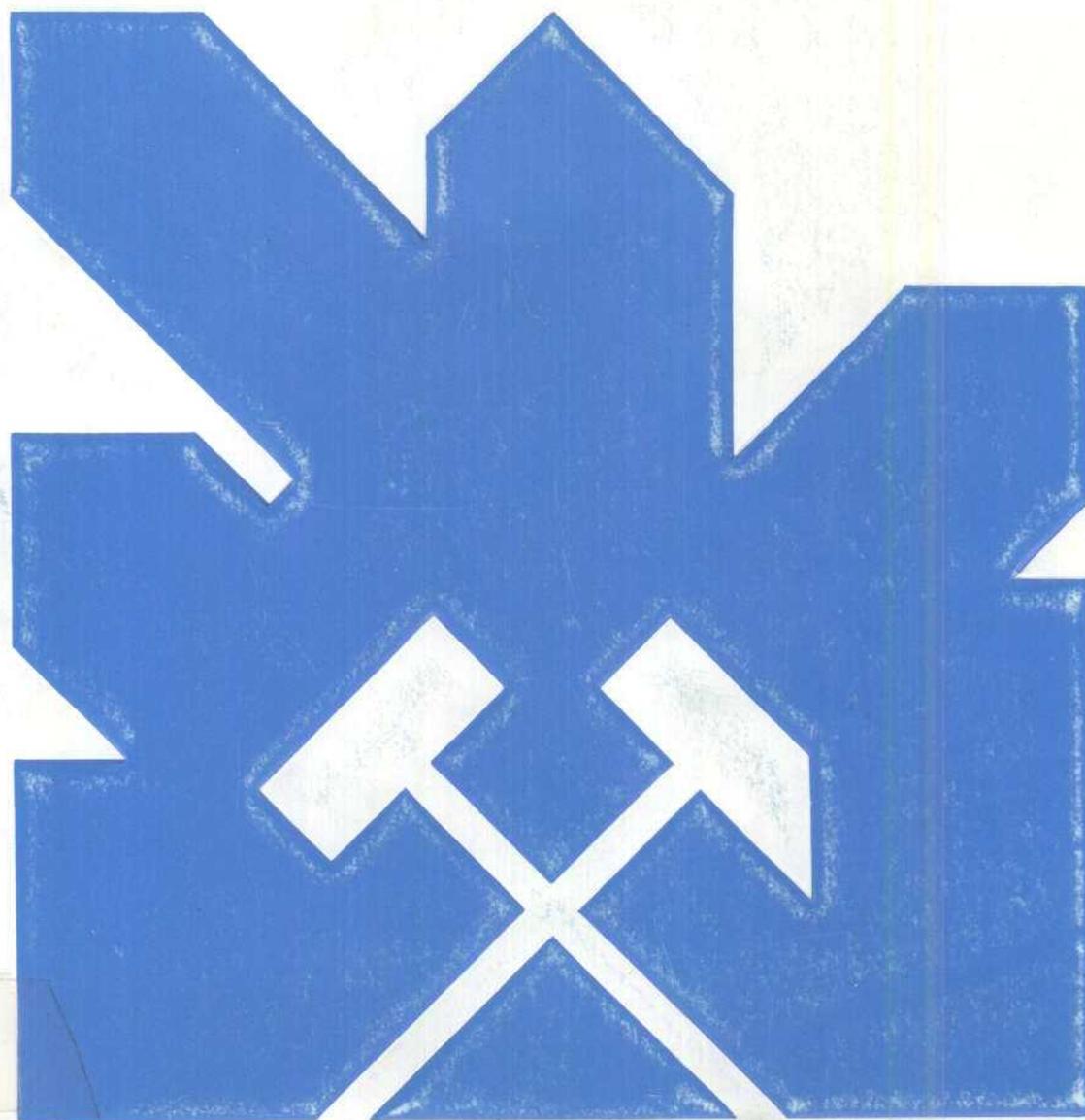


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
COMISARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

**DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS GEOMECANICAS DE
ROCAS VOLCANICAS EN TENERIFE**

MEMORIA —



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS
GEOMECANICAS DE ROCAS VOLCANICAS EN
TENERIFE.
=====

MEMORIA

00635

Este estudio ha sido realizado por la División de Geología aplicada a la Ingeniería del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO en régimen de contratación con Esboza Geotécnica, S.A.

DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS GEOMECANICAS
DE LAS FORMACIONES VOLCANICAS EN STA. CRUZ DE TE-
NERIFE.

=====

I N D I C E

MEMORIA

- 1.- Introducción
- 2.- Geologia General.
 - 2.1.- Morfologia.
 - 2.2.- Climatología.
 - 2.3.- Aspectos vulcano sedimentarios.
 - 2.4.- Historia geológica.
 - 2.5.- Petrología.
- 3.- Geologia Local y Zonificación Geomecánica.
 - 3.1.- Entorno ciudadano.
 - 3.2.- Casco urbano.
- 4.- Resumen y conclusiones.

PLANOS

FOTOGRAFIAS

- ANEJO 1 - CORTES DE SONDEOS Y CALICATAS
- ANEJO 2 - RESULTADOS DE ENSAYOS

1.- INTRODUCCION

El Instituto Geológico y Minero de España viene realizando en estos últimos años una serie de estudios conducentes al análisis de las vibraciones ocasionadas por voladuras, sea en canteras o en desmontes y vaciados de solares.

Uno de los puntos fundamentales de este tipo de estudio y con objeto de poder analizar con mejores criterios los efectos producidos por estas vibraciones, consiste en el conocimiento de las características geomecánicas de los medios de propagación.

Es por esta causa por la que el I.G.M.E., y como complemento al estudio de las vibraciones ocasionadas por las voladuras industriales en el término municipal de Sta. Cruz de Tenerife ha realizado este proyecto para definir las características geológicas y geomecánicas de los materiales que constituyen el terreno en el área citada, ya que las características del medio condicionan notablemente la transmisión de las vibraciones e incluso la tipología de los daños ocasionados por éstas.

En efecto, la deposición de materiales en forma de coladas que se alteran diferencialmente y reciben depósitos de suelos residuales arrastrados por los agentes atmosféricos hasta que son recubiertos por una nueva colada hace que la heterogeneidad, tanto en planta como en alzado, sea muy alta, de forma que no es fácil y muchas veces imposible el correlacionar sondeos situados a distancias muy reducidas.

Por estas causas, para un área determinada, la transmisión de ondas desde un punto de generación presenta grandes variaciones con la dirección, definiéndose unas direcciones preferenciales en que el amortiguamiento es menor y viceversa otras direcciones en que éste es máximo. Del mismo modo, pequeñas variaciones en la situación del punto de generación dan características de transmisividad del medio muy diferentes.

Así, la heterogeneidad del medio tanto a gran escala como a pequeña escala, no permite estimar sus propiedades en forma determinista, a no ser que en cada área se realizara un número muy elevado de prospecciones y ensayos que llevaría a unos costes prohibitivos para la práctica habitual de excavaciones y desmontes urbanos y de explotación de canteras.

Como todo proceso que no pueda definirse en forma determinista, debe recurrirse al tratamiento esta-

dístico de la información que se obtenga, y esta información debe adecuarse como es lógico al posterior tratamiento que se vaya a realizar con ella.

De acuerdo con estas bases, este estudio se ha dirigido primordialmente a la obtención de los siguientes objetivos:

- a) Definición de uno o varios parámetros de sencilla obtención que permitan conocer en la mejor forma posible el comportamiento del medio como transmisor de vibraciones.
- b) Medida de esos parámetros en todos los puntos en que se haya realizado un estudio de transmisión de vibraciones, a fin de poder correlacionar criterios.
- c) Tratamiento estadístico de los parámetros medidos, y a partir de sus valores más probables dentro del correspondiente margen de seguridad realizar la zonificación del término municipal de Sta. Cruz de Tenerife.
- d) Correlacionar los valores de los parámetros con los materiales existentes en cada área.
- e) Comprobar la zonificación realizada con la información obtenida de los contratistas locales de excavaciones.

Para llevar a cabo estos objetivos se han llevado a cabo los siguientes trabajos:

- a) Recopilación de información sobre la geología general y local de la zona.
- b) Recopilación de información de los contratistas locales de vaciados de probada experiencia sobre las características y dificultades de excavación de las distintas zonas del área urbana de Sta.Cruz.
- c) Definición de la columna estratigráfica en todos los puntos en que esto fuera posible como cortados de barrancos, vaciados existentes, etc.
- d) Ejecución de sondeos en puntos singulares y realización de algunos ensayos.
- e) Medición de las velocidades sísmicas mediante el método de refracción en todos los solares en que se realizara el estudio de transmisión de vibraciones. Esta medición se hacía simultáneamente con la medida de la vibración, y con el mismo equipo, ya que por su versatilidad y sensibilidad permite una mayor exactitud que los equipos sísmicos tradicionales.

Como resultado final se ha obtenido el plano de zonificación del área urbana de Sta. Cruz de cara a las características de transmisividad del medio, lo que puede permitir hacer extensibles a otros tipos de terrenos de otras características los estudios de vibraciones realizados en esta área.

La situación de los puntos donde se ha -
podido definir la secuencia estratigráfica, y que se
han denominado catas, y la situación de los sondeos
realizados figura en el plano 1.

También figuran en el plano 1 la situa--
ción de los solares donde se midieron las veloci--
dades sísmicas.

Los cortes de los sondeos y las columnas
de las catas, figuran en el anejo nº 1, y los resul--
tados de ensayos de laboratorio en el anejo nº 2.

2.- GEOLOGIA GENERAL

Dentro de este apartado se engloban aparte de las características geológicas de la isla, otros aspectos como la climatología y morfología, cuya interacción mutua con los materiales depositados hacen que varíe la estratigrafía y el relieve hasta llegar a la situación actual.

Por la singularidad de las Islas Canarias debido a su origen volcánico se incluyen también unos breves conceptos sobre vulcanismo para facilitar la comprensión del conjunto de factores que condujeron a la formación de estas islas.

2.1.- MORFOLOGIA

La isla de Tenerife tiene una extensión de - 2.058 Km², siendo la más extensa del archipiélago. En ella se encuentra el pico del Teide que con una altura de 3.718 m., constituye el punto más alto de todas las islas.

Su forma general aparece como una pirámide -

triangular con vértice en el Teide y prolongada hacia el nordeste por la península de Anaga. El principal accidente geográfico lo constituye una amplia depresión semicircular (Las Cañadas), limitada al sureste por la Cordillera Dorsal y al noroeste por la gran mole del Teide. El fondo de esta depresión se sitúa aproximadamente a 2.000m de altura sobre el nivel del mar, y el paso entre la depresión y las montañas circundantes da formas abruptas, en general, paredes acantiladas.

La red hidrográfica se encuentra muy poco jerarquizada; numerosos barrancos casi siempre secos descienden directamente de la cordillera al mar con fuertes pendientes, lo que da formas de cauce en forma de V con paredes abruptas, mientras que en el lecho abundan los materiales gruesos, normalmente gravas y bolos.

Las costas son en general acantiladas y llegan a formar escarpes de hasta 500 m. (Teno). Las playas naturales son escasas y suelen coincidir con las desembocaduras de los barrancos.

El origen volcánico de la isla ha sido configurado a través del tiempo su geomorfología, gracias a sucesivas series eruptivas, hasta alcanzar el aspecto que hoy presenta.

Por esta causa, es preciso para la comprensión de las diferencias morfológicas de la isla el realizar una cronología aproximada de las principales formaciones volcánicas.

