

Enrique Penson

**DESLIZAMIENTOS DE TIERRAS
EN LA CORDILLERA SEPTENTRIONAL**



- Palma Picada
- Los Guineos
- Palo Quemado
- Huevito

Enrique Penson

DESLIZAMIENTOS DE TIERRAS EN LA CORDILLERA SEPTENTRIONAL

- Palma Picada
- Los Guineos
- Palo Quemado
- Huevito



Santo Domingo, D. N.
1982

Publicaciones de la
Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU)

DESIZAMIENTOS DE TIERRAS
EN LA CORDILLERA SEPTENTRIONAL

- Palma Picada
- Los Guineos
- Palo Quemado
- Huevo

©1982, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
Dirección de Publicaciones
Santo Domingo,
República Dominicana.



INTRODUCCION

INDICE

	<i>Página</i>
INTRODUCCION.	7
PROGRAMA DE PERFORACIONES Y ANALISIS	11
CORDILLERA SEPTENTRIONAL.	11
PALMA PICADA	13
LOS GUINEOS	43
PALO QUEMADO	52
HUEVITO	60
MECANISMO DE LOS DESLIZAMIENTOS	67
CONCLUSIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	75

INTRODUCCION

Carlos Díaz es una población situada a 15 km en línea recta y a 23 km por carretera al noreste de la ciudad de Santiago de los Treinta Caballeros, (desde donde puede observarse con tiempo despejado el Monumento a los Héroes de la Restauración y el humo de una fábrica de cemento Portland situada en Palo Amarillo) constituida por agricultores que derivan el sustento del cultivo del café, plátano, guineo, yuca, habichuela, yautía, batata y otros frutos menores, así como de la crianza en número reducido de ganado vacuno y aves de corral. Para llegar a ella es menester situarse en Canca la Piedra y recorrer 8 km de carretera de rasantes fuertes, pavimentada con tratamientos asfálticos superficiales. Avanzando un kilómetro más en la misma vía que continúa hacia Los Amaceyes está el paraje de Palma Picada, formando parte integral de Carlos Díaz, donde en el mes de abril de 1981 se comenzaron a observar unos fenómenos geomecánicos que conturbaron a los moradores de la región afectando las viviendas de muchos de ellos hasta dejarlas inservibles, siendo motivo de amplia difusión al través de los medios de la prensa escrita, radial y televisada.

Los primeros indicios de los grandes movimientos que ocurrían se manifestaron a fines de marzo del año de 1981 en las ventanas de las edificaciones de bloques de concreto de unas instalaciones para labradores. El viernes 10 de abril del mismo año, aparentemente, el Señor Bienvenido Marte fue el primero en percibir irregularidades de importancia señaladas por inclinaciones de la casa de su propiedad en la dirección colina abajo y fisuras en las tierras lindantes, dando la voz de alerta a sus vecinos quienes acudieron alarmados al sitio, observando

posteriormente que los alabeados eran palpables también en las paredes y pisos de muchas otras moradas y en los campos de cultivo, situación que se fue tornando cada vez más grave. No dudándose que Marte haya sido el primero o de los primeros en percatarse de las fallas dado que a la postre su vivienda resultó ser la más inclinada de todas.

Una vez iniciados los corrimientos estos continuaron velozmente trocándose patéticamente visibles y masivos a partir del Viernes de Dolores, provocando la consternación de los habitantes del lugar quienes en Jueves Santo realizaron una procesión de fe hacia los lugares de mayores daños.

Las instalaciones del Centro de Servicios Rurales Integrados (CENSERI), fig. 1 y plano 1, edificadas por la Secretaría de Estado de Agricultura y que sirven a veintitrés grupos de sembradores unidos por la Junta de Asociación de Agricultores, levantadas en el lado Norte de la carretera Carlos Díaz-Los Amaceyes, sufrieron deterioros de un orden tal como para abandonarlas y aplazar los planes para la extensión del centro que contemplaba la construcción de talleres artesanales, talleres agroindustriales, clínica rural, vivero de café, almacén de instrumentos de crianzas, instalaciones para crianza de aves, factoría de café, liceo secundario y escuela intermedia; mudándose este centro de servicios a Canca la Piedra.

Atraídos por los informes sobre el suceso, calificado de extraño, cientos de personas del Cibao tomaron la carretera de montañas para presentarse en Carlos Díaz y comprobar por sí mismas la magnitud de los hechos; entretanto las autoridades civiles y militares, principalmente las de asiento en Santiago, correspondientes a Fuerzas

Armadas, Defensa Civil, Policía Nacional y Ayuntamiento tomaron las medidas que juzgaron de lugar tales como la evacuación de unas cincuenta familias residentes en las casas alteradas, las cuales se alojaron en hogares de parientes que no habían sido afectados y otros, en calidad de damnificados, en el edificio del liceo de Carlos Díaz, con recepción periódica de alimentos durante los meses que siguieron al inicio del problema.

Las techumbres de planchas de hierro galvanizado de las edificaciones del Centro de Servicios Rurales Integrados fueron removidas para su ulterior utilización, colocándose letreros de aviso de peligro y cercándose el lugar con alambre de púas de modo a evitar que alguien pudiese resultar lesionado en el colapso de los edificios que se daba como inminente.

El tronco de un mango corpulento se dividió en dos porciones verticales, alejándose gradualmente una de ellas; convirtiéndose en elemento de atracción para los visitantes al sitio.

Frente al número elevado de curiosos las autoridades gubernamentales mantuvieron, durante los primeros días que siguieron al anuncio del fenómeno, un servicio policíaco para impedir la aproximación de visitantes, muchos de los cuales burlaban la vigilancia tomando por senderos y atajos para no perderse del "espectáculo".

Cuando por primera vez pudimos visitar y

recorrer el sitio, el día 1 de mayo de 1981, nos impusimos la tarea de estudiar los corrimientos de tierras en asunto, labor que nos llevó varias veces a Carlos Díaz y Palma Picada, al mismo tiempo que teníamos noticias de hechos similares en Palo Quemado, Los Guineos y Huevito, lugares relativamente cercanos al primero y que luego de reconocimientos visuales calificamos de casos de orígenes comunes que ameritaban un enfoque global por lo que ampliamos el programa de labores para incluir las tres últimas localidades en una investigación conjunta.

Los objetivos del trabajo desarrollado fueron el reconocimiento de las características externas de los movimientos acaecidos, robustecido por historiales gráficos, así como el estudio de las disposiciones físicas existentes en cada sitio de desastre principalmente en lo relativo a las cualidades de suelos valuadas al través de programas de perforación, análisis y cómputos; con la discusión de las posibles causas de los deslizamientos y los daños implícitos a las viviendas y campos de labranza. Todo dirigido al acopio de información científica organizada que pudiera servir de apoyo al pronóstico del comportamiento futuro y a la toma de medidas correctivas, si las hubiesen, compilada y ordenada asimismo para el juicio comparado entre los actuales acontecimientos nacionales y otros que pudieran manifestarse en el discurrir del tiempo.

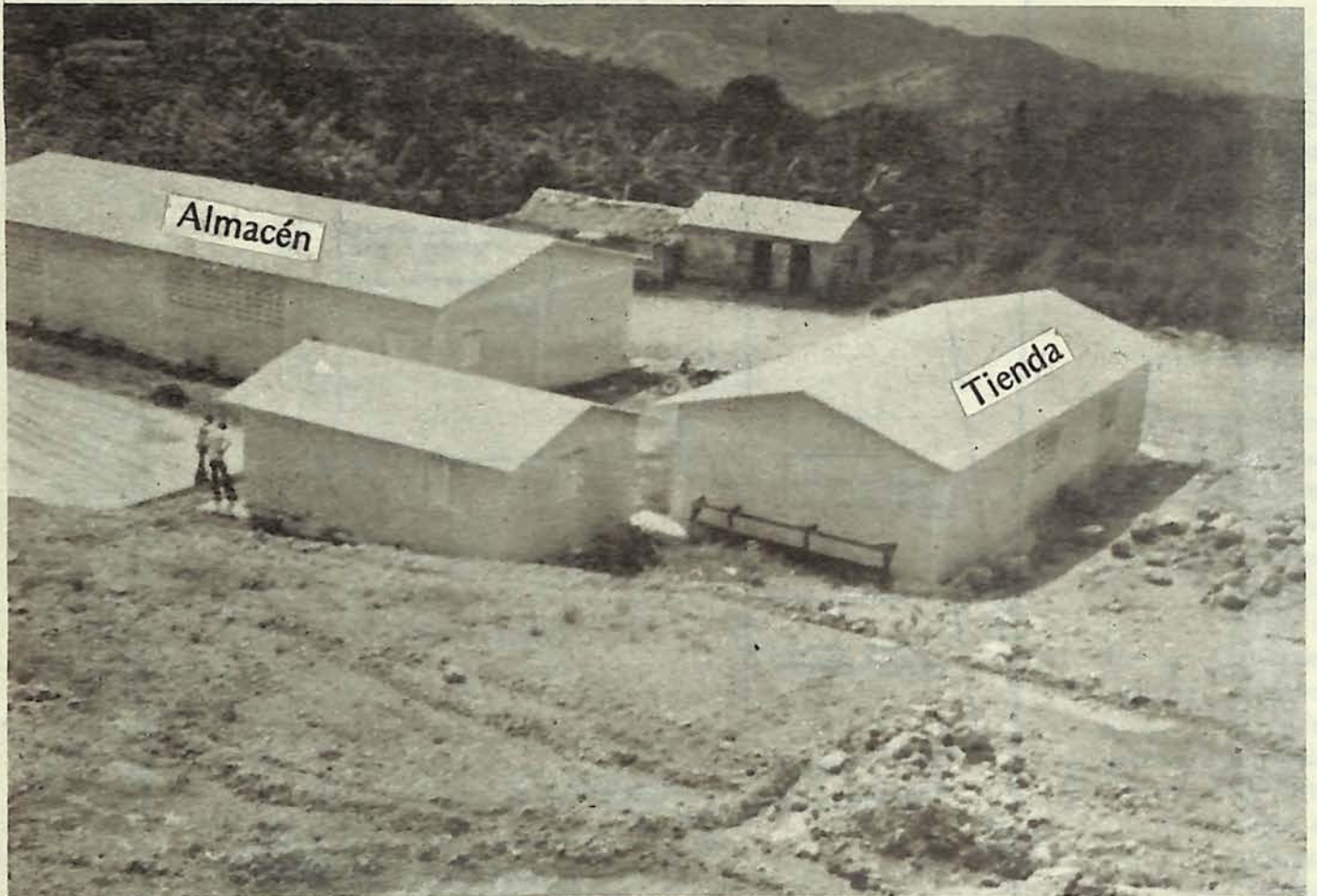


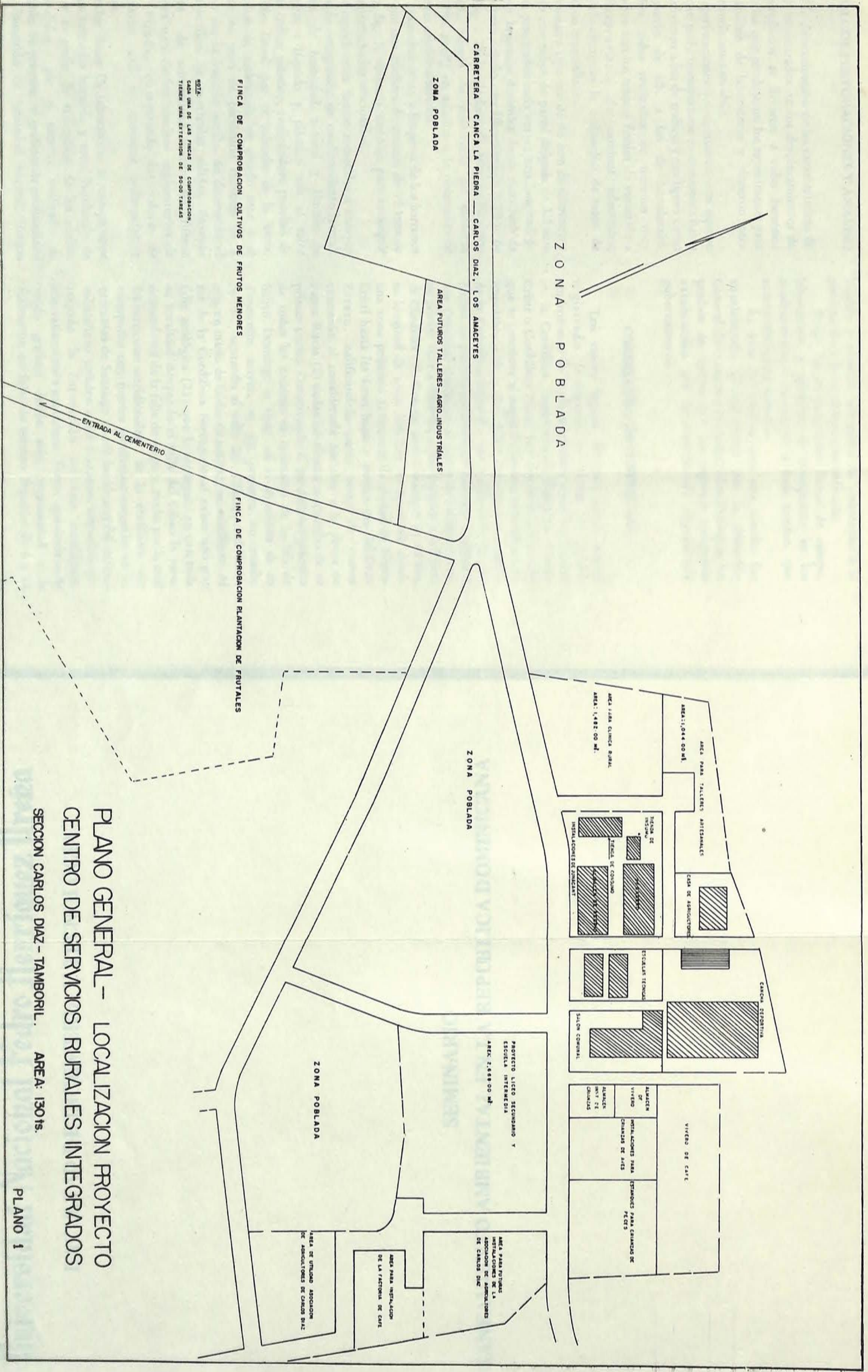
Fig. 1.

