



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

SICADN: 78241

ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS
POR DESPRENDIMIENTOS EN EL
CENTRO OCEANOGRAFICO DE CANARIAS,
TENERIFE.



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

01212

ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS
POR DESPRENDIMIENTOS EN EL
CENTRO OCEANOGRAFICO DE CANARIAS.
TENERIFE.

Este estudio ha sido realizado por el siguiente equipo:

- D. Francisco Javier Ayala Carcedo.
 - * Ing. Minas.
 - * Jefe del Area de Geologia Ambiental y Geotécnica del I.T.G.E.
 - * Director del Estudio.

- Dña. Mercedes Ferrer Gijón.
 - * Lcda. en C.C. Geológicas. I.T.G.E.

- Jesús Miguel Rico Romero
 - * Lcdo. en C.C. Geológicas. GEONOC, S.A.

- D. José A. Grao del Pueyo.
 - * Lcdo. en C.C. Geológicas. GEONOC, S.A.

INDICE

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- ANTECEDENTES.
- 3.- SITUACION GEOGRAFICA.
- 4.- ENCUADRE GEOLOGICO.
- 5.- RIESGO SISMICO.
- 6.- ANALISIS DE INESTABILIDADES.
 - 6.1. Problemática general.
 - 6.2. Características geotécnicas de los materiales.
 - 6.3. Análisis por zonas.
- 7.- MEDIDAS CORRECTORAS.
- 8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

ANEXOS

- I FOTOGRAFIAS.
- II PLANOS Y PERFILES.
- III EVALUACION ECONOMICA ESTIMATIVA.

1.- INTRODUCCION.

El Instituto Tecnológico Geominero de España, I.T.G.E., ha realizado con colaboración de GEONOC, S.A. un estudio de riesgos geológicos y un plan de actuación en previsión de esos riesgos, en el Acantilado del Macizo de Anaga que se yergue tras el Centro Oceanográfico de Canarias del I.E.O., en las proximidades de Santa Cruz de Tenerife.

En la visita que realizaron los técnicos del I.T.G.E. recabaron información para el estudio de dicha inestabilidad, con la cual se realizó el informe correspondiente.

La prestación de este servicio se realizó en respuesta al llamamiento cursado por el Instituto Español de Oceanografía al I.T.G.E.

El citado Centro se encuentra afectado por el riesgo de desprendimientos de la ladera a cuyo pie se asienta, y de la que se han desprendido ya algunos bloques que han afectado a las instalaciones.

2.- ANTECEDENTES.

Previa a la construcción del edificio del Centro Oceanográfico de Canarias se realizó un somero saneamiento de los bloques más descalzados del talud. Tras su inauguración en Abril de 1983 y hasta Diciembre de 1987 no se tiene constancia real de desprendimientos sobre el Centro.

En Diciembre de 1987 cayó un enorme bloque de unos 500 Kgrs. en el patio de entrada al edificio, lo que motivó que se informase al Gobierno Civil, a la Dirección Provincial del M.A.P.A. y a la Dirección del I.E.O.

Nuevos desprendimientos ocurridos en Febrero de este mismo año (1989) motivan los escritos informativos a la Dirección del I.E.O. en las que solicita al organismo o servicio competente un informe del estado actual de la ladera bajo la cual está situado el edificio en cuestión.

Numerosos bloques de todos los tamaños se encuentran en la vieja carretera de San Andrés que actúa como cuneta de recogida de desprendimientos, lo que indica, dada la proximidad del Centro Oceanográfico al talud que en cualquier momento uno de estos enormes bloques puede salvar dicha carretera y causar grandes daños personales o materiales.

3.- SITUACION GEOGRAFICA.

El presente estudio se centra en la ladera del acantilado que se sitúa detrás del Centro Oceanográfico de Canarias del I.E.O. Dicho edificio está situado sobre un solar de forma irregular de 12.530 m² de superficie de los cuales 1.173 m² están contruidos. Situado en el extremo naciente y comienzo de la bahía natural que protege a Sta. Cruz de Tenerife, su topografía es prácticamente horizontal, como resultado de la ejecución de la Dársena Pesquera y de la autovia de Sta. Cruz de Tenerife a San Andrés, con los rellenos de nivelación que se ejecutaron en su momento. Queda limitado en su lindero Norte por el acantilado macizo de Anaga y la vieja carretera de San Andrés, mientras que por el lindero Sur colinda con el talud de la autovia y la vía de enlace con la Dársena Pesquera. El nivel del solar está a unos ocho metros por debajo de la cota media del eje de la autovia, por la que tiene su acceso, y en el lindero norte hay un talud de unos 10 metros de altura hasta la vieja carretera de San Andrés y sobre ésta las estribaciones del macizo de Anaga con su accidentada topografía, barranqueras y con un desnivel que supera los 200 mts. de altura.

La localización general viene dada en el mapa a escala 1:25.000 del Anexo II.

El viento dominante y los frentes de lluvia proceden generalmente del Noroeste.

La ladera del macizo de Anaga, con unos 230 mts. de desnivel y una pendiente media de unos 50 -60°, se caracteriza por una casi total ausencia de vegetación y por la presencia de numerosos bloques desprendidos en épocas anteriores. Su relieve actual es fruto del grado de fracturación del material del que está formado dicho macizo y de los agentes erosivos externos.

4.- ENCUADRE GEOLOGICO.

Las Islas Canarias constituyen la parte emergida de una importante formación emplazada en el límite oceánico-continental de la placa afro-atlántica.

En la isla de Tenerife sólo afloran materiales volcánicos de la serie alcalina, cuya génesis debe asociarse a una fase de la dinámica alpina que tuvo su máxima actividad durante el Mioceno, probablemente actividad eruptiva de carácter eminentemente fisural con formación del basamento volcánico submarino de la Isla. A finales del Mioceno la actividad decreció, concentrándose sólo en algunos sectores de estas fracturas, por lo que las manifestaciones subaéreas constituyen edificios aislados que conservan en parte estructuras lineales. A su vez aumentó la emisión de productos diferenciados de la serie basáltica alcalina.

La parte NE de la isla que corresponde al edificio Anaga (parte de la Cordillera Dorsal), comprende los materiales subaéreos más antiguos, siendo su parte basal una acumulación de materiales emitidos a favor de importantes fracturas regionales.

Dicho edificio, considerado como unidad estructural, está constituido por materiales correspondientes a la Serie Antigua, emitidos desde el Mioceno hasta hace unos 3 m.a.

En su ámbito, no existe actividad volcánica reciente, salvo en el límite Sur, donde afloran basaltos y piroclastos de la Serie Reciente.

Existe una importante red filoniana de diques fonolíticos que atraviesa principalmente a la Serie Antigua, y que debieron ser los últimos diferenciados magmáticos que dieron lugar al edificio Anaga.

Estos diques ocupan grietas que corresponden a las fracturas lineales; por ello, los diques descarnados por la erosión aparecen resaltando como paredes que cortan a las formaciones anteriores (ver fotografía nº 3).

Los materiales más antiguos son de naturaleza basáltica, constituyendo coladas que buzan suavemente hacia el mar desde la zona de cumbres, predominando los productos piroclásticos.

Sobre estos, se apoyan materiales predominantemente en forma de coladas tabulares, de naturaleza basáltica, conformando las típicas mesas; esta característica y la presencia de planchas fonolíticas, permite la separación de las subseries, inferior y superior, que en ocasiones se apoya en clara discordancia angular o erosiva.

La ladera del macizo que concierne en lo referente al presente estudio consta de una serie de coladas basálticas con un

ligero buzamiento hacia el SE, pertenecientes a la serie más antigua de las ya descritas. En su parte más basal se presenta una colada ligeramente ondulada sobre las que descansan depósitos piroclásticos rubefactados y visiblemente oxidados. En la parte media y configurando el primer resalte importante se encuentra otra colada con claro buzamiento hacia el mar, rubefactando el contacto con los depósitos piroclásticos infrayacentes. En la parte superior y coronando el promontorio, se dispone con el mismo buzamiento una potente colada o sucesión de coladas de naturaleza fonolítica, algo más modernas que las anteriores.

5.- RIESGO SISMICO.

Las Islas Canarias están situadas en una zona de Alto riesgo sísmico (Grado VII en la Escala MSK). Un terremoto de dicha magnitud puede producir en algunos casos desprendimientos de rocas en taludes.

Recientemente, a mediados de Mayo de 1989, se han producido varios sismos, con una magnitud de hasta 4,5 en la escala Richter. Dichos temblores han alarmado aún más en las zonas con alto riesgo de desprendimientos.

Las causas de estos sismos pueden estar relacionadas con el volcanismo, o con la tectónica.

Los sismos volcánicos se originan por mecanismos diferentes asociados a determinadas fases de la erupción o a las etapas póstumas y premonitorias. Los sismos de foco profundo, realmente relacionados con procesos volcánicos, son poco frecuentes y se deben posiblemente a movimientos internos o convectivos en cámaras secundarias, o a explosiones y pulsaciones del magma durante su ascenso.

Los sismos y temblores prácticamente continuos que acompañan a las erupciones se deben a las vibraciones producidas en las paredes del conducto por el movimiento ascendente del fundido.

Muy típicos son también los microterremotos que se detectan en áreas volcánicas activas a profundidades variables (entre 5 y 60 Kms.) cuya frecuencia e intensidad permiten predecir la inminencia de una erupción volcánica.

La máxima actividad sísmica eruptiva se registra durante los períodos explosivos; estos sismos tienen sus focos bajo el cráter, muy próximos a la superficie y se piensa que se originan al separarse los volátiles del magma, lo cual confirmaría la hipótesis de una desgasificación a poca profundidad. Otros importantes terremotos son posteriores a la erupción y se deben a procesos mecánicos de asentamiento y colapso, que afectan a grandes masas de rocas que recuperan su equilibrio después del violento paroxismo efusivo.

No existe relación directa entre las erupciones y los terremotos tectónicos, si bien las áreas de mayor actividad sísmica y volcánica suelen coincidir, puesto que ambos fenómenos son consecuencia de los mismos procesos geodinámicos, y parece existir una relación espacial entre la zona de generación de magmas y la profundidad de los focos sísmicos. Sin embargo, en algunas zonas de volcanismo activo los violentos terremotos de origen tectónico van seguidos de erupciones volcánicas, pero esta sucesión no implica una relación directa de causa-efecto, sino más probablemente una relación secundaria, ya que la perturbación provocada por el sismo profundo afecta al volcanismo latente de la zona y favorece su erupción.

6.- ANALISIS DE INESTABILIDADES.

6.1. Problemática general.

Los desprendimientos de rocas constituyen un gran peligro para las zonas situadas a pie de los taludes que los sufren, ya se trate de áreas habitadas o de vías de comunicación.

La ladera de la que es objeto el presente estudio está sometida a procesos de inestabilidad debido fundamentalmente a tres causas:

- Al elevado grado de diaclasamiento de las coladas basálticas producto del enfriamiento magmático y posterior retraimiento.
- A la erosionabilidad de los tramos de piroclastos intercalados entre las coladas, de competencia menor (erosión diferencial).
- Al elevado ángulo de las laderas del promontorio, más acusado en la parte inferior, donde aparece el talud resultante del desmonte de la Antigua Carretera de San Andrés.

Estos fenómenos han ocasionado la individualización de numerosos bloques que podrán desprenderse y caer como consecuencia de sismos, grandes lluvias, o simplemente por la inestabilidad general que afecta a la escarpada ladera:

Para facilitar el estudio de la ladera, se ha dividido la misma en zonas, que serán analizadas exhaustivamente en capítulos posteriores.

Las medidas que en un futuro se adopten con el fin de prevenir los desprendimientos, deberán comenzar por las zonas que entrañen mayor riesgo de daños.

Los depósitos piroclásticos son los que sufren un mayor grado de meteorización debido a su menor resistencia. Aparte de la alteración intrínseca por rubefacción y oxidación, sufren fenómenos de erosión diferencial al tratarse de materiales en general poco cementados situados entre otros rocosos (coladas basálticas). Este fenómeno es más acusado en las zonas sin cementar, donde se pueden generar grandes oquedades, dejando en situación muy inestable a los bloques suprayacentes.

6.2. Características geotécnicas de los materiales.

Como ya se han mencionado anteriormente, existen en cuanto a comportamiento geomecánico, tres tipos de materiales: Coladas basálticas, depósitos piroclásticos y diques postmagmáticos.

Los depósitos piroclásticos son de espesor variable y se presentan más o menos deformados y rubefactados (almagres)

por efecto de las coladas calientes que han soportado encima. Están constituidos por materiales de tamaños muy variables, desde arcilla y limo (cenizas) hasta bloques de gran tamaño (bombas), sin ningún tipo de gradación. Al presentar una enorme variabilidad granulométrica, los parámetros geotécnicos asignables a estos niveles son, asimismo, muy variables.

Su grado de cementación es variable (en general bajo) y las propiedades de estos materiales van a ser muy dispares en función de la misma.

Las coladas pueden ser de dos tipos: basálticas, en los términos más basales, y fonolíticas en los más superiores. Ambas se van a comportar de igual manera desde el punto de vista geotécnico. Las coladas, al enfriarse, disminuyen su volúmen, por lo que se originan unas grietas o diaclasas predominantemente verticales (disyunción columnar) o perpendiculares a las superficies limítrofes.

Todas estas discontinuidades, van a condicionar el comportamiento geomecánico de los tramos lávicos, y dan lugar a la individualización de numerosos bloques rocosos prismáticos.

La resistencia al corte de las discontinuidades de la roca es el aspecto más importante para determinar la estabilidad del macizo rocoso, especialmente en aquellas zonas próximas a

la superficie en donde pueda existir alguna forma de inestabilidad cinemáticamente posible.

Las discontinuidades (diaclasas) no tienen relleno y describen planos curvados.

A estos materiales se les puede asignar los siguientes parámetros geotécnicos: (*)

	DENSIDAD SECA γ_d (T/m ³)	RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE q_u (Kgs/cm ²)
BASALTO	2,75-3,00	150-4.200
FONOLITA	2,54-2,66	1.500-3.400

Resistencia al corte Roca	DIACLASAS		MATRIZ ROCOSA	
	C' (Kgs/cm ²)	ψ' (°)	C' (Kgs/cm ²)	ψ' (°)
BASALTO	0	47	300-420	48-50

(*): Datos extraídos de tablas: JIMENEZ SALAS et al (1975)
"Geotecnica y Cimientos".

Los diques postmagmáticos, aunque quedan fuera de la zona estudiada, cortan a las coladas casi verticalmente, constituyendo resaltes de rocas visiblemente diferentes (ver fotografía nº 3), pero de propiedades geomecánicas muy similares a dichas coladas.

6.3. Análisis por zonas.

La ladera se ha dividido por zonas, para facilitar su estudio, así como la futura realización de las medidas protectoras.

De cada zona se ha realizado una descripción detallada. Asimismo se ha señalado el riesgo de daños, las medidas correctoras propuestas y un coste estimativo de dichas medidas.

Finalmente se han realizado una serie de perfiles de las zonas, que aparecen en los anexos.



Instituto Tecnológico Geominero de España

DESCRIPCION

ZONA Nº I - a

SUPERFICIE 1.180 m²
DESNIVEL 18 m

PENDIENTE GENERAL 60°
PENDIENTE MAXIMA 70°

Talud subvertical con voladizos en el tercio inferior y un alto nivel de diaclasamiento en los niveles de colada. Numerosos bloques piróclásticos desnudos trabados por finos y numerosos cantos.

Existen algunas grietas subparalelas al talud que inestabilizan algún bloque de gran tamaño pero sin excesivo riesgo de caída. La zona ajardinada situada bajo todo este talud, hace de zona de recogida de los posibles bloques que caigan.

INESTABILIDAD

- Maxima
- Media
- Minima

RIESGOS DE DAÑOS

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo

CORRECCION Y VALORACION ECONOMICA

	Unidades	Precio Unitario	Total
<input checked="" type="checkbox"/> Saneo y Voladura	250 m ²	500	125.000
<input checked="" type="checkbox"/> Recalce	5 m ²	10.000	50.000
<input type="checkbox"/> Valla protectora			
<input checked="" type="checkbox"/> sellado de grietas	2 m ³	10.000	20.000
<input type="checkbox"/> Mallas			
<input type="checkbox"/> Gunitado			
<input type="checkbox"/> Bulonado			
<input type="checkbox"/> Reforestacion			
		SUMA (Neto)	195.000

ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRAFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Saneo de las zonas inestables, cuñas, bloques sueltos, voladizos, etc.
- * Relleno y sellado de algunas grietas, en especial en la parte central de esta zona.
- * Recalces y en su defecto gunitado en la parte superior izquierda.



+ SANEO

~ SELLADO DE GRIETAS

ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRAFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Saneo de las zonas inestables, cuñas, bloques sueltos, voladizos, etc.
- * Relleno y sellado de algunas grietas, en especial en la parte central de esta zona.
- * Recalces y en su defecto gunitado en la parte superior izquierda.



+ SANEADO

— SELLADO DE GRIETAS



Instituto Tecnológico Geominero de España

DESCRIPCION

ZONA Nº I - b

SUPERFICIE 1.147 m²

PENDIENTE GENERAL 52°

DESNIVEL 18 m.

PENDIENTE MAXIMA 80°

Talud cóncavo-convexo subvertical muy inestable, presentando dos zonas bien diferenciadas por litología: una, la que más sobresale, formada por depósitos volcanoclásticos mal cementados con pasadas de materiales de coladas fracturados y otra que se sitúa sobre la primera cruzando hacia el W, formada predominantemente de coladas basálticas muy diaclasadas. En todo el talud quedan grandes bloques sueltos y poco cementados, además de voladizos y cuñas con gran riesgo de desprendimiento sobre el aparcamiento.

INESTABILIDAD

- Maxima
- Media
- Minima

RIESGOS DE DAÑOS

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo

CORRECCION Y VALORACION ECONOMICA

	Unidades	Precio Unitario	Total
<input checked="" type="checkbox"/> Saneo y Voladura	400 m ²	500	200.000
<input checked="" type="checkbox"/> Recalce	15 m ³	10.000	150.000
<input type="checkbox"/> Valla protectora			
<input checked="" type="checkbox"/> sellado de grietas	3 m ³	10.000	30.000
<input checked="" type="checkbox"/> Mallas	500 m ²	3.000	1.500.000
<input checked="" type="checkbox"/> Gunitado	20 m ²	4.000	80.000
<input checked="" type="checkbox"/> Bulonado	20 m/1	12.000	240.000
<input type="checkbox"/> Reforestacion			
		SUMA (Neto)	2.200.000

ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRAFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Instalación provisional de malla metálica con lastres durante el saneo y de una capa de tierra para proteger el pavimento.
- * Saneo de las zonas inestables, cuñas y voladizos, etc. con un martillo percutor o barrón de acero, desde una grúa.
- * Recalce de bloques inestables debajo y a la derecha del poste de teléfono.
- * Sellado de algunas grietas en la parte más saliente hacia el aparcamiento.
- * Bulonado de algunas grandes cuñas situadas en la parte superior derecha.
- * Colocación de una malla protectora desde el muro de la antigua carretera hasta el suelo.