Las erupciones volcánicas más antiguas corresponden a las zonas de Teno y Anaga, que formaron importantes edificios de materiales predominantemente basálticos. Se caracterizan estos edificios porque sus centros de emisión aparecen alineados siguiendo las directrices de grandes fracturas, dando lugar a que los productos volcánicos se hayan ido apilando en forma de tejado de pendiente progresivamente mayor, y cuya divisoria forma todavía hoy la línea de cumbres. Este primer ciclo eruptivo culmina con unas emisiones sólidas (traquíticas), que hoy constituyen la cobertera de muchas crestas de la zona de Anaga. Estas emisiones terciarias presentan la peculiaridad de aparecer al descubierto, por no haber sufrido rellenos posteriores en el Cuaternario, y su costa acantilada hace difícil el acceso a las pequeñas playas ubicadas generalmente a la salida de los principales barrancos.

A su vez, el litoral norteño está ocupado por apilamientos de coladas relativamente recientes que no han sido todavía remodeladas y suavizadas. Así, las escasas playas del norte de la isla presentan tonos oscuros - al estar compuestas por arenas y cantos basálticos, predominando casi siempre estos últimos, ya que las corrientes arrastran mar adentro el material fino.

La carencia de playas adecuadas a su clima y a la vocación turística isleña, ha impulsado la adecuación de piscinas naturales en la costa, y en su caso, a la transformación de una playa de cantos en otra de área traída de

fuera de la isla, cuyo arrastra se ha evitado con la construcción de una barra artificial.

Durante el Plioceno y el Cuaternario, la mayor actividad volcánica se ha desplazado hacia las zonas centrales de la isla, con la formación de una cordillera dorsal, a cuyos lados se acumula localmente una mayor concentración de lavas, a modo de espigones, que dejan entre ellos grandes valles, como los de La Orotava y Güimar. En su configuración han intervenido también grandes deslizamientos en forma de avalanchas movilizadas sobre capas de conglomerado, producido por la alteración profunda de niveles de almagre (arcilla cocida por una colada volcánica suprayacente). El resultado es una depresión de fuerte pendiente en cabecera con área llana en la parte baja correspondiente a la acumulación de los materiales arrastrados. Una modificación aneja es la alineación en ambos casos de varios conos recientes en las zonas próximas a la costa, cuyas coladas han modificado claramente el perfil costero.

Junto con Anaga y el valle de La Orotava en la vertiente norte se sitúan las comarcas de El Acentejo, Icod y Teno.

La comarca de El Acentejo se configura como una rampa de un recorrido de unos 7 km., que salva un desnivel de 1.700 m. hasta el mar. Las pendientes más pronunciadas están en la parte superior, mientras que entre los 300 y 700 m. son más suaves. Por último, cae sobre el mar en -

acantilados de 300 m. de altura. Toda la zona tiene una cobertera de lavas modernas que en algunos lugares desbordó sobre el acantilado costero, originando una abrupta ladera con algunos salientes rocosos.

La comarca de Icod está también formada por la rampa que desciende hasta el mar, desde las elevaciones del Teide, distinguiéndose dos zonas distintas definidas por la edad de los materiales de la cobertera: la oriental, con materiales más antiguos y la occidental con dominio de lavas teideanas y otras modernas.

La península de Teno, en el extremo occidental de la isla, presenta una morfología semejante a la de Anaga. Su costa meridional muestra los más importantes acantilados de Canarias, que en algunos puntos superan los 500 m. en corte vertical; son los acantilados de Los Gigantes, formados por grandes y potentes coladas de las series basálticas antiguas con numerosos diques que las atraviesa. La edad de estos materiales varía entre los de la base y las cumbres, desde el Mioceno al Plioceno inferior. En los tajos de sus abundantes barrancos, se abrigan algunas pequeñas playas salvajes, casi sólo accesibles desde el mar.

Más allá de Los Gigantes aparece la comarca de Isora, en la que se mezclan basaltos antiguos y erupciones modernas, aquellos en el interior y estos en la costa.

A continuación, la comarca de Chasna o de Abona, que ha sido muy afectada por erupciones cuaternarias y actuales, que han modificado total o parcialmente su ciclo erosivo y le han dado su característica complicación geográfica. La zona costera en cambio, tiene pendiente, y es muy árida.

La comarca de Fasnia está formada por la misma ladera descendente, con conos de cinder en su tramo medio, presentando una costa rocosa, y con frecuencia acantilada, con algunas pequeñas playas en la desembocadura de los barrancos.

En conjunto estas tres últimas comarcas corresponden a lo que en Tenerife se conoce por El Sur, denominación que a veces se extiende también al valle de Güimar.

Las áreas interiores de la isla ya vimos que - estaban ocupadas por la Cordillera Dorsal; su etapa preactual culmina con la formación de una gran cúpula central, cuya cima, al hundirse, formó la caldera de Las Cañadas.

La etapa final, que abarca el último medio millón de años, se caracteriza por la formación del gigantesco estrato-volcán de pico Viejo y pico Teide, mientras que en el resto de la isla surgen numerosos centros de - emisión cuyos productos recubren casi todo lo anterior y ganan nuevos terrenos al mar, configurando la topografía actual.

En el plano 3 se representa un plano topográfico actual de la isla.

2.2. CLIMATOLOGIA.

Puede distinguirse en Tenerife dos regiones, la Región Norte y la Región Sur. Dentro de cada región pueden diferenciarse diversas zonas según su altura sobre el nivel del mar.

Así, en la Región Norte podemos distinguir tres zonas:

- 1.- La baja (hasta unos 600 m.) tiene una temperatura media anual de 18 - 19°C, una humedad del 70 - 80% y una pluviosidad de 200 - 500 mm.
- 2.- La intermedia (600 - 1.500 m) tiene una temperatura media de 12 - 16°C y es muy húmeda (85 - 95%) al coincidir con el mar de nubes formado bajo el viento del norte; la precipitación media varía según la altura desde 500 - 1.000 mm. por año. La posición del nivel de inversión de temperaturas en el tramo superior varía bruscamente, originando rápidos cambios de temperatura y humedad.
- 3.- La superior (más de 1.500 m) tiene un clima extremado con temperaturas medias anuales de menos de 12°C,

con variación diurna y anual muy amplia y humedad relativa muy baja (40 - 50%); las precipitaciones en esta zona son en general algo inferiores a las de la zona intermedia; por encima de 2.500 m. son frecuentes las temperaturas bajas y las nevadas en invierno.

En la Región Sur podemos distinguir dos zonas:

- 1.- La baja (hasta 800m.) es más seca y cálida que su homóloga septentrional. La precipitación es muy escasa (100 - 300 mm.); el cielo está generalmente despejado y la franja costera es casi desértica.
- 2.- La alta (más de 800 m.) presenta grandes oscilaciones de temperatura tanto diarias como anuales, la humedad relativa varía considerablemente del 55% en verano al 85% en invierno. Este área recibe alguna precipitación procedente del norte, pero las lluvias más importantes son debidas al aire húmedo caliente del suroeste en forma de aguaceros de corta duración y altas intensidades. La precipitación media es de 300-600 mm.

Como se ve, el clima de Tenerife presenta grandes variaciones de una localidad a otra dentro de la isla, al entrar en juego el factor orográfico con sus dos variantes de altitud y orientación a los vientos. Así, pasamos de un clima subtropical árido en las costas (con muy poca

	<u>Días nubosos</u>	<u>Días cubiertos</u>	<u>Días despejados</u>
Agosto:	13,5	0,6	16,9
Año:	208,8	66,6	89,8

- Índice de Thorthwaite: - 44 --- Clima árido.

2.3.- ASPECTOS VULCANO-SEDIMENTARIOS

Los distintos elementos emitidos por una erupción proceden en su totalidad del magma. En este término se incluyen todo tipo de materiales fundidos total o parcialmente así como los gaseosos.

Las diferencias de presión en la cámara magmática así como la menor densidad de los productos magmáticos, facilitan su ascenso hacia superficie. Este puede producirse a favor de largas fracturas, erupciones fisurales, o de conductos más localizados, erupciones centrales. El vulcanismo canario es esencialmente fisural.

Las islas Canarias constituyen la parte emergida de una formación volcánica asociada a una zona débil en el límite oceánico-continental de la placa afro-atlántica, y por lo tanto relacionada con la vecina cordillera del Atlas. Los ciclos eruptivos estarían entonces en consonancia con las fases orogénicas activas del Ciclo Alpídico que originaron aquélla, y que en este área tuvieron su paroxismo durante el Mioceno medio hace unos 20 millo-

nes de años; en esta época emergerían los primeros edificios volcánicos. Los escasos datos cronológicos existentes tanto los de carácter fosilífero como otros procedentes de mediciones radiactivas o magnéticas confirman, o al menos no contradicen esta hipótesis.

Los materiales volcánicos son de diversos tipos: volátiles (gaseosos), fragmentarios (piroclastos) o masivos (coladas). Evidentemente sólo los dos últimos producen estructuras sólidas, pero el efecto de los volátiles sobre las formas de los edificios es decisivo: un porcentaje alto de gases produce erupciones explosivas; por otra parte una mayor cantidad de volátiles suele deberse a un proceso de diferenciación magmática más evolucionado y por tanto a una mayor viscosidad del magma, cuya fluencia alrededor del cráter es mucho más limitada.

También la génesis de los piroclastos está relacionada con la existencia de gases. Los piroclastos se forman cuando los gases al escapar a través del cráter fragmentan el material fluido; éste se solidifica en el aire y cae en forma de lluvia en los alrededores del punto de efusión; son por tanto los piroclastos los principales componentes de los conos volcánicos, aunque en algunos casos, cuando los fragmentos son suficientemente pequeños, son transportados por el viento y depositados en áreas alejadas del cráter. El nombre local de picón (lapilli) se reserva a los piroclastos basálticos de pequeño tamaño, en -

tanto que los traquíticos, más claros y ligeros, reciben la denominación de pómez (pumitas). Los tamaños mayores son escorias indiferentemente de su composición. El nombre de cinder se utiliza para los depósitos mixtos de pⁱcón (o pómez) y escorias. Cuando los piroclastos se depositan todavía calientes pueden llegar a soldarse, dando lugar a las tobas volcánicas, y en el caso de nubes ardientes el depósito final se conoce con el nombre de ignimbritas.

Los elementos masivos, coladas, se forman por solidificación de material fundido que fluye por la ladera. La potencia de cada una de ellas depende tanto de la pendiente como de su viscosidad por lo que el aspecto final es escoriáceo, oquerodo, masivo, de disyunción columnar, tabular, etc., presenta una gran variación de formas. Sin embargo puede considerarse como regla general que en las proximidades del centro de emisión las coladas son delgadas, luego van engrosándose hasta abultarse en la zona distal. Dentro de las coladas gruesas es corriente que existan cuevas o túneles producidos por la circulación interior de lava líquida tras la solidificación superior y lateral de la colada. Las coladas más viscosas, de escaso recorrido, pueden originar apilamientos cupuliformes también llamados toloides.

Normalmente, tanto la base como el techo de las coladas tienen aspecto escoriáceo debido a su más rápido

enfriamiento, de ahí el término " mal país " con que se conocen la superficie de las coladas modernas aún no alteradas por la erosión. Entre dos coladas no inmediatas se reconoce generalmente una superficie rojiza llamada - almagre que corresponde al suelo de alteración instalado sobre la colada inferior y " cocido " al paso de la superior.

Debe tenerse en cuenta para explicar algunas formas existentes, que sólo ocasionalmente las coladas - proceden del cráter, y si por el contrario de bocas situadas en las laderas o en la base del cono. Cuando se expulsan por la zona apical, su paso por la ladera puede producir una vaguada sobre los piroclastos y dar forma de herradura al edificio.

La proyección de elementos al exterior del cono hace que éstos desciendan por gravedad, por lo que la pendiente media no suele sobrepasar los 35° (ángulo de equilibrio medio de una masa suelta).

En general las lavas presentan pendientes originalmente bastante más débiles; sin embargo, la resistencia a la erosión de los piroclastos es pequeña, por lo que sus edificios se degradan rápidamente.