Edificaciones del Centro de Servicios Rurales Integrados, en Palma Picada, Carlos Díaz, a la época de su terminación.
(foto cortesía del Ingeniero Porfirio Martínez).

RURAL - LOCALIZACIÓN PROYECTO
SERVICIOS RURALES INTEGRADOS

TAMAYO - MEA 1954

PLANO 1



ZONA POBLADA

CARRETERA CANCA LA PIEDRA — CARLOS DIAZ, LOS AMACEYES

ZONA POBLADA

AREA FUTUROS TALLERES — AGRO-INDUSTRIALES

FINCA DE COMPROBACION CULTIVOS DE FRUTOS MENORES

NOTA:
CADA UNA DE LAS FINCAS DE COMPROBACION,
TIENEN UNA EXTENSION DE 90-00 TAREAS

ENTRADA AL CEMENTERIO

FINCA DE COMPROBACION PLANTACION DE FRUTALES

ZONA POBLADA

AREA PARA CLINICA RURAL
AREA: 1.482-00 M²

AREA: 1.044-00 M²

AREA PARA TALLERES ARTESANALES

CASA DE ASOCIACIONES

TALLER DE INGENIERIA

TALLER DE CONDUCCION

TALLER DE SISTEMAS

INSTALACIONES DE ZONIFICACION

CAMPUS DEBENTIVA

ESCUELA TECNICA

SALON COMUNAL

VIVERO DE CAFE

ALMACEN DE VIVERO

MATERIALES PARA CRANIOS DE ANIS

ESTIMULOS PARA CRANIOS DE PECES

PROYECTO LICEO SECUNDARIO Y ESCUELA INTERMEDIA
AREA: 2.488-00 M²

AREA PARA FUTURAS INSTALACIONES DE LA ASOCIACION DE ASESORES DE CARLOS DIAZ

AREA PARA INSTALACION DE LA FACTORIA DE CAFE

AREA DE VITULO ASOCIACION DE ASESORES DE CARLOS DIAZ

ZONA POBLADA

PLANO GENERAL — LOCALIZACION PROYECTO
CENTRO DE SERVICIOS RURALES INTEGRADOS
SECCION CARLOS DIAZ — TAMBORIL. AREA: 130 ts.

PROGRAMA DE PERFORACIONES Y ANALISIS

Para la determinación de las características de los suelos involucrados en los desplazamientos de tierras percibidos se llevaron a cabo barrenos exploratorios que produjeron los especímenes para realizar análisis de laboratorio y sirvieron para registrar condiciones en sitio.

Las perforaciones se efectuaron con equipo portátil que pudo transportarse en camioneta hasta lugares próximos a los de trabajo y tan ligero como para hacerlo de allí a los de horadación, operaciones todas realizadas en terrenos muy accidentados con los tramos finales de recorrido a veces desprovistos de caminos adecuados; posibilitando asimismo la utilización de mano de obra local no especializada.

La muestra tipo fue de 48 mm de diámetro y se produjo con tubos de pared delgada de 1.5 mm de grosor, penetrados cada vez en una longitud de 30 cm por la acción dinámica de un martinete de 16 kg de peso dejado caer libremente a 0.75 m de altura. Fig. 2 Deduciéndose de esta ambivalente modalidad, valores de resistencia del esfuerzo cortante "in situ", en adición a la obtención de especímenes semi-inalterados.

El ensanchamiento y limpieza de los barrenos se logró con una cuchara de postear de 75 mm de diámetro, fig. 3, utilizada también para conseguir muestras perturbadas adicionales.

Los especímenes fueron sometidos a ensayos generales de compresión sin confinamiento lateral, contenido de humedad natural y límites de consistencia : líquido y plástico con el valor deducido índice plástico, realizándose pruebas de contracción lineal por el método de la barra, apreciándose la resistencia en estado seco y el porcentaje en peso de partículas menores de 2 micras, o sea la fracción arcilla. Se determinó el peso específico de partículas sólidas. Ensayos especiales de sensibilidad tixotrópica fueron hechos en uno de los sondeos exploratorios de Palma Picada, comparando los valores de compresión axial en muestras inalteradas y amasadas.

De los datos de laboratorio se computaron los pesos unitarios húmedo y seco, la relación de vacíos y el grado de saturación de los suelos, clasificándolos por el sistema unificado de Casagrande. Se prepararon gráficos de profundidad contra contenido de humedad natural, límites

líquido y plástico, así como de resistencias a la penetración y la compresión inconfiada.

Todas las informaciones físicas de campo, laboratorio y gabinete se consignaron en los cuadros-resumen inherentes a cada sondeo, que acompañan a esta memoria.

La base cartográfica para este estudio fue suministrada eficientemente por la Dirección General del Catastro Nacional, identificándose los predios de interés por los registros numéricos establecidos por la mencionada dependencia gubernamental.

CORDILLERA SEPTENTRIONAL

Los cuatro lugares del país donde hemos registrado fenómenos de tierras de iguales síndromes y de modo simultáneo están localizados en la Cordillera Septentrional, Sierra de Monte Cristi o Cordillera Norte, tres denominaciones con que se reconoce al segundo sistema montañoso en importancia de la República Dominicana, después de la Cordillera Central y que a diferencia de esta última no penetra en territorio haitiano; registrada por Cristóbal Colón en el diario de navegación de su primer viaje a América como parecida a la Sierra de Córdoba (7). Con un ancho máximo de 40 km, su longitud de unos 200 Km se desarrolla desde una zona próxima al Norte de la ciudad de Monte Cristi hasta las áreas bajas y pantanosas del Gran Estero, calificándola otros como de menor extensión al considerarla naciente a la altura de Punta Rucia (2) dadas las alturas moderadas de su primer tramo. Conservando el paralelismo práctico de todas las cadenas de montañas de la Isla de Santo Domingo o Haití en la dirección de su dimensión mayor, su eje presenta un rumbo N-70-0, acotando el valle del Cibao, por el Norte, con un inicio de faldas de colinas casi rectilíneo. Al sur de la Cordillera Septentrional existe una gran falla geológica (21) que la acompaña en casi toda su totalidad ocupando el valle del Cibao la parte descendente de la falla de empuje, razón por la cual las vertientes meridionales de la cordillera son escarpadas con fuertes pendientes naturales en las cercanías de Santiago donde las alturas del sistema montañoso tienden a ser máximas, situación que impide la formación de ríos caudalosos, contrariamente a sus laderas Norte que avanzan de modo gradual dando sólo oportunidad a la formación de fajas de terreno angostas de 4 a 12

Fig. 2.
Penetración dinámica del tubo de pared delgada,
Palo Quemado.



Fig. 3.
Limpieza del barreno con la cuchara de postear,
Palo Quemado.



Km de ancho llamadas Llanuras Costeras del Atlántico: valle de Puerto Plata, llanos del Boba y del Nagua y valle de Sabana de la Mar. Sus elevaciones máximas no son tan espectaculares como las de la Cordillera Central que corre por el centro de la Isla; observándose en el sentido O-E el Morro de Monte Cristi (237m) de forma troncocónica característica, Jicomé o Murazo (1083 m), la mayor elevación en Diego de Ocampo (1249 m), y Quita Espuela (985 m) al Norte de San Francisco de Macorís (5), produciéndose el descenso final de la sierra hacia el Levante con vertientes extendidas. El pico Isabel de Torres (799 m) constituía parte integral de la cordillera encontrándose hoy separado a unos 4 Km de aquella. Forma parte del conjunto un área cársica ubicada al noreste de Tamboril.

El origen geológico de la Cordillera Septentrional corresponde a la Era Terciaria siendo más reciente que el de la Cordillera Central como demuestran sus características estratigráficas y paleontológicas (8), estando formada fundamentalmente por masas de rocas sedimentarias, metamorfoseadas, heterogéneas, arcillas limos y arenas esquistosas, en posición de gran sinclinal; calizas eocenas (15) y pizarras descompuestas o no del Mioceno, Oligoceno y Eoceno, presentes las más de las veces con fuertes plegamientos y dobleces, fig. 4, siendo su naturaleza homóloga a la de las rocas que componen el valle del Cibao próximo, no observando el viajero de la provincia de Santiago cambio de condiciones importantes en el paisaje en lo relativo a los materiales naturales que se mantienen térreos y de colores castaño verdoso o pardo a no ser por las condiciones topográficas disímiles entre el valle y las colinas.

En lo que compete a los recursos mineros de la cordillera, se localizan fragmentos de lignito que no parecen ser comercialmente explotables, dada su discontinuidad y cantidades pequeñas. El ámbar, una resina fósil del Mioceno, se colecta desde tiempo atrás para abastecer los talleres nacionales de orfebrería donde es convertido en gema semi-preciosa a engastar en múltiples artículos de adorno.

PALMA PICADA

Ya en la introducción se ofrecieron informaciones geográficas y generales sobre Palma

Picada, un paraje de elevación 650 m sobre el nivel del mar situado inmediatamente próximo a la sección de Carlos Díaz del municipio de Tamboril, provincia de Santiago y de las dislocaciones que se hicieron notorias a partir del mes de abril de 1981.

El sector de carretera Carlos Díaz-Palma Picada está resuelto siguiendo la dirección de las curvas de nivel de esta zona, siendo cortado por un grupo de pequeños cursos de agua, caños o arroyos de montañas, no registrados todos explícitamente en los mapas disponibles y que en el sentido de mención de los supradichos poblados, luego de rebasar Carlos Díaz, son: Rusilla, Arroyo Claro, Sonador y Jaibero, localizados en 700 m de carretera, antes de alcanzar Palma Picada. Todos pasan sus aguas por encima del camino mediante lima hoyas revestidas de hormigón hidráulico, que deben ser limpiadas de arrastres granulares al término de cada período de lluvias, salvo el arroyo Sonador que es conducido al través de una alcantarilla y al cual finalmente se unen todos los caños citados.

Los materiales visibles se agrupan en zonas de formación calcárea predominantemente granulada y en sectores de arcilla con inclusiones de corpúsculos de roca calcárea de tamaño variable de grava a bolos de más de un metro cúbico de volumen. Algunas personas del sitio se dedican a recoger y reunir piedras calcáreas sueltas que luego venden a una fábrica de alimentos para animales.

El "callejón" es una vía angosta, camino vecinal de tierra que se inicia en la carretera principal y avanzando, ladera abajo, hacia el suroeste, alcanza el lugar denominado La Hoya, habiendo resultado coincidir con la lengua de tierra mesopotámica afectada, comprendida entre los arroyos La Cañada —que nace algo más abajo de la carretera— y Lodoso. En este camino de herradura se pudieron advertir, con mayor notoriedad porque rompieron el plan de rasantes establecido y requirieron su corrección con equipo pesado, grietas, arrugas y levantamientos, fig. 5, que le dieron un aspecto escalonado, donde los levantamientos-depresiones fueron medidos, a veces, en más de 1 m vertical. Algunas viviendas situadas en las zonas bajas del callejón a La Hoya, que en principio no parecían participar de los movimientos, fueron abandonadas finalmente, voluntariamente, por sus moradores atemorizados por los ruidos de los deslizamientos de tierras que durante el silencio de la noche llegaron a percibir.