+ SANEO

• BULONADO



REGALCE



SELLADO DE GRIETAS

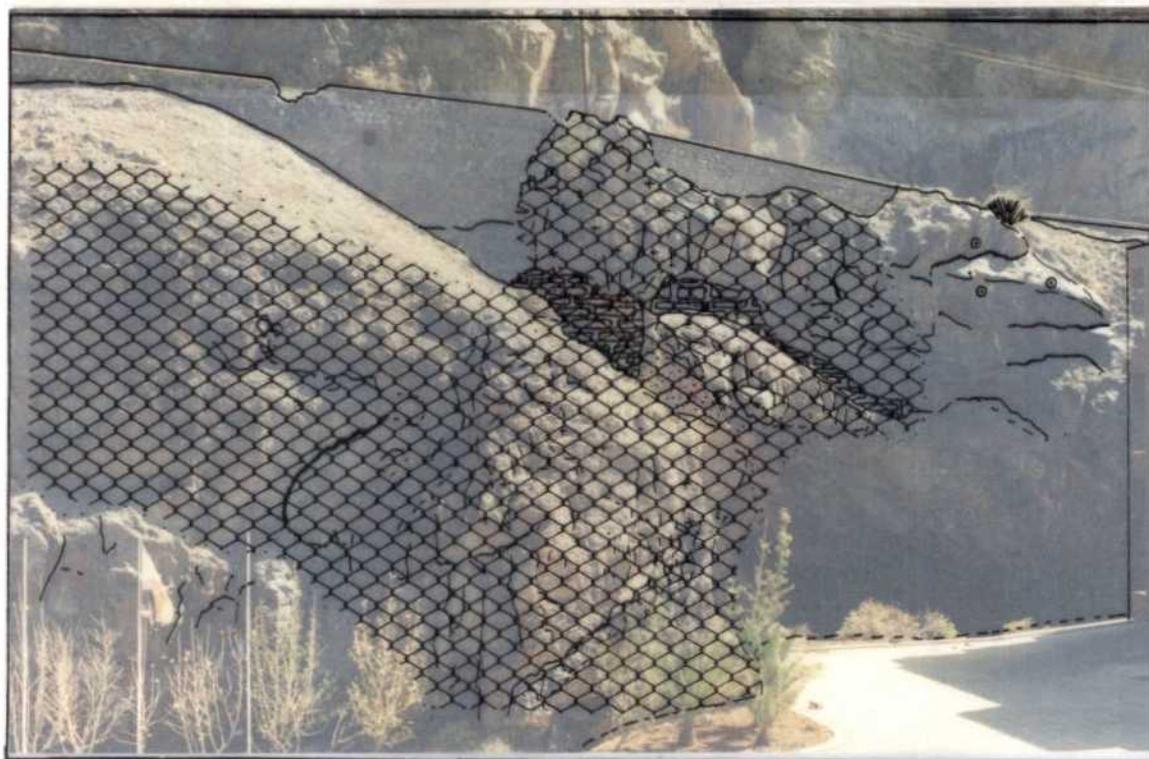


MALLA PROTECTORA

ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRÁFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Instalación provisional de malla metálica con lastres durante el saneo y de una capa de tierra para proteger el pavimento.
- * Saneo de las zonas inestables, cuñas y voladizos, etc. con un martillo percutor o barrón de acero, desde una grúa.
- * Recalce de bloques inestables debajo y a la derecha del poste de teléfono.
- * Sellado de algunas grietas en la parte más saliente hacia el aparcamiento.
- * Bulonado de algunas grandes cuñas situadas en la parte superior derecha.
- * Colocación de una malla protectora desde el muro de la antigua carretera hasta el suelo.



+ SANEÓ

• BULONADO

REGALCE

SELLADO DE GRIETAS



MALLA PROTECTORA



Instituto Tecnológico Geominero de España

DESCRIPCION

ZONA N^o I - c

SUPERFICIE 1.184 m²
DESNIVEL 15 m.

PENDIENTE GENERAL 55°
PENDIENTE MAXIMA 80°

Talud subvertical muy próximo a la fachada posterior del edificio, formado principalmente por basaltos muy diaclasados en planos curvos. Presenta numerosos bloques y cuñas con moderado riesgo de desprendimiento, aunque algunos de ellos tienen que ser bulonados.

INESTABILIDAD

- Maxima
- Media
- Minima

RIESGOS DE DAÑOS

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo

CORRECCION Y VALORACION ECONOMICA

	Unidades	Precio Unitario	Total
<input checked="" type="checkbox"/> Saneo y Voladura	250 m ²	500	125.000
<input type="checkbox"/> Recalce			
<input type="checkbox"/> Valla protectora			
<input checked="" type="checkbox"/> sellado de grietas	5 m ³	10.000	50.000
<input type="checkbox"/> Mallas			
<input type="checkbox"/> Gunitado			
<input checked="" type="checkbox"/> Bulonado	30 m/1	12.000	360.000
<input type="checkbox"/> Reforestacion			
		SUMA (Neto)	535.000

ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRAFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Protección de la parte posterior izquierda del edificio con una malla de obra durante el saneo (provisional).
- * Sanear la zona con martillo percutor o barrón desde una grúa situada en la antigua carretera y desde el primer piso del edificio.
- * Proceder al sellado de grietas que afectan a grandes bloques.
- * Bulonar grandes cuñas y lastras que presentan peligro de deslizamiento o desprendimiento.



+ Saneo

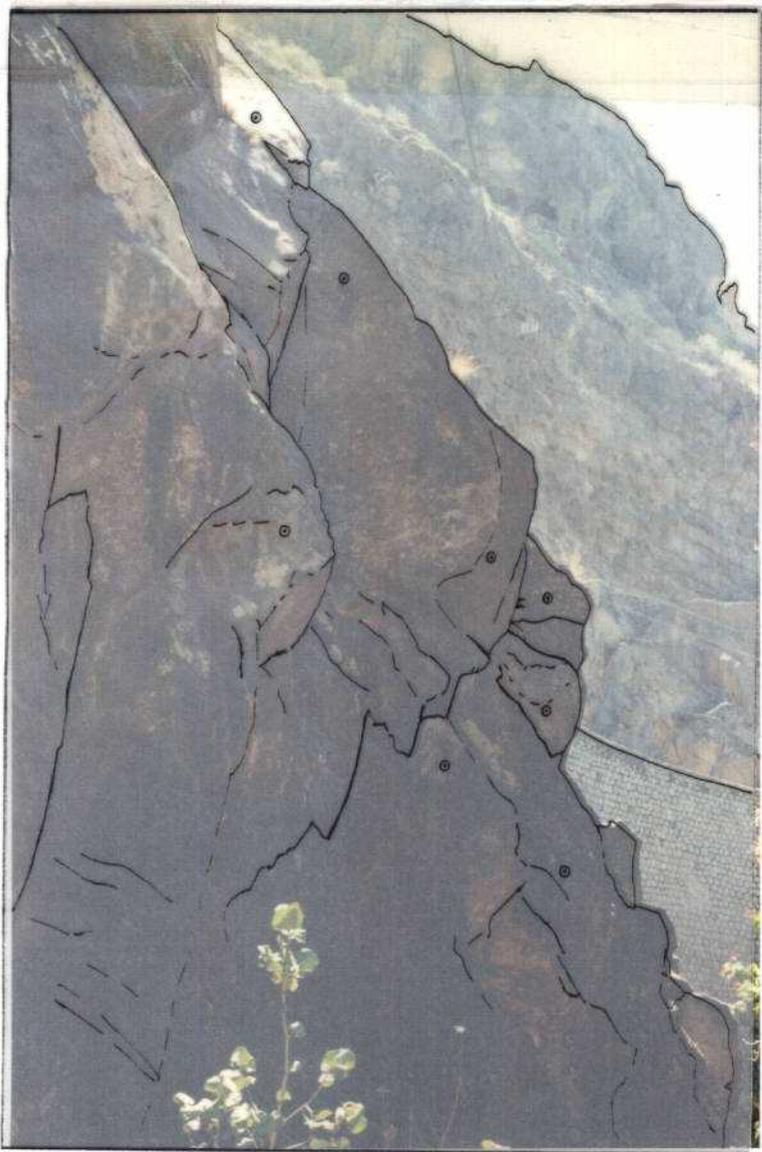
⊙ Bulonado

↗ Sellado de grietas

ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRAFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Protección de la parte posterior izquierda del edificio con una malla de obra durante el saneo (provisional).
- * Sanear la zona con martillo percutor o barrón desde una grúa situada en la antigua carretera y desde el primer piso del edificio.
- * Proceder al sellado de grietas que afectan a grandes bloques.
- * Bulonar grandes cuñas y lastras que presentan peligro de deslizamiento o desprendimiento.



+ Saneo

⊙ Bulonado

↗ Sellado de grietas



Instituto Tecnológico Geominero de España

DESCRIPCION

ZONA Nº II - a

SUPERFICIE 3.833 m²
DESNIVEL 35 m.

PENDIENTE GENERAL 53°
PENDIENTE MAXIMA 90°

Talud cóncavo correspondiente al valle del arroyo más oriental de toda la zona de estudio.

Situado encima de la carretera, presenta un perfil casi vertical en algunos resaltes que corresponden con niveles de colada. En general presenta pocas partes preceptibles de desprendimiento, siendo éstas más peligrosas cuanto más se acercan a la carretera viejo de San Andrés. Casi todo el talud tiene como área de recogida la parte basal que actúa como cono de recogida de materiales.

INESTABILIDAD

- Maxima
- Media
- Minima

RIESGOS DE DAÑOS

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo

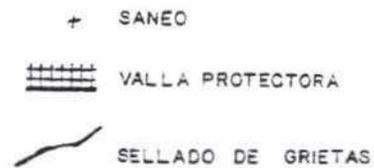
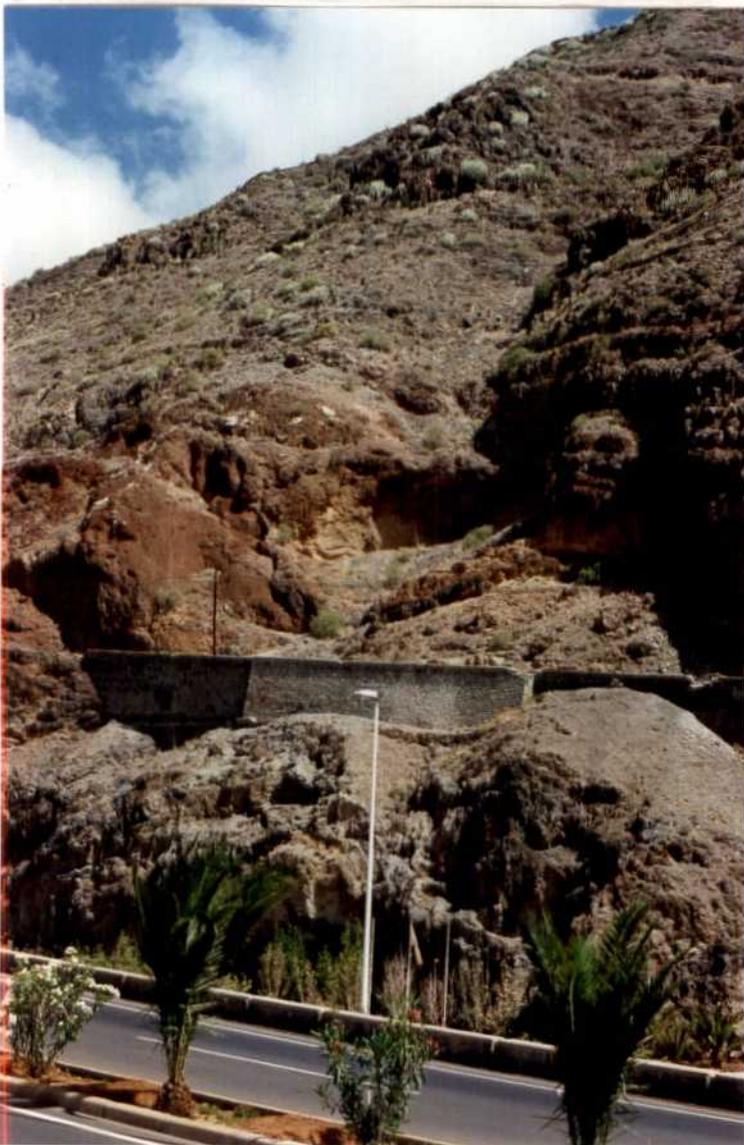
CORRECCION Y VALORACION ECONOMICA

	Unidades	Precio Unitario	Total
<input checked="" type="checkbox"/> Saneo y Voladura	1.000 m ²	500	500.000
<input type="checkbox"/> Recalce			
<input checked="" type="checkbox"/> Valla protectora	40 m/1	25.000	1.000.000
<input checked="" type="checkbox"/> sellado de grietas	5 m ³	10.000	50.000
<input type="checkbox"/> Mallas			
<input type="checkbox"/> Gunitado			
<input type="checkbox"/> Bulonado			
<input type="checkbox"/> Reforestacion			
			<hr/>
		SUMA (Neto)	1.550.000

ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRAFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

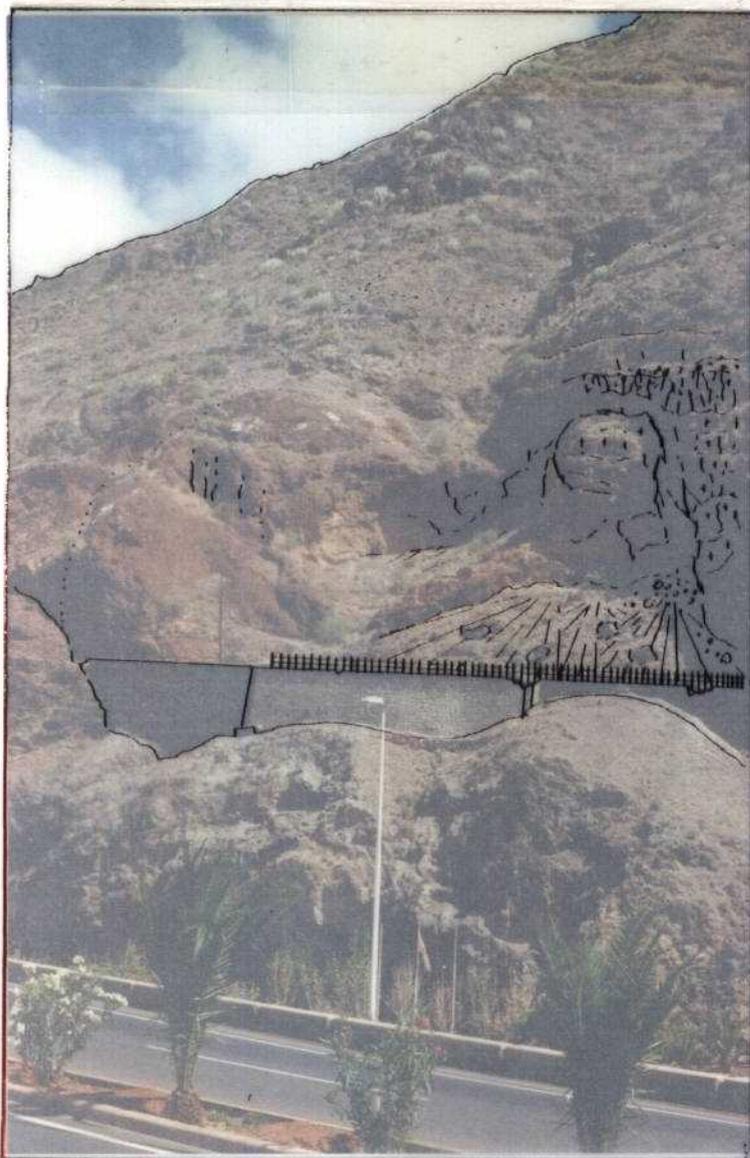
- * Colocación de valla protectora definitivo de perfiles metálicos (railes de ferrocarril) de 2 m., (+ 0,80 de anclaje) separadas 1 m. en el borde exterior de la antigua carretera de San Andrés.
- * Sanear la zona de pequeños y grandes bloques.
- * Sellar grietas.



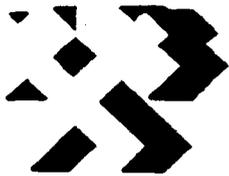
ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRAFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Colocación de valla protectora definitiva de perfiles metálicos (railes de ferrocarril) de 2 m., (+ 0,80 de anclaje) separados 1 m. en el borde exterior de la antigua carretera de San Andrés.
- * Sanear la zona de pequeños y grandes bloques.
- * Sellar grietas.



- + SANEEO
- ▨ VALLA PROTECTORA
- SELLADO DE GRIETAS



Instituto Tecnológico Geominero de España

DESCRIPCION

ZONA N^o II - b

SUPERFICIE 2.357 m²

PENDIENTE GENERAL 70°

DESNIVEL 45 m.

PENDIENTE MAXIMA 90°

Prolongación hacia el W del talud de la zona IIa , y de la Ib hacia arriba. Constituye un saliente de enorme peligro por su gran verticalidad y grado de diaclasamiento.

La parte basal está constituida por enormes bloques disyuntados y, a veces, descalzados, mientras que la parte superior se caracteriza por presentar numerosos bloques destrabados correspondientes a depósitos piroclásticos.

La carretera en este caso, no tiene el mismo efecto de recogida de bloque que en la anterior zona por su proximidad al talud.

INESTABILIDAD

RIESGOS DE DAÑOS

- Maxima
 Media
 Minima

- Muy Alto
 Alto
 Moderado
 Bajo

CORRECCION Y VALORACION ECONOMICA

	Unidades	Precio Unitario	Total
<input checked="" type="checkbox"/> Saneo y Voladura	1.500 m ²	500	750.000
<input checked="" type="checkbox"/> Recalce	10 m ³	10.000	100.000
<input checked="" type="checkbox"/> Valla protectora	60 m/1	25.000	1.500.000
<input checked="" type="checkbox"/> sellado de grietas	5 m ³	10.000	50.000
<input checked="" type="checkbox"/> Mallas	1.000 m ²	3.000	3.000.000
<input checked="" type="checkbox"/> Gunitado	30 m ²	4.000	120.000
<input checked="" type="checkbox"/> Bulonado	50 m/1	12.000	600.000
<input type="checkbox"/> Reforestacion			
		SUMA (Neto)	6.120.000

ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRAFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

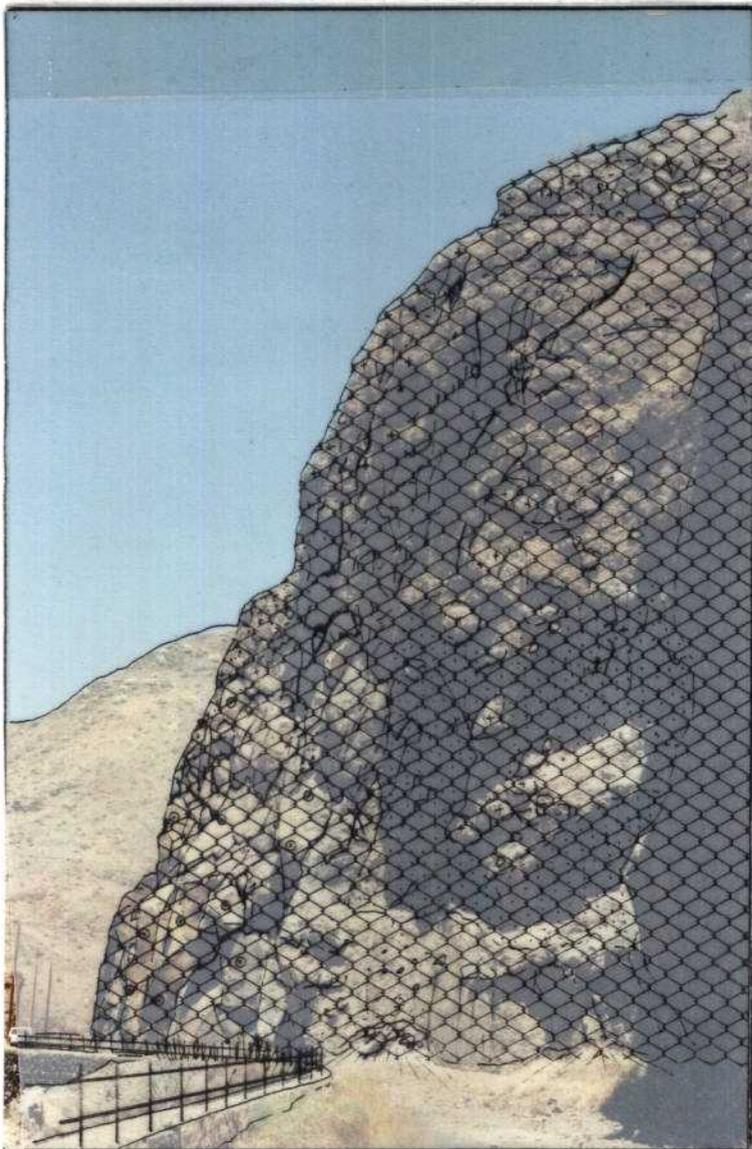
- * Colocación de valla protectora definitiva de perfiles metálicos (railes) en el borde exterior de la antigua carretera de San Andrés
- * Recalce de grandes bloques en la parte que más sobresale.
- * Sanear la zona de pequeños y grandes bloques, previa colocación de una malla provisional metálica con lastres.
- * Sellar las grietas más abiertas.
- * Gunitar las áreas más fracturadas y de bloques más pequeños, sobre todo las situadas en la cornisa alta de la zona.
- * Bulonar grandes lastros y bloques lajados en la misma parte saliente donde se recalzó.
- * Colocar malla metálica definitiva en toda la zona.