Los grandes acantilados existentes tanto tierra adentro como en la costa, se han querido explicar co-

mo producidos por fallas, pues es evidente que los torrentes que discurren a su pie no han dispuesto ni de caudal, ni de tiempo para labrar tan profundos barrancos. Sin embargo, tales grandes fallas no existen pues en ningún caso pueden seguirse tierra adentro o en la prolongación del cantil costero. Parece ser que la explicación se encuentra en las fracturas de retracción de las coladas; estas líneas de discontinuidad permiten que la alteración progrese en profundidad y alcance la base de un paquete de coladas dispuesto sobre una capa potente de almagre o elementos sedimentarios. El límite de resistencia al vuelco o al deslizamiento puede alcanzarse casi instantáneamente, y entonces se moviliza una masa enorme (hasta de cientos de miles de toneladas) que da lugar a una avalancha y deja como cicatriz el acantilado.

Otras formas típicas de las islas son los "valles". El concepto de valle canario no responde a una vaguada de erosión fluvial o torrencial con mayor o menor pendiente, sino que se debe al apilamiento de coladas procedentes de ~~efusiones~~ efusiones muy localizadas que compartimentan las laderas de la cordillera dorsal; es decir, no es un ahondamiento de la parte dental del valle, sino una acreción de sus laderas. Este fenómeno es más acusado en Tenerife que en Gran Canaria, donde la entidad de los torrentes es más importante.

La elevación de una cordillera o la consolida-

ción de un sedimento son procesos que requieren millones de años para llevarse a efecto, en tanto que la acreción espacial producida por una efusión volcánica es de efectos prácticamente instantáneos. En el primer caso, los procesos erosivos de remodelación exterior son de duración comparable a la erección, en el segundo, aunque se ven acelerados por los grandes desniveles resultantes de la erupción; de hecho actúan con posterioridad a la instalación del edificio volcánico; más adelante sus efectos se prolongan durante tiempos mucho más dilatados hasta que una nueva erupción modifica de nuevo el campo, sin que en ningún caso se alcance el estado de penillanura.

En consecuencia el aspecto morfológico de cada área dentro de las islas está claramente relacionado con la antigüedad de los materiales presentes, tanto o más que con la competencia de los mismos. Esta es la razón por la que se ha tomado como base de estudio una distribución en "series" volcánicas diferenciadas primariamente con base cronológica; seguidamente, dentro de ellas, se han estimado grupos litológicos de mayor o menor erosionabilidad.

Sobre las citadas series actuaron durante un período más o menos largo y con mayor o menor intensidad los agentes atmosféricos (escorrentía, pluviometría, viento, oleaje, corrientes y mareas) que introdujeron variaciones en la morfología y estratigrafía al erosionar las zonas más débiles y depositar el material arrastrado en las

áreas más llanas, situadas normalmente junto a la línea costera.

El efecto modelador del viento es su capacidad de erosionar y transportar los materiales más débiles y finos (piroclastos), depositándolos en otras áreas.

La pluviometría y temperatura actuando como - agentes fisicoquímicos provocan la alteración de las coladas más porosas por disolución de sus componentes solubles y efectos de oxi-reducción.

La escorrentía provoca pequeños transportes y en general un coluvionamiento de los materiales finos que bajan desde los montes a las llanuras costeras.

De todos los tipos de erosión terrestre, la fundamental es la de las aguas canalizadas que en las coladas basálticas produce unos barrancos profundamente encajados casi hasta su desembocadura; en algunos casos (barrancos menores) el progreso de la erosión marina modifica tan rápidamente el curso torrencial que la desembocadura se produce mediante una verdadera cascada. El curso inferior queda así truncado sin que el torrente pueda alcanzar nunca un nivel de base estable.

Aunque más localizada en la zona costera, la erosión marina es la que tiene mayor importancia, ya que

en general cualquier área ha estado en un pasado más o menos lejano como plataforma invadida por el mar. Sin embargo, el espacio ocupado simultáneamente por una colada es pequeño respecto a la longitud de la costa incluso a nivel de comarca; por tanto, un primer aspecto a tener en consideración es éste: en las áreas no afectadas por la invasión la erosión sigue actuando sobre los materiales pre-existentes, en tanto que en el área invadida la forma existente en el momento de la invasión queda protegida de aquella.

La erosión marina sobre los productos volcánicos es relativamente rápida, por lo que difícilmente existirán huellas de playas de los períodos interglaciares cuaternarios, salvo que hayan sido separadas de los efectos costeros por acusados movimientos de elevación; de hecho sólo en algunos puntos privilegiados de la costa, bastante protegidos, conservan vestigios de playas situadas entre 2 y 5 m. sobre el nivel marino actual; corresponden al último período interglaciar. También la costa será acantilada en los tramos no invadidos por efusiones cuaternarias y relativamente tendida (10 - 150) en los tramos de invasión más reciente.

2.4.- HISTORIA GEOLOGICA

En la isla de Tenerife no existen depósitos fosilíferos de ningún tipo ni tampoco discordancias genera-

lizadas; por otra parte, la evolución de composición en las series efusivas es gradual, sin cambios mineralógicos bruscos. No obstante, de acuerdo con las últimas síntesis geológicas de la isla se han considerado las siguientes:

- a) Series Basálticas Antiguas. Las rocas volcánicas más antiguas ahora visibles parecen descansar sobre un subtrato plutónico anterior llamado Complejo Basal. Este conjunto, claramente reconocible en otras islas, está en Tenerife en realidad sólo deducido a través de ciertos enclaves de tipo no efusivo encontrados en las chimeneas más antiguas. Lo que hoy aflora en Anaga, Teno o en los alrededores de Adeje está compuesto por coladas y piroclastos de composición basáltica profusamente atravesados por diques y pitones pertenecientes a series posteriores. En realidad es posible diferenciar allí dos fases que se suceden durante un largo espacio de tiempo (Mioceno superior y Plioceno inferior). Entre ambos aparece en algunos lugares un conglomerado sedimentario polimictico bastante cementado y en otros ciertos episodios volcánicos de tipo explosivo y carácter ácido (fanglomerados); donde alguno existe, permite separar las dos series; en otros lugares donde aquéllos no aparecen es difícil separalas. Sin embargo, existen ciertas diferencias; las más importantes son el porcentaje de diques, mayor en la serie I, y el de piroclastos, escorias o restos de conos de lapilli, más alto - en la serie II.

Las series antiguas corresponden a un tipo de vulcanismo fisural, cuyos centros de emisión se encuentran alineados en Anaga de ENE a WSW; de NW a SE en Tenorio y según dos direcciones conjugadas N-S y NE-SW en Adeje. Esta disposición dio lugar a un apilamiento de las coladas en forma de tejado, cuya divisoria constituye todavía la línea de cumbres.

Los tres grandes edificios mencionados eran sin duda más extensos en su origen, ocupando áreas actualmente cubiertas por el mar (al norte de Taganana, sur de Santa Cruz, norte de Buenavista y suroeste de Los Gigantes) o situadas bajo otros depósitos volcánicos posteriores. En realidad se desconoce si existía continuidad entre ellos o constituían tres islas separadas, pero no hay duda de que se extendían más allá de la costa actual.

La erosión marina actuando durante varios millones de años ha tallado los grandes acantilados, de 400 ó 500 m. de altura en estos edificios, en los que las lenguas de las coladas han desaparecido.

- b) Series Cañadas. Desde el Plioceno medio la mayor actividad volcánica se desplazó hacia el centro de la isla; el vulcanismo continúa siendo fisural y su composición, como en el caso de las series anteriores, es predominantemente basáltica, al menos en sus primeras fases; luego

se produce una diferenciación del magma, lo que permite considerar una serie de Cañadas inferior y otra superior o más moderna. La primera produjo depósitos mas abundantes y generalizados en los que se entremezclan coladas de basaltos, traquibasaltos, tefritas, traquitas y fonolitas con intercalaciones pumíticas correspondientes a las fases explosivas. Los restos de la serie Cañadas superior están localizados ahora preferentemente en la periferia del circo de Las Cañadas; son de carácter fundamentalmente ácido y terminan, tras las coladas fonolíticas, con episodios de tipo ignimbrítico y eutaxítico.

La serie Cañadas en conjunto culminó, al parecer, con la formación de una gran cúpula central que contrasta en parte con los edificios lineales anteriores, no sólo por su forma sino por su composición decididamente alcalina.

Hacia el final de este período o coincidiendo al menos en parte con la evolución de la serie siguiente se produjo la formación del gran circo de Las Cañadas del Teide. Existen varias hipótesis para su formación y, aunque ninguna de ellas ha sido probada totalmente, parece que los últimos estudios confirman la teoría del hundimiento de una cámara magmática próxima a la superficie. Ya durante las fases explosivas de las series Cañadas debieron producirse fracturas locales como lo prueban los diques actualmente visibles. Más tarde, la cámara de diferenciación magmática debió que

dar vacía tras la efusión del gran volumen de materiales del edificio central, que produjo la emersión de la mayor parte de la isla actual. El hundimiento desde luego no debió ser homogéneo y simultáneo en toda la extensión; de hecho hay dos calderas de forma elíptica separadas por los roques de García, que se intersectan en un punto coincidente con la ubicación del pico Viejo del Teide (es decir, la posterior efusión coincidió como es lógico con el punto de máxima debilidad).

La forma actual incluye desde luego bastantes retoques erosivos que han hecho retroceder el escarpe del circo, han rellenado el fondo y han suavizado los cantiles con depósitos de piedemonte. Por lo tanto y aunque se considere la hipótesis de hundimiento como la más plausible, no deben eliminarse totalmente los "retoques" de tipo erosivo y explosivo.

- c) Serie Traquítica y Traquibasáltica. La base de esta serie está íntimamente relacionada con la serie Cañadas superior; sus materiales tienen un carácter de transición progresivamente más básicos. La potencia de sus coladas es relativamente reducida y su composición difiere según los lugares de emisión desde traquifonolitas hasta traquibasaltos.

Los centros de emisión más antiguos se encontraban en el borde del circo de Las Cañadas y su hundimiento produjo el corte de algunas coladas; posteriormente

se formaron otros centros de efusión periféricos bastante bien conservados actualmente, y que dieron origen a coladas de pequeña extensión. Los conos visibles en la actualidad de esta serie son: montaña Chasogo al oeste de Las Cañadas; montaña Tejina en el flanco oriental del circo; montaña Guaza en el sur de la isla; montaña de El Taco en Buenavista y Caldera del Rey en Los Cristianos.

Localmente se produjeron también episodios explosivos con emisión aérea de materiales que en su sedimentación posterior dieron lugar a depósitos estratificados de pumitas, principalmente en el sur.

Las coladas de la serie, independientemente de su composición, son en general escoriáceas, vacuolares y eminentemente vítreas; en muchos lugares tienen aspecto de aglomerados brechoides al fragmentarse la lengua poco antes de su consolidación total.

- d) Serie Basáltica III. Es una serie típicamente basáltica cuyos centros de emisión se reparten anárquicamente por toda la isla. Sus coladas enmascaran en gran parte la topografía preexistente, pues debido a la fragmentación en que encontraba el substrato isleño, se formaron verdaderos campos de volcanes alineados cuyas coladas discurrieron interfiriendo unas con otras por las ladera, y ganando terreno al mar al final de su recorrido.

El aspecto morfológico de la serie es muy monótono; se trata de coladas delgadas de roca no alterada con aspecto escoriáceo; carecen de diques que las atraviesan o de niveles de almagres aunque si incluyen intercalaciones pumíticas en su base; por ello debe pensarse que durante algún tiempo se simultanearon erupciones básicas y ácidas.

Los campos de volcanes tienen una morfología típica con conos de lapilli y escorias relativamente bien conservados. Se trata sin duda de emisiones cuaternarias, pleistocénicas, cuya contribución a la forma actual de la isla no ha sido decisiva.

- e) Series Recientes y actuales. Se incluyen en este grupo dos series simultáneas en el tiempo, pero de composición bastante diferente. Serie Basáltica IV y la serie Reciente Acida del Teide-Pico Viejo. Su edad es claramente cuaternaria (pleistocénica y holocénica), tanto así que incluimos en ellas las efusiones históricas (la última de 1.909) o subhistóricas (coladas negras del Teide, probablemente de los siglos XIV o XV).