Fig. 4.
Corte de la Cordillera Septentrional en carretera a Carlos Díaz y a 3 Km de Canca.



Fig. 5.
Grietas en el callejón de la Hoya.

La fotografía de la fig. 6 fue captada el 3 de junio de 1981.

Grietas de tracción y descensos propios de masas deslizadas fueron observadas en Palma Picada tan altas como hasta 400 m al Norte de la carretera, afectando principalmente los pisos de algunas viviendas pero sin ocasionar deterioros a las restantes partes constructivas que obligasen a su abandono. Una pequeña cañada que recoge agua sólo en épocas de lluvias está situada colina arriba de la carretera y paralela a ella.

Perdiendo altura y acercándonos al área donde se construyó el Centro de Servicios Rurales Integrados la arcilla apareció amasada y esponjosa, oponiendo poca resistencia a los zapatos; condiciones que inducen a la típica sensación de inseguridad que se percibe al caminar sobre suelos fallados. Una vena superficial de agua alimenta un estanque excavado en la tierra para una proyectada crianza de peces y patos. La laguna artificial tiene un frente a la carretera de 31 m, por 18 m hacia las colinas, con una profundidad máxima de aguas de 2 m; vertiendo sus excedentes por medio de una alcantarilla que atraviesa la carretera, fig. 7. En épocas de sequía el nivel de la laguna desciende llegándose hasta la condición extrema de secarse. Una hendidura ancha y profunda apareció en la carretera, paralela a su línea central y frente a la laguna, fig. 8, a partir de los accidentes de abril de 1981.

En la frontera oriental del área fallada y al Sur de la carretera pueden verse unos cuerpos sobresalientes de roca calcárea, apéndices del flanco calizo y elevado de Los Amaceyes, que al no participar de los corrimientos y descensos de tierras colina abajo parecieron emerger del terreno, presentado bandas periféricas inferiores de color oscuro en las superficies rocosas donde el suelo húmedo y hundido dejó huellas.

Coincidente con el lado opuesto Oeste de la gran masa de materiales desplazados y a unos 150 m al Sur de la carretera, la falla extrema se produjo entre suelos de igual naturaleza arcillosa que rompieron produciendo una superficie inclinada y lustrosa, rayada por los corpúsculos calcáreos embebidos en el barro. Dejando la impresión que apuntaron los habitantes del lugar de que alguien había halado el suelo hacia la parte baja de la montaña como pudo haberlo hecho con un tronco. Fig. 9.

Entre los guías más evidentes de los

movimientos que nos ocupan, se encuentran el desplazamiento y modificación de cercas que en nuestro caso y a unos 500 m ladera abajo de la carretera notamos trasladadas en 3 m de su posición original, con algunos postes volteados o arrancados y con varios alambres de púas tensos o aun rotos cuando los esfuerzos a que fueron sometidos resultaron mayores de su resistencia a la tracción.

En este lugar las dislocaciones fueron de un orden tal que una vereda quedó tan deformada y maltrecha que tuvo que ser abandonada y continuada por otro sitio separado de la posición original.

De igual modo muchos árboles de la región cambiaron de sitio porque se desplazaron las masas de tierras dentro de las cuales se encontraban sus raíces; transportes que sucedían en ocasiones haciendo perder a sus troncos la natural verticalidad de crecimiento. Situación frecuente en palmas reales de la especie *Roystonea hispaniola* (12), como puede observarse en las figuras 10 y 11. Estas monocotiledóneas, clase de las angiospermas, no desarrollan su radícula en raíz principal que por el contrario se atrofia, surgiendo entonces raíces adventicias por el tallo que carecen de crecimiento secundario en grosor, originándose haces cerrados de raíces (16) que no profundizan y al quedarse en el suelo superficial son arrastrados con él.

El suceso observado en plantas fasciculadas tuvo una variante en el caso de un mango o mangifera indica L. (12) cuyo tronco lejos de trasladarse monóticamente rajó verticalmente separándose una mitad de la otra que se movió colina abajo. Figs. 12 y 13.

Los edificios del Centro de Servicios Rurales Integrados, construidos con paredes de bloques de hormigón, techos de planchas de hierro galvanizado sobre tijeillas de madera o metal y pisos de concreto, según planta de proyecto total reproducida en plano 1 y vista de fig. 1, presentaron, desde el inicio de las traslaciones, daños de consideración. Fueron erigidos sobre formación calcárea térreo rocosa superficial que llegó a romperse según aberturas anchas y profundas, fig. 14, viéndose en la misma área y a 50 m al noroeste de la laguna grietas y descensos de falla de talud, fig. 15.

La Tienda de Consumo, figs. 16-21, presentó hundimientos diferenciales importantes, máximos



Fig. 6.

Un joven con un niño y un bulto en los brazos abandona voluntariamente la zona de desastre ascendiendo por el callejón de la Hoya

La fotografía de la fig. 6 fue captada el 3 de junio de 1981.

Se trata de un área y de un sistema de canales de riego de tipo abierto, que se encuentra en Palma Picada. Este sistema de riego tiene una longitud de 10 km y se encuentra en el Norte de la finca. Este sistema de riego es de tipo abierto y se encuentra en el Norte de la finca.

Este sistema de riego es de tipo abierto y se encuentra en el Norte de la finca. Este sistema de riego es de tipo abierto y se encuentra en el Norte de la finca.



Fig. 7.
Laguna del Centro de Servicios Rurales en Palma Picada. Vista tomada de Norte a Sur.



Fig. 8.
Grieta en la carretera, frente a la laguna. Palma Picada.



Fig. 9
Superficie lustrosa de rotura en arcilla.



Fig. 10
Palmas reales a 100 m
colina abajo de la perforación PP-5



Fig. 11
Palmas a 30 m del sondeo PP-1

HISTORIAL GRAFICO DE MANGO EN PALMA PICADA

Fig. 12
3 de mayo de 1981:
Las dos secciones del tronco separadas 0,94 m.



Fig. 13
6 de junio de 1981:
Las dos secciones del tronco separadas 2.36 m.

Fig. 14
Agrietamiento del suelo en los alrededores
de la Tienda de Consumo. Palma Picada.



Fig. 15
Grieta de tracción y descenso próximo a la laguna. Palma Picada.

HISTORIAL GRAFICO TIENDA DE CONSUMO
CENTRO DE SERVICIOS RURALES INTEGRADOS. PALMA PICADA.



Fig. 16.
Vista de Sur a Norte



Fig. 17.
Esquina suroeste



Fig. 18.
Esquina sureste.

HISTORIAL GRAFICO TIENDA DE CONSUMO
CENTRO DE SERVICIOS RURALES INTEGRADOS PALMA PICADA

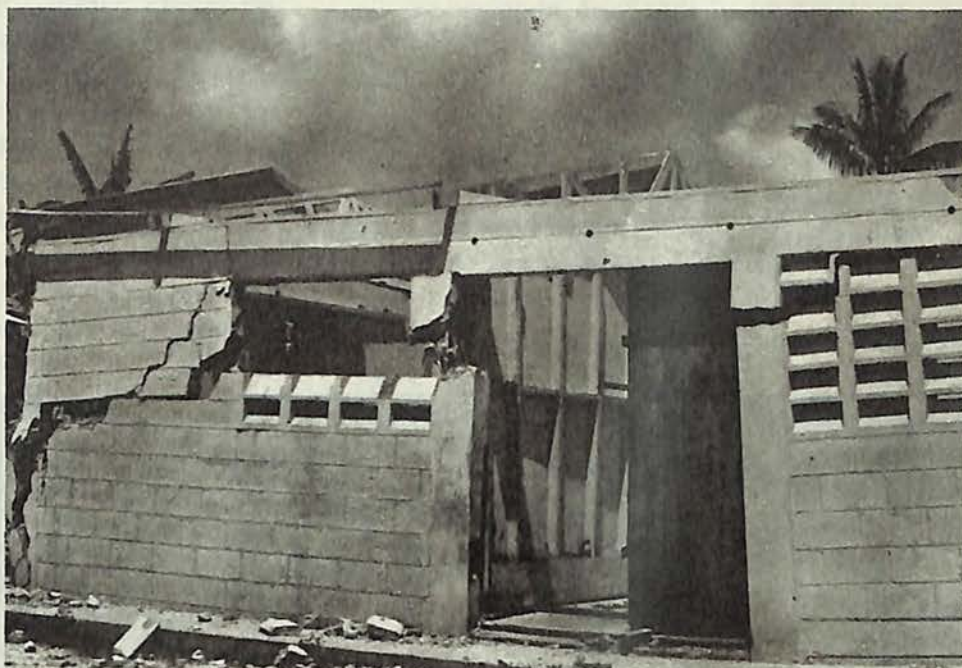


Fig. 19
Fachada lateral Este mostrando hundimiento en el sector de la puerta
1 de mayo de 1981.



Fig. 20
Fachadas principal y lateral Este. 3 de junio de 1981.

HISTORIAL GRAFICO TIENDA DE CONSUMO
CENTRO DE SERVICIOS RURALES INTEGRADOS. PALMA PICADA



Fig. 21.
Vista aérea tomada en diciembre de 1981.

en la traza de un plano paralelo a su fachada principal y distante de ella un tercio de la longitud mayor del edificio; coincidente en su fachada lateral Este con el vano de la puerta, fig. 19, generadores de esfuerzos de tracción en las columnas de la puerta, que llegaron a romperlas según superficies perpendiculares a la dirección de las tensiones. En la elevación opuesta, Oeste, fig. 16, se produjeron esfuerzos destructivos y fracturas del mismo tipo. La fachada principal, a la carretera, exhibió también un movimiento hacia el Oeste que arrastró, mediante amarres estructurales, la porción superior delantera de la fachada lateral Este, en aquella dirección, figs. 16 y 18.

El almacén de Acopio mostró roturas en las paredes siguiendo los planos débiles, sobre todo verticales, del mortero que une los bloques, figs. 22 y 23; con hundimiento mayor en la fachada lateral Oeste, que provocó el desplomo del muro aquí y grietas de desprendimiento paralelas a él, localizadas en pisos y paredes ortogonales, acompañado todo de vuelco de secciones cizalladas de la fachada principal y caída parcial de tijerillas de techo por falta de apoyo. Constatándose una zona de suelos crítica coincidente con la Tienda de Consumo y la parte Oeste del Almacén de Acopio.

La Casa de Agricultores, un edificio situado apenas a 30 m del Almacén de Acopio, véase fig. 16, no ha sufrido deterioros de consideración, señalando, aparentemente, el comienzo de una zona estable hacia el Norte.

La vivienda del Señor Bienvenido Marte, localizada en el callejón a La Hoya y en el predio 23-06-5-0056, resultó la más dramáticamente abatida de todas, figs. 24-27. Sus paredes exteriores e interiores fueron construidas, como es modalidad del sitio, hasta 1.80 m de altura con bloques de hormigón de 15 cm de ancho sin revestir, con refuerzos verticales de acero a 0.80 m de separación, aprovechándose su plano más elevado como alféizar de ventanas, continuándose con madera de palma. Su techo, a dos aguas, se hizo con planchas de hierro galvanizado. Después de las traslaciones de tierras las hileras de bloques, inicialmente horizontales, giraron un ángulo de 15°, movimiento que los muros soportaron bien hasta que sus centros de gravedad entraron en posición crítica y algunos cayeron, terminando su propietario por dismantelar la casa para aprovechar la madera de las paredes y los materiales del techo, eliminando así el riesgo de colapso con el

consiguiente maltrato de los elementos de construcción. La cocina de la casa, con techo de cana, también participó del movimiento, obsérvese fig. 26. Las convulsiones del sitio quedaron manifiestas de igual modo en un camino lateral a la vivienda, hoy cerrado, que servía de entrada a otras casas. Fig. 27.

La vivienda del Señor Pedro María Martínez, levantada en el predio 23-06-5-0059, figs. 28-30, sufrió alabeos y escapes de la vertical con torceduras de la columna de la galería y separación de las porciones de bloques y madera de las paredes, habiendo descendido su área de asiento con respecto al camino a La Hoya. Un tanque para recoger las aguas de lluvia que caían sobre el techo y una construcción anexa de madera y cana se inclinaron como se observa en la fig. 29. Los daños que determinaron el abandono de la casa por inadecuada y su posterior demolición ocurrieron en los pisos cuando el suelo bajo ellos se onduló en el orden de 40 cm y la torta de hormigón simple quedó parcialmente sin sostén, rompiendo por tracción. Fig. 30.

En las figs. 31-33 se reproducen las deformaciones y roturas de pisos y paredes de algunas casas abandonadas de la comarca.

