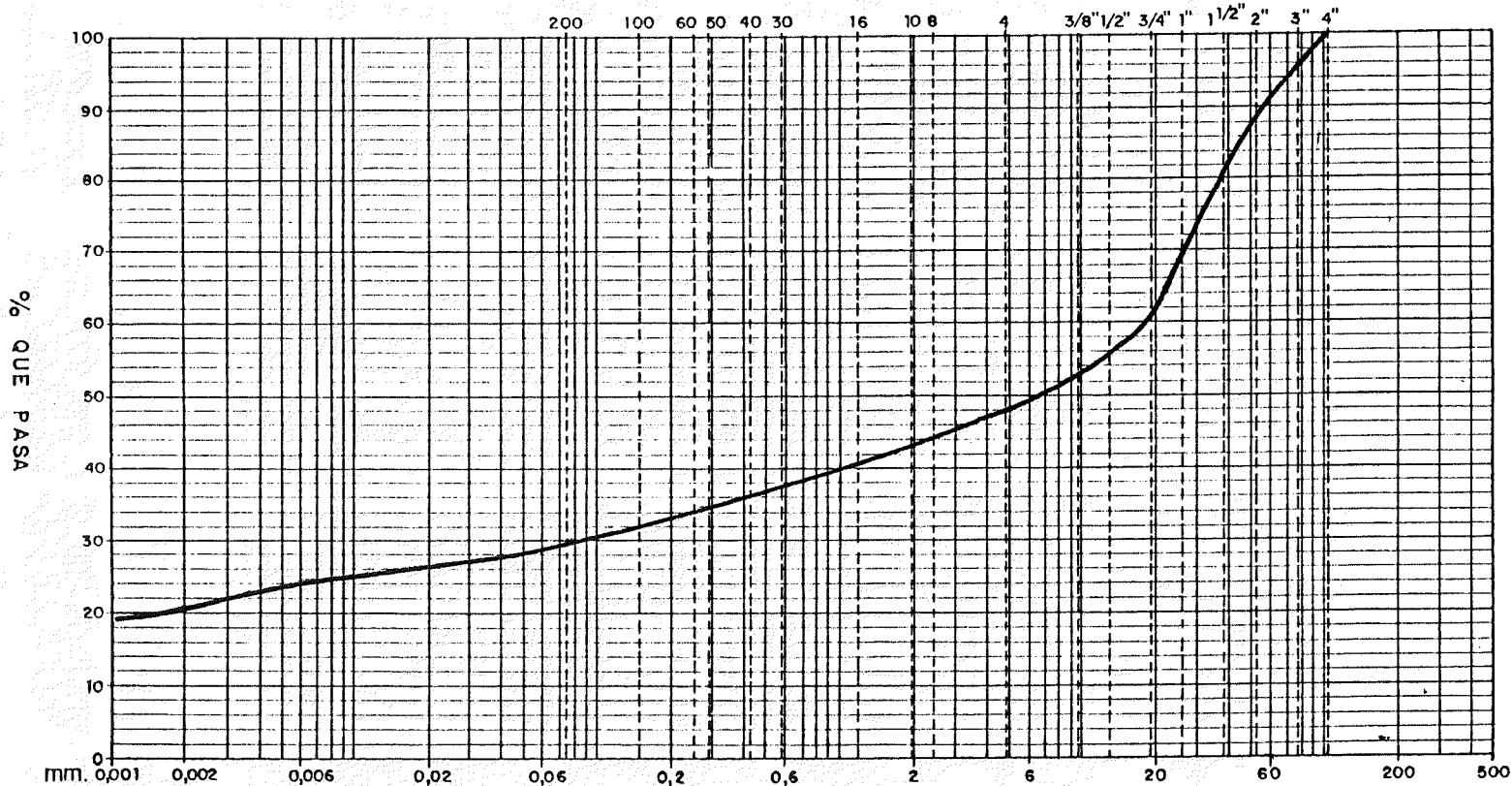
CLIENTE Deslizamiento de Cazorla (Jaén)

Plano
n.^o

Escala :

SEMILOGARITMICA

TAMICES SERIE A.S.T.M.