La serie Reciente Acida es la responsable del gran estratovolcán que forma el conjunto Teide-Pico Viejo, en su primera fase se formó la base del edificio que constituye el vértice de la isla y que, como vimos, está situado en las áreas débiles del hundido edificio Cañadas. El aspecto excéntrico del mismo respecto de la

anterior cúpula de la isla, hizo que sus derrames hacia el norte y noroeste cubrieran totalmente el escarpe septentrional del circo, en tanto que las coladas - dirigidas hacia el sur rellenaban en parte la gran depresión. Más tarde, se produjeron episodios explosivos de magmas alcalinos, cuyos centros de emisión se situaron en las laderas del Teide; son la Montaña Rajada, Montaña Blanca, Roques Blancos, Pico Cabras, Montañas Bajas, etc.; sus productos se extendieron en forma de depósitos pumíticos sobre todo hacia el norte de la isla. El episodio final de esta serie (cuya actividad aún continúa en forma de fumarolas) son las coladas negras del pitón del Teide, cono situado sobre el cráter del Teide antiguo, de altura ligeramente superior a la del Pico Viejo.

La serie Reciente Básica (serie Basáltica IV) procede de cámaras magmáticas distintas a las del grupo anterior que, sin embargo hicieron efusión simultáneamente durante el Holoceno. Sus coladas constituyen el típico "mal país de los isleños", están perfectamente conservadas y las más recientes (históricas o subhistóricas) descansan sobre las pumitas modernas.

Las emisiones de esta serie son de tipo fisural y aunque el volumen emitido es pequeño, cubren bastante extensión superficial al haberse producido en zonas aisladas sin superposición de coladas; por otra parte, dada la fluidez de las mismas y disponerse algunos puntos

de emisión a altura considerable, el recorrido de las lavas es bastante grande. Su localización en la isla es errática salvo en los macizos de Anaga y Teno donde no existen.

Los piroclastos de lapilli y escorias forman en general conos de cinder bastante perfectos, de unos 100 m. de altura sobre las tierras circundantes.

2.5.- PETROLOGIA

En el área próxima al casco urbano de Sta. Cruz se encuentran materiales de la Serie I y del Serie III. En ellos se han establecido dos grandes grupos, que corresponden a características petrográficas y geoquímicas diferentes, representables cartográficamente: materiales básicos y materiales sálicos .

a) Materiales básicos.

Se encuentran desde basaltos de la serie antigua hasta basalto de la Serie Reciente. Los tipos petrográficos que encontramos son los característicos de las islas oceánicas alcalinas.

En primer lugar tenemos que señalar los basaltos ankaramíticos, que son porfídicos, presentando fenocristales de olivino incluidos en una matriz de augita y opacos; éste es el único término basáltico que no tiene -

plagioclasa, y lo podemos considerar como el término más básico, formado por verdadera acumulación de augita y olivino.

El término más abundante y sobre todo en la serie reciente es el basalto augítico-olivínico; bajo esta denominación englobamos términos que geoquímicamente pueden tener un amplio margen de variación, ya que comprende desde términos microporfídicos, opuestos en su mayoría por una matriz micro y criptocristalina de plagioclasa, piroxeno, olivino y opacos, con sólo algunos escasos microfenocristales de augita y olivino, a términos donde la roca en sí está formada por gran acumulación de fenocristales de olivino y augita, todos ellos de un tamaño relativamente grande, trabados por una matriz de plagioclasa, piroxeno, olivino y opacos, pero que puede ser en volumen menor que el de los fenocristales.

Este tipo basáltico es muy abundante en todas las series, cuando pertenece a series antiguas se distingue fácilmente por presentar el olivino parcialmente iddingsitizado. Aunque la iddingsitización puede afectar a todo el cristal, normalmente suele afectar a los bordes y grietas y suele ir avanzando en el tiempo, de manera que los basaltos más antiguos los encontramos más iddingsitizados.

Cuando los basaltos son de serie reciente el olivino está totalmente fresco en fenocristales idiomorfos o pseudoidiomorfos, pero generalmente tiende a formas re -

dondeadas debido a que ha sufrido una cierta reacción en el líquido todavía fundido posterior a su cristalización como fenocristal.

Los cristales de augita están siempre frescos y pueden encontrarse individuos de 1 ó 2 cm. de tamaño e incluso mayores. En este tipo de basalto predomina la augita color castaño, con nítidas líneas de exfoliación, y podemos encontrar individuos maclados en reloj de arena, así como otros zonados. En este caso, cuando están zonados suelen tener su borde de color más rosado, o sea, más rico en titanio; esto es frecuente en los basaltos augítico-olivínicos macroporfídicos. A veces en este tipo de basaltos y en la matriz coexisten junto a cristales aciculares de ilmenita otros pequeños cristales prismáticos de un anfíbol castaño rojizo, distinto del de los basaltos anfíbólicos.

Cuando uno de los dos minerales que forman los fenocristales desaparece, tenemos por un lado basaltos olivínicos, con frecuentes cristales esqueléticos de este mineral, y por otro lado, basaltos augíticos; con augita exclusivamente, el olivino puede estar en pequeños cristales, y no muy abundante, formando parte de la matriz.

Como términos algo más diferenciados encontramos los basaltos plagioclásicos. Estos basaltos, aunque suelen aparecer en todas las series, no son abundantes en ninguna de ellas, siendo algo más frecuentes en la serie I.

Presentan fenocristales de plagioclasa y éstos pueden ser exclusivos como fenocristal o bien estar acompañados de olivino y augita. En el primer caso son bastante más diferenciados, presentando cristales tabulares de una plagioclasa algo ácida o anortosa. En el segundo caso los cristales suelen ser de plagioclasa básica con maclas polisintéticas, generalmente de la misma composición que las plagioclasas de la matriz.

Basaltos anfibólicos, aunque no son muy abundantes tampoco son términos raros. Como es sabido, la estabilidad del anfíbol depende de la presión de oxígeno, que está a su vez relacionada con la existencia de un magma hidratado, así como rico en volátiles. Bajo estas condiciones - observamos como las augitas de los basaltos anfibólicos - suelen ser más verdosas o al menos zonadas, con zonas enriquecidas en sodio de augita egirínica. Debido a la inestabilidad del anfíbol en el momento que el magma comienza su desgasificación, los anfíboles reaccionan presentando todos ellos coronas de oxidación formadas por piroxenos y opacos; incluso de algunos de ellos sólo quedan acumulados de pequeños cristales de opacos pseudomorfos de los fenocristales preexistentes.

Todos estos grupos basálticos que hemos presentado, más o menos delimitadamente, forman tipos intermedios, todos ellos porfídicos. Pero existe también el basalto microcristalino afanítico, con mineralogía análoga a los anteriores a excepción del anfíbol, que no suele formar pequeños cristales sino que cuando aparece suelen ser individuos bien formados.

b) Rocas sálicas.

Petrográficamente en las rocas sálicas se han podido distinguir rocas más o menos saturadas, diferenciándose unas de otras por la presencia o no de feldespatos. En el área próxima a Sta. Cruz hay un claro predominio de los términos subsaturados con respecto a los saturados. Los términos menos diferenciados de las rocas sálicas son rocas porfídicas con gran cantidad de fenocristales, abundan los fenocristales máficos, tanto de augita egirínica como de anfíbol en relación a los fenocristales félicos de anortosa y feldespato alcalino. Fenocristales abundantes, aunque accesorios, son la esfena, con sus formas romboidales características y el apatito. El feldespatoide de esta roca es la hauyna, que cuando los cristales son frescos presenta su característico color azul añil, que la hace destacar de la matriz de feldespato potásico. Frecuentemente estos cristales están alterados y en muchos casos dan lugar a zeolitas.

Otras fonolitas son rocas porfídicas con abundancia de máficos y con feldespatos más cálcicos. Son rocas muy abundantes en esta Hoja y puede decirse que constituyen el grueso de los términos diferenciados sálicos.

Las fonolitas más saturadas y diferenciadas son generalmente microcristalinas; presentan una orientación fluidal clara marcada por los cristales tabulares de feldespato potásico, el fenocristal característico que aparece

ce en esta roca es la hauyna. En los casos en que aparece como feldespatoides nefelina la roca suele perder su neta orientación fluidal, ya que la nefelina, cuando aparece lo hace en pequeños y abundantes cristales equidimensionales donde destacan como únicos fenocristales pequeños prismas de apatito o rombos de esfena.

c) Rocas granudas.

En algunos pitones de fonolita o en coladas se han encontrado enclaves de rocas granudas. Estas rocas granudas son a veces acumulados de los fenocristales de la roca en la que están incluídas, ya que están presentes todos y cada uno de los fenocristales existentes en la roca sin bordes de reacción. En el caso de enclaves o acumulados en los pitones de fonolitas, tales enclaves pueden clasificarse como gabros formados por augita, anfíbol, plagioclasa y acumulación a veces especialmente abundante tanto en apatito como en esfena. También gabros alcalinos, por la presencia en ellos de feldespatoides, tanto hauyna como nefelina y feldespato potásico.

Es también frecuente encontrar en los basaltos anfibólicos pequeñas acumulaciones de cristales de anfíbol, piroxeno, olivino y plagioclasa, pero que cuando son abundantes sólo en cristales máficos pueden ser anfíbolitas o piroxenitas.

3.- GEOLOGIA LOCAL Y ZONIFICACION GEOMECANICA

3.1.- ENTORNO CIUDADANO.

Morfo-genéticamente el ámbito de la ciudad - de Santa Cruz de Tenerife se incluye casi totalmente - en la vertiente por las coladas de la Serie III.

Esta unidad morfológica desciende desde la cota 550 m en el borde de los llanos de la Laguna y alcanza el mar con perfil convexo y pendientes variables entre 5° y 10° hasta la cota 150m; entre esta y la 80m, aproximadamente las pendientes son francamente fuertes para suavizarse de nuevo hacia los niveles más bajos.- Este salto topográfico es el que separa la parte central de la ciudad de los barrios de La Salud, Vista-Bella, Ofra y General G^a Escamez.

Por el sur en la zona industrial que se extiende entre la avenida del Tres de Mayo y el mar el - escalón se sitúa prácticamente sobre la costa que progresivamente toma el aspecto de acantilado.

La estructura topográfica citada corresponde a un apilamiento de coladas emitidas desde la dorsal de la isla de las que pueden diferenciarse en las áreas no urbanizadas los diversos frentes y sus imbricaciones.

Posteriormente a la deposición de los elementos citados surgieron pequeños volcanes de los que hoy pueden apreciarse, aún dentro de la ciudad, sus edificios más o menos cónicos de cinder. Son las montañas de Taco, Ofra y Guerra y ya algo más alejadas las de Bacho, Cuervo, Brujitos, Giles, etc.

Muchos de estos conos conservan bien definido su cráter, otros como el situado sobre la Punta de la Vista al SSE de Taco, son pequeños escudos con derrame lateral. Los conos están formados casi exclusivamente por piroclastos basálticos pero a su pie se incluyen depósitos de pumitas que afloran al oeste en Taco, al este en Ofra y al norte en Guerra. Los piroclastos son un conjunto de lapilli y escorias con algún "cordón" de coladas por derrame desde la cima.

Es posible que otros edificios volcánicos menores hayan sido arrasados por la propia urbanización de la ciudad o se encuentren cubiertos por coladas posteriores, ya que la actividad volcánica en la isla ha continuado en épocas históricas.

De esta forma debe pensarse que al subsuelo de la ciudad está compuesto por coladas basálticas con contadas intercalaciones ofíticas y algunos posibles conos de piroclastos inhumados.