Un caso que orienta en la cronología de los sucesos es el del Señor Nicolás Capellán, predio 23-06-5-0363, en el callejón de La Hoya y a 1.5 Km de la carretera, sobre el cual nos dijo su propietario que "la casa se torció y el piso se levantó" después de la temporada de lluvias que siguió al paso del ciclón David y la tormenta Federico, a fines de agosto y principios de septiembre de 1979, lo que señala categóricamente la ocurrencia de deslizamientos antes de abril de 1981, a partir del pie del talud (18).

Los días 10 y 18 de mayo de 1981 cayeron en Santiago aguaceros torrenciales que implicaron inundaciones y casas arrasadas por las aguas, desalojos de familias afectadas y víctimas de las crecientes de los ríos, habiéndose observado en Palma Picada aceleraciones en la velocidad de los deslizamientos a partir del fin de semana correspondiente al 29 de mayo de 1981.

El área de Palma Picada visiblemente afectada por los corrimientos del año de 1981 fue de 100 hectáreas iguales a 1600 tareas de tierras, según puede comprobarse por la superficie sombreada del plano 2.

Los habitantes de Carlos Díaz pensaron en

HISTORIAL GRAFICO ALMACEN DE ACOPIO
CENTRO DE SERVICIOS RURALES INTEGRADOS, PALMA PICADA

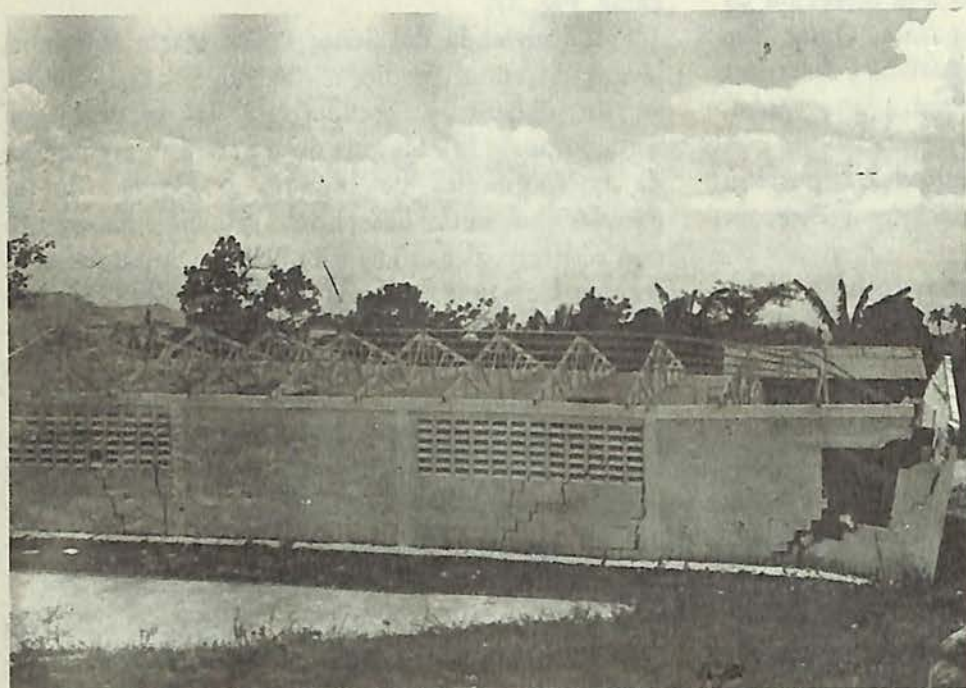


Fig. 22
Fachada posterior Norte



Fig. 23.
Fachada lateral Oeste.

HISTORIAL GRAFICO DE LA CASA DEL SEÑOR BIENVENIDO MARTE
(PREDIO NUM. 23-06-5-0056)



Fig. 24



Figs. 24 y 25: Estado final de los daños.

Fig. 25



Fig. 26
Después de la remoción de la porción de madera de las
paredes y el techo.



Fig. 27
Escalones que se produjeron en camino contiguo
a la vivienda.

HISTORIAL GRAFICO DE LA VIVIENDA
DEL SEÑOR PEDRO MARIA MARTINEZ (Predio Núm. 23-06-5-0059).

Fig. 28.
Estado de la casa en mayo de 1981.

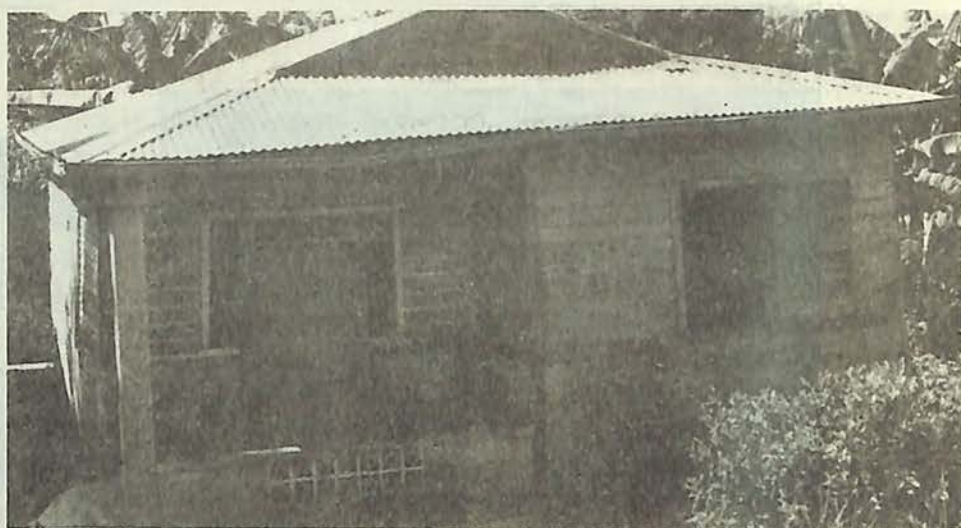
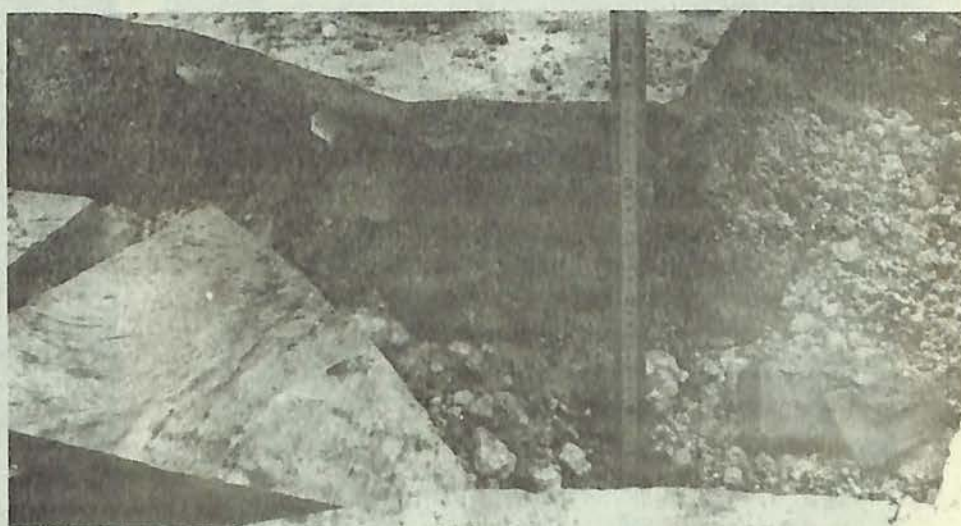
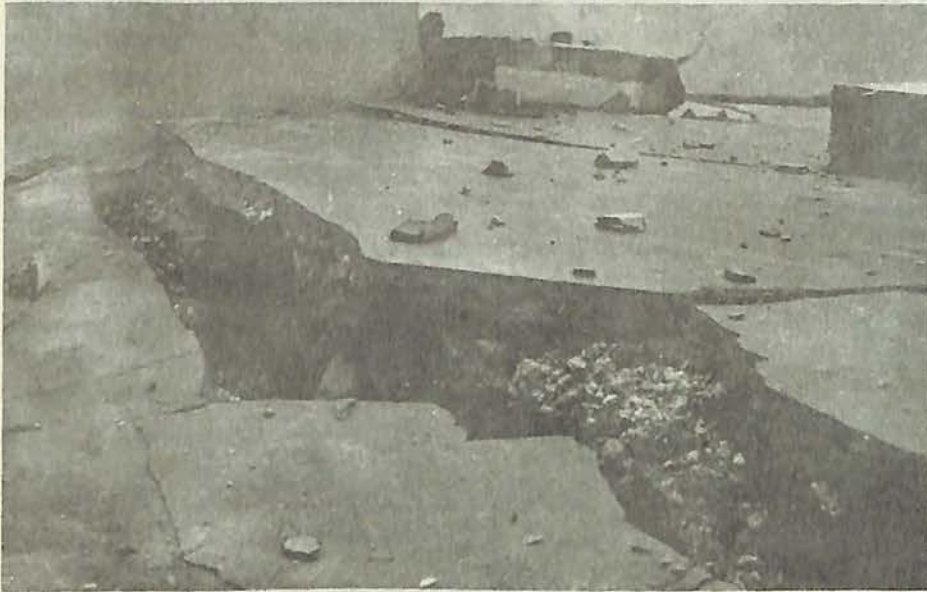
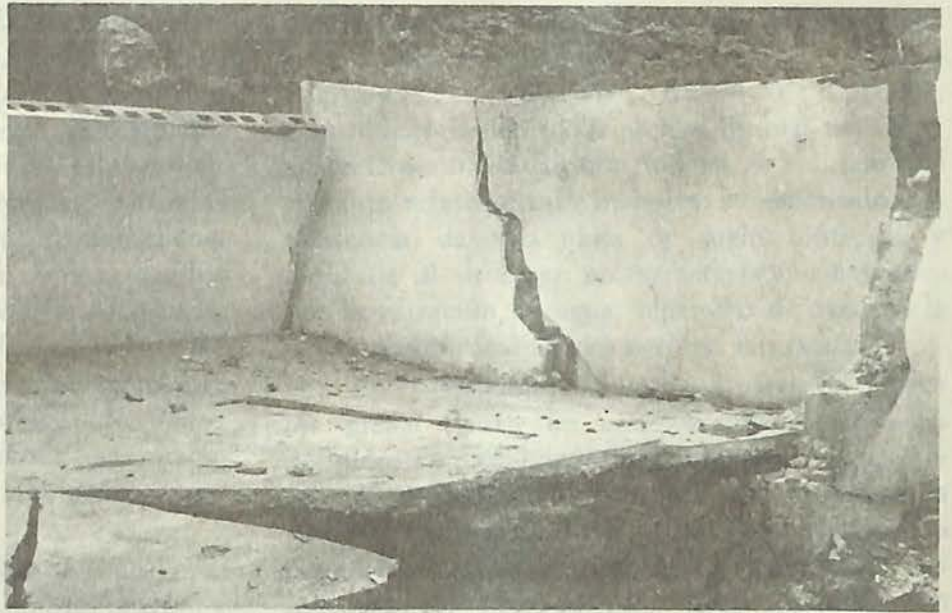


Fig. 29.
Vivienda removida en junio de 1981.

Fig. 30.
Piso y relleno inferior.





Figs. 31-33.
Roturas de pisos y paredes en viviendas
levantadas. Palma Picada.



principio que los problemas se limitaban a Palma Picada y que "no pasaban a este lado" hasta tanto no se percataron de que las edificaciones del liceo, de paredes de bloques y tijerillas metálicas cubiertas de planchas de hierro galvanizado, presentaban hendiduras en los muros y el piso. Fig. 34. Las instalaciones del plantel escolar, utilizadas hasta la fecha como hogar para damnificados, constan de dos cuerpos de 31 x 8 m separados entre sí. La iglesia Nuestra Señora de la Altagracia, situada frente al liceo, con área de 9 x 22 m y de las mismas modalidades constructivas, salvo una pequeña losa frontal, no ha presentado daños visibles. De todos modos puede asegurarse decisivamente que el centro del fenómeno estuvo localizado en Palma Picada.

En el área deslizada de Palma Picada se horadaron siete perforaciones con equipo portátil y especímenes semi-inalterados, nombradas en orden de trabajo desde PP-1 hasta PP-7, localizadas en el plano 2.

El sondeo PP-1, cuadro 1, se realizó a 4.55 m al suroeste de la porción aparentemente inmóvil del tronco de mango dentro de la propiedad de la Señora María Abréu, predio 23-06-5-0058, el día 3 de mayo de 1981, con un alcance en profundidad de 4.20 m, no superado a causa de los derrumbes que se producían en las paredes saturadas del barreno. Posteriormente, los días 4 y 5 de junio del mismo año, se llevó a cabo otra perforación: la PP-6, cuadro 4, en dirección opuesta a la PP-1 y a unos 5 m del mango, llegándose a 6.00 m de profundidad donde la resistencia creciente del subsuelo detuvo el avance del equipo de perforación portátil.