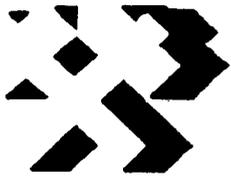


ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRÁFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Colocación de valla protectora definitiva de perfiles metálicos (railes) en el borde exterior de la antigua carretera de San Andrés
- * Recalce de grandes bloques en la parte que más sobresale.
- * Sanear la zona de pequeños y grandes bloques, previa colocación de una malla provisional metálica con lastres.
- * Sellar las grietas más abiertas.
- * Gunitar las áreas más fracturadas y de bloques más pequeños, sobre todo las situadas en la cornisa alta de la zona.
- * Bulonar grandes lastras y bloques lajados en la misma parte saliente donde se recalzó.
- * Colocar malla metálica definitiva en toda la zona.





Instituto Tecnológico Geominero de España

DESCRIPCION

ZONA Nº II - c

SUPERFICIE 2.710 m²
DESNIVEL 45 m

PENDIENTE GENERAL 60°
PENDIENTE MAXIMA 90°

Prolongación de las zonas II a y II b hacia el W. Talud vertical en algunos puntos con elevado grado de diaclasamiento en los niveles basálticos y tramos erosionados correspondientes a los niveles piroclásticos, buzando todo el conjunto hacia el W. Dada la concavidad de dicho talud y la separación de la carretera de la parte posterior del edificio, el riesgo de daños es alto pero menor que el de la zona II b.

INESTABILIDAD

- Maxima
- Media
- Minima

RIESGOS DE DAÑOS

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo

CORRECCION Y VALORACION ECONOMICA

	Unidades	Precio Unitario	Total
<input checked="" type="checkbox"/> Saneo y Voladura	2.000 m ²	500	1.000.000
<input type="checkbox"/> Recalce			
<input checked="" type="checkbox"/> Valla protectora	60 m/1	25.000	1.500.000
<input checked="" type="checkbox"/> sellado de grietas	10 m ³	10.000	100.000
<input checked="" type="checkbox"/> Mallas	1.500 m ²	3.000	4.500.000
<input checked="" type="checkbox"/> Gunitado	30 m ²	4.000	120.000
<input checked="" type="checkbox"/> Bulonado	30 m/1	12.000	360.000
<input type="checkbox"/> Reforestacion			
		SUMA (Neto)	7.580.000

ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRAFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Continuar la colocación de valla de perfiles metálicos hasta el final de la zona II c.
- * Sanear toda la zona de pequeños y grandes bloques, previa colocación de una malla metálica provisional con lastres.
- * Sellar aquellas grietas abiertas quasi-parallelas al talud
- * Gunitar las zonas altas fracturadas.
- * Bulonar algunos grandes bloques en la parte central-derecha de la zona, sobresaliente sobre la carretera.
- * Colocar malla metálica definitiva en toda la zona.

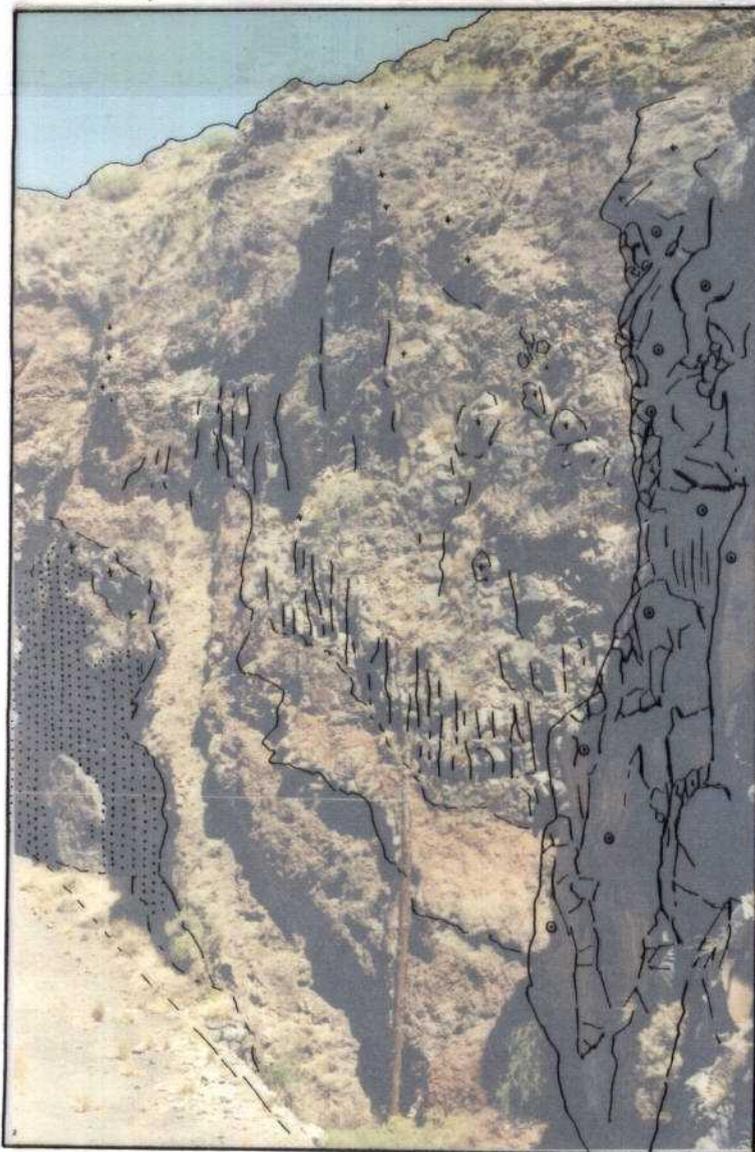


- + Saneo
- ≡≡≡ Valla protectora
- ⚡ Sellado de grietas
- ⊗ Malla protectora
- ⊙ Gunitado
- ⊙ Bulonado

ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRAFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Continuar la colocación de valla de perfiles metálicos hasta el final de la zona II c.
- * Sanear toda la zona de pequeños y grandes bloques, previa colocación de una malla metálica provisional con lastres.
- * Sellar aquellas grietas abiertas quasi-paralelas al talud
- * Gunitar las zonas altas fracturadas.
- * Bulonar algunos grandes bloques en la parte central-derecha de la zona, sobresaliente sobre la carretera.
- * Colocar malla metálica definitiva en toda la zona.



- + Saneo
- ▬▬▬ Valla protectora
- ⚡ Sellado de grietas
- ▩ Malla protectora
- ⋯ Gunitado
- ⊙ Bulonado



Instituto Tecnológico Geominero de España

DESCRIPCION

ZONA Nº II - d

SUPERFICIE 3.166 m²
DESNIVEL 80 m.

PENDIENTE GENERAL 53°
PENDIENTE MAXIMA 90°

Zona con talud de similares características a los anteriores IIa, IIb y IIc.

Aunque con paredes igualmente verticales y tal vez de mayor altura, esta zona no reviste tanto peligro por estar ya bastante más separada del edificio y tener como área de recogida la carretera y la zona ajardinada del edificio en su parte lateral derecha. No obstante requiere un tratamiento parecido que reduzca ese riesgo de daños.

INESTABILIDAD

- Maxima
- Media
- Minima

RIESGOS DE DAÑOS

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo

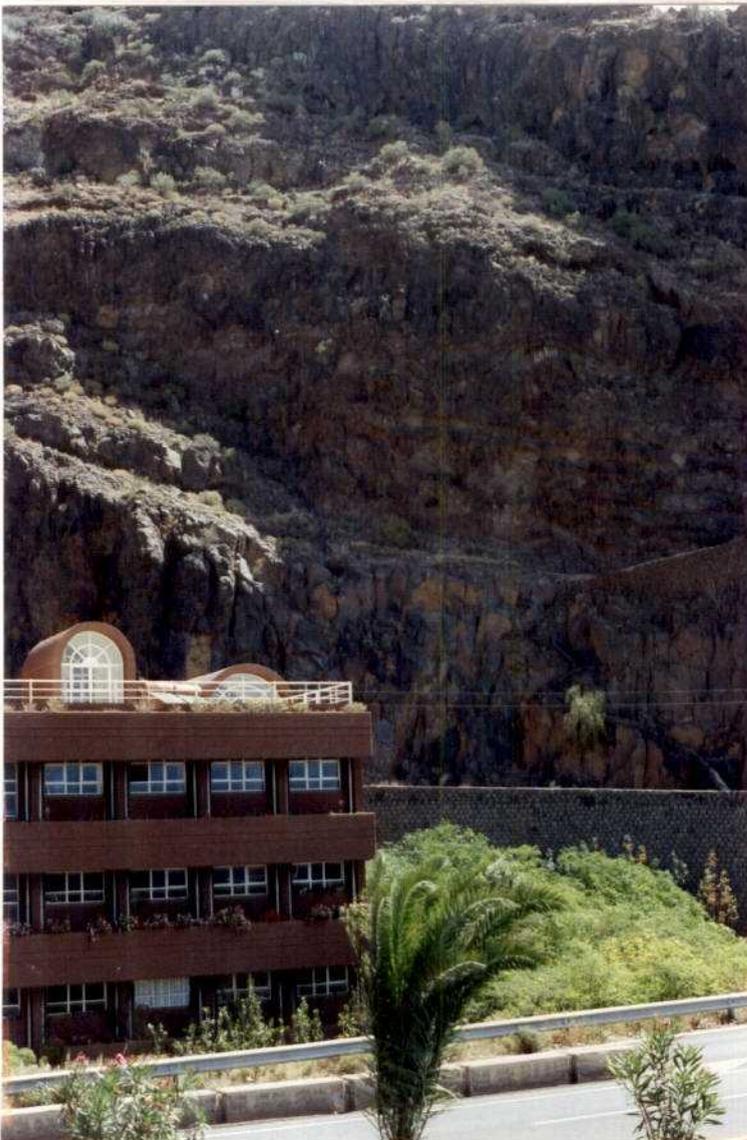
CORRECCION Y VALORACION ECONOMICA

	Unidades	Precio Unitario	Total
<input checked="" type="checkbox"/> Saneo y Voladura	1.000 m ²	500	500.000
<input type="checkbox"/> Recalce			
<input checked="" type="checkbox"/> Valla protectora	20 m/1	25.000	500.000
<input checked="" type="checkbox"/> sellado de grietas	5 m ³	10.000	50.000
<input type="checkbox"/> Mallas			
<input checked="" type="checkbox"/> Gunitado	20 m ²	4.000	80.000
<input type="checkbox"/> Bulonado			
<input type="checkbox"/> Reforestacion			
		SUMA (Neto)	1.130.000

ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRAFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Colocación de valla protectora de perfiles metálicos igual que en II-a, II-b y II-c.
- * Sellar las grietas más abiertas en la parte medio-baja de la zona.
- * Proceder al saneo de toda la zona, en especial las partes más altas que son las que mayores desprendimientos producen.
- * Gunitar en las paredes más abruptas las áreas que mayor grado de fracturación presentan.



+ Saneo

≡ Valla protectora

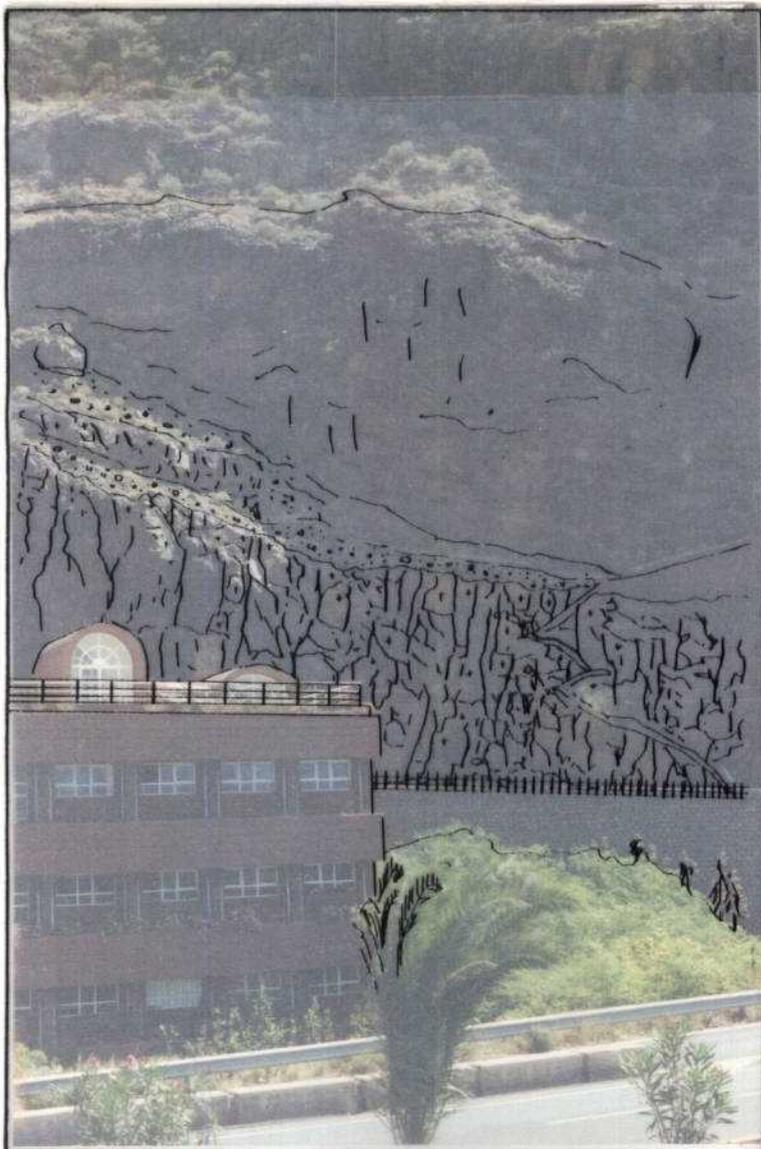
⚡ Sellado de grietas

⋯ Gunitado

ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRAFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Colocación de valla protectora de perfiles metálicos igual que en II-a, II-b y II-c.
- * Sellar las grietas más abiertas en la parte media-baja de la zona.
- * Proceder al saneo de toda la zona, en especial las partes más altas que son las que mayores desprendimientos producen.
- * Gunitar en las paredes más abruptas las áreas que mayor grado de fracturación presentan.



+ Saneo

▨ Valla protectora

∟ Sellado de grietas

⋯ Gunitado



Instituto Tecnológico Geominero de España

DESCRIPCION

ZONA Nº III

SUPERFICIE 22.994 m²

PENDIENTE GENERAL 35°

DESNIVEL 80 m

PENDIENTE MAXIMA 80° (resaltes)

Zona de gran superficie y de pendiente general alta y muy alta en los resaltes basáltico-fonclíticos.

En general presenta bastante fracturación y numerosos bloques sueltos por lo que esta zona reviste un gran peligro de rodadura de bloques a lo largo de la ladera, más acuciado aún en la franja que abarca el edificio y el aparcamiento.

INESTABILIDAD

- Maxima
- Media
- Minima

RIESGOS DE DAÑOS

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo

CORRECCION Y VALORACION ECONOMICA

	Unidades	Precio Unitario	Total
<input checked="" type="checkbox"/> Saneo y Voladura	5.000 m ²	500	2.500.000
<input checked="" type="checkbox"/> Recalce	20 m ³	10.000	200.000
<input checked="" type="checkbox"/> Valla protectora	150 m/1	25.000	3.750.000
<input checked="" type="checkbox"/> sellado de grietas	20 m ³	10.000	200.000
<input checked="" type="checkbox"/> Mallas	3.000 m ²	3.000	9.000.000
<input checked="" type="checkbox"/> Gunitado	50 m ²	4.000	200.000
<input checked="" type="checkbox"/> Bulonado	500 m/1	12.000	6.000.000
<input checked="" type="checkbox"/> Reforestacion	100 unid.	2.500	<u>250.000</u>
		SUMA (Neto)	22.100.000

ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRÁFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Colocación de valla protectora de perfiles metálicos, similar a la colocada en la zona II, a lo largo del contacto entre las zonas II y III, con el fin de frenar los bloques que se desprendan de toda esta zona y de la IV.
- * Saneamiento general de toda la zona.
- * Sellado de grietas en los dos resaltes existentes.
- * Recalce y sellado de grietas en un promontorio situado en la parte inferior derecha de esta zona.
- * Gunitado de áreas erosionables.
- * Bulonado de grandes bloques y cuñas.
- * Colocación de mallas de protección.
- * Reforestación con especies autóctonas.

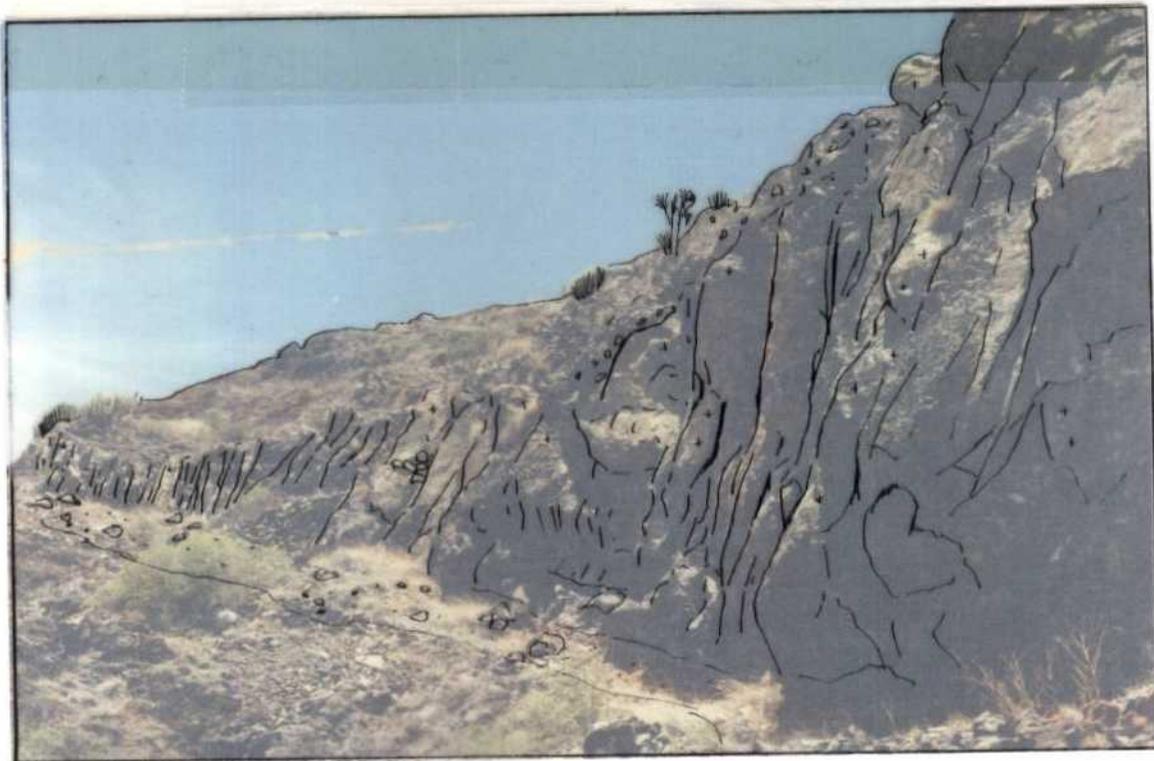


Idem zona IV

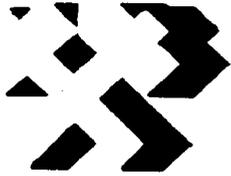
ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRÁFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Colocación de valla protectora de perfiles metálicos, similar a la colocada en la zona II, a lo largo del contacto entre las zonas II y III, con el fin de frenar los bloques que se desprendan de toda esta zona y de la IV.
- * Saneamiento general de toda la zona.
- * Sellado de grietas en los dos resaltes existentes.
- * Recalce y sellado de grietas en un promontorio situado en la parte inferior derecha de esta zona.
- * Gunitado de áreas erosionables.
- * Bulonado de grandes bloques y cuñas.
- * Colocación de mallas de protección.
- * Reforestación con especies autóctonas.