La estructura interna será pues la propia de los materiales con pequeñas excepciones. Al discorrir las coladas sobre la pendiente preexistentes, va separándose de ellas, la fase gaseosa que acabará escapándose definitivamente al solidificarse aquellas.- Quedan por tanto siempre unos huecos (antiguas burbujas), casi siempre alargados en la dirección del flujo y esto ocurre siempre aún en el basalto más compacto.

La base y techo de la colada se enfrían -- antes que su núcleo, y lo hacen cuando la colada está aún en movimiento, por lo que el efecto de arrastre -- la evacuación de gases y la recomposición de tramos -- ya solidificados dan a estas partes de la colada un aspecto escoriáceo vacuolar y rugoso. Cuando entre la deposición de dos coladas sucesivas ha transcurrido -- un largo periodo de tiempo, aparece un nivel rojizo -- que corresponde al suelo vegetal rubefactado ("cocido") por el paso de la colada superior.

Tanto los almagres como los niveles piroclásticos alterados superficialmente y luego recubiertos se comportan como capas impermeables (sin huecos) dentro del conjunto del campo de coladas.

El aspecto predominantemente escoriáceo de una colada, donde a penas existe un nivel masivo delgado, es propio de las coladas basálticas muy fluidas

que son las predominantes entre las procedentes de los conos modernos anteriormente citados. Las coladas anteriores procedentes de la dorsal corresponden a magmas más traquíticas, algo más viscosas, por lo que el núcleo de basalto compacto es más potente y muestra una disyunción columnar. En algunos casos cuando la potencia supera los 8-10 m se produce disyunción planar.

Dentro de la ciudad todas las lavas son basálticas pero algunas presentan suficiente contenido en gases para que la viscosidad determine una superficie áspera, tipo malpais. La potencia es en ellas generalmente delgada, a veces tienen carácter aglomerático y se sitúan en el entorno de Taco, Ofra y Guerra. Por el contrario en las coladas de la parte baja de la ciudad las potencias son mayores con niveles de disyunción columnar muy definidos y preponderantes sobre los escojáceos; corresponden a materiales procedentes de la dorsal isleña que han alcanzado el nivel del mar en forma de manto de una apreciable extensión lateral.

Esta diferenciación entre la estructura de las coladas y los edificios volcánicos recientes tiene un reflejo entre los tipos de subsuelo dentro de la nomenclatura local. Así el llamado "risco pelinegro" , corresponde a las coladas potentes antiguas o a algunas de las actuales en tramos gruesos; las actuales, en general corresponden a las alternancias de "tosca" (piro-

clastos alterados) y "risco" (coladas finas) ó risco y piroclastos. El entorno de los frentes procedentes de Ofra tienen una mayor irregularidad.

Fuera del área cubierta por las Series III y actual, en las áreas afectadas por la serie I (Anaga) la estructura es algo diferente. Las coladas son de gran potencia en general, pero han sufrido una alteración notable, tanto atmosférica-superficial como interna por la notable red filoniana que las atraviesa; buzan suavemente hacia el mar desde la zona de -- cumbres las más antiguas, en tanto que las más recientes dentro de la serie presentan un aspecto tabular - con bordes en cascada. La potencia de los niveles piroclásticos (antiguos conos volcánicos muy alterados) es también mayor que en la serie moderna.

Los elementos sedimentarios del entorno de la ciudad y su casco urbano tienen dos aspectos diferentes, unos son suelos residuales de alteración "in situ" y otros corresponden a formaciones de ladera. En el primer caso, son suelos fundamentalmente arcillosos - con una pignorción variable, aunque siempre minoritaria de cantos y bloques. Se trata de la degradación atmosférica de escorias : superficiales y piroclastos con - potencias variables entre 0,5 y 2m. Son claramente visibles en el barrio de Las Delicias y en San Antonio de Ofra; en otros puntos de la ciudad aparecen muy fragmentarias, sin que pueda asegurarse una mayor continui-

dad en el pasado antes de la urbanización.

Los suelos de alteración del área de la Estación de Autobuses - Avda. Tres de Mayo, son de granulometrías mas arenosa.pues proceden de la alteración - de niveles pumíticos muy claros; su aspecto general es de gravilla blanca o menos soldada con intercalaciones lenticulares arcillosas.

Las formaciones de ladera presentan una gran variabilidad granular y en menor pignorción litológica. Incluyen bolos y bloques en proporciones del 20 a 60 % abundantes gravas y una matriz limo-arenosa. Los finos arcillosos suelen ser minoritarios aunque se incluyen algunas intercalaciones lenticulares.arcillosas.

3.2. CASCO URBANO

La tipificación del substrato en el interior del casco urbano plantea el problema general de todas - las áreas modificadas por el hombre. El proceso de explotación en una zona de pendientes apreciables supone siempre una excavación y relleno alternativos; por tanto la existencia de suelos superficiales es totalmente aleatoria. En áreas muy próximas el proceso ha supuesto, en -- unos casos, eliminación del suelo eluvial y, en otros, - acumulación del mismo; este suelo acumulado pasado un -- cierto tiempo es imposible reconocer como transportado - artificialmente.

Mayores dificultades implica el reconocimiento de los frentes de colada pues su huella morfológica - ha desaparecido. La correlación de los frentes entre sondeos implicaría una densidad en los mismos muy alta, a pesar de lo cual el porcentaje de error sería grande; por esta causa no se ha considerado oportuno densificar los sondeos. Si se han utilizado, sin embargo, los realizados para determinar un mayor o menor porcentaje de adelgazamiento en las coladas, lo que implica una probable aproximación al frente.

La existencia de otros elementos volcánicos - distintos de las coladas de lava se ha realizado con un criterio estadístico a través de los sondeos propios y otros anteriores a los que se ha tenido acceso; así se ha realizado la zonación que se aprecia en el mapa. Debe entenderse que tal zonación se refiere a los elementos superficiales, nunca de más de 10 m, que los reconocimientos no han sido tan frecuentes ni situados en los puntos más apropiados como se hubiere querido pues no es fácil encontrar los lugares adecuados y conseguir los permisos correspondientes de los pignotarios en un área densamente poblado.

Por todo lo anterior la zonación propuesta - debe considerarse como una primera aproximación al problema y sus límites o posibles subdivisiones sujetas a los nuevos datos que puedan obtenerse en el futuro.

Se ha distinguido los tipos siguientes: (Plano 6)

- I Area de coladas basálticas actuales delgadas recubriendo coluviones y su extensión costera (I') sobre el antiguo cordón litoral.
- II Area de tobas pumíticas más o menos transformadas en carbonatos sobre coladas actuales.
- III Area de piroclastos y pumitas sobre coladas actuales.
- IV Area coladas actuales en superficie en las que alternan basaltos tabulares y escorias, la subárea IV parece corresponder a una acumulación de frentes de colada.
- V Area de coladas subactuales más potentes y con menor porcentaje de escorias.

En el caso del tipo I, el área se encuentra situada entre la Rambla del General Franco y el barranco que bordea el macizo de Anaga. En ella una colada potente (2,5 a 5 m) posiblemente procedente de Montaña -- Guerra recubre el pie del coluvial que aflora más al norte. En la zona costera, Avenida de Anaga, los depósitos granulares inferiores son de origen marino, están formados por un cordón litoral de bolos con algunas arenas gruesas y gravillas playeras. La potencia de la colada en esta subárea es muy variable, ya que por tanto -

la erosión marina como los adelgazamientos propios - del frente determinan cambios rápidos en aquella.

En el área II la característica fundamental de la existencia de toba pumítica en superficie o bajo un suelo más o menos potente de alteración superficial. Bordeada por el norte y este por las áreas anteriores su límite se podrían fijarse en la calle Inueldo Seris junto a la costa para dirigirse luego hacia el noroeste según un trazo sensiblemente paralelo a la calle -- del Pilar. Al llegar al parque sufre una inflexión hacia el oeste suroeste hasta la plana 25 de julio, desde donde se dirige hacia la rambla para cerrar al nordeste de la plaza de Toros.

Hacia el centro del área la potencia de -- tobas y sus suelos de alteración superficial superan -- los 5 m de profundidad; este espesor disminuye hacia -- los bordes. En el área costera II' de límites poco pre-- cisos, se superponen localmente a las tobas depósitos -- de bolos pertenecientes al cordón litoral y otros pro-- cedentes del pequeño delta del barranco de los Santos.

El área III corresponde a la comprendida -- entre el puente Serrador prolongado por la calle Fer-- nández Navarro y el mar. También incluye al parecer -- toda el área industrial situada al sur de la avenida -- Tres de Mayo y comienzo de la autopista del sur.

En ella los depósitos de pumitas y piroclastos son mayoritarios, casi exclusivos en los diez metros superiores. Se incluyen pumitas soldadas, otras granulares finas bastante sueltas y piroclastos de tamaño gravilla soldados con inclusiones de pequeñas bombas volcánicas, bolos y escorias. En general el conjunto es bastante poroso y tanto más potente cuanto más próximo a la costa. Descansa sobre coladas basálticas.

El área IV es la más extensa; ocupa toda la zona del casco urbano no citada en las anteriores a excepción del entorno del barranco de los Santos.

En ella los materiales son exclusivamente basaltos, de disyunción más o menos columnar en núcleos de colada de 0,6 a 3 m, de potencia media y escorias basálticas en general más delgadas. Los posibles almargres son escasos y finos (no más de 0,5m) con mayor frecuencia hacia la parte alta de la ciudad.

Las variaciones sobre este esquema son múltiples; desde potentes masas de escoria de 5 m con adelgazamiento brusco hasta coladas de 10 - 15 cm, muy continuas y desde la existencia de tubos volcánicos y cuevas hasta coladas almohadilladas, se encuentran todos los tipos posibles.

La subárea IV' corresponde a una zona de - interferencia entre las coladas procedentes de Montaña Guerra, potentes y poco escoriáceas, y las del área de Ofra o del pequeño cono de Vitabana más delgadas y con mayor porcentaje de escorias. Es el área situada - en torno al banco de los Gladiolos donde los cambios - son rápidos y frecuentes y donde además aparecen intercalaciones de piroclastos más o menos alterados.

Por ultimo se ha tipificado como área V la comprendida a uno y otro lado del Barranco de los Santos aguas arriba del puente Serrador. Entre la avenida de Bélgica - calle de San Sebastián por el sur y una - línea al norte paralela al barranco a unos 100 m del - mismo, aparece el basalto masivo, su disyunción y conintercalaciones escoriáceas bastante minoritarias.

Probablemente estos basaltos corresponden a coladas de la Serie III procedentes de los conos de la dorsal. Más antiguas y potentes, probablemente perdieron por erosión el mal pais superficial y el recubrimiento de coladas actuales existentes en otros lugares, de tal forma que quedara en superficie el núcleo compacto de la colada antigua. La no existencia o escasa disyunción que presentan puede deberse a que el recubrimiento de los depósitos volcánicos más modernos permitiera un enfriamiento más lento.

En cualquier caso el carácter masivo del -- basalto debe entenderse como norma general pero puntual_lmente pueden existir fisuras y huecos en proporción -- importante.

Respecto a la velocidad de propagación de las ondas sísmicas, que suele adoptarse como parámetro fundamental para definir la transmisividad de estos terrenos de las prospecciones geofísicas realizadas y de los datos que aparecen en la bibliografía consultada, pueden considerarse los siguientes valores de la celeridad de las ondas P.

- a) Basalto compacto poco fisurado $v_p = 6.500-8.000$ m/seg.
- b) Basalto compacto muy fisurado $v_p = 4.500-6.500$ m/seg.
- c) Basalto poroso fisurado y con intercalaciones escoriáceas. $v_p = 3,500-4.500$ m/seg.
- d) Escorias. $v_p = 2.000-3.500$ m/seg.
- e) Pumitas y piroclastos. $v_p = 3.000-4.500$ m/seg.
- f) Escorias y piroclastos muy alterados. $v_p = 1.500-2.500$ m/seg.