Los dos barrenos separados en el orden de diez metros uno del otro divulgaron igual composición de suelos atravesados: arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad (CL ó CH), color castaño o castaño verdoso, saturada en la posición del sondeo PP-1, como consecuencia de flujo importante de agua subterránea a partir de 2.38 m de profundidad, situación que se hizo notoria por el sonido característico que producía la introducción y extracción de las herramientas de perforación y el aspecto chorreado de las muestras en el tubo de pared fina y en la cuchara de postear. En el barreno PP-6 no fue detectada agua subterránea, mostrando los suelos aquí una alta densificación, medible por sus pesos unitarios secos en el entorno de 1650 Kg/m^3 , y buena resistencia

al esfuerzo cortante como corresponde a los valores de penetración y compresión simple que le otorgan a la arcilla el calificativo de rígida, al llegar o superar esfuerzos de 4.0 Kg/cm^2 . Contradictoriamente las arcillas limosas del PP-1 aparecieron amasadas, con índices de resistencia al cortante relativamente menores; evidenciándose la existencia de una masa de suelo bifurcada y deslizada al decrecer sus características naturales por la filtración de agua, separadas de otras de la misma composición física pero no saturadas.

En la posición del PP-1 y a partir de 3.30 m los suelos tienen un comportamiento cohesivo definido, con cualidades plásticas elevadas (CH) y son consecuentemente de alta sensibilidad a la contracción; color subido y sin adiciones calcáreas como los superiores, marcando el límite de los materiales meteorizados procedentes de niveles más elevados, de fácil paso al agua y a la saturación. Todos los suelos del área presentaron un contenido de humedad ligeramente mayor a su límite plástico.

En vista del comportamiento cohesivo y la inalterabilidad del sector de suelos correspondientes al barreno PP-6 sus especímenes fueron elegidos para investigar el grado de sensibilidad de las arcillas, acusando los resultados normalidad tixotrópica.

Las perforaciones PP-2 y PP-3 que se intentaron realizar el día 3 de mayo de 1981, cerca de la casa del señor Pedro María Martínez y en el camino, respectivamente, resultaron infructuosas, pudiéndose sólo llegar en ambas a 0.60 m de profundidad dada la existencia de materiales roqueños.

El sondeo PP-4, efectuado el 3 de mayo de 1981, en el predio 23-06-5-0066 del Labrador Maximiliano López, dentro de una faja de terreno rodeada por una familia de grietas importantes, indicó -cuadro 2- hasta los 3.90 m de su alcance, suelos de comportamiento de limo (ML), con la línea de saturación a 3.00 m de la superficie, en condiciones de suelto y amasado hasta 1.80 m de profundidad.

El barreno PP-5, del 3 de junio de 1981, situado dentro de los terrenos de corrimientos de palmas de la fig. 10 y propiedad del Señor Teófilo de la Cruz, predio 23-06-5-0053, cuadro 3, está compuesto de 1.95 m de arcillas y limos, semi-orgánicos e inorgánicos, con adiciones calcáreas, más perturbados y menos resistentes que

al cubrirlos con los correspondientes a los valores de penetración y resistencia simple que se obtienen al aplicar el coeficiente de rigidez al lugar o lugar superior de los valores de 4.0 kg/cm². Consecuentemente las acillas limpias del PP-1 se aplicaron amovibles, con índices de resistencia al corte relativamente menores, considerando la existencia de una masa de suelo blanda y deforma al detectar sus características naturales por la filtración de agua, separada de otra de la misma composición física pero no saturada.

En la posición del PP-1 y a partir de 3.50 m

principio que los problemas se limitaban a Palma Florida y que "no pasaban a este lado" hasta tanto no se permitieron de que las edificaciones del lugar de paredes de bloques y acillas metálicas cubiertas de planchas de hierro galvanizado. Las instalaciones del primer nivel, realizadas para la fecha como hogar para el estudiante consisten de dos cuerpos de 31 x 5 m separados entre sí. La última planta del primer nivel se encuentra frente al muro, con área de 8 x 25 m y de las mismas características constructivas que las

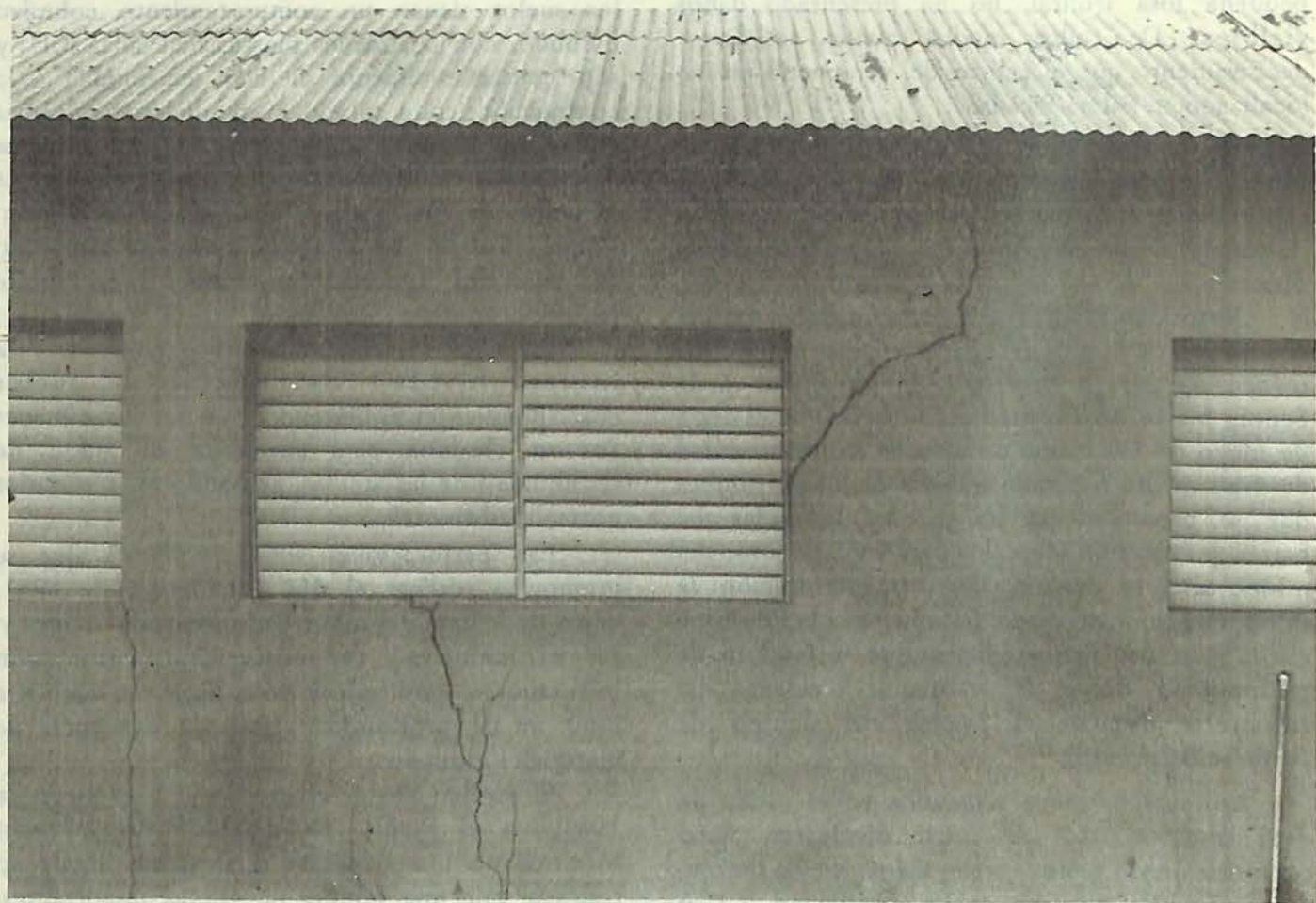
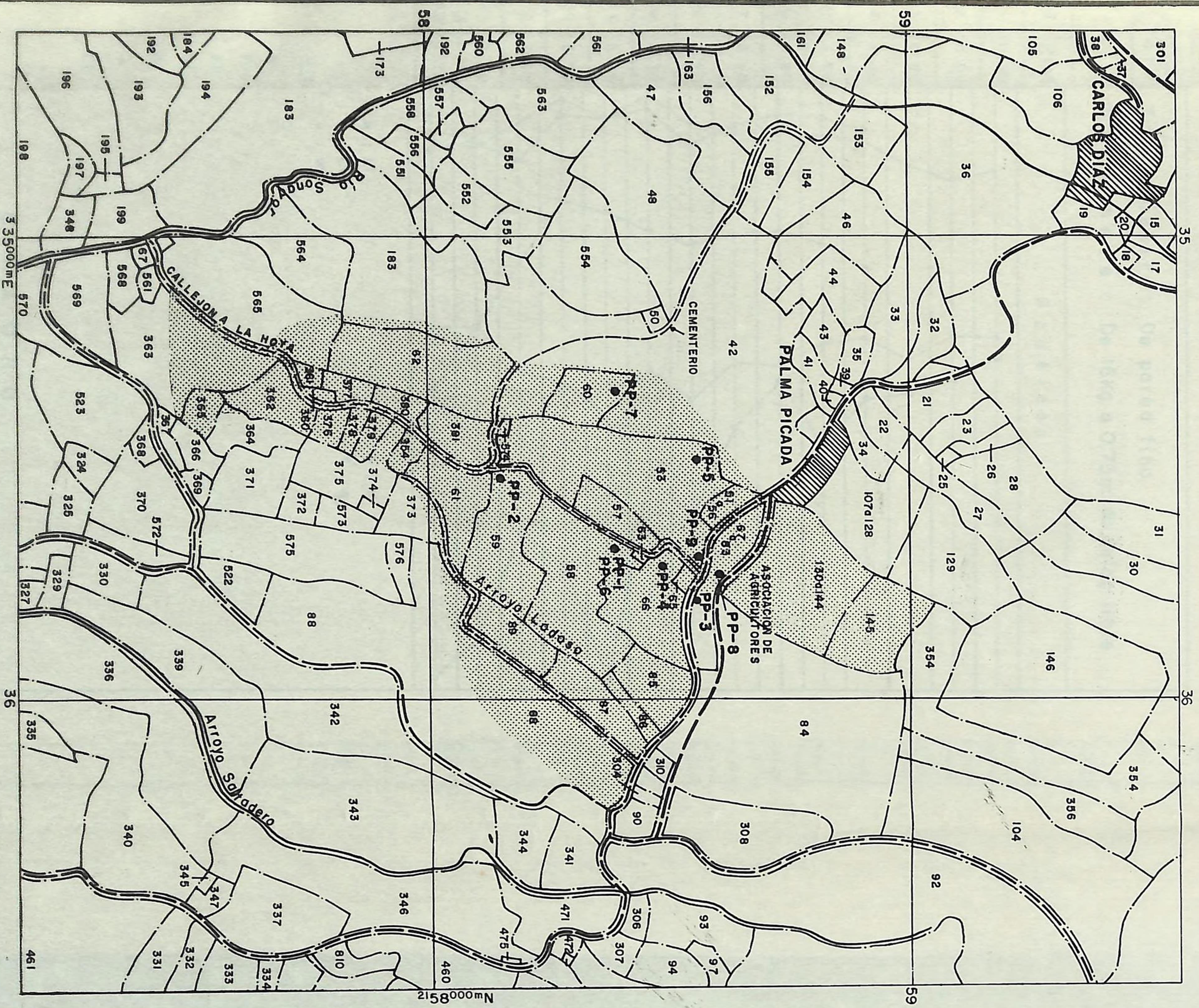


Fig. 34. Fachada agrietada del cuerpo más próximo a la colina. Escuela de Carlos Díaz.