Idem zona IV



Instituto Tecnológico Geominero de España

DESCRIPCION

ZONA No IV

SUPERFICIE 25.893 m²
DESNIVEL 100 m.

PENDIENTE GENERAL 40°
PENDIENTE MAXIMA 85° (resaltes)

Al igual que la anterior, esta zona de enorme superficie, por encontrarse en fuerte desnivel y en el tercio más alto de la ladera, presenta un peligro similar o mayor de desprendimientos con rodadura de bloques a lo largo de la ladera. Por ello las medidas a tomar van a ser similares, si bien esta y la anterior zona requieren un tratamiento especial y diferente a las zonas I y II.

INESTABILIDAD

- Maxima
- Media
- Minima

RIESGOS DE DAÑOS

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo

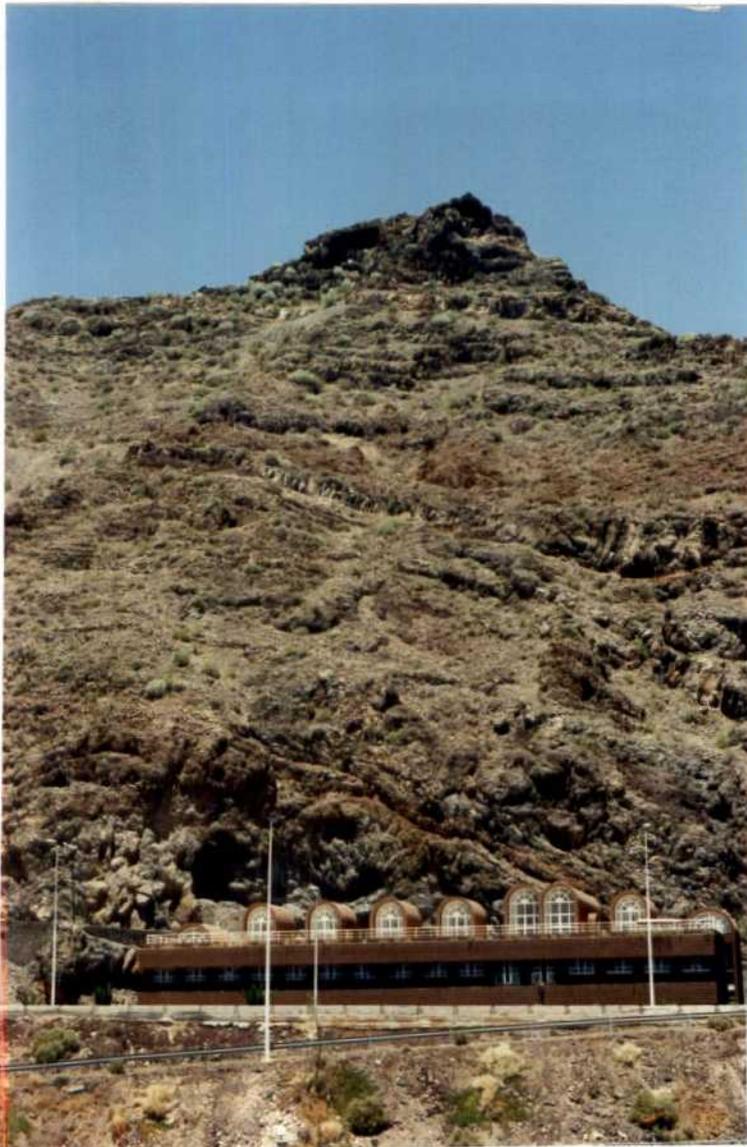
CORRECCION Y VALORACION ECONOMICA

	Unidades	Precio Unitario	Total
<input checked="" type="checkbox"/> Saneo y Voladura	20.000 m ²	500	10.000.000
<input checked="" type="checkbox"/> Recalce	100 m ³	10.000	1.000.000
<input type="checkbox"/> Valla protectora			
<input checked="" type="checkbox"/> sellado de grietas	30 m ³	10.000	300.000
<input checked="" type="checkbox"/> Mallas	4.000 m ²	3.000	12.000.000
<input checked="" type="checkbox"/> Gunitado	100 m ²	4.000	400.000
<input checked="" type="checkbox"/> Bulonado	500 m/1	12.000	6.000.000
<input checked="" type="checkbox"/> Reforestacion	300 unid.	2.500	750.000
		SUMA (Neto)	30.450.000

ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTO EN EL CENTRO
OCEANOGRAFICO DE CANARIAS (TENERIFE)

TRATAMIENTO

- * Saneo general de toda la zona y retirada de bloques inestables o con peligro de desprendimiento.
- * Sellado de grietas en resaltes y gunitado de aquella parte de dichos resaltes que se presentan más fracturadas.
- * Recalce de bloques más inestables.
- * Gunitado de zonas erosionables.
- * Bulonado de lastras y cuñas sueltas.
- * Colocación de mallas en las partes más peligrosas.
- * Reforestación con especies autóctonas.



- + Saneo
- ≡ Valla protectora
- ⚡ Sellado de grietas
- ⊗ Malla protectora
- ⊙ Gunitado
- ⊙ Bulonado
- ♣ Reforestación

7.- MEDIDAS CORRECTORAS.

Aunque ya se han mencionado en el capítulo anterior algunas medidas para reducir el riesgo de desprendimientos, analizaremos ahora cada uno de los principales métodos correctivos aplicables en todo el conjunto inestable.

Se dan preferencia a aquellas medidas correctoras que producen un menor impacto visual.

Durante la realización de los trabajos de acondicionamiento de la ladera no se garantiza una total seguridad ante la posibilidad de desprendimientos, por lo que se aconsejará el desarrollo total o parcial del Centro Oceanográfico de Canarias al menos en el tiempo de ejecución de obras en algunos puntos de los tramos II b, II c y III.

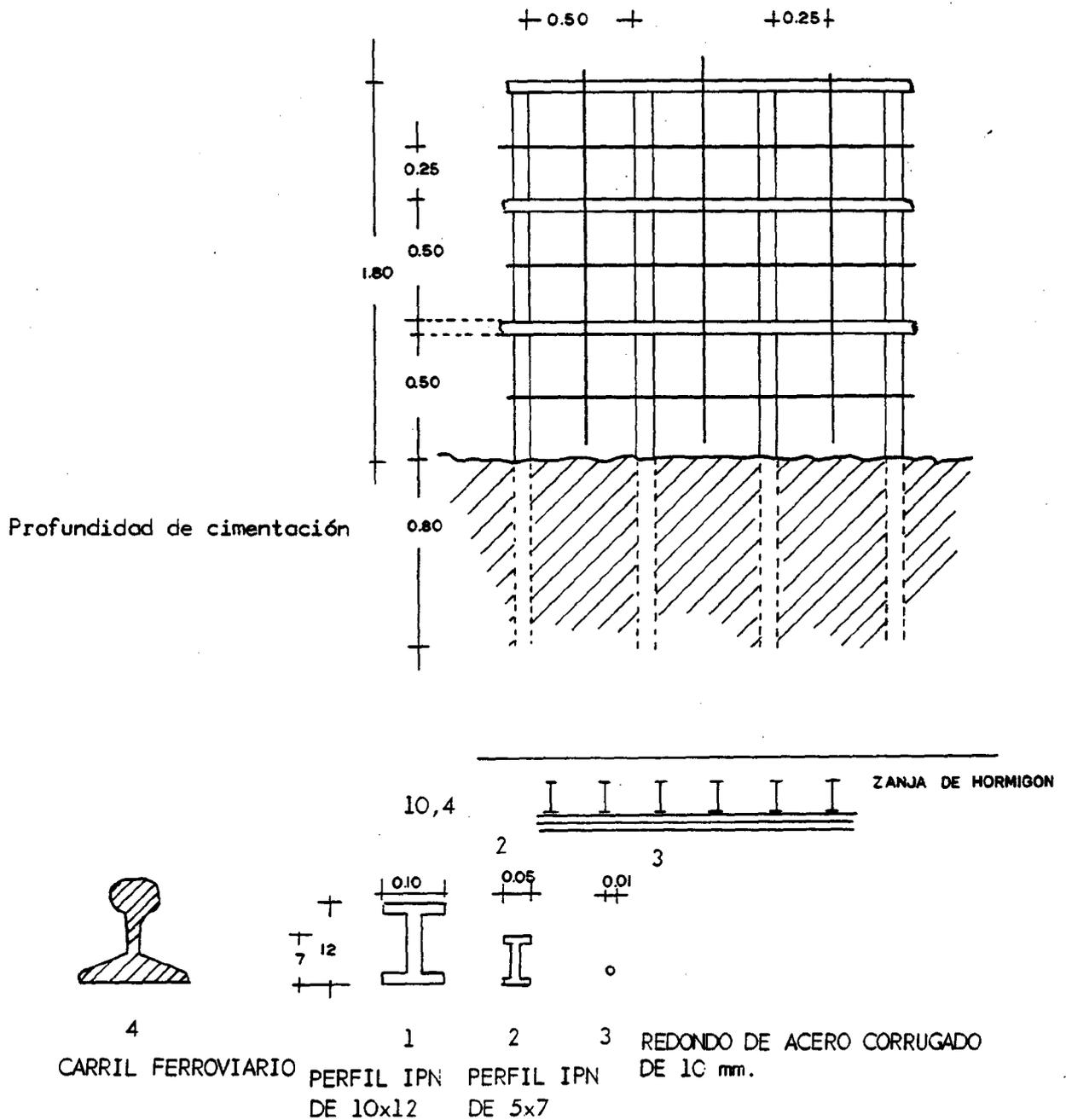
7.1. Vallos metálicas.

Como primera medida se recomienda la instalación de dos vallos de perfiles metálicos (raíles de ferrocarril p. e.), siguiendo las pautas establecidas en la figura 7.1.1. (elementos estructurales de la valla de acero de protección contra desprendimientos), en diferentes alturas: en la base de la zona II, a lo largo de la carretera vieja de San Andrés y en la base de la zona III.

La función de esta medida es meramente protectora de los bloques que cayeran rodando ladera abajo.

El vaciado de la cimentación deberá realizarse con retroexcavadora o martillo percutor según la accesibilidad, siendo necesario en todos los casos una profundidad mínima de cimentación de 0,80 mts. El relleno de la zanja o de cada hoyo se realizará posteriormente a la colocación de la valla con hormigón. La unión entre los componentes que conforman la valla metálica se realizará con soldadura eléctrica a pie de obra.

7.1.1. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA VALLA DE ACERO DE PROTECCION
CONTRA DESPRENDIMIENTOS



7.2. Saneos y voladuras.

Se podrá realizar el saneo del talud y la retirada de bloques inestables, cuñas, lajas, etc., mediante grúa fija o móvil con cesta suspendida, bien desde la base del edificio o aparcamiento, o bien desde la antigua carretera de San Andrés, según los casos, para las zonas I y II. En las zonas III y IV se procederá a realizar un saneo manual con las herramientas adecuadas. Esta labor será más intensa en la parte elevada (zonas II y III).

Dentro de estas labores se incluye la eliminación de arbustos y vegetación que al enraizar en grietas, produce apertura de éstas y expulsión del bloque hacia el exterior.

El saneo de la zona Ib y Ic se realizará colocando balas de paja o un manto de arena para impedir que la caída de los bloques deteriore el pavimento del aparcamiento. En la zona II se procederá a efectuar un saneo controlado cuando estén ya instaladas las vallas protectoras. Asimismo se protegerá la fachada posterior del edificio con malla de obra con el fin de evitar la rotura de cristales u otros efectos.

Para las labores de saneo puede resultar factible la utilización en algunos casos de explosivos o bien de cementos expansivos.

7.3. Recalce y sostenimiento de bloques mejorando su base de apoyo.

Todas las situaciones observadas de bloques o grandes conjuntos inestables por erosión, fracturación o minado de su base de apoyo se pueden tipificar en dos:

1ª Por erosión diferencial, en zonas generalmente basales de talud, de los paquetes volcanoclásticos más delezna**bles** (Zonas Ia, Ib, IIa y IIb).

2ª Por fracturación y desprendimiento o deslizamiento parcial de bloques que en su caída descalzan o inestabilizan a otros bloques o conjunto de bloques ya fracturados. Este caso es frecuente en el talud artificial realizado en tiempos para la construcción de la Carretera de San Andrés y en algunos puntos de la zona III.

* En el primer caso, la erosión diferencial de los paquetes piroclásticos respecto a los paquetes de colada basáltica fracturada, genera una inestabilidad palpable. En ocasiones el descalzamiento se produce por la desaparición de paquetes de finos sobre los que descansan depósitos piroclásticos de bloques poco trabados que quedan igualmente desestabilizados.

Esta situación se repite en las coladas basales aunque no con demasiada intensidad como para resultar un problema grave.

Se propone una solución de recalce y sostenimientos que evite la progresión rápida de la erosión y se sigan produciendo nuevos descalces y desprendimientos.

El sistema a elegir se realizará adaptándose a las especiales características de cada caso siguiendo el esquema explicativo adjunto: (Figura 7.3.1. y 7.3.2.).

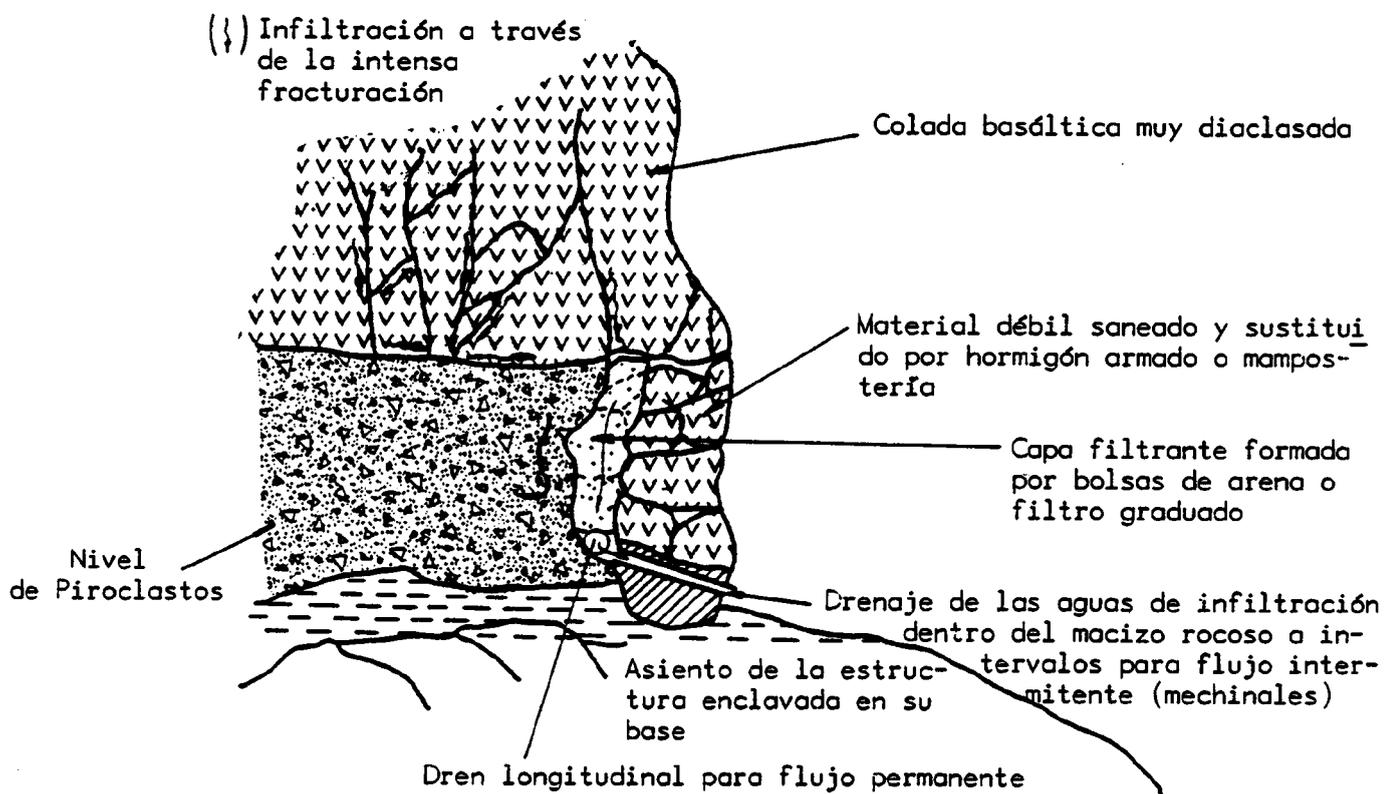


Figura 7.3.1.

CONJUNTO INESTABLE

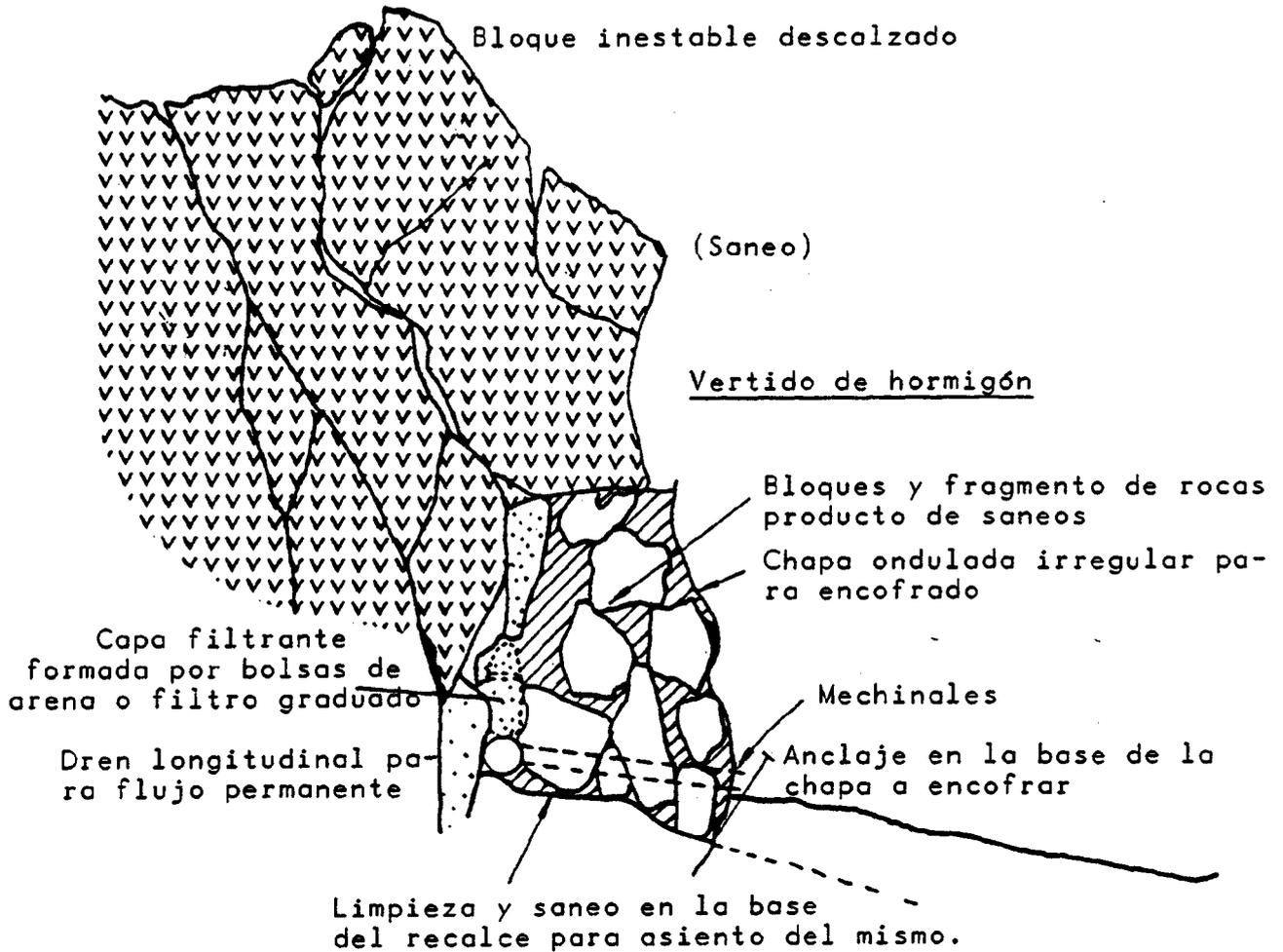


FIGURA 7.3.2.