Por la heterogeneidad en los materiales existentes entre dos solares, e incluso dentro del mismo solar, estas velocidades sólo se han obtenido en contadas ocasiones, teniéndose normalmente velocidades intermedias entre los valores correspondientes a los materiales --

compactos (coladas basálticas) y los correspondientes a materiales más sueltos (escorias, pumitas y piroclastos), dado que las ondas se propagan recorriendo ambos tipos de terrenos.

Otra singularidad a destacar en la gran variación de los valores obtenidos según las distintas direcciones, que en unos casos llegaba a ser más del doble en un sector direccional privilegiado que en el resto.

Ambos factores, debidos ambos a las particulares características geológicas de las formaciones volcánicas, hacen muy difícil el poder estimar unas velocidades medias de propagación en las distintas áreas. A pesar de esto, pueden como media esperarse en las distintas zonas los siguientes valores de la celeridad de las ondas P; tomado a título orientativo:

Zonas I, I'	$v_p = 2.000 - 3.500$ m/seg.
Zonas II, II'	$v_p = 2.500 - 4.000$ m/seg.
Zona III	$v_p = 2.000 - 3.500$ m/seg.
Zonas IV, IV'	$v_p = 3.000 - 5.500$ m/seg.
Zona V	$v_p = 3.500 - 5.000$ m/seg.

Para definir en las distintas zonas las leyes de propagación de las vibraciones, se instrumentaron siete solares en donde durante el tiempo de la --- campaña de mediciones se estaban realizando operaciones

de voladuras. Aunque estos solares no abarcan todas - las zonas, sus resultados son fácilmente extrapolables a todo el casco urbano de Sta. Cruz de Tenerife. La - situación de los solares y su denominación se representan en el plano 1.

4.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

Las características de los materiales en la isla de Tenerife, viene condicionados por el carácter-volcánico de la isla.

Este tipo de terrenos está formado por la - yuxtaposición de coladas procedentes en general de dis- tintos focos de emisión y cuyas características pueden ser muy diferentes dependiendo de los siguientes facto- res:

a) Naturaleza de la colada.-

Por un lado el material será diferente se- gún se trate de coladas escoriáceas, basálticas, tra- quíticas o fonolíticas, etc. Por otro lado, y dentro de un mismo tipo de colada el mayor o menor contenido en gases del magma, puede hacerse que el material de- colada sea vacuolar o muy compacto.

b) Espesor de la colada.-

Por el enfriamiento diferencial que tienen las coladas, solo el núcleo central de estas lo hacen en unas condiciones de suficiente lentitud para que los materiales resultantes puedan ser de gran compactidad y estén poco fisurados.

Como consecuencia de esto, las coladas delgadas estarán en general muy fisuradas y alteradas, y solo en las coladas de una cierta potencia podrán aparecer materiales suficientemente compactos y poco fisurados.

La potencia de la colada depende de la fluidez del magma y de la situación de la zona respecto al foco de emisión.

c) Naturaleza de los materiales infrayacentes.-

Este factor condiciona la velocidad de enfriamiento del contacto inferior, dependiendo de la conductividad térmica de los materiales infrayacentes sobre los que se deposita la colada.

Con las coladas volcánicas alternan otros niveles procedentes de la alteración de las coladas anteriores o de la deposición eólica de los materiales expulsados por el foco de emisión (piroclastos).

Por todas las razones anteriores, el terreno puede decirse que es muy heterogéneo tanto en alzado como en planta, no pudiendo muchas veces correlacionarse los sondeos realizados en dos solares próximos o en dos puntos de un mismo solar.

En el término municipal de Sta. Cruz de Tenerife, y más concretamente en la zona ocupada por su casco urbano, se puede destacar las siguientes características:

- No existen prácticamente coladas ácidas (fonolitas).
- Los materiales de coladas están entonces constituidos por alternancias de coladas escoriáceas y basálticas. Las coladas escoriáceas suelen estar muy alteradas, por lo que incluso llegan a ser ripables.
- Los basaltos son en general recientes, y se disponen en coladas normalmente delgadas (~ 2m) por lo que suelen estar muy fisurados con abundantes cuevas y oquedades. Localmente se conoce este material con el nombre de "risco".

Las coladas más gruesas (2 y 4m) suelen dar basaltos más compactos y menos fisurados, de clara disyunción columnar. Localmente se conoce como "risco pelinegro", siendo lógicamente, el más difícil de excavar.

- Los piroclastos, que se conocen localmente como "picón" si están sueltos y de "tosca" si están cementados, abundan bastante en el área estudiada, siendo - ripables salvo en el caso de tosca muy cementada en - que suele ser aconsejable el empleo de voladuras.
- También se localizan suelos de deposición litoral -- junto a la costa, y de alteración en las zonas inte - riores.

A partir de los datos procedentes de los -- sondeos realizados, de los anteriormente perforados - por otras empresas, de la observación de cortados y excavaciones, etc., se ha obtenido una zonificación aproximada sobre los materiales predominantes en cada área. Asimismo, de la prospección geofísica, se ha es - timado los valores medios de la velocidad de propa -- gación de las ondas P, en cada zona.

Estos resultados deben tomarse como estima - ciones orientativas de características medias, ya que la gran heterogeneidad de los materiales no permite - establecer una caracterización local con la debida - fiabilidad.

P L A N O S

DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS GEOMECANICAS
DE LAS FORMACIONES VOLCANICAS EN STA. CRUZ DE TE-
NERIFE.

=====

INDICE DE PLANOS

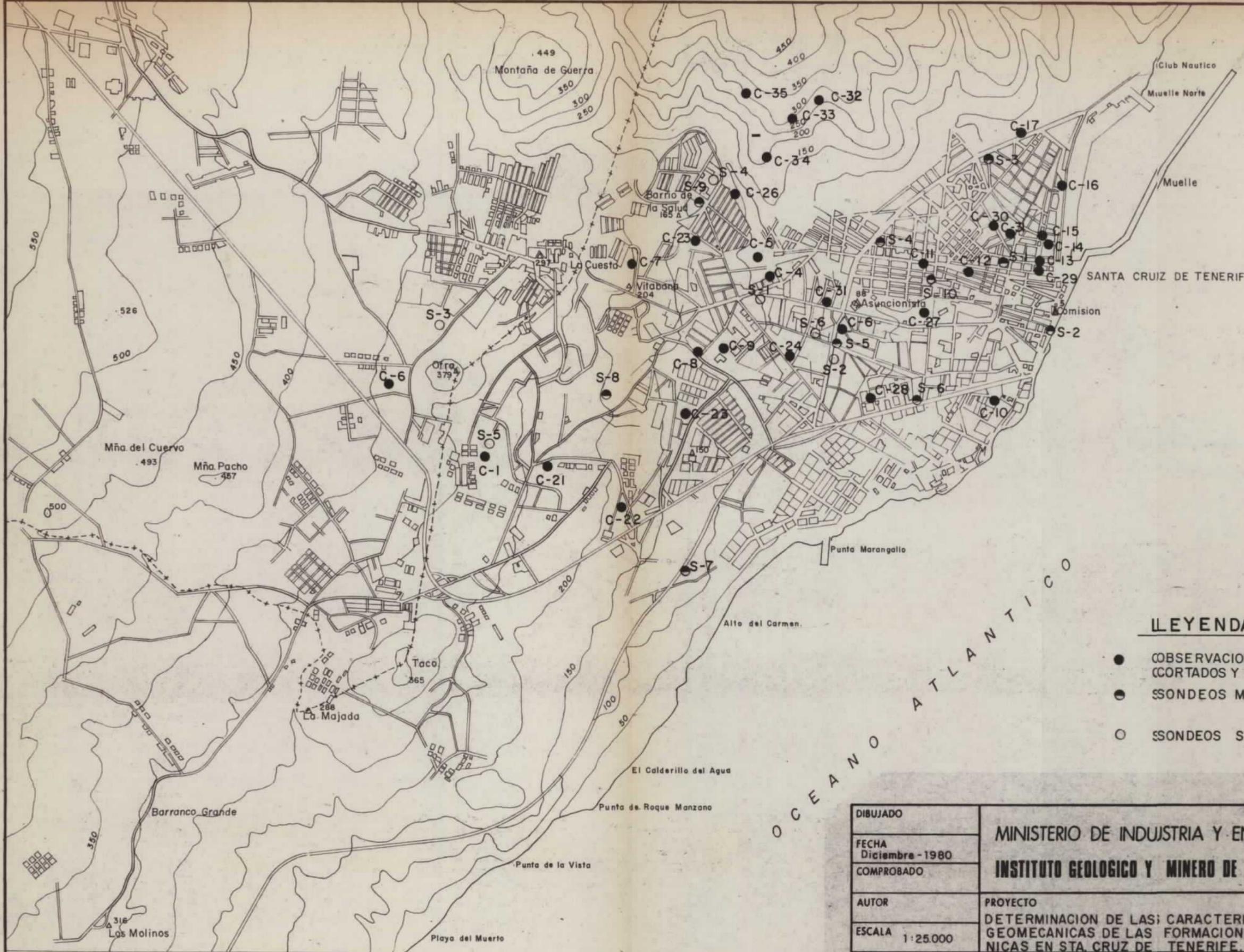
Plano 1.- Situación de reconocimientos.

Plano 2.- Plano topográfico de la isla.

Plano 3.- Isotermas anuales.

Plano 4.- Isoyetas anuales.

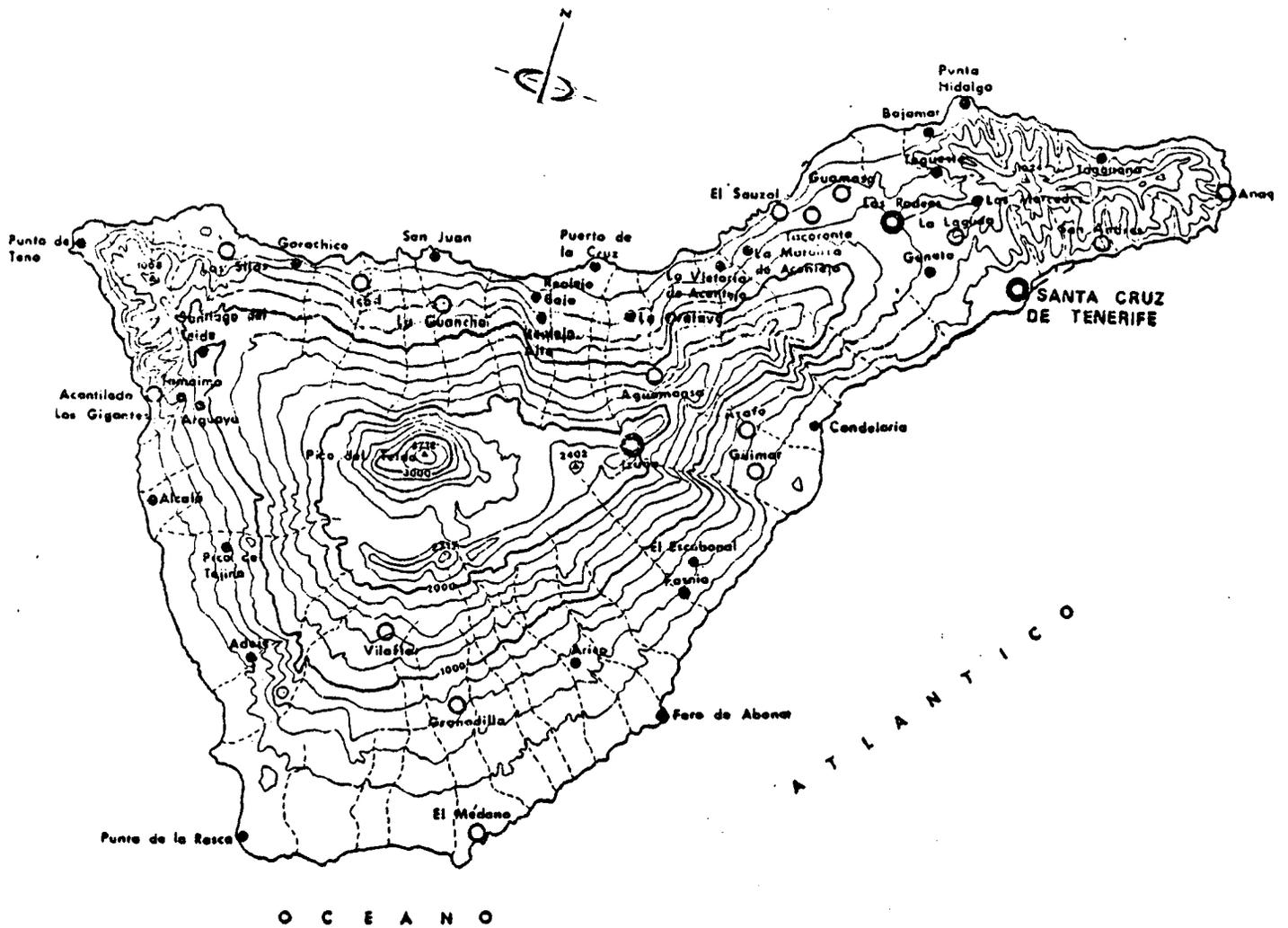
Plano 5.- Zonificación geomecánica.