ARCILLA Y LIMO

ARENA

GRAVA

BOLOS

MUESTRA
NUMEROSONDEO N.^o
O CATA N.^oPROFUNDIDAD
O COTA

U.S.C.S.

B

CLIENTE Deslizamiento de Cazorla (Jaén)

Plano n.^o

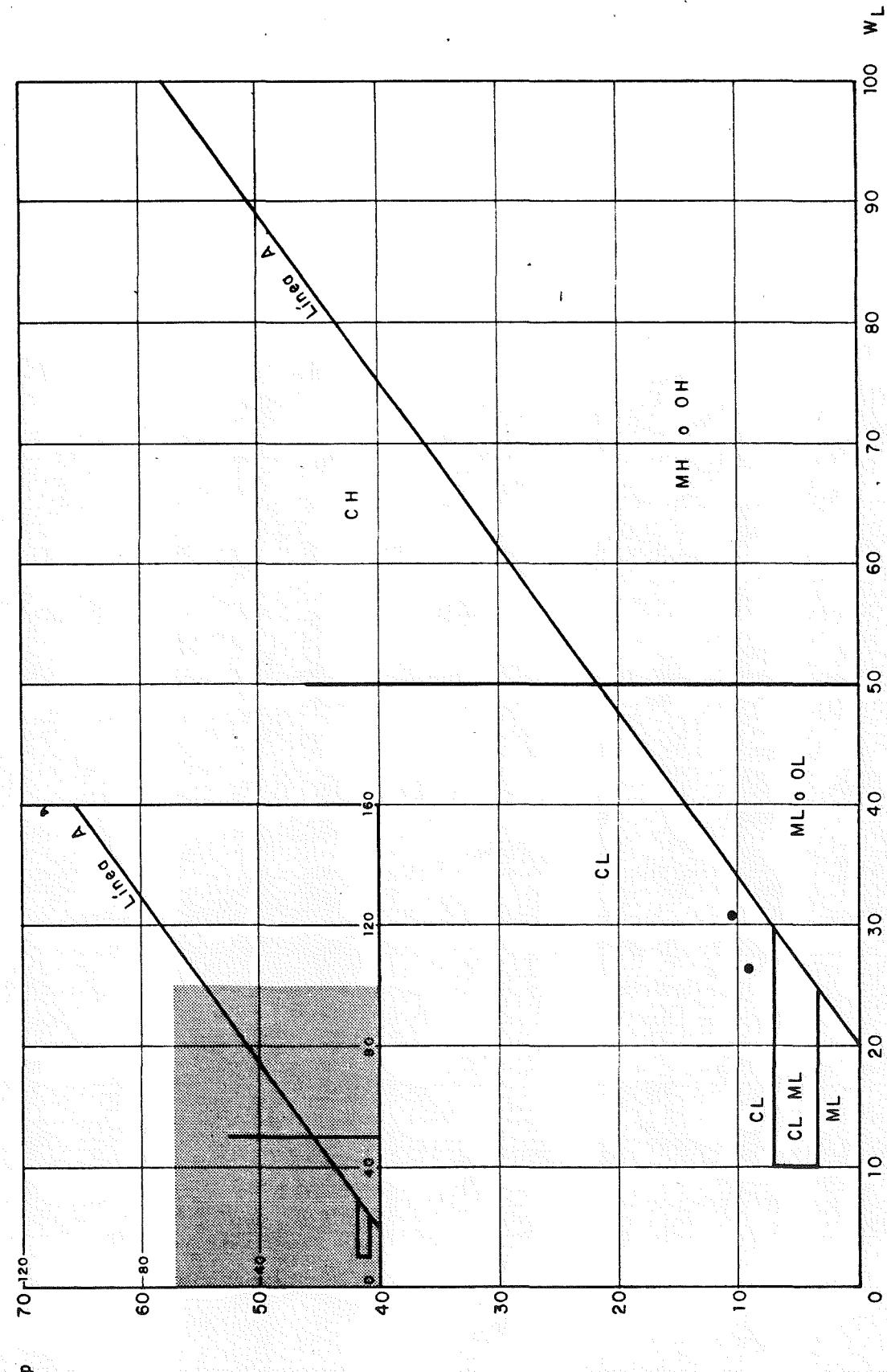
Escala :