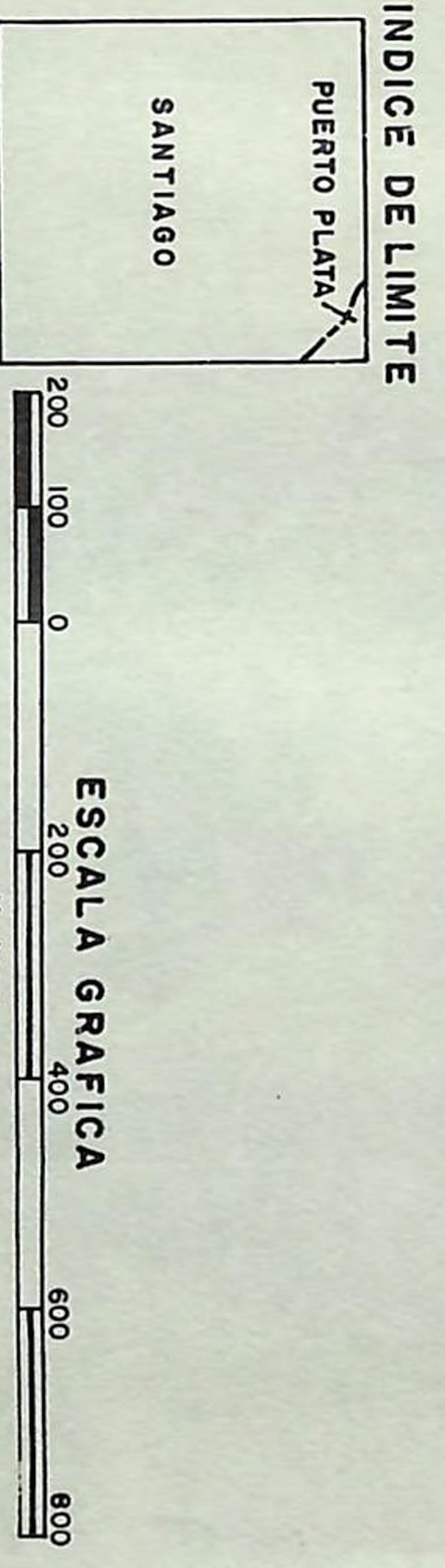
El terreno PP-5, del 3 de junio de 1981, muestra dentro de los terrenos de construcción de la zona de la fig. 10 y propiedad del Sr. Carlos Díaz, un lote de 35.000 m², cuando se hizo un estudio de 1.95 m de ancho y 1.95 m de largo, con un estudio de 1.95 m de ancho y 1.95 m de largo.

El color cambia a cambio de valores, cuando la posición del suelo cambia, cuando se hace un estudio de 1.95 m de ancho y 1.95 m de largo, con un estudio de 1.95 m de ancho y 1.95 m de largo.



PALMA PICADA

- ZONA DE DESLIZAMIENTO
- ZONA POBLADA
- CARRETERA
- CAMINO CARRETERO
- CAMINO DE HERRADURA
- RIO Y ARROYO PERMANENTE
- CAÑADA Y ARROYO NO PERMANENTE
- LIMITE DE PREDIO
- LIMITE PROVINCIAL
- PERFORACION



RELACION DE OCUPANTES DE PREDIOS AFECTADOS POR LOS DESLIZAMIENTOS PARAJE: PALMA PICADA

PROVINCIA: SANTIAGO
MUNICIPIO: TAMBORIL
SECCION: CARLOS DIAZ

NUMERO DE PROVINCIA	NUMERO DE MUNICIPIO	NUMERO DEL SECTOR DE TRABAJO	NUMERO DE PREDIO	OCUPANTE
23	06	5	0042	Collado, Francisco
"	"	"	51	Céspedes, Ramón
"	"	"	52	López, Juan
"	"	"	53	De La Cruz, Teófilo
"	"	"	54	Céspedes, Ramón
"	"	"	55	López, Ramón
"	"	"	56	Marte, Bienvenido
"	"	"	57	Céspedes, Juan
"	"	"	58	Abreu, María
"	"	"	59	Martínez, Pedro María
"	"	"	60	Martínez, Felipe
"	"	"	61	Alvarez, Francisco

NUMERO DE PROVINCIA	NUMERO DE MUNICIPIO	NUMERO DEL SECTOR DE TRABAJO	NUMERO DE PREDIO	OCUPANTE
"	"	"	0062	Alvarez, Francisco
"	"	"	63	Rodríguez, Silvia
"	"	"	65	Rosario, María
"	"	"	66	López, Maximiliano
"	"	"	67	Montesino, Ailda
"	"	"	68	Carballedo, Giacys
"	"	"	69	Céspedes, José
"	"	"	70	Céspedes, Agustín
"	"	"	71	Estrella, Rafael
"	"	"	72	López Estrella, Juan
"	"	"	73	De La Cruz, Augusto
"	"	"	74	López, María
"	"	"	75	Casinito, Asunción
"	"	"	76	López Silverio
"	"	"	77	López, Marino
"	"	"	78	Fellz, José
"	"	"	79	López, Ramón
"	"	"	80	González, José
"	"	"	81	Meñdez, Leonte
"	"	"	82	López, Amado
"	"	"	83	López, Anyda
"	"	"	85	López, Rafael Tamás
"	"	"	86	Estrella
"	"	"	87	Vásquez, José Olegario
"	"	"	88	López, Emilio
"	"	"	89	López, Amado
"	"	"	130d144	Varios
"	"	"	145	Suc. Quintina Reynoso Vda. Carballedo
"	"	"	354	Suc. Alfredo López
"	"	"	360	Estrella Lizarzo, Ricardo Simón
"	"	"	361	Rodríguez, Julio Antonio
"	"	"	362	Lizarzo, Cándida
"	"	"	363	Capellán, Nicolás
"	"	"	364	Távaroz, José Félix
"	"	"	365	Estrella, Lizarzo
"	"	"	373	Suc. Loves Díaz
"	"	"	375	Capellán, Nicolás
"	"	"	376	Céspedes López, Agustín Antonio
"	"	"	377	Ureña, José Aniceto
"	"	"	378	Ureña, Manuel
"	"	"	379	Luna, Domingo Antonio
"	"	"	380	Martínez, Felipe Antonio
"	"	"	381	Ureña, Juan
"	"	"	565	Llano Mendoza, Mercedes
"	"	"	574	Ramos, Ramón Antonio

Perforación : PP-1

P R O P I E D A D E S D E L O S S U E L O S

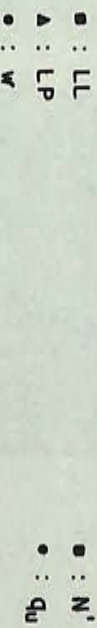
Fecha : 3 de Mayo de 1981

Localización : Paraje Palma Picada, Sección Carlos Díaz, Municipio Tamboril, Provincia Santiago
Predio Núm. 23-06-5-0058, propiedad de la Sra. María Abréu

Tomamuestra : De pared fina
Martinete : De 16kg a 0.75m de caída libre

M	Prof.	NF	N'	q _u	w	LL	LP	IP	CL	RS	FA	CR	γ _s	e	Sr	γ _{un}	γ _{us}	SUC	Clasificación literal
1	0.30		21	1.70	38											1706	1231		Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, con algo de humus, castaño grisáceo.
2	0.60		26	1.64	40											1681	1199		Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, con algo de humus, castaño grisáceo.
3	0.90		29	2.16	37								2.64	1.05	93	1765	1288		Cambio : De arcilla con humus a inorgánica
4	1.20		30	1.65	32	59	29	30		Alta	21	0.90				1832	1392	CL-CH	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño claro.
5	1.50		40	1.81	31	54	27	27	10	Medio		0.85				1834	1404	CL-CH	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño grisáceo.
6	1.80		26	2.28	29	51	26	25	11	Medio		0.88				1909	1485	CL-CH	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño grisáceo.
7	2.10		36	2.20	30	52	29	23	11	Alta		0.96				1871	1440	CL-CH	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño grisáceo.
8	2.40		56	3.00	27	54	28	26	11	Alta		1.04	2.66	0.76	95	1918	1508	CL-CH	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño grisáceo.
9	2.70		47	2.30*	22	51	25	26	13	Alta		1.12						CL-CH	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño grisáceo; con calcárea.
10	3.00		91	3.29	27	47	27	20	10	Alta		1.00				1917	1507	CL-CH	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño grisáceo; con calcárea.
11	3.30		66	2.64	26	45	23	22	11	Alta		0.86				1932	1534	CL	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño grisáceo; con calcárea.
12	3.60		59	2.40	36											1797	1325		Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, castaño.
13	3.90		82	1.39	32	72	33	39	17		18	1.03				1852	1405	CH	Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, castaño.
14	4.20		90	2.83	34	72	32	40	18			0.95				1827	1360	CH	Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, castaño.

Gráficos



NOMENCLATURA :

- M : Número de muestra
- Prof. : Profundidad (m)
- NF : Nivel freático
- N' : Número de golpes para 0.30m de penetración
- q_u : Resistencia a la compresión no-confiada (Kg/cm²)
- w : Contenido de humedad natural (%)
- LL : Límite líquido (%)
- LP : Límite plástico (%)
- IP : Índice plástico (%)
- CL : Contracción lineal (%)
- RS : Resistencia en estado seco
- FA : Fracción arcilla (%)
- CR : Consistencia relativa
- γ_s : Peso específico de partículas sólidas
- e : Relación de vacíos
- Sr : Grado de saturación (%)
- γ_{un} : Peso unitario del suelo en estado natural (Kg/m³)
- γ_{us} : Peso unitario del suelo en estado seco (Kg/m³)
- SUC : Clasificación por el Sistema Unificado
- * : Con penetrometro

C U A D R O 1

Perforación : PP-4

P R O P I E D A D E S DE LOS S U E L O S

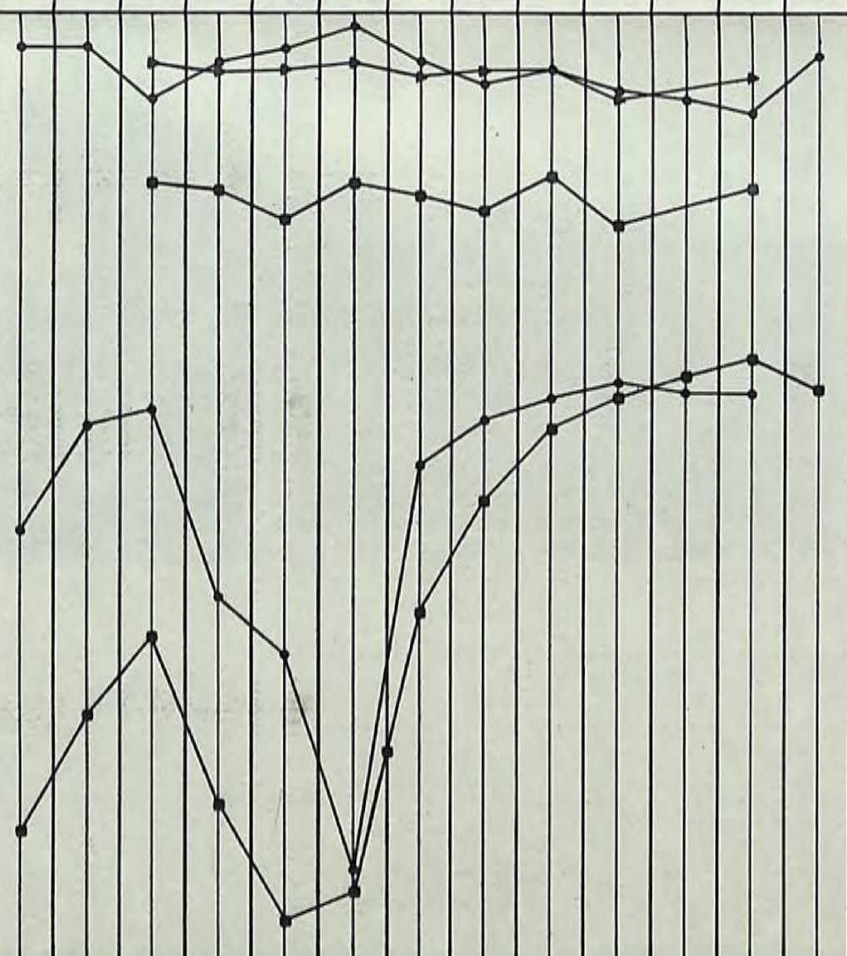
Fecha : 3 de Mayo de 1981

Localización : Paraje Palma Picada, Sección Carlos Díaz, Municipio Tamboril, Provincia Santiago; Predio Núm. 23-06-5-0066, del Sr. Maximiliano López

Tomamuestra : De pared fina
Martinete : De 16Kg a 0.75m de caída libre

M	Prof.	NF	N'	q _u	w	LL	LP	IP	CL	RS	FA	CR	γ _s	e	Sr	γ _{un}	γ _{us}	SUC	Clasificación literal	
1	0.30		8		26															Limo y arcilla, inorgánicos, con humus y calcreo.
2	0.60		4	0.84	34	44	29	15	8	Medio			0.67			1633	1223	ML	Limo y arcilla, inorgánicos, con humus y calcreo.	
3	0.90		6	0.82	32											1760	1338		Limo y arcilla, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño verdoso claro, con material calcreo.	
4	1.20		9	0.68	31	49	32	17	9	Medio			1.06			1714	1304	ML	Limo y arcilla, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño verdoso claro, con material calcreo.	
5	1.50		13	0.91	28	42	28	14	7	Medio			1.00			1790	1395	ML	Limo y arcilla, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño verdoso claro, con material calcreo.	
6	1.80		23	1.19	30	47	28	19	8				0.89			1814	1395	ML	Limo y arcilla, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño verdoso claro, con material calcreo.	
7	2.10		38	1.82	27	45	29	16	7				1.12			1870	1467	ML	Limo y arcilla, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño verdoso claro, con penetración calcrea.	
8	2.40		76	7.32	22	43	27	16	6				1.31			1998	1643	ML	Limo y arcilla, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño verdoso claro.	
9	2.70		80	4.35	25	48	28	20	11	Alto			1.15			1940	1554	CL-ML	Limo y arcilla, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño verdoso claro.	
10	3.00	▽	64	3.57	27	44	28	16	6				1.06			1911	1499	ML	Limo y arcilla, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño verdoso claro.	
11	3.30		41	1.05	32	43	27	16	9				0.69			1814	1375	ML	Limo y arcilla, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño verdoso claro.	
12	3.60		52	1.22	25											1912	1527		Limo y arcilla, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño verdoso claro.	
13	3.90		68	2.67	25											1940	1549		Limo y arcilla, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño verdoso claro, con penetración calcrea.	