- a) Se acondicionará (excavará y limpiará) la base del asiento de la estructura de recalce.
- b) Se instalará el sistema de dren longitudinal y se implantarán ya los mechinales.
- c) Se elaborará la base de hormigón ya con los mechinales y se levantará un muro de mampostería de mortero que constituirá el murete de recalce. En el trasdós del murete se colocará una capa filtrante de arena.

* En el segundo caso, la fracturación de bloques que en su caída descalzan o inestabilizan otros bloques, requiere un tratamiento similar. La intensa fracturación de las coladas basálticas determina cuñas y bloques perfectamente indivudalizados que por la rugosidad de sus caras descansan unos sobre otros trabados por aristas y en virtud del rozamiento entre dichas caras. La inestabilidad de los bloques se ve favorecida por la construcción del talud artificial, casi vertical, de la carretera de San Andrés.

La fuerza de la gravedad ayudada por agentes erosivos, sísmicos (frecuentes en las Islas), etc. producen posteriormente el desprendimiento de las situaciones más inestables.

La solución propuesta es el recalce o sostenimiento de bloques inestables donde el saneo es inviable, adaptándose a las especiales características de cada caso.

7.4. Sellado de grietas.

Una vez localizadas y limpias las fracturas se han de utilizar preferentemente selladores flexibles que penetren de forma fluida por gravedad en las mismas, siendo los productos empleados del tipo breas o productos de impermeabilización a base de caucho, presentandose en el mercado en forma de líquido semifluido disuelto en agua.

Se puede acabar vertiendo una capa de hormigón que le de mayor fuerza y compacidad al conjunto.

Este problema se presenta con mayor asiduidad en las zonas de colada que han sufrido cierta descompresión con la consiguiente apertura de grietas y diaclasas.

7.5. Bulonado de lajas y bloques.

Para esta tarea, se utilizan barras de acero corrugado. Hay que proceder, en un principio, a perforar el bloque perpendicularmente a la fractura que lo individualiza, eligiendo puntos donde la roca sea suficientemente consistente para soportar la acción del taladro. También hay que tener en cuenta que las barras (bulones o clavos) no están tensionadas una vez colocadas, y son poco resistentes a flexión, por lo que deben usarse cuando las discontinuidades sean estrechas. Su diámetro será entre 15 y 30 mm. y su longitud dependerá de las dimensiones de los bloques (se estima una longitud media de 3 m.).

Tal refuerzo se usa con más eficacia utilizando pernos de 25 a 40 mm. de diámetro pretensados, es decir, anclados en el interior de la roca y tensados desde el exterior.

7.6. Malla metálica.

El proceso seguido en la instalación de malla metálica en el talud de la zona I-b, comprende las siguientes fases (Fig. 7.6.1.).

* Preparación del anclaje en la parte anterior al borde superior del talud, a una distancia comprendida entre dos y cuatro metros, mediante una alineación de bulones de una longitud media de 2 mts. y espaciados cada 4 m.

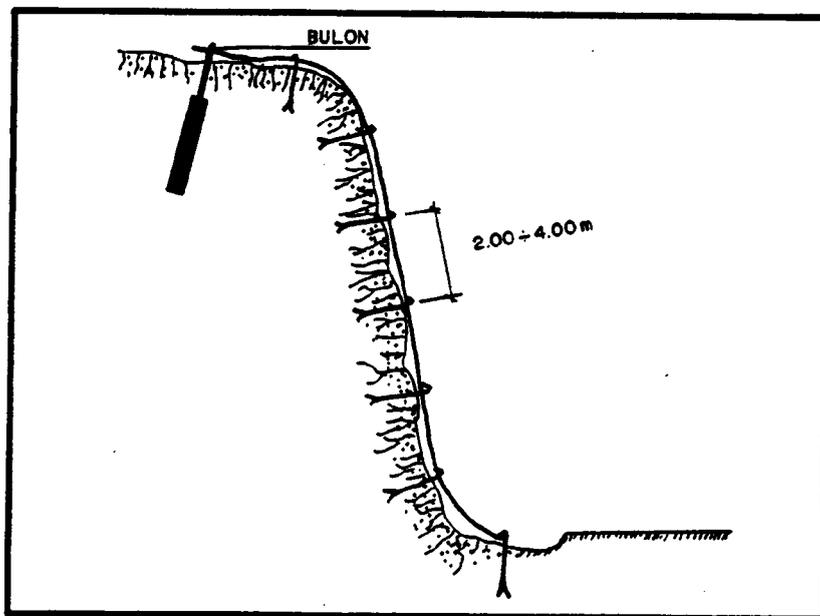


FIGURA 7.6.1.

* Anclaje del enrejado mediante el agarre de varias mallas a cada bulón, haciendo previamente unos dobleces en el mismo. Cuando sea conveniente conseguir una mayor repartición de es-

fuerzos, una vez ancladas las mallas del enrejado, la parte sobrante anterior a la alineación de bulones, se coserá en forma de solapa a una barra de acero fijada entre los mismos.

* Despliegue de los rollos de enrejado hasta la parte superior del talud y cosido entre sí de los bordes de cada rollo con alambre de las mismas características.

* Fijación del enrejado al talud mediante el empleo de piquetes que se hincarán en forma discrecional siguiendo las irregularidades del terreno, sin restar elasticidad al enrejado con objeto de permitir su función de amortiguar los movimientos superficiales del terreno.

* Fijación del enrejado al borde inferior del talud hincando piquetes entre las mallas cada 2 m. de distancia aproximadamente pudiendo soltarse periódicamente para liberar los bloques atrapados y evitar tensionamientos y roturas innecesarias.

Finalmente es preciso señalar que la malla metálica precisa de un mantenimiento periódico, reparando las zonas deterioradas de la misma.

En el talud abierto por la antigua carretera a San Andrés (zonas IIb y IIc) se instalará la malla metálica con lastres de 250 Kgs. que irán colocados al final de cables (6 mm. de sección) sujetos en la misma fijación superior de la malla, separados de 2 a 4 m.(fig. 7.6.2.).

Con esto se pretende evitar el despegue del talud de los bloques se desprenden de manera que no puedan superar la antigua carretera de San Andrés, que actúa como cuneta de recogida de bloques desprendidos.

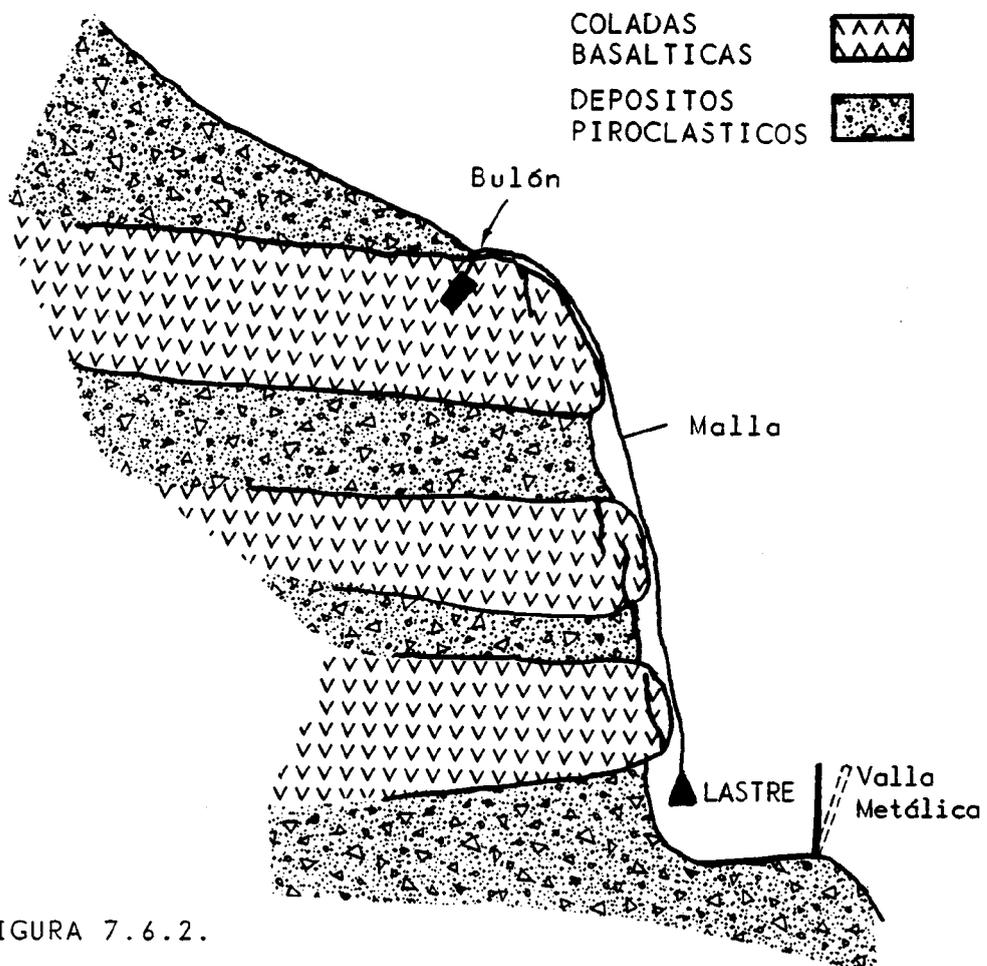


FIGURA 7.6.2.

7.7. Hormigón proyectado. Gunitado.

Consiste en una capa de hormigón rociada sobre la superficie de taludes en roca. La dosificación del hormigón se hace de forma convencional. El árido ha de tener una granulometría uniforme y un tamaño superior a 2 cm. Cuando el árido empleado es de tamaño más pequeño el hormigón empleado se llama gunita.

El hormigón proyectado es un tratamiento superficial que evita la meteorización de los tramos más deleznable (cenizas y piroclastos en este caso), así como los desprendimientos de pequeña magnitud, proporcionando a la vez una cierta resistencia en los bordes exteriores de las discontinuidades que afloran en el talud, lo que aumenta la resistencia del bloque frente al deslizamiento.

La mezcla cemento-árido es bombeada en seco a través de tubos flexibles de gran diámetro hasta la boquilla pulverizadora, donde se le añade agua. En la bomba se incorpora a la mezcla un aditivo acelerador del fraguado.

El hormigón se proyecta sobre la superficie de la roca a gran velocidad por lo que en esta operación se pierde una cantidad no inferior al 10 %. La uniformidad del espesor de la capa de hormigón depende de la destreza del operario. Una capa

de espesor nominal de 10 cm. suele quedar con espesor variable entre 7,5 y 12,5 cm., dependiendo esto de la destreza de dicho operario.

Es preferible que la superficie del talud se encuentre seca cuando se le aplica el hormigón.

El mayor inconveniente de este método radica en el elevado impacto visual que produce, y que puede ser disminuido mediante la mimetización (tinción) de la gunita.

7.8. Reforestación.

Como medida complementaria de protección se puede realizar una plantación de especies arbóreas en la ladera existente entre la cumbre y la antigua carretera a San Andrés. Se podrán emplear coníferas autóctonas (pinos) de 100 a 150 cm. de envergadura, plantadas en varias hileras perpendiculares a la pendiente. Su efecto es doble, ya que pueden proteger contra los desprendimientos, evitando la llegada de los mismos a zonas peligrosas y protegen las laderas contra la erosión, no produciendo ningún tipo de impacto ambiental.

8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La ladera del Macizo de Anaga con el edificio del Centro Oceanográfico de Canarias a su pié, se caracteriza por presentarse en forma de vertiente sin apenas acanaladuras de arroyada y con una fuerte pendiente media, próxima al 100 %.

La naturaleza volcánica de los materiales de que está compuesto este cerro, su disposición estratigráfica, y las discontinuidades que les afectan han dado lugar a que se hayan independizado numerosos bloques de basalto de pequeño y gran tamaño. Estos bloques podrán desprenderse como consecuencia de grandes lluvias, sismos o simplemente por la inestabilidad que afecta a la ladera.

La ubicación del Centro Oceanográfico de Canarias al pié del talud, con más de 200 m. de desnivel desde la cota más alta del promontorio, hace que los bloques que se desprendan entrañen un gran riesgo de daños para personas y materiales que en dicho edificio se encuentran. Por todo esto, se considera necesario la toma de medidas correctoras urgentes que eliminen, o bien minimicen en gran parte, dicho riesgo de desprendimientos.

La ladera inestable se ha dividido por zonas para facilitar su estudio y comprensión, así como para la implantación de métodos correctivos.

Ante los elevados costos de la estabilización de las zonas III y IV, podría ser factible la implantación de una valla protectora por encima del talud de la antigua carretera a San Andrés, procediendo posteriormente a un saneo somero de dichas zonas. Finalmente, como medida complementaria, se considera muy positiva la reforestación de la ladera, ya que de esta manera podrán actuar como barreras naturales ante posibles desprendimientos y no causan ningún impacto visual. Así se reducirían en gran parte el elevado presupuesto de la ejecución de medidas correctoras activas (bulones, mallas, etc.) en estas zonas.

A continuación se dan las recomendaciones en cuanto a prioridades de actuación en las zonas con más alto riesgo de daños (I y II):

- 1.- Desde el principio hasta el final de las obras habrá que proteger la fachada posterior del edificio con malla de protección de obras así como la mitad de la explanada de aparcamientos con vallas metálicas o de madera que detengan posibles desprendimientos.
- 2.- Se colocarán las vallas de perfiles metálicas; en el borde exterior de la antigua carretera de San Andrés. Con ello se pretende dar un mayor margen de la seguridad en las posteriores fases de la obra.

3.- Habrá que proceder al saneo empezando por las zonas más altas, retirando bloques inestables, ayudados por grúas u otros mecanismos. Finalmente se saneará la zona I protegiendo el pavimento, como ya se dijo antes, con balas de paja o manto de arena.

4.- Una vez efectuado el saneo se harán las labores de bulonado de bloques, sellado de grietas, gunitado de los estratos blandos y reclaces de masas inestables (en zonas I y II).

5.- Por último en las zonas IIb, IIc y Ib se procederá a la colocación de mallas protectoras, con lastres, en talud abierto por la antigua carretera a San Andrés.

Periódicamente se efectuarán labores generalizadas de saneo en las zonas III y IV, así como limpieza o reposición de mallas protectoras.

Todas estas medidas correctoras deberán en todos los casos producir el mínimo impacto ambiental y visual, para lo cual una medida complementaria sería la de poner vegetación adecuada por encima de la zona de vallas.

JUNIO 1989

Fdo.: Francisco J. Ayala Carcedo
Jefe del Area de Geología
Ambiental y Geotecnica.
I.T.G.E.

Fdo.: Jesús M. Rico Romero
Lcdo. en C.C. Geológicas.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Rico Romero', with a long horizontal line underneath it.

BIBLIOGRAFIA

ARAÑA, V. y CARRACEDO, J.C. (1978) "Los volcanes de las Islas Canarias: I. TENERIFE" Ed. Rueda. Madrid.

ARAÑA, V. y LOPEZ RUIZ, J. (1974) "Volcanismo. Dinámica y Petrología de sus productos" Ed. ISTMO. Madrid.

BALDOVIN, G. y FATTORE, A. (1974): Example of Slope Stabilization in marly sandstone flysch". Proc. 3 rd. Int. Conf. I.S.R.M. Denver, II-B.

ESCARIO, V. (1981): "Desmontes. Estado actual de la Técnica" M.O.P.U. Dirección General de Carreteras. Madrid.

FINLAYSON, B. y STATHAM, I. (1980): "Hillslope analysis". Butterworths.

HOEK, E., y BRAY, J.W. (1977): Rock Slope Engineering". The Institution of Mining and Metallurgy, Londres.

HOVLAND, H.J. y WILLOUGHBY, D.F. (1982): "Slide stabilization at the Geysers Power Plant". En "Application of Walls to landslide control problems", ASCE, Las Vegas.

HUNDER J. DUERST, R. (1981): "Safety considerations for cut in unstable slope". Proc. 10th Int. Conf. SMEF. Estocolmo. Vol 3 p. 431-436.

HUNT, R.E. (1984) "Geotechnical Engineering Investigation Manual", Mc Graw Hill, New York.

HUTCHISON, J.N. (1984): "An influence line approach to the estabilization of slopes by cuts and fills". Can Geot. J. Vol. 21, p. 363-370

I.G.M.E. (1978) "Mapa Geológico de España E. 1:25.000" HOJA 1.104-1.105, I-IV. Madrid.

I.G.M.E. (1987): "Manual de taludes". Madrid.

JIMENEZ SALAS, J.A. y otros (1976): "Geotecnia y Cimientos", tomo II, tomo III. Editorial Rueda. Madrid.

LENGLET, J. (1976): "Appareils et méthodes de surveillance des glissements de terrain". Bull. Liais. Lab. Ponts et Ch. N° Especial III, Vol. I.

LOPEZ GARCIA, J. y otros (1984): "El diseño y control geotécnico de taludes en una explotación de lignito a cielo abierto en terrenos blandos muy tectonizados y con presencia de agua". VII Cong. Int. de Minería y Metalurgia. Barcelona.

M.O.P.U. (1981): "Desmontes. Estado actual". Madrid.

RAT, M. (1976): "Drainages". Bull. Liais. Lab Ponts et Ch.
Número Especial III "Estabilite des Talus". Vol 2

RODRIGUEZ ORTIZ, J.M. (1978): "Auscultación y corrección de
movimientos del terreno". Curso de Riesgos Geológicos.
I.T.G.E. Madrid.