SEMILOGARITMICA

Verificado	
Dibujado	

Deslizamiento de Cazorla (Jaén)

Diagrama de plasticidad



III FOTOGRAFIAS



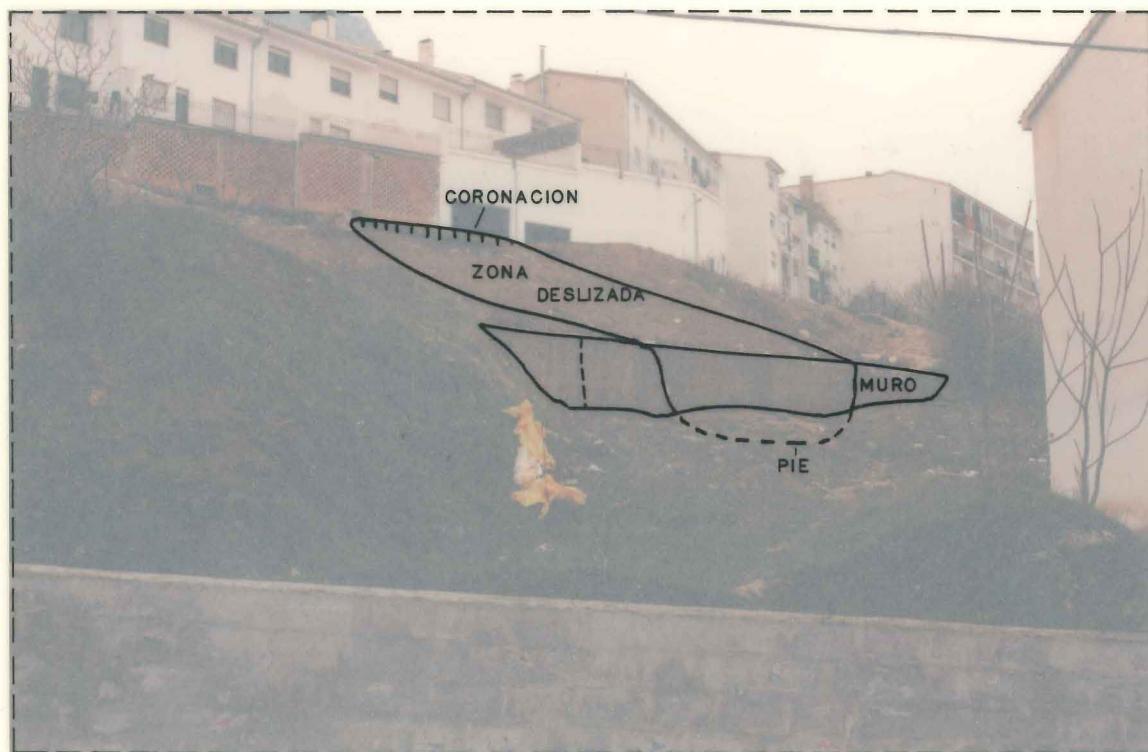
FOTOGRAFIA 1: Vista general de la Localidad de Cazorla. En el superponible se han marcado las zonas deslizadas.





FOTOGRAFIA 2: Vista general del deslizamiento estudiado. Observese los daños sufridos por el muro, carente de armadura.





FOTOGRAFIA 3: Vista del deslizamiento desde la calle Martínez Falero.