G r á f i c o s



■ : LL
▲ : LP
● : N'
● : q_u

N O M E N C L A T U R A :

- M : Número de muestra
- Prof. : Profundidad (m)
- NF : Nivel freático
- N' : Número de golpes para 0.30m de penetración
- q_u : Resistencia a la compresión no-confinaada (Kg/cm²)
- w : Contenido de humedad natural (%)
- LL : Límite líquido (%)
- LP : Límite plástico (%)
- IP : Índice plástico (%)
- CL : Contracción lineal (%)
- RS : Resistencia en estado seco
- FA : Fracción arcilla (%)
- CR : Consistencia relativa
- γ_s : Peso específico de partículas sólidas
- e : Relación de vacíos
- Sr : Grado de saturación (%)
- γ_{un} : Peso unitario del suelo en estado natural (Kg/m³)
- γ_{us} : Peso unitario del suelo en estado seco (Kg/m³)
- SUC : Clasificación por el Sistema Unificado

Perforación : PP-5

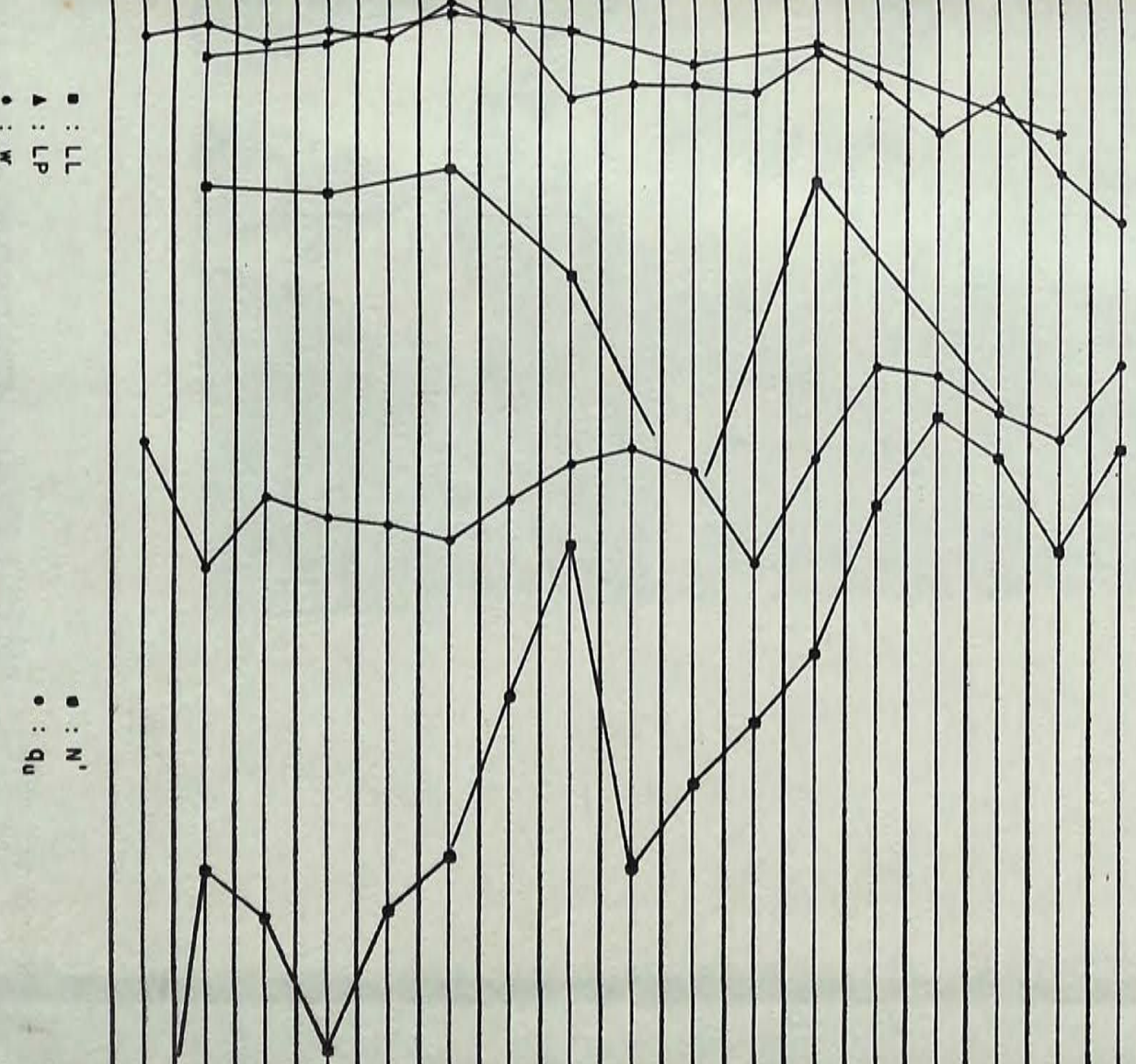
Fecha : 3 de Junio de 1981

P R O P I E D A D E S DE LOS S U E L O S
 Localización : Paraje Palma Picada, Sección Carlos Díaz, Municipio Tamboril, Provincia Santiago,
 Predio Núm. 23-06-5-0053, del Sr. Teófilo de la Cruz

Tomamuestra : De pared fina
 Martinete : De 16Kg a 0.75m de caída libre

M	Prof.	NF	N'	Qu	w	LL	LP	IP	CL	RS	FA	CR	γ_s	e	Sr	γ_{un}	γ_{us}	SUC	Clasificación literal
1	0.30		18	0.61	55											1579	1016		Arcilla limosa, semi-orgánica, castaño oscuro.
2	0.60		33	1.66	48	92	42	50	21			0.98	2.72	1.40	93	1677	1133	OH	Arcilla limosa, semi-orgánica, castaño oscuro.
3	0.90		19	1.27	37											1750	1274		Arcillas limosa, inorgánica y semi-orgánica.
4	1.20		13	0.69	42											1724	1212		Arcillas limosa, inorgánica y semi-orgánica, con trazos de grava calcárea.
5	1.50		26	0.53	35											1749	1295		Arcilla limosa, inorgánica, con calcárea.
6	1.80		48	1.93	30	49	29	20	12			0.95				1886	1446	CL-ML	Arcilla limosa, inorgánica, castaño.
7	2.10		58	3.49	36											1858	1369		Cambio : De arcilla calcárea a plástica.
8	2.40		67	2.11	35	98	32	66	16	Alto	4	0.95	2.77	1.03	95	1845	1364	CH	Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, castaño.
9	2.70		80	1.75	35											1848	1372		Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, castaño.
10	3.00		32	1.99	37	63	27	36	12	Alto		0.72	2.73	1.01	99	1854	1358	CH	Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, castaño, con mancha oscura.
11	3.30		54	2.52	27											1960	1538		Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, castaño, con algo de calcárea.
12	3.60		77	3.11	23	47	24	23	10	Alto		1.04	2.70	0.65	96	2017	1639	CL	Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, castaño, con algo de calcárea.
13	3.90		86	2.91	28											1950	1521		Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, castaño, con algo de calcárea.
14	4.20		107	2.79	27	51	29	22	12	Alto		1.09				1948	1536		Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, castaño, con trazos de calcárea.
15	4.50		87	2.51	29											1951	1512		Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, castaño, con trazos de calcárea.
16	4.80		80	3.56	26	50	31	19	11	Alto	4	1.26	2.71			2011	1600		Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, castaño.
17	5.10		75 15Cm	1.69	28											1983	1548		Arcilla limosa, inorgánica, de alta plasticidad, castaño.

G r á f i c o s



N O M E N C L A T U R A :

- M : Número de muestra
- Prof. : Profundidad (m)
- NF : Nivel freático
- N' : Número de golpes para 0.30m de penetración
- Qu : Resistencia a la compresión no-confineda (Kg/cm²)
- w : Contenido de humedad natural (%)
- LL : Límite líquido (%)
- LP : Límite plástico (%)
- IP : Índice plástico (%)
- CL : Contracción lineal (%)
- RS : Resistencia en estado seco
- FA : Fracción arcilla (%)
- CR : Consistencia relativa
- γ_s : Peso específico de partículas sólidas
- e : Relación de vacíos
- Sr : Grado de saturación (%)
- γ_{un} : Peso unitario del suelo en estado natural (Kg/m³)
- γ_{us} : Peso unitario del suelo en estado seco (Kg/m³)
- SUC : Clasificación por el Sistema Unificado

Perforación : PP-6

P R O P I E D A D E S D E L O S S U E L O S

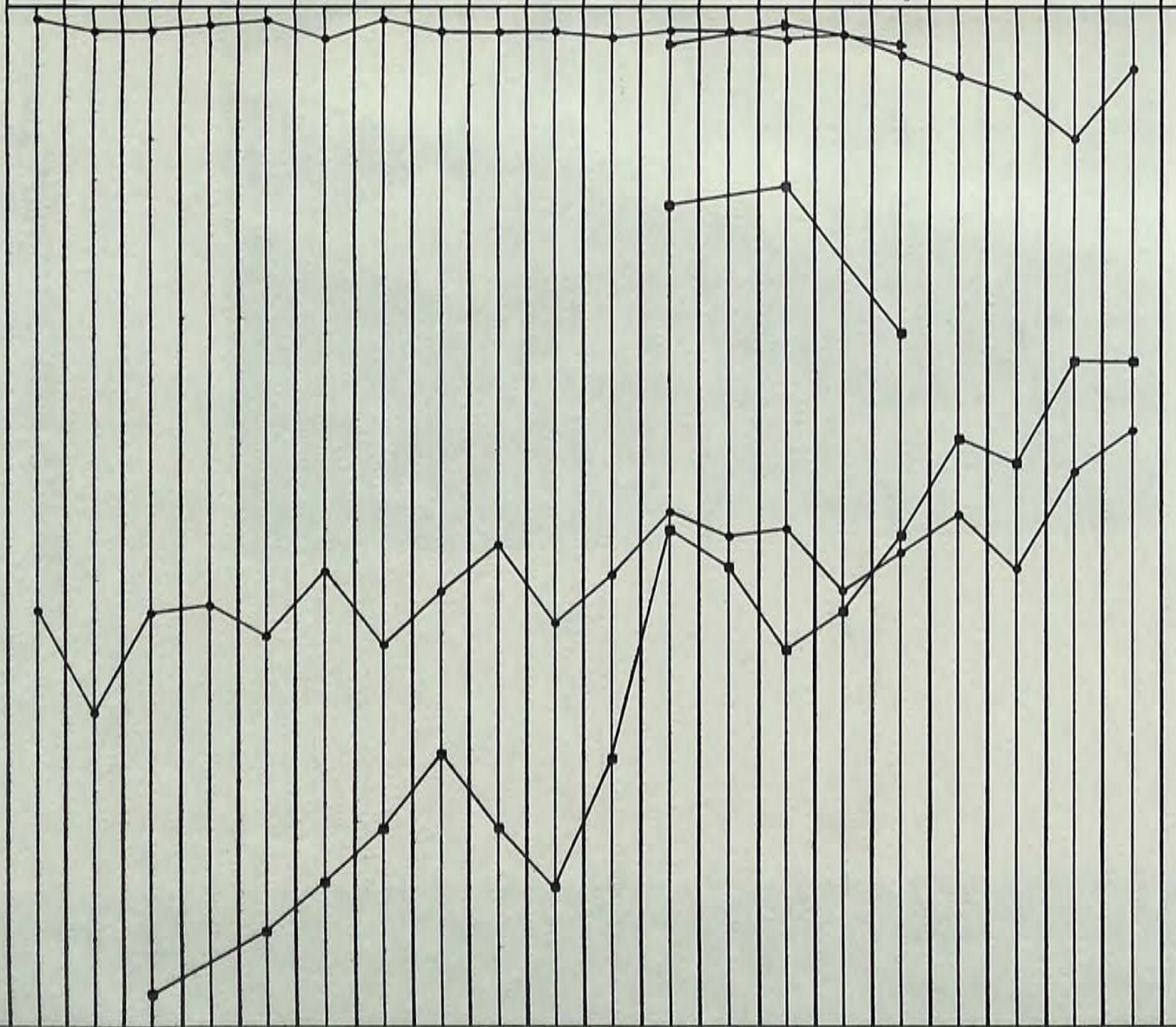
Fecha : 4 y 5 de Junio de 1981

Localización : Paraje Palma Picada, Sección Carlos Díaz, Municipio Tamboril, Provincia Santiago
Predio Núm. 23-06-5-0058, propiedad de la Sra. María Abreu