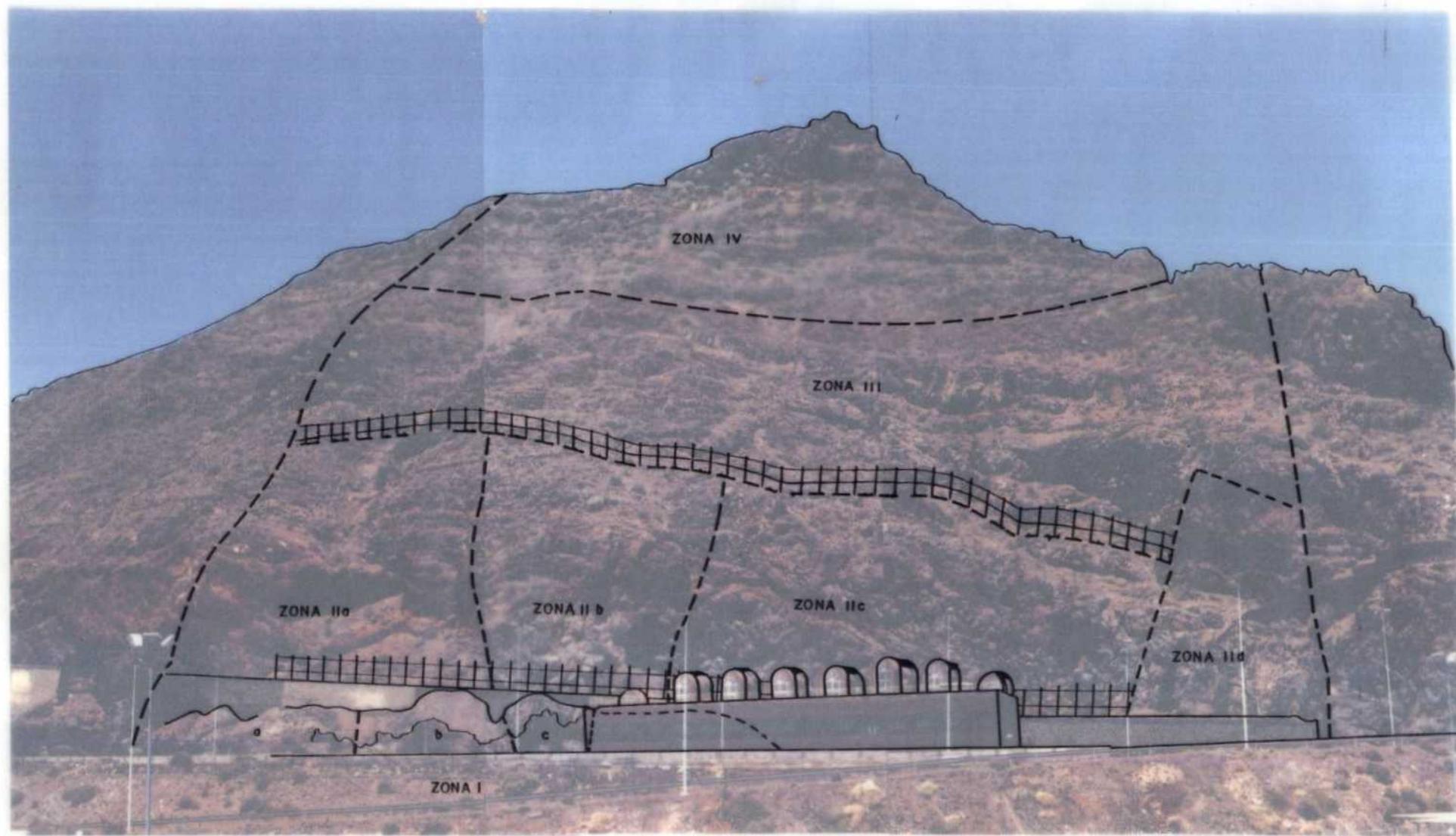
ANEXOS

- I FOTOGRAFIAS
- II PLANOS Y PERFILES
- III EVALUACION ECONOMICA ESTIMATIVA

ANEXO I: FOTOGRAFIAS



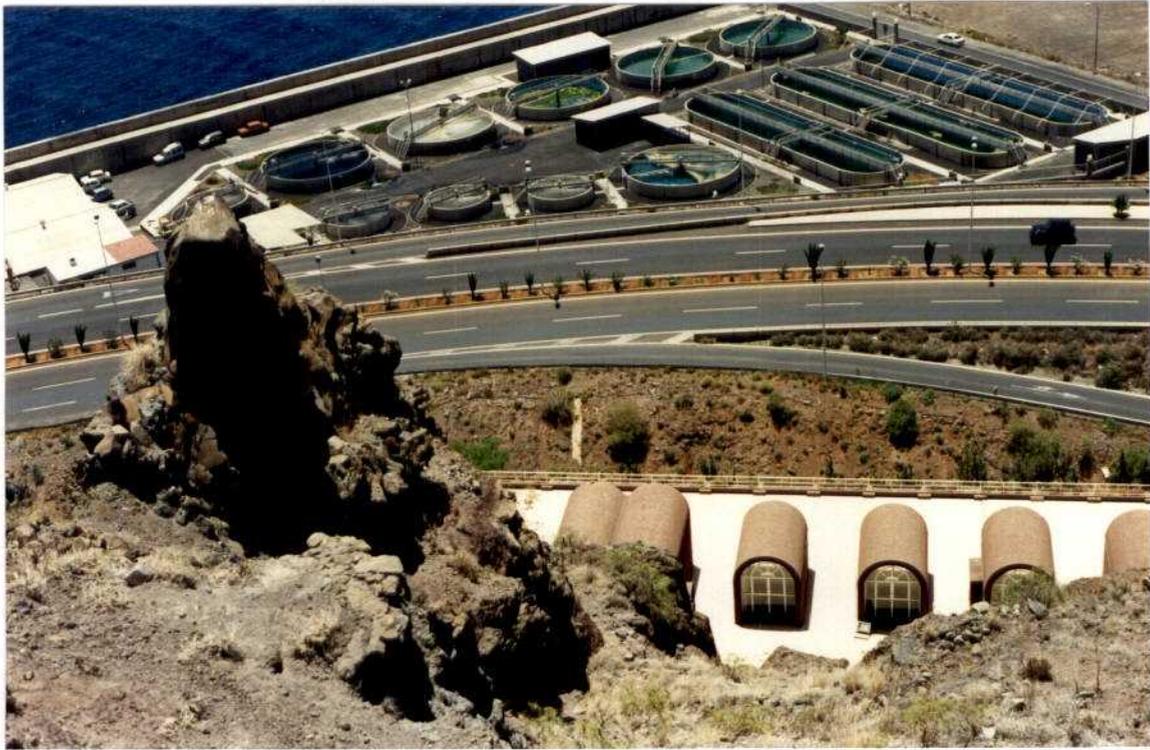
Fotografia nº 2: Vista general (aérea)



--- LIMITE ZONA DE ACTUACION
Fotografía nº 1: Vista general.



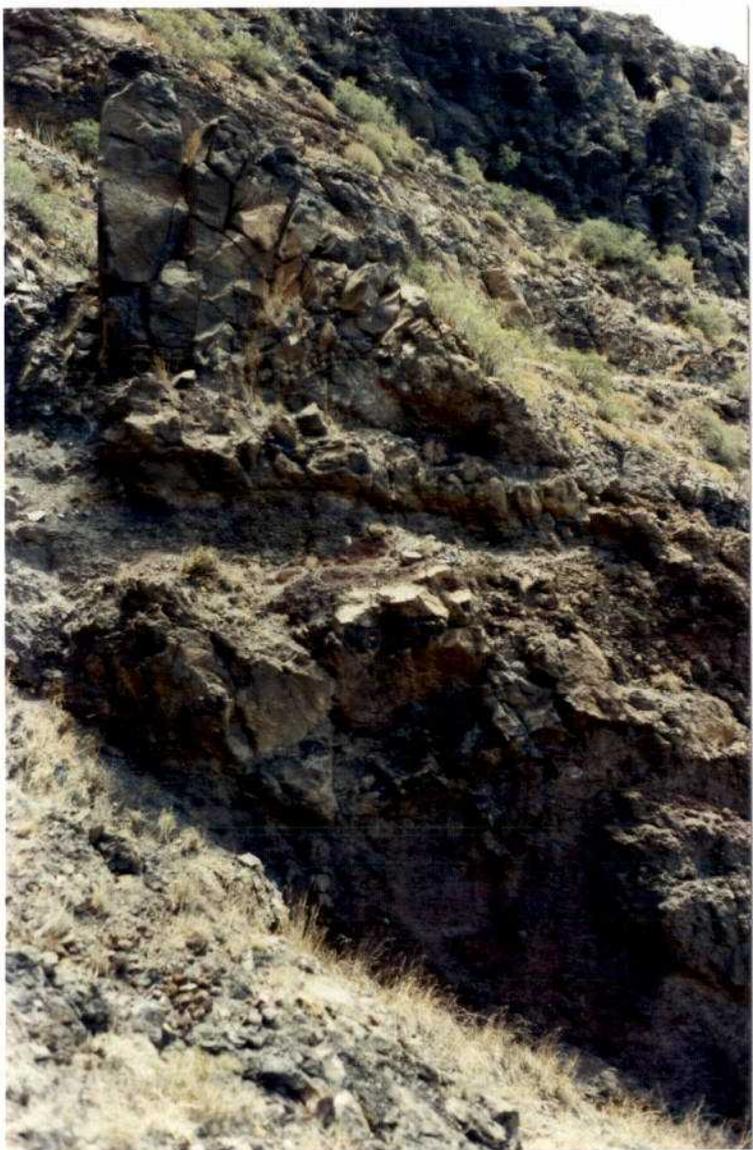
Fotografía nº 3: Vista general (aérea)



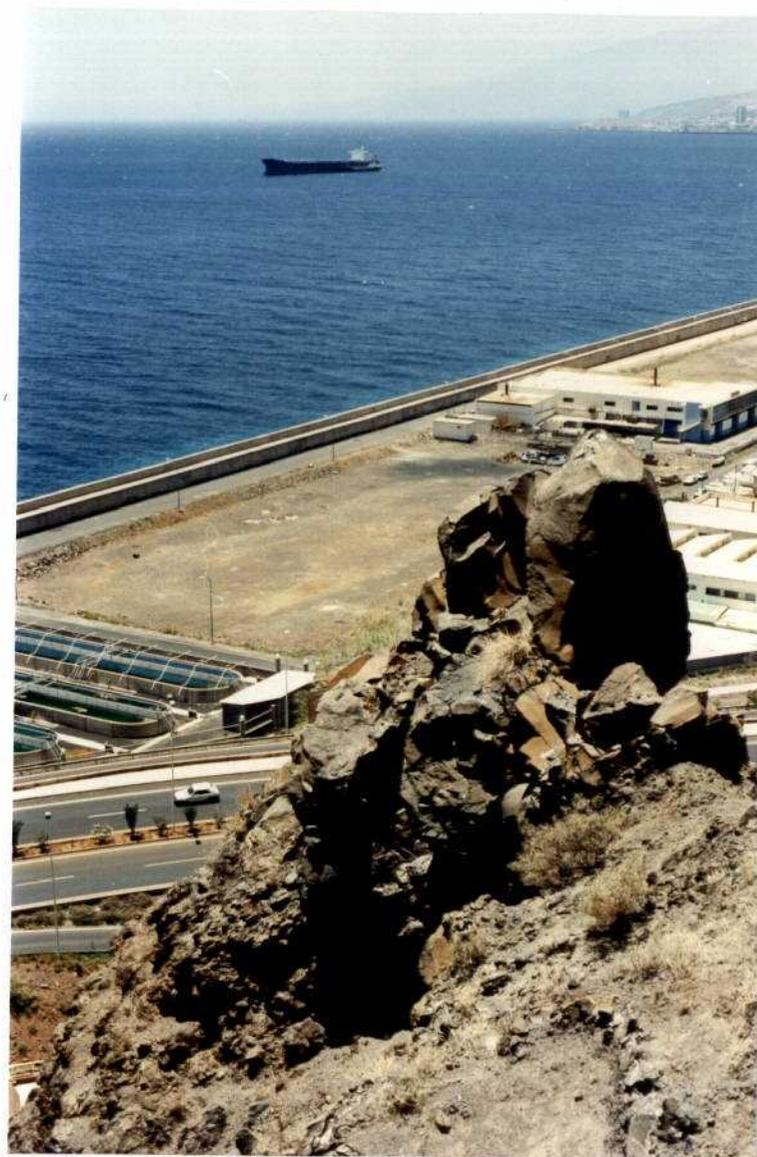
Fotografía nº 18: Detalle (desde arriba) del saliente basáltico.



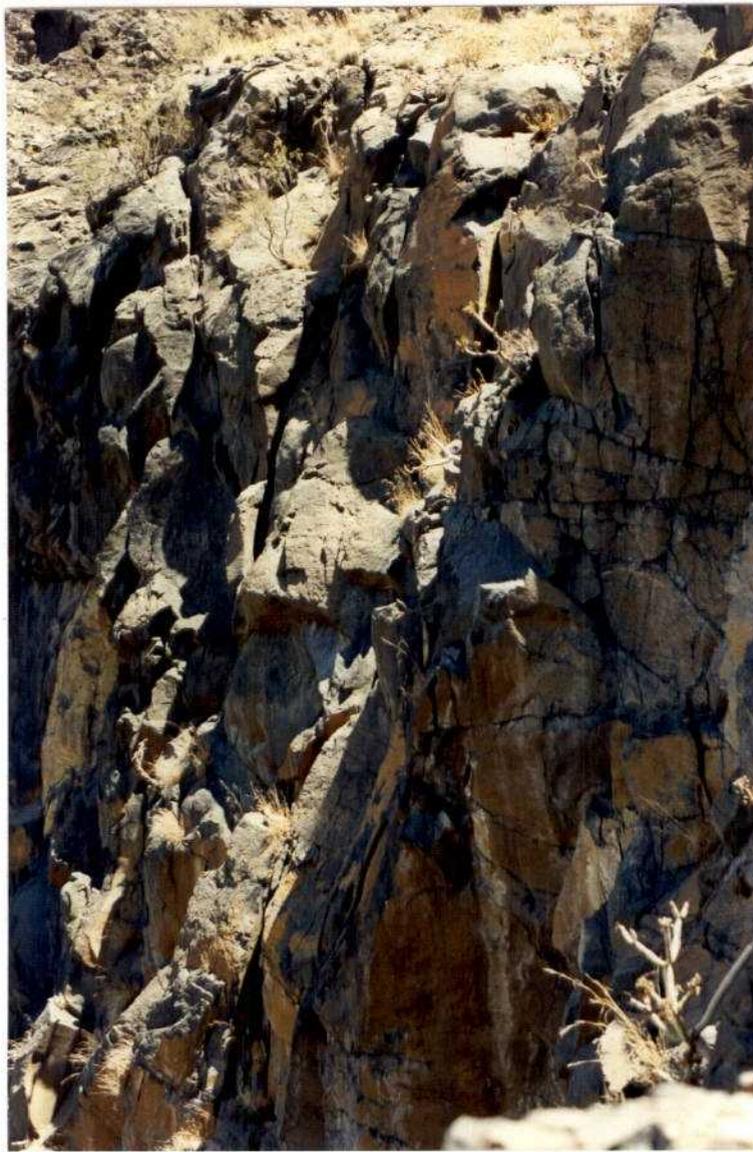
Fotografía nº 19: Aspecto de la fracturación que afecta a las zonas III y IV.



Fotografía nº 16: Detalle de un saliente basáltico en el límite de las zonas II y III.



Fotografía nº 17: Detalle (de perfil) del mismo saliente basáltico.



Fotografía nº 14: Aspecto de la fracturación que afecta a la zona IIc.



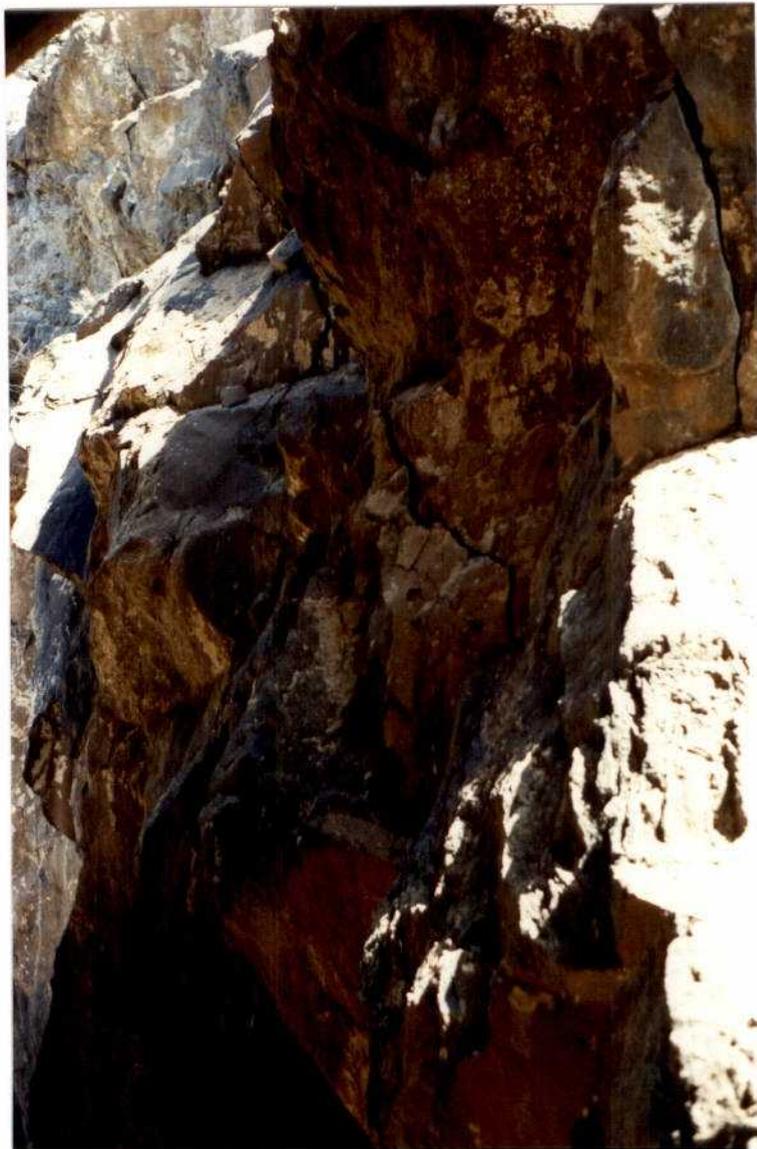
Fotografía nº 15: Vista del Centro Oceanográfico de Canarias desde la zona III.



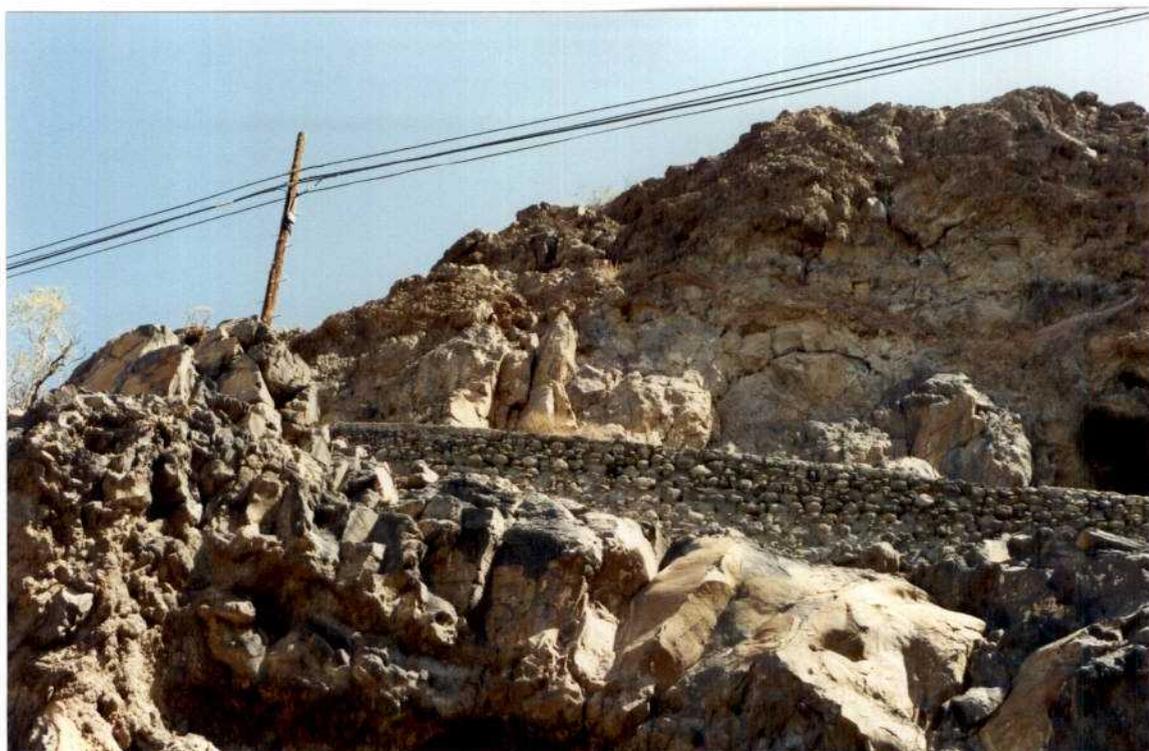
Fotografía nº 13: Perfil de las zonas IIb y II c.