FOTOGRAFIA 4: Vista del deslizamiento desde la coronación del mismo.



FOTOGRAFIA 5: Grieta de tracción en la coronación.



FOTOGRAFIA 6: Aspecto que presenta el Coluvial sobre el que se producen los deslizamientos.





FOTOGRAFIA 7: Vista de los deslizamientos existentes en la zona destinada a "Villa Turística", al Este del Casco Urbano.





FOTOGRAFIA 8: Vista del muro flexible de gaviones que se ha instalado junto al Polideportivo. Esta actuación ha resultado muy positiva.



IV VALORACION ECONOMICA ESTIMATIVA

EVALUACION ECONOMICA ESTIMATIVA

SONDEOS	895.160
DRENES HORIZONTALES	2.794.960
MUROS GAVIONES	3.400.320
MEDIDAS COMPLEMENTARIAS	<u>1.030.400</u>
SUMA TOTAL	8.120.840 Pt

A continuación se desglosan cada una de las partidas antes mencionadas.

I : SONDEOS MECANICOS

CANTIDAD	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Ud. de transporte de maquinaria y equipo especializado	200.000	200.000
2	Ud. de puesta en obra de maquinaria y equipo en cada sondeo	30.000	60.000
20	Ml. de sondeo en suelo	7.000	140.000
10	Ml. sondeo en roca	10.000	100.000
30	Ml. de tubería piezométrica	1.500	45.000
	Memoria técnica con interpretación de resultados	150.000	<u>150.000</u>
	SUMA		695.000Pt
	15 % GASTOS GENERALES ...		<u>104.250</u>
	SUMA		799.250Pt
	12 % I.V.A.		<u>95.910</u>
	SUMA TOTAL		895.160Pt

II DRENAJE PROFUNDO: DRENES CALIFORNIANOS

UNIDAD	CONCEPTO	UNITARIO	TOTAL
	Transporte de maquinaria y equipo especializado	250.000	250.000
9	Traslado de maquinaria entre cada perforación	30.000	270.000
110	Ml. Perforación en suelo	10.000	110.000
110	Ml. Tubería de revestimiento de PVC ranurado	5.000	<u>550.000</u>
	SUMA	2.170.000Pt	
	15 % Gastos		
	General	<u>325.500</u>	
	SUMA	2.495.500Pt	
	12 % I.V.A.	<u>299.460</u>	
	SUMA TOTAL	2.794.960Pt	

Unidades	Unitario	Total
50 Horas de camión de 8-10 Tn para el transporte de rocas de relleno de gaviones	4.000	<u>200.000</u>
SUMA	2.640.000Pt	
15 % Gastos		
Generales..... <u>396.000</u>		
SUMA		
3.036.000Pt		
12 % I.V.A.		
<u>364.320</u>		
SUMA TOTAL..... <u>3.400.320Pt</u>		

III MUROS DE GAVIONES

Unidades	Unitario	Total
30 Ml de muro de gaviones con enrejado de triple torsión, de 2 m. de base y 3 m. de altura	30.000	900.000
30 Ml. de muro de gaviones con enrejado de triple torsión, de 3 m. de base y 4 m. de altura	50.000	1.500.000
10 Horas de retroexcavadora para la instalación del muro inferior y desmonte de la coronación de dicho talud	4.000	40.000

IV MEDIDAS COMPLEMENTARIAS

UNIDAD	CONCEPTO	UNITARIO	TOTAL
30	Alcantarillado de pluviales en la zona superior con rejilla metálica (M1) ...	5.000	150.000
50	Tubería de desagüe a saneamiento (M1)	3.000	150.000
	Asfaltado de la coronación del deslizamiento		<u>500.000</u>
	SUMA	800.000Pt	
	15 % Gastos Generales	<u>120.000</u>	
	SUMA	920.000Pt	
	12 % I.V.A.	<u>110.400</u>	
	SUMA TOTAL	1.030.400Pt	