LEYENDA

- COBSEVACIONES VISUALES EN CORTADOS Y EXCAVACIONES
- SONDEOS MECANICOS
- SONDEOS SISMICOS

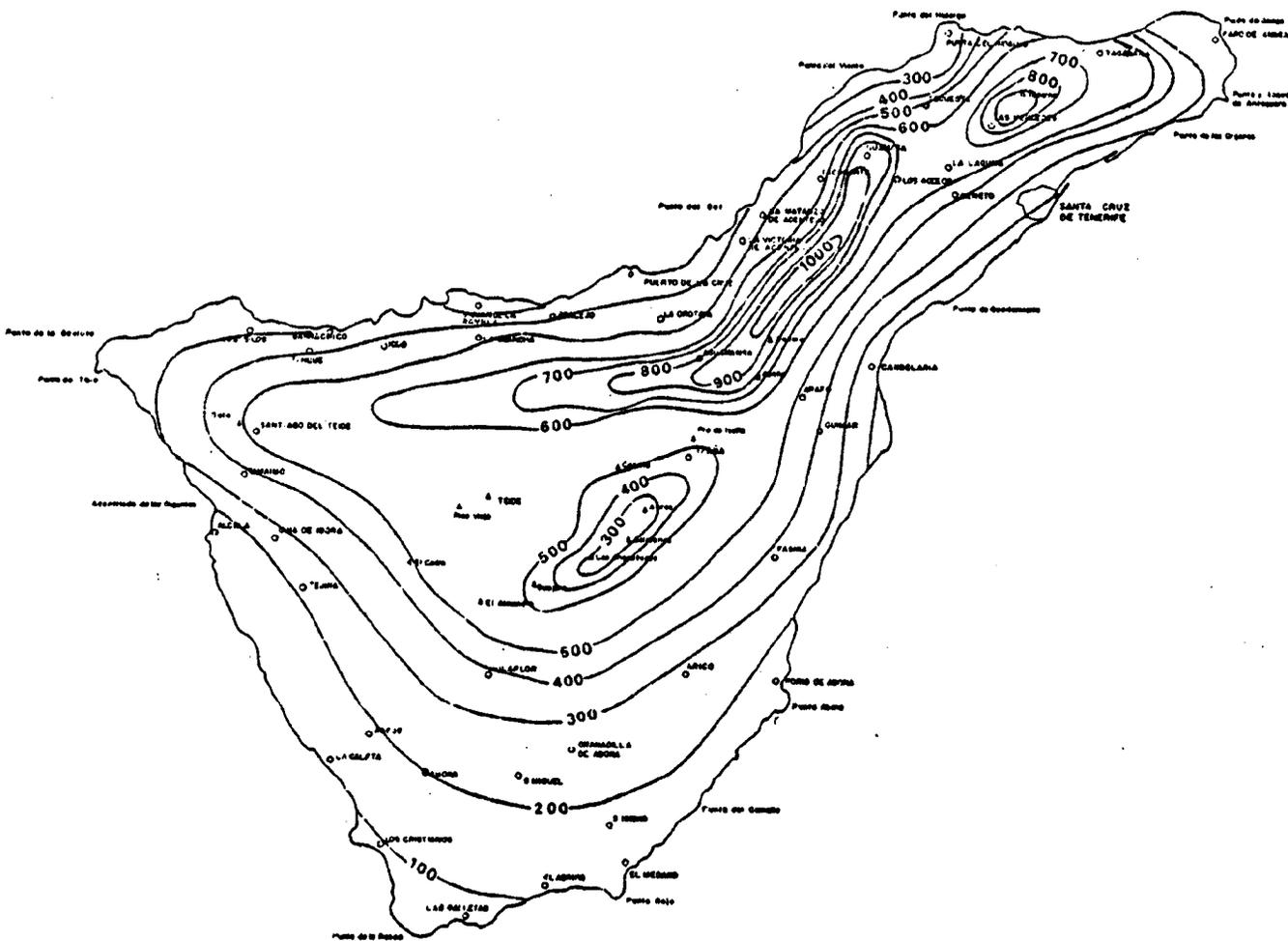
DIBUJADO	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	
FECHA Diciembre - 1980	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA	
COMPROBADO		
AUTOR		
ESCALA 1:25.000	PROYECTO DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS GEOMECANICAS DE LAS FORMACIONES VOLCANICAS EN STA. CRUZ DE TENERIFE.	CLAVE
CONSULTOR ESBOGA GEOTECNICA S.A.	SITUACION DE RECONOCIMIENTOS	PLANO N° 1



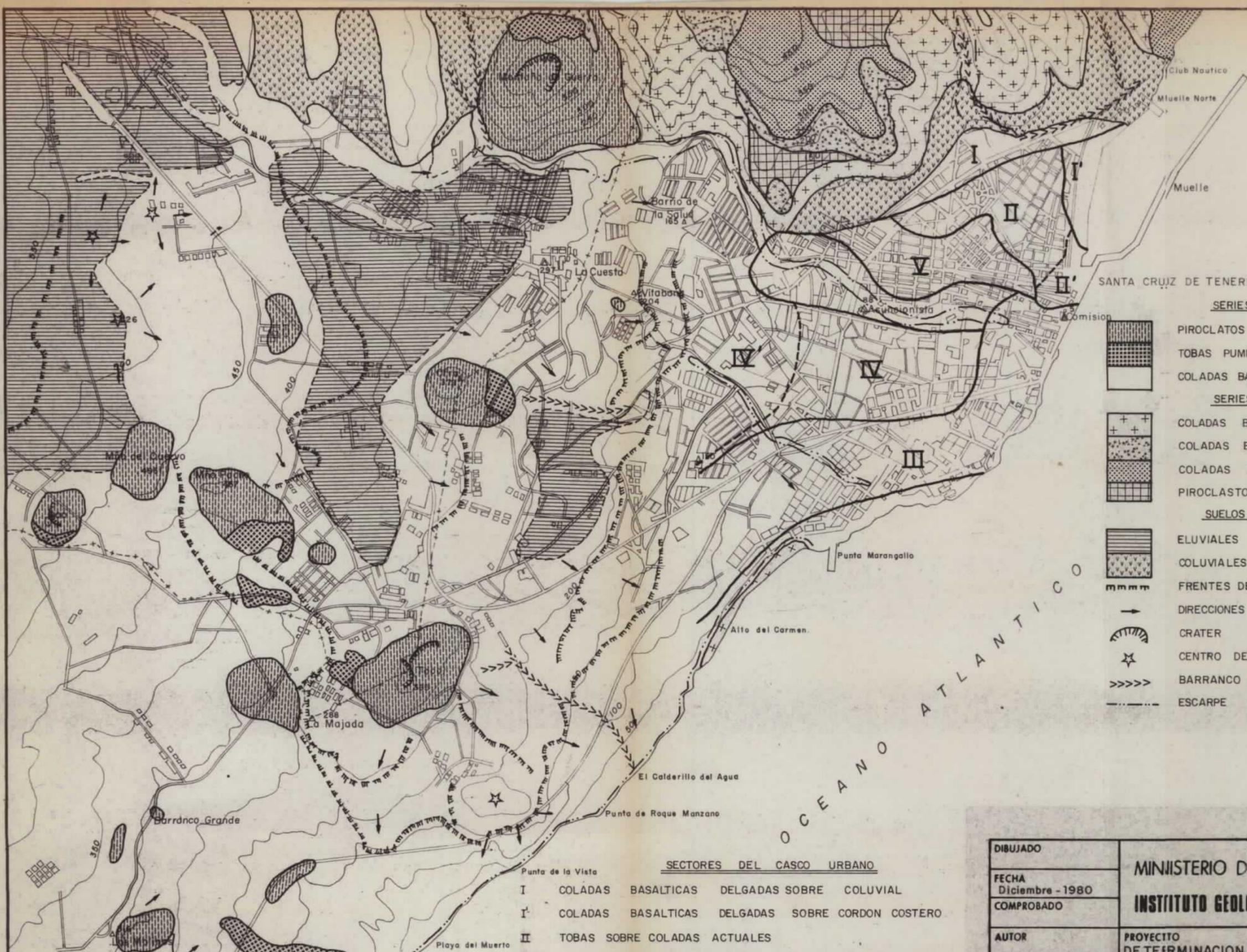
LEYENDA

- ESTACIONES COMPLETAS
- - TERMOPLUVIOMETRICAS
- - PLUVIOMETRICAS

DIBUJADO	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA 	
FECHA Diciembre - 1980		
COMPROBADO		
AUTOR	PROYECTO DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS GEOMECANICAS DE LAS FORMACIONES VOLCANICAS EN STA. CRUZ DE TENERIFE	CLAVE
ESCALA		
CONSULTOR ESBOGA GEOTECNICA S.A.	PLANO TOPOGRAFICO DE LA ISLA Y LOCALIZACION ESTACIONES METEOROLOGICAS	PLANO Nº 2



DIBUJADO	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA 	
FECHA Diciembre - 1980		
COMPROBADO		
AUTOR	PROYECTO DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS GEOMECANICAS DE LAS FORMACIONES VOLCANICAS EN STA. CRUZ DE TENERIFE.	CLAVE
ESCALA		
CONSULTOR ESBOGA GEOTECNICA.SA	ISOYETAS ANUALES	PLANO Nº 4



SANTA CRUZ DE TENERIFE

- SERIES III Y ACTUAL**
- PIROCLATOS
 - TOBAS PUMITICAS
 - COLADAS BASALTICAS
- SERIES I Med. Y I Sup.**
- COLADAS BASALTICAS (med)
 - COLADAS BASALTICAS (sup.)
 - COLADAS FENOLITICAS (sup)
 - PIROCLASTOS (sup)
- SUELOS SUPERFICIALES**
- ELUVIALES
 - COLUVIALES
 - FRENTES DE COLADA
 - DIRECCIONES DE COLADA
 - CRATER
 - CENTRO DE EMISION SIN CRATER
 - BARRANCO ENCAJADO
 - ESCARPE

SECTORES DEL CASCO URBANO

- I COLADAS BASALTICAS DELGADAS SOBRE COLUVIAL
- I' COLADAS BASALTICAS DELGADAS SOBRE CORDON COSTERO
- II TOBAS SOBRE COLADAS ACTUALES
- II' IDEN A VECES CUBIERTAS POR EL CORDON LITORAL
- III PIROCLATOS Y PUMITAS SOBRE COLADAS ACTUALES
- IV COLADAS ACTUALES
- IV' COLADAS ACTUALES, AREAS DE FRENTES EN CASCADA
- V COLADAS SUBACTUALES (SERIE III)

DIBUJADO	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA		
FECHA Diciembre - 1980 COMPROBADO	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		
AUTOR	PROYECTO DE DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS GEOMECANICAS DE LAS FORMACIONES VOLCANICAS EN STA. CRUZ DE TENERIFE	CLAVE	
ESCALA 1:25.000	ZONIIFICACION GEOMECANICA		PLANO N° 5
CONSULTOR ESBOGA GEOTECNICA SA			

F O T O G R A F I A S



FOTO 1.- Vista de la Cata 2.