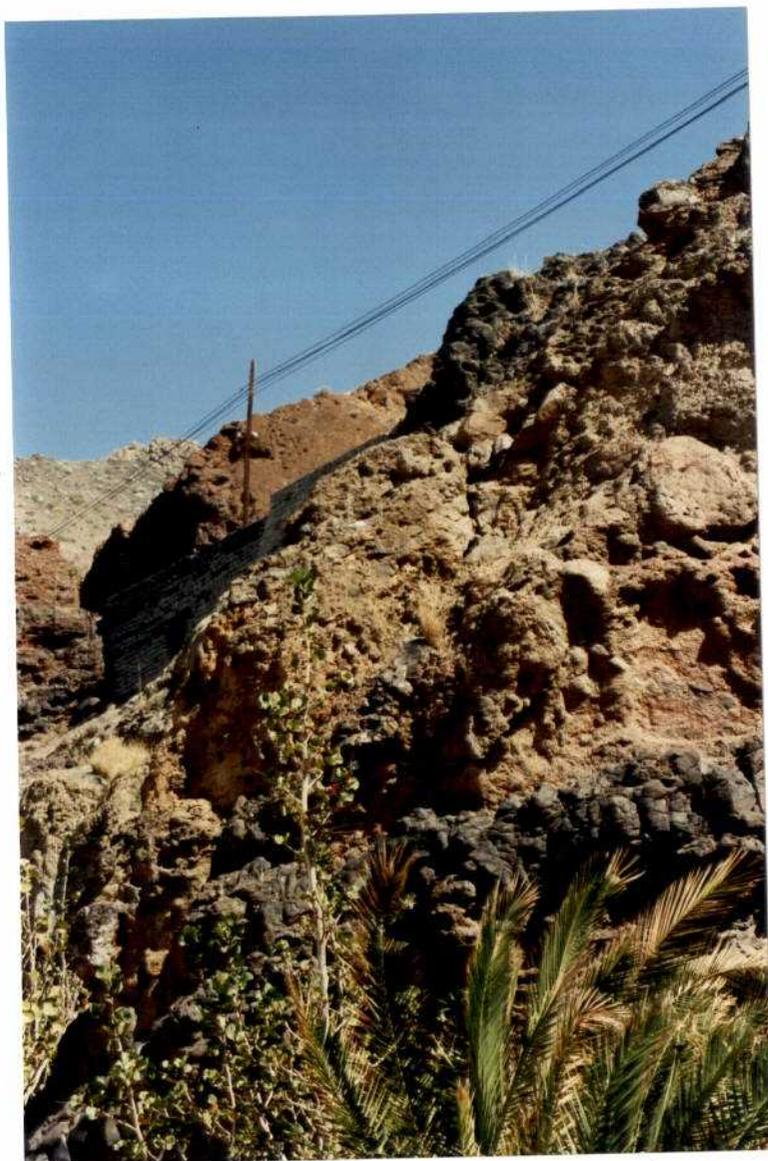
Fotografía nº 12: Perfil de la zona II b.



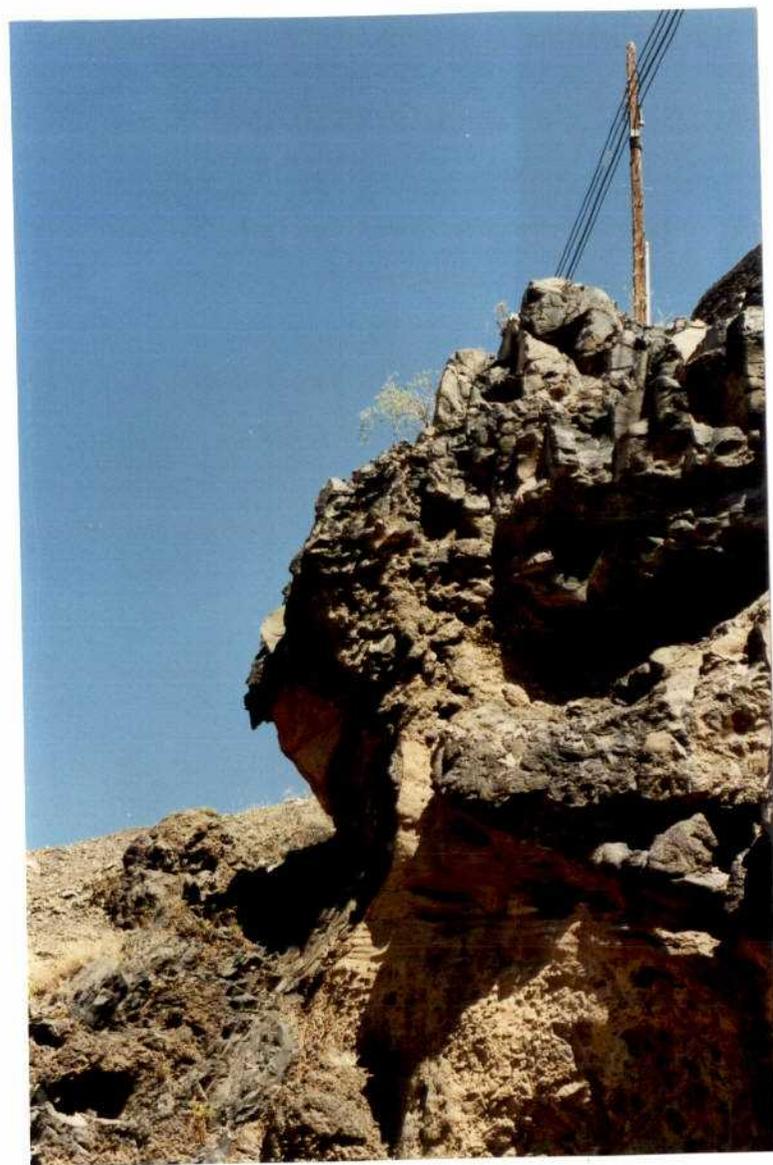
Fotografía nº 10: Aspecto del diaclasamiento de la zona I c.



Fotografía nº 11: Vista general de las zonas I b y II b.



Fotografía nº 8: Perfil de la zona I b.



Fotografía nº 9: Detalle de un promontorio rocoso muy inestable en la zona I b.



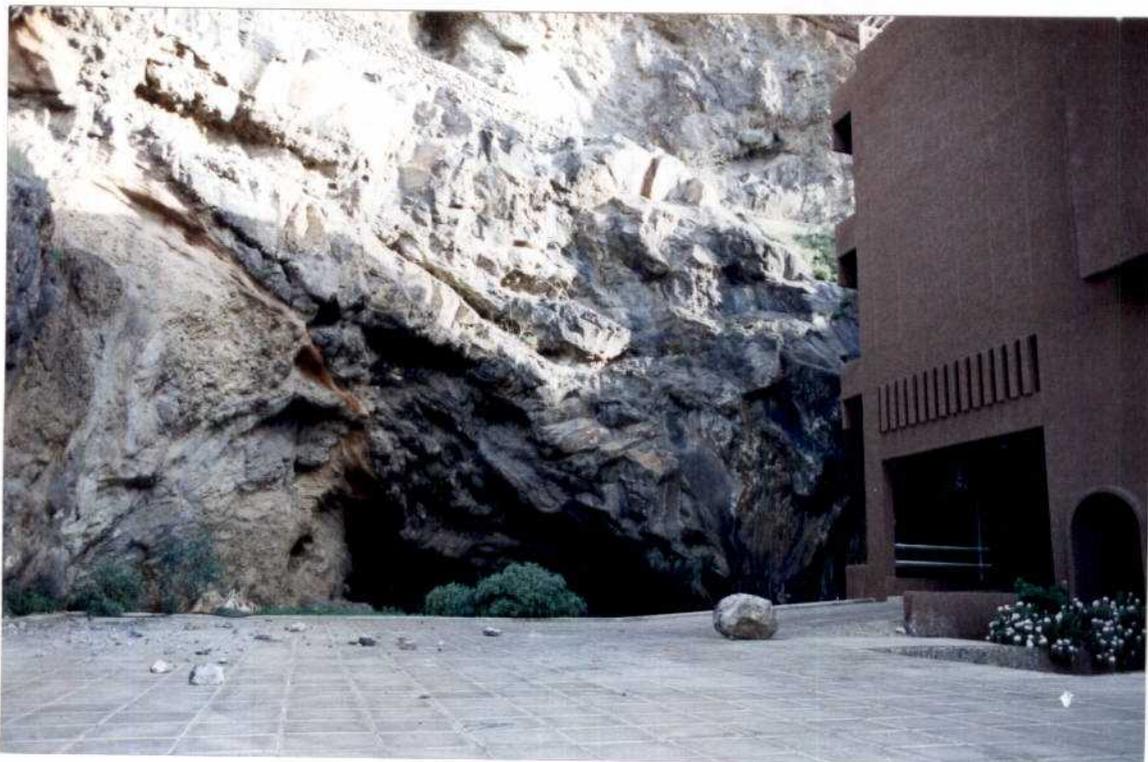
Fotografía nº 6: Detalle del impacto de un bloque grande sobre el pavimento.



Fotografía nº 7: Vista parcial de la zona I b.



Fotografía nº 4: Centro Oceanográfico de Canarias.
Fachada principal.



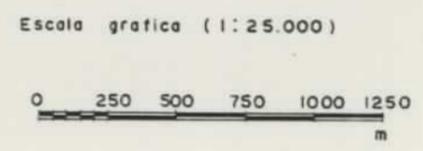
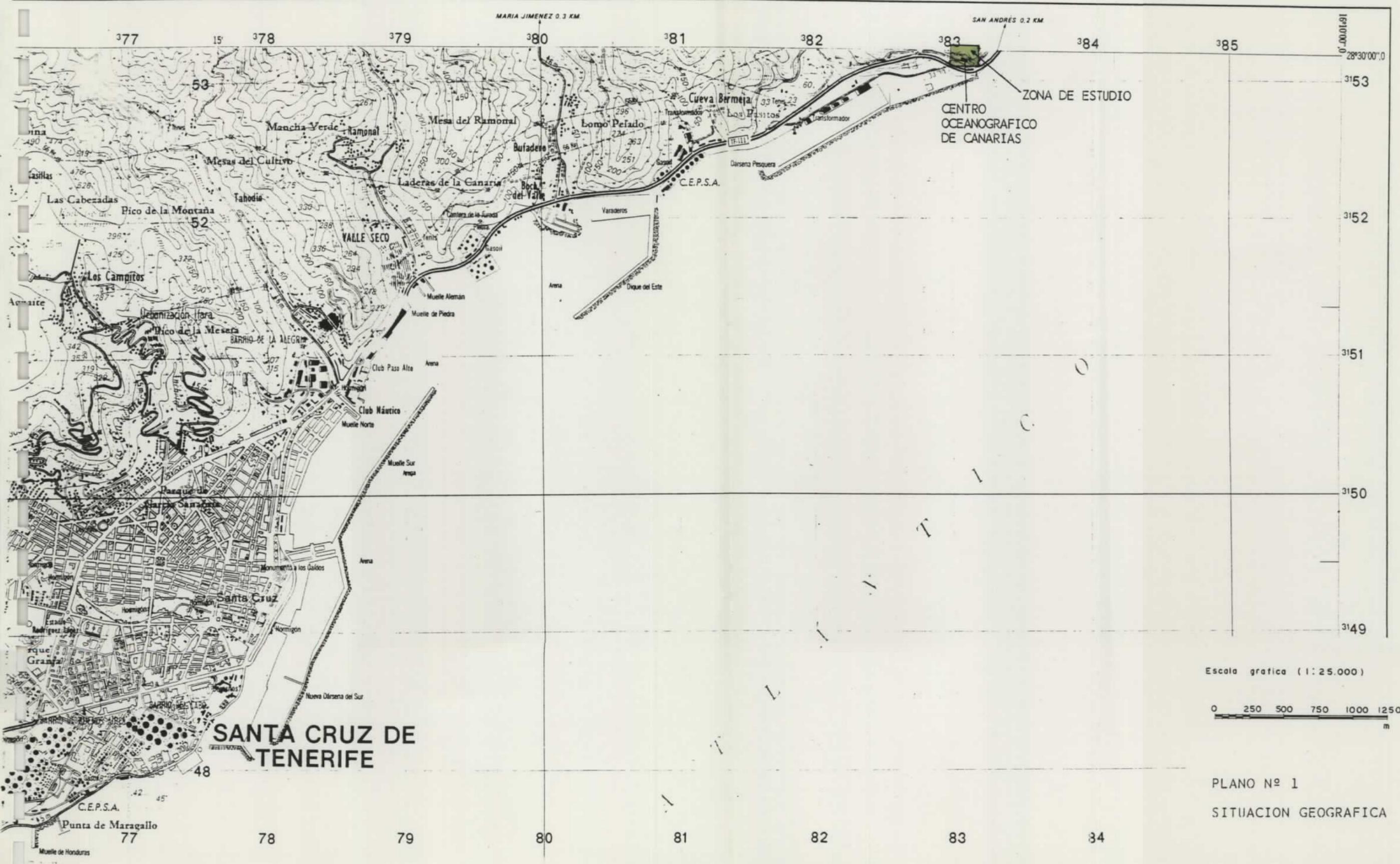
Fotografía nº 5: Bloques desprendidos en el aparcamiento

ANEXO II: PLANOS Y PERFILES



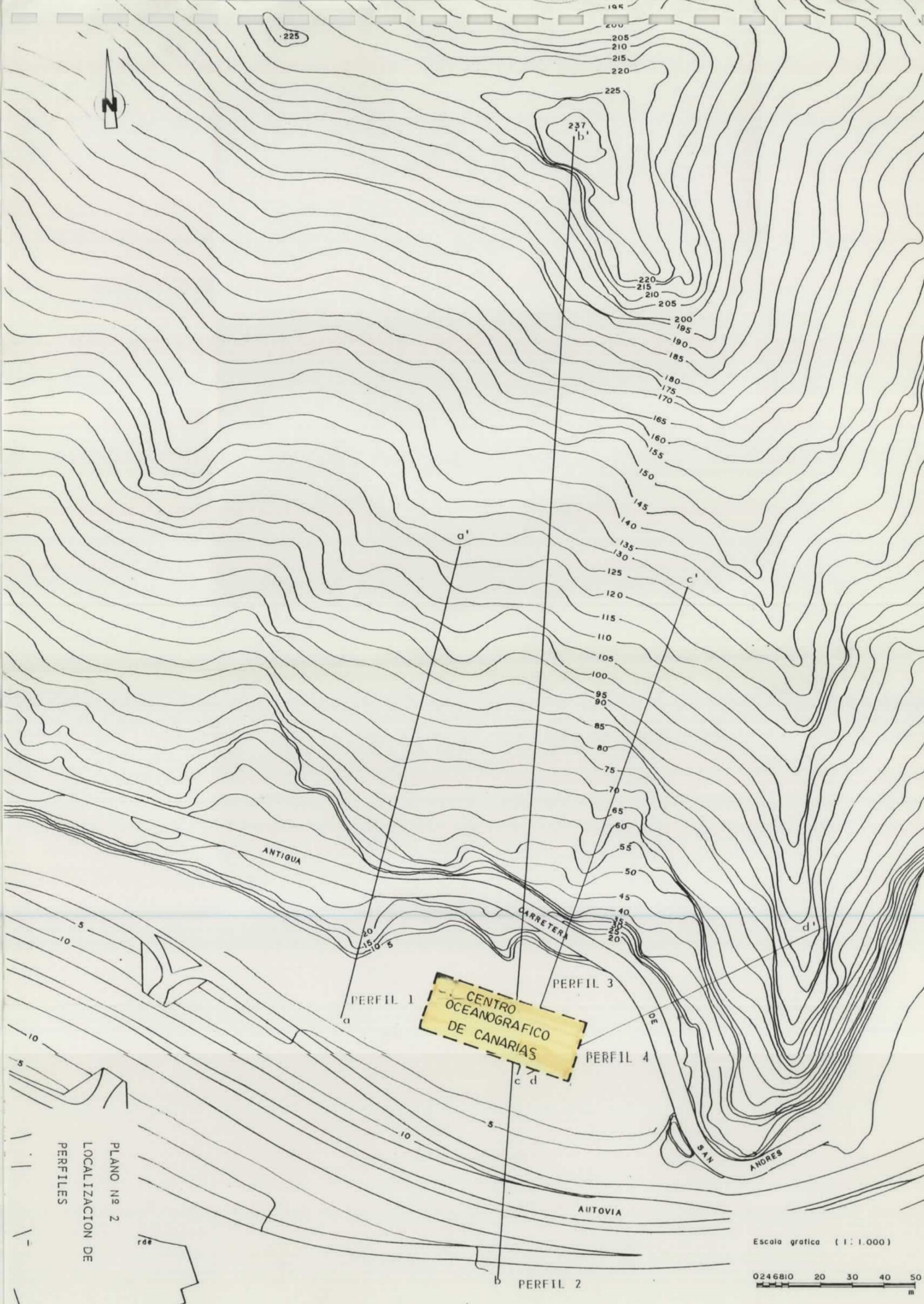
SERVICIO GEOGRAFICO DEL EJERCITO

5V	SANTA CRUZ DE TENERIFE	79-78; 79-79
----	------------------------	-----------------



PLANO Nº 1
SITUACION GEOGRAFICA

SANTA CRUZ DE TENERIFE



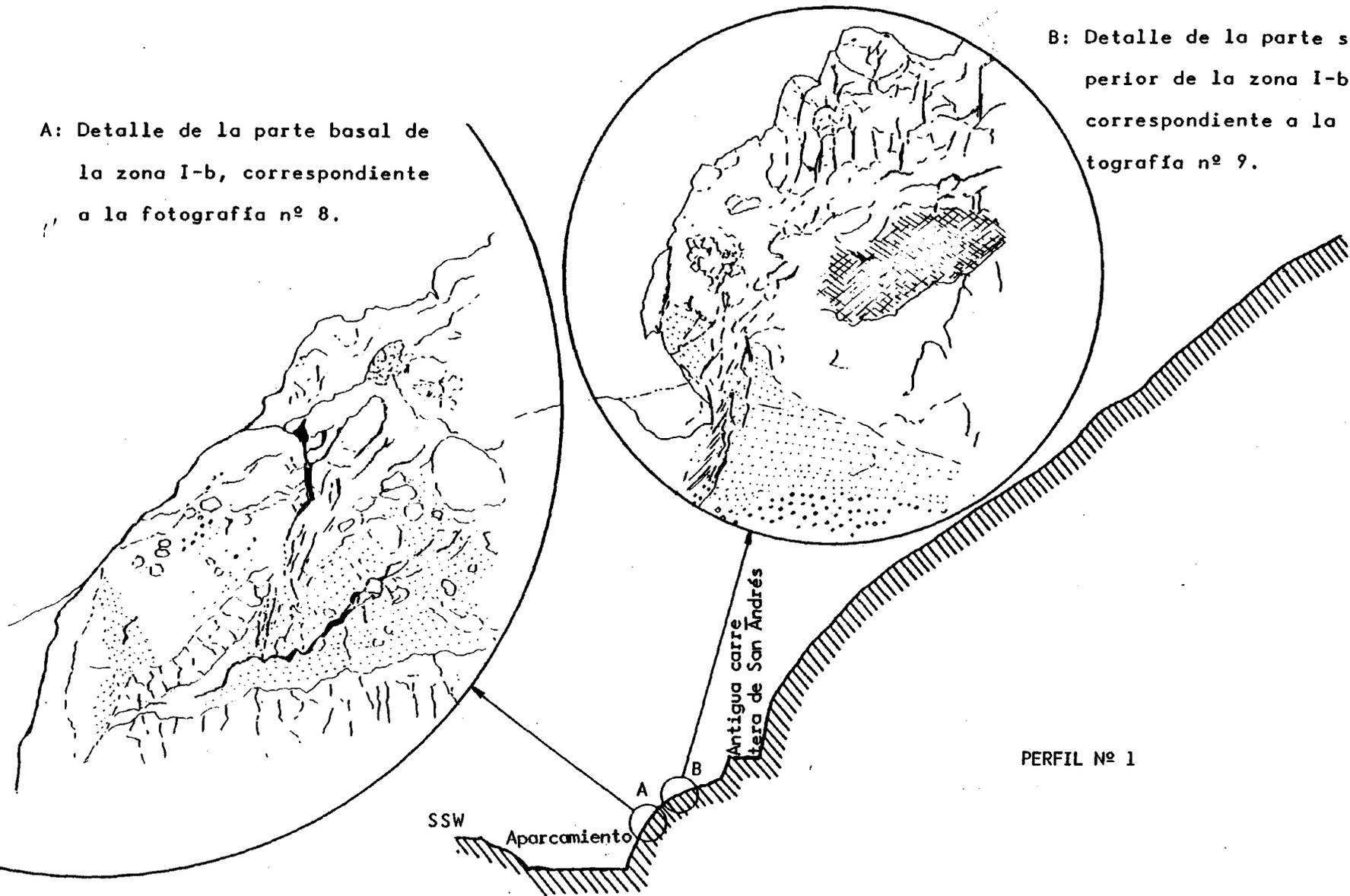
PLANO Nº 2
LOCALIZACION DE
PERFILES

Escala grafica (1:1.000)