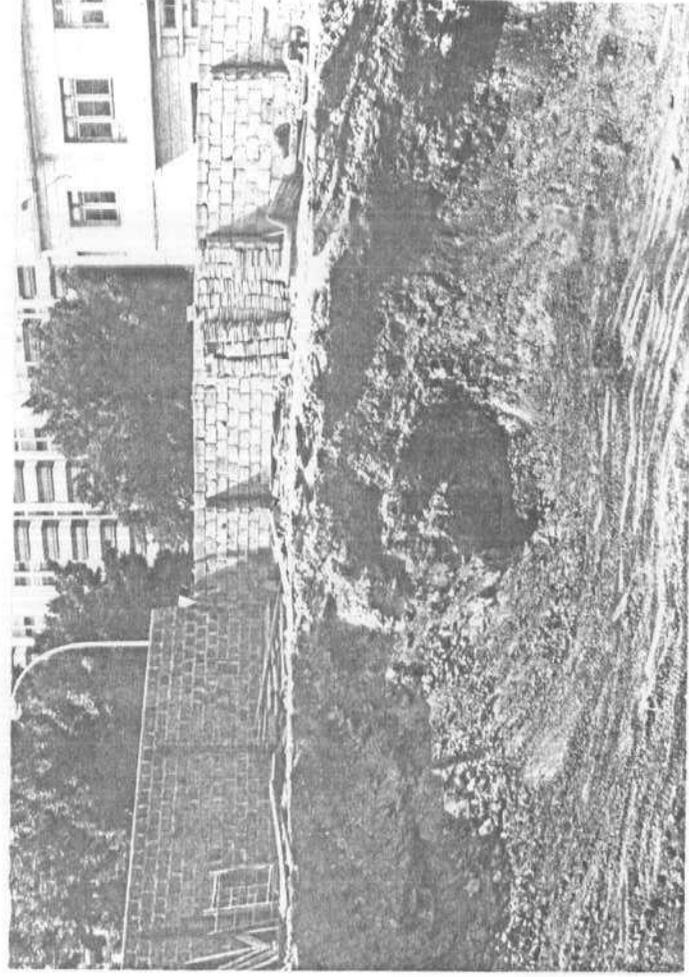


FOTO 2.- Vista de la Cata 2. Mayor predominio del basalto.



FOTO 3.- Cata 2 - Pequeña cueva en el contacto entre el conglomerado y el basalto.



FOTO 4.- Cata 2 - Cueva en el basalto y utilizada como cobertizo para animales.

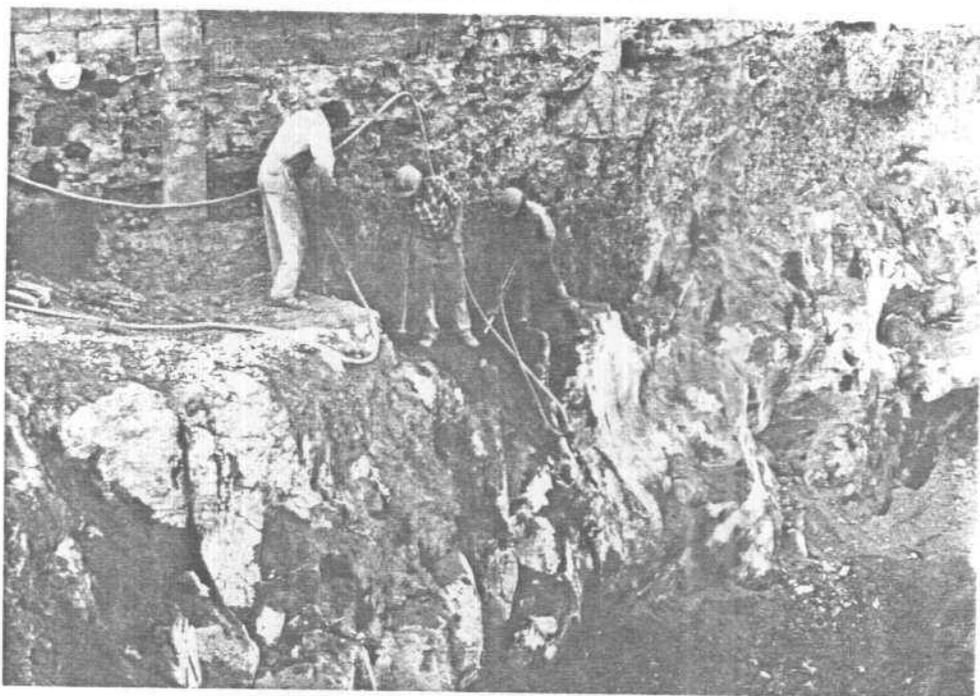


FOTO 5.- Cata 5. Debe destacarse la potencia y escasa fisuración del basalto.

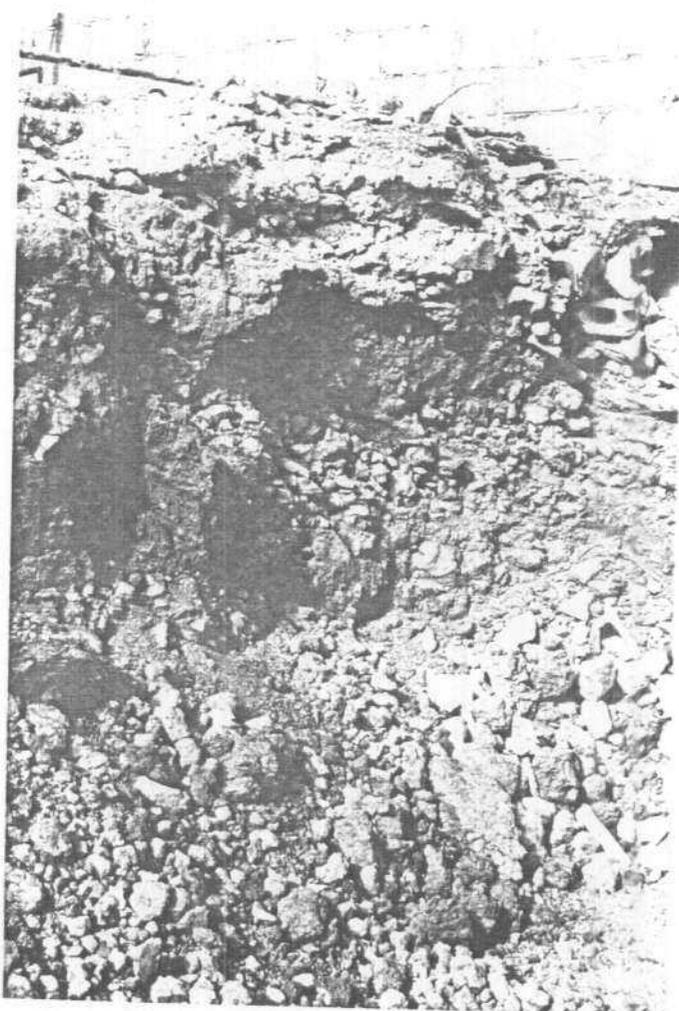


FOTO 6.- Cata 6. Vista del corte en que predomina la escoria.

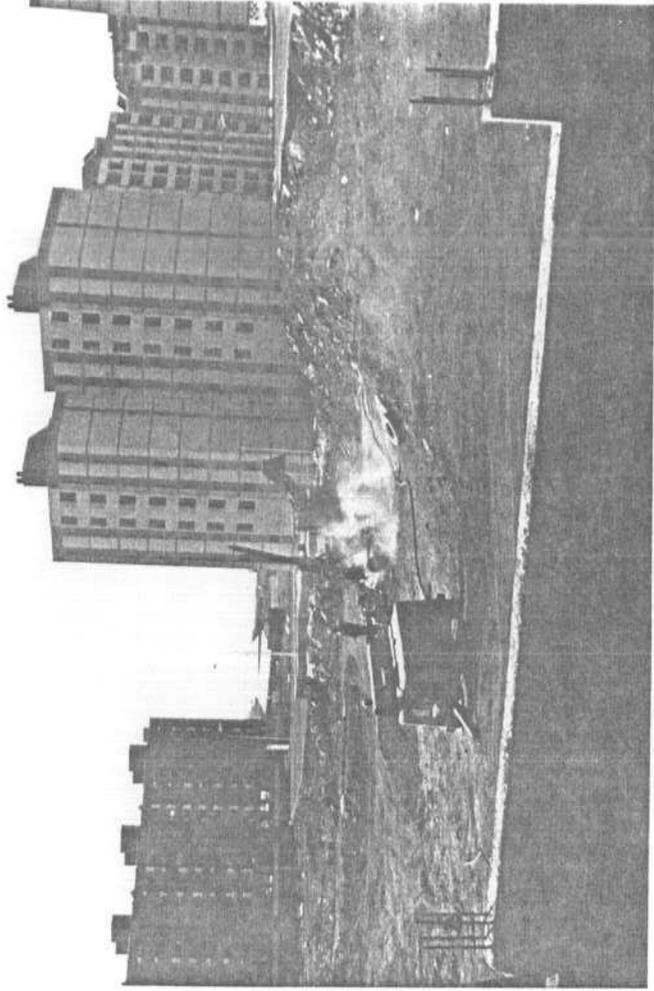


FOTO 7.- Cata 1 - Vista general del frente de excavación.

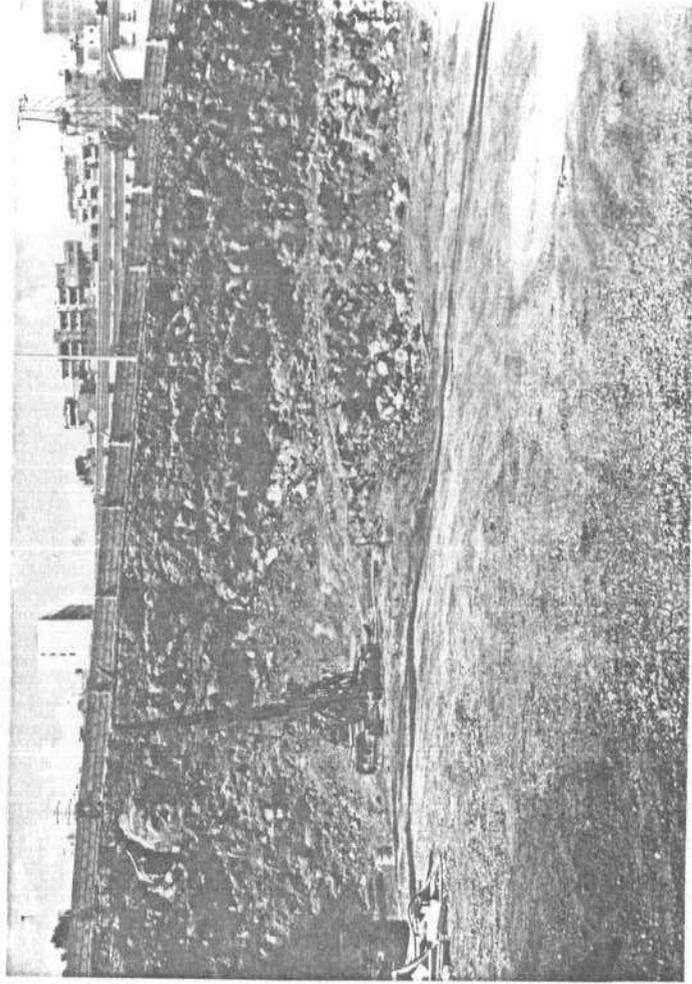


FOTO 8.- Cata 7 - Vista general del terreno en frente de excavación. El basalto es bastante vacuolar.