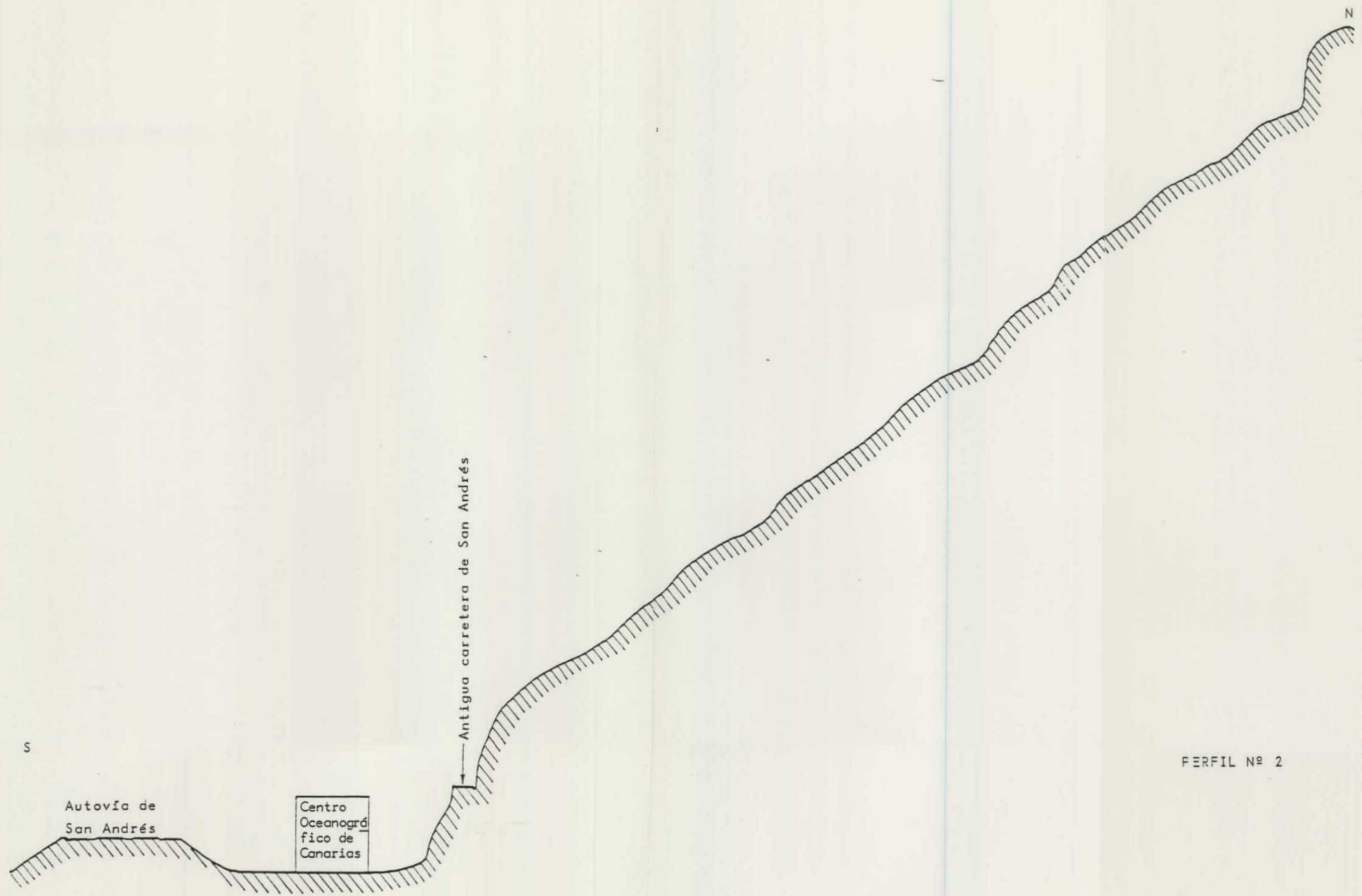


A: Detalle de la parte basal de la zona I-b, correspondiente a la fotografía nº 8.

B: Detalle de la parte superior de la zona I-b, correspondiente a la fotografía nº 9.



PERFIL Nº 1



PERFIL Nº 2

NNE



Detalle del saliente fracturado que corresponde a la fotografía nº 16

Antigua carretera de San Andrés

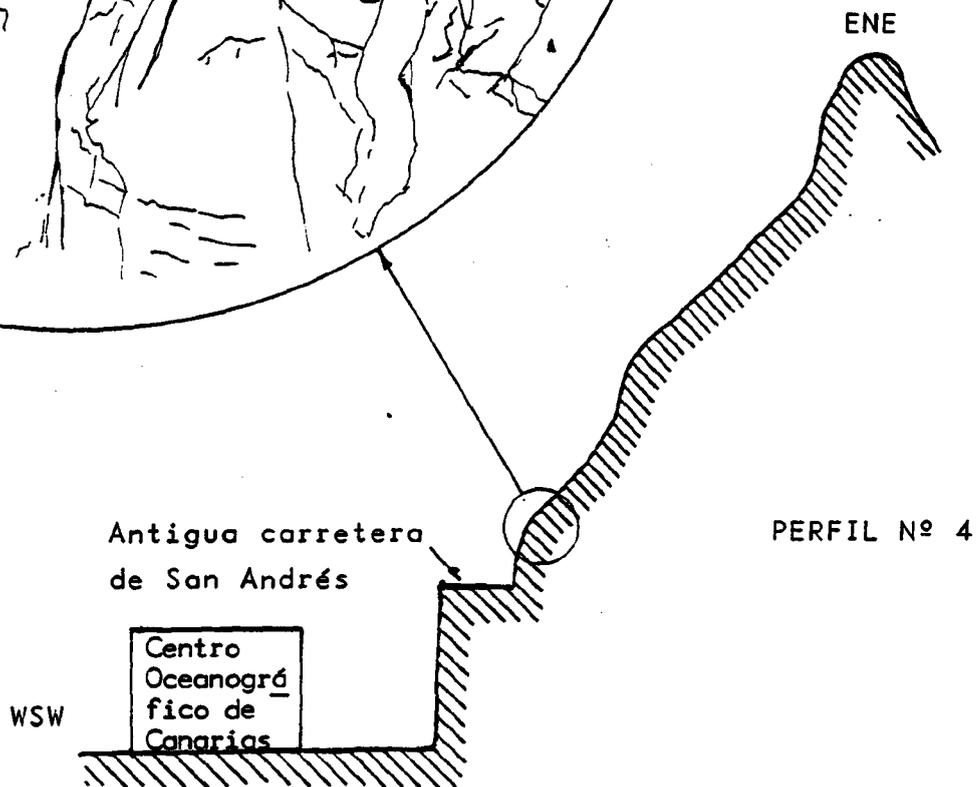
Centro Oceanográfico de Canarias

SSW

PERFIL Nº 3



Detalle de la fracturación,
que afecta a la práctica
totalidad de la zona II,
correspondiente a la foto
grafia nº 14.



WSW

Antigua carretera
de San Andrés

Centro
Oceanográfico
de
Canarias

PERFIL Nº 4

ENE

ANEXO III: EVALUACION ECONOMICA
ESTIMATIVA

PRESUPUESTO Nº 1

(Comprende corrección de zonas I y II y medidas más urgentes en las zonas III y IV).

- Estabilización de las zonas I y II 19.310.000

- Medidas más urgentes correctoras en zonas III y IV

valla protectora 3.750.000

Saneamiento muy somero 1.000.000

Reforestación 1.000.000

SUMA 25.060.000

10 % Imprevistos 2.500.000

Dirección de obra por personal especializado 2.500.000

SUMA 30.060.000

12 % I.V.A. 3.607.000

SUMA TOTAL 33.667.000 Ptas.

PRESUPUESTO Nº 2

(Corrección completa de las 4 zonas).

- Estabilización de las zonas I y II	19.310.000
- Estabilización de las zonas III y IV	<u>52.550.000</u>
SUMA	71.860.000
10 % Imprevistos	7.200.000
Dirección de Obra por personal especializado	<u>7.200.000</u>
SUMA	86.260.000
12 % I.V.A.	<u>10.351.200</u>
SUMA TOTAL	96.611.200 Ptas.

EVALUACION ECONOMICA DE LA ZONA: Ia

UNIDADES	CONCEPTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
250	M ² . de saneo de ladera mediante andamios, de cesta suspendida por grúa (fija o móvil) utilizando martillo compresor, etc.	500	125.000
5	M ³ . de recalce de bloques inestables con muro de mampostería con los drenajes convenientes.	10.000	50.000
2	M ³ . de sellado de grietas mediante lechada de hormigón.	10.000	20.000
	Ml. de valla protectora, de railes metálicos. Profundidad de cimentación 0,80 m. Altura de la valla 1,80 m. Vaciado de cimentación mecánicamente y valla soldada.		
	M ² . de malla metálica de alambre de acero galvanizado de triple tensión, sujeta con bulones.		
	M ² . de gunita proyectada sobre la ladera.		
	Ml. de bulón.		
	Reforestación con especies arbóreas (pinos de 100-150 cm. de altura) incluido el agujero manual de 50x50x50 cm., relleno de tierra vegetal, martillo y primer riego.		

SUMA 195.000 Ptas.

EVALUACION ECONOMICA DE LA ZONA: Ib

UNIDADES	CONCEPTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
400	M ² . de saneo de ladera mediante andamios, de cesta suspendida por grúa (fija o móvil) utilizando martillo compresor, etc.	500	200.000
15	M ³ . de recalce de bloques inestables con muro de mampostería con los drenajes convenientes.	10.000	150.000
3	M ³ . de sellado de grietas mediante lechada de hormigón.	10.000	30.000
	Ml. de valla protectora, de railes metálicos. Profundidad de cimentación 0,80 m. Altura de la valla 1,80 m. Vaciado de cimentación mecánicamente y valla soldada.		
500	M ² . de malla metálica de alambre de acero galvanizado de triple tensión, sujeta con bulones.	3.000	1.500.000
20	M ² . de gunita proyectada sobre la ladera.	4.000	80.000
20	Ml. de bulón.	12.000	240.000
	Reforestación con especies arbóreas (pinos de 100-150 cm. de altura) incluido el agujero manual de 50x50x50 cm., relleno de tierra vegetal, martillo y primer riego.		

SUMA 2.200.000 Ptas.

EVALUACION ECONOMICA DE LA ZONA: I c

UNIDADES	CONCEPTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
250	M ² . de saneo de ladera mediante andamios, de cesta suspendida por grúa (fija o móvil) utilizando martillo compresor, etc.	500	125.000
	M ³ . de recalce de bloques inestables con muro de mampostería con los drenajes convenientes.		
5	M ³ . de sellado de grietas mediante lechada de hormigón.	10.000	50.000
	Ml. de valla protectora, de railes metálicos. Profundidad de cimentación 0,80 m. Altura de la valla 1,80 m. Vaciado de cimentación mecánicamente y valla soldada.		
	M ² . de malla metálica de alambre de acero galvanizado de triple tensión, sujeta con		
	M ² . de gunita proyectado sobre la ladera.		
30	Ml. de bulón.	12.000	360.000
	Reforestación con especies arbóreas (pinos de 100-150 cm. de altura) incluido el agujero manual de 50x50x50 cm., relleno de tierra vegetal, martillo y primer riego.		

SUMA 535.000 Ptas.

EVALUACION ECONOMICA DE LA ZONA: II o

UNIDADES	CONCEPTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.000	M ² . de saneo de ladera mediante anda- mios, de cesta suspendida por grúa (fija o móvil) utilizando martillo compresor, etc.	500	500.000
	M ³ . de recalce de bloques inestables con muro de mampostería con los dre- najes convenientes.		
5	M ³ . de sellado de grietas mediante lechada de hormigón.	10.000	50.000
40	Ml. de valla protectora, de railes metálicos. Profundidad de cimenta- ción 0,80 m. Altura de la valla 1,80 m. Vaciado de cimentación me- cánicamente y valla soldada.	25.000	1.000.000
	M ² . de malla metálica de alambre de acero galvanizado de triple ten- sión, sujeta con		
	M ² . de gunita proyectada sobre la ladera.		
	Ml. de bulón.		
	Reforestación con especies arbó- reas (pinos de 100-150 cm. de altu- ra) incluido el agujero manual de 50x50x50 cm., relleno de tierra ve- getal, martillo y primer riego.		

SUMA 1.550.000 Ptas.

EVALUACION ECONOMICA DE LA ZONA: II b

UNIDADES	CONCEPTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.500	M ² . de saneo de ladera mediante andamios, de cesta suspendida por grúa (fija o móvil) utilizando martillo compresor, etc.	500	750.000
10	M ³ . de recalce de bloques inestables con muro de mampostería con los drenajes convenientes.	10.000	100.000
5	M ³ . de sellado de grietas mediante lechada de hormigón.	10.000	50.000
60	Ml. de valla protectora, de railes metálicos. Profundidad de cimentación 0,80 m. Altura de la valla 1,80 m. Vaciado de cimentación mecánicamente y valla soldada.	25.000	1.500.000
1.000	M ² . de malla metálica de alambre de acero galvanizado de triple tensión, sujeta con bulones y con lastres.	3.000	3.000.000
30	M ² . de gunita proyectada sobre la ladera.	4.000	120.000
50	Ml. de bulón.	12.000	600.000
	Reforestación con especies arbóreas (pinos de 100-150 cm. de altura) incluido el agujero manual de 50x50x50 cm., relleno de tierra vegetal, martillo y primer riego.		

SUMA 6.120.000 Ptas.

EVALUACION ECONOMICA DE LA ZONA: II c

UNIDADES	CONCEPTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
2.000	M ² . de saneo de ladera mediante andamios, de cesta suspendida por grúa (fija o móvil) utilizando martillo compresor, etc.	500	1.000.000
	M ³ . de recalce de bloques inestables con muro de mampostería con los drenajes convenientes.		
10	M ³ . de sellado de grietas mediante lechada de hormigón.	10.000	100.000
60	Ml. de valla protectora, de railes metálicos. Profundidad de cimentación 0,80 m. Altura de la valla 1,80 m. Vaciado de cimentación mecánicamente y valla soldado.	25.000	1.500.000
1.500	M ² . de malla metálica de alambre de acero galvanizado de triple tensión, sujeta con bulones y con las tres.	3.000	4.500.000
30	M ² . de gunita proyectada sobre la ladera.	4.000	120.000
30	Ml. de bulón.	12.000	360.000
	Reforestación con especies arbóreas (pinos de 100-150 cm. de altura) incluido el agujero manual de 50x50x50 cm., relleno de tierra vegetal, martillo y primer riego.		

SUMA 7.580.000 Ptas.

EVALUACION ECONOMICA DE LA ZONA: II d

UNIDADES	CONCEPTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.000	M ² . de saneo de ladera mediante andamios, de cesta suspendida por grúa (fija o móvil) utilizando martillo compresor, etc.	500	500.000
	M ³ . de recalce de bloques inestables con muro de mampostería con los drenajes convenientes.		
5	M ³ . de sellado de grietas mediante lechada de hormigón.	10.000	50.000
20	Ml. de valla protectora, de railes metálicos. Profundidad de cimentación 0,80 m. Altura de la valla 1,80 m. Vaciado de cimentación mecánicamente y valla soldada.	25.000	500.000
	M ² . de malla metálica de alambre de acero galvanizado de triple tensión, sujeto con		
20	M ² . de gunita proyectada sobre la ladera.	4.000	80.000
	Ml. de bulón.		
	Reforestación con especies arbóreas (pinos de 100-150 cm. de altura) incluido el agujero manual de 50x50x50 cm., relleno de tierra vegetal, martillo y primer riego.		

SUMA 1.130.000 Ptas.

EVALUACION ECONOMICA DE LA ZONA: III

UNIDADES	CONCEPTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
5.000	M ² . de saneo de ladera mediante andamios, de cesta suspendida por grúa (fija o móvil) utilizando martillo compresor, etc.	500	2.500.000
20	M ³ . de recalce de bloques inestables con muro de mampostería con los drenajes convenientes.	10.000	200.000
20	M ³ . de sellado de grietas mediante lechada de hormigón.	10.000	200.000
150	Ml. de valla protectora, de railes metálicos. Profundidad de cimentación 0,80 m. Altura de la valla 1,80 m. Vaciado de cimentación mecánicamente y valla soldada.	25.000	3.750.000
3.000	M ² . de malla metálica de alambre de acero galvanizado de triple tensión, sujeta con bulones.	3.000	9.000.000
50	M ² . de gunita proyectada sobre la ladera.	4.000	200.000
500	Ml. de bulón.	12.000	6.000.000
100	Reforestación con especies arbóreas (pinos de 100-150 cm. de altura) incluido el agujero manual de 50x50x50 cm., relleno de tierra vegetal, martillo y primer riego.	2.500	250.000

SUMA 22.100.000

EVALUACION ECONOMICA DE LA ZONA: IV

UNIDADES	CONCEPTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
20.000	M ² . de saneo de ladera mediante anda- mios, de cesta suspendida por grúa (fija o móvil) utilizando martillo compresor, etc.	500	10.000.000
100	M ³ . de recalce de bloques inestables con muro de mampostería con los dre- najes convenientes.	10.000	1.000.000
30	M ³ . de sellado de grietas mediante lechada de hormigón.	10.000	300.000
	Ml. de valla protectora, de railes metálicos. Profundidad de cimenta- ción 0,80 m. Altura de la valla 1,80 m. Vaciado de cimentación me- cánicamente y valla soldada.		
4.000	M ² . de malla metálica de alambre de acero galvanizado de triple ten- sión, sujeta con bulones.	3.000	12.000.000
100	M ² . de gunita proyectada sobre la ladera.	4.000	400.000
500	Ml. de bulón.	12.000	6.000.000
300	Reforestación con especies arbó- reas (pinos de 100-150 cm. de altu- ra) incluido el agujero manual de 50x50x50 cm., relleno de tierra ve- getal, martillo y primer riego.	2.500	750.000

SUMA 30.450.000 Ptas.