Tomamuestra : De pared fina
Martinete : De 16Kg a 0.75m. de caída libre

M	Prof.	NF	N'	q _u	St	w	LL	LP	IP	CL	RS	FA	CR	γ _s	e	Sr	γ _{un}	γ _{us}	SUC	Clasificación	literari	
1	0.30		31	1.18		30								2.68	0.90	88	1826	1408		Arcilla limosa, semi-orgánica, con grava calcárea.		
2	0.60		31	1.84		41								2.62	1.19	90	1685	1195		Arcilla limosa, semi-orgánica, castaño oscuro.		
3	0.90		47	3.34	1.00	34								2.73	1.03	90	1802	1347		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño, con algo de calcárea.		
4	1.20		43	2.50		31								2.68	0.90	92	1847	1410		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño, con algo de calcárea.		
5	1.50		58	3.11		28	71	26	45	16	Alto			0.96	2.73	0.85	90	1887	1474	CH	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño, con algo de calcárea.	
6	1.80		70	3.67		24								2.72	0.71	92	1975	1593		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño, con algo de calcárea.		
7	2.10		76	2.70	1.00	25	48	23	25	13	Medio			0.92	2.80	0.78	90	1963	1569	CL	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño, con aumento de calcárea.	
8	2.40		63	2.83		24											2006	1613		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño, con aumento de calcárea.		
9	2.70		57	2.43		24	51	26	25	11	Alto			1.08	2.70	0.73	88	1931	1559	CH	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño, con aumento de calcárea.	
10	3.00		93	3.42	1.46	25								2.78	0.76	92	1980	1583		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño, con aumento de calcárea.		
11	3.30		113	4.20	1.92	24											1996	1614		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño, con aumento de calcárea.		
12	3.60		104	2.95		24											1991	1606		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño, con algo de calcárea.		
13	3.90		92	3.70		24											2019	1634		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño, con algo de calcárea.		
14	4.20		104	4.54		22											2055	1686		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño verdoso, con algo de calcárea.		
15	4.50		112	3.35		25											1992	1594		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño verdoso, con algo de calcárea.		
16	4.80		120	4.40	1.45	22								2.74	0.64	94	2038	1671		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño verdoso, con algo de calcárea.		
17	5.10		139	3.92	1.88	23											2010	1635		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño verdoso, con algo de calcárea.		
18	5.40		130	4.00	1.25	24											2000	1617		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño verdoso, con algo de calcárea.		
19	5.70		189	5.61		24											2020	1632		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño verdoso, con algo de calcárea.		
20	6.00		101 15Cm	3.97		22								2.70	0.61	95	2035	1672		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana a alta plasticidad, castaño verdoso, con planos de oxidación.		

G r á f i c o s



■ : LL
▲ : LP
● : w
● : N'
● : q_u

N O M E N C L A T U R A : I G U A L A L A I N D I C A D A E N P L A N O S A N T E R I O R E S .

S p : S e n s i b i l i d a d

los suelos que le siguen en profundidad. Aun cuando no se registró nivel freático hasta su término de 4.80 m, la circulación de agua superficial era visible a unos cuantos metros ladera abajo en un área alargada y descendida por falla, que arrastró las palmas.

El PP-7, el último barreno de la serie manual, fue perforado el 13 de junio de 1981, en terrenos propiedad del Señor Felipe Martínez, predio 23-06-5-0060, a escasos metros del extremo Oeste del área fallada, manifiesto por un gran escalón de descenso y al Sur de la carretera. Revelándose, cuadro 5, la presencia de arcillas limosas de mediana plasticidad, (CL) saturadas por circulación de agua a partir de 1.51 m de la superficie, no observándose un cambio notable de resistencias hasta el límite de exploración igual a 7.50 m donde fragmentos de roca calcárea detuvieron el avance, quedando la impresión de que en esta zona el espesor de las masas de suelo que participaron en el movimiento fueron mayores con relación a las observadas en los otros lugares de horadación.

Dos sondeos profundos, con equipo mecánico y tomamuestra partido, fueron ejecutados por la Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones durante los meses de agosto y septiembre de 1981; habiéndose nos suministrado gentilmente los resultados. El barreno PP-8 (OP-1), reproducido en el cuadro 6, con un límite de 17.83 m, fue localizado en la berma Sur de la carretera Carlos Díaz-Los Amaceyes, frente a la laguna y a 11.00 m del término de la alcantarilla que la desagüa. La perforación PP-9 (OP-2), cuadro 7, llevada hasta 21.60 m, se horadó en el callejón a La Hoya, más abajo de la carretera, próximo a un pequeño curso de agua provocado por los excedentes de la laguna; a 32.00 m al Oeste de la gallera de madera del lugar, desarmada en coincidencia con la época de la realización del sondeo OP-2, por deformaciones estructurales tardías.

En la posición del PP-8, la línea de saturación fue fijada a 4.65 m de profundidad, observándose desde 4.95 m aumento de resistencia en los suelos, detectado por una elevación del número de golpes "N" que se mantuvo bajo en la parte superior. A partir de 5.85 m se localizó esquistos arcilloso, gris azulino, indicador del alcance tope de los agentes de intemperización y la oxidación; situándose la superficie probable de falla a 4.95 m de profundidad, a partir de la cual decrece el contenido de humedad. La compacidad de los

suelos cohesivos se conserva o mejora a mayor hondura, con un sector de 13.05 a 15.30 m donde el material calizo supera a la arcilla.

La perforación PP-9 registró la napa freática a 0.30 m y suelos críticos hasta 2.25 m, corroborando la presencia de arcilla rígida inferior.

LOS GUINEOS

En el paraje Los Guineos, sección Las Bocas del Licey, municipio de Tamboril, provincia de Santiago, plano 3, se detectaron del 14 al 16 de junio de 1981, corrimientos de tierras. Para llegar al sitio es menester situarse en la Cumbre, la intersección de la carretera Luperón con la que marcha a Tamboril y avanzar con rumbo a esta población 1.4 Km para luego ascender 3 Km más por un camino de tierra en condiciones de montaña, arribándose a una altiplanicie donde está la población de Los Cacaos, desde donde puede reconocerse en lontananza la carretera de ascenso a Carlos Díaz. Luego se toma un camino de bestias para pasar el arroyo Miguel Sánchez que corre en el fondo de una cañada profunda. La subida a la otra margen lleva al lugar Los Guineos, que, como toda la zona, está constituida por arcillas limosas con fragmentos calizos y afloramientos esporádicos de bolos calcáreos.

Once viviendas de paredes de tablas de palma y a veces de yagua, con techumbres de canas todas, tuvieron que ser abandonadas por las familias que las ocupaban atemorizadas por las grietas y las deformaciones de la tierra en las casas y los campos. Fig. 35.

La plasticidad de los suelos arcillosos quedó patente cuando en nuestra segunda visita al lugar no pudimos abandonarlo al término de nuestro trabajo, dado que las lluvias caídas durante nuestra permanencia hicieron tan resbaladizo el camino que tuvimos que pernoctar en Los Cacaos para intentar el regreso avanzada la mañana del siguiente día.

Las exploraciones se hicieron en propiedad del Señor Jaime López, al costado de camino vecinal, predio 23-06-6-0172, a 580 m sobre el nivel del mar, donde tenía una casa de yaguas y cana, cuyo piso de tierra se agrietó. El propietario removió la vivienda y abandonó el lugar por los temores que le infundía.

El sondeo LG-1, ubicado en el sector de la propiedad reproducido en la fig. 35 y en nuestra

Perforación : PP-7

Localización: Paraje Palma Picada, Sección Carlos Díaz, Municipio, Tamboril, Provincia Santiago

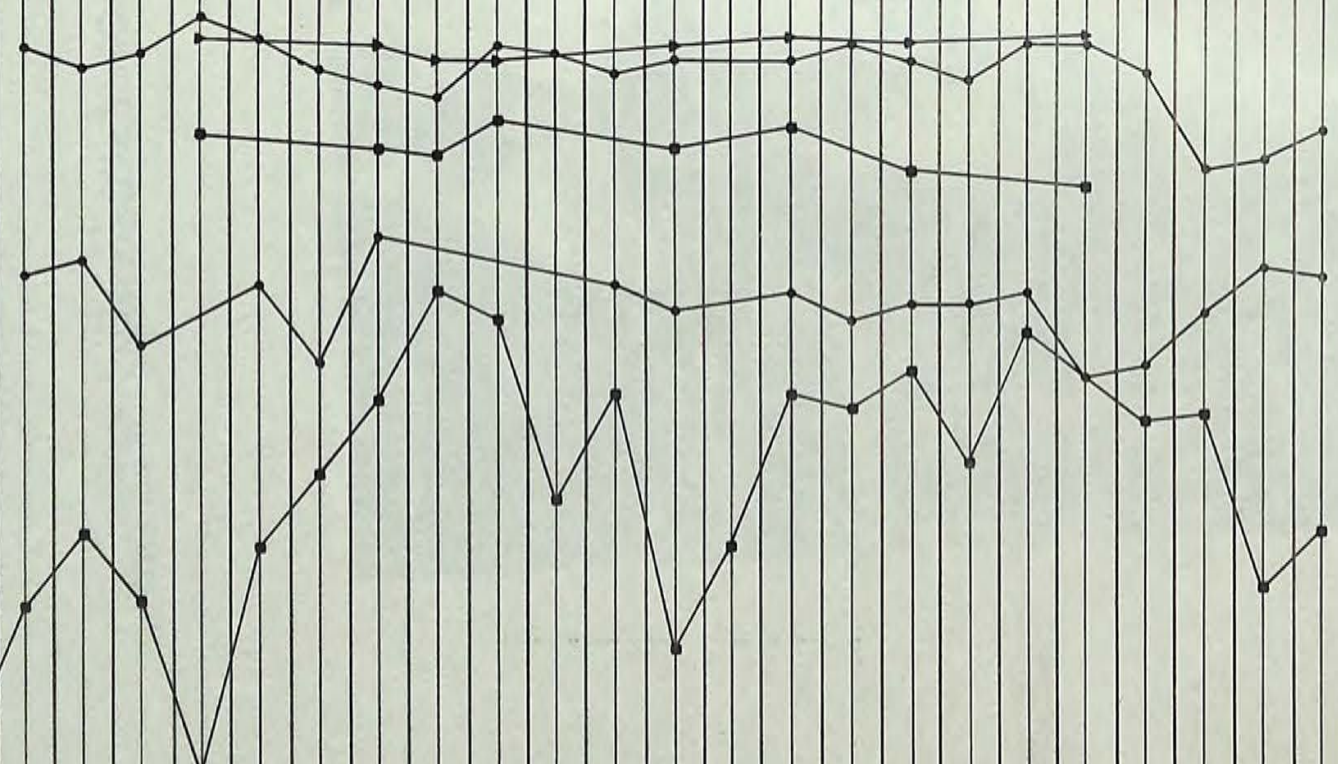
P R O P I E D A D E S DE LOS SUELOS
Predio Núm. 23-06-5-0060, propiedad del Sr. Felipe Martínez

Fecha : 13 de Junio de 1981

Tomamuestra : De pared fina
Martinete : De 16Kg a 0.75m de caída libre

M	Prof.	NF	N'	q _u	w	LL	LP	IP	CL	RS	FA	CR	γ _s	e	sr	γ _{un}	γ _{us}	SUC	Clasificación literal
1	0.30		45	1.05	35											1874	1386		Arcilla limosa, inorgánica, castaño claro.
2	0.60		53	0.91	39											1709	1226		Arcilla limosa, semi-orgánica, castaño oscuro.
3	0.90		29	1.51	40											1755	1250		Arcilla limosa, semi-orgánica, castaño oscuro.
4	1.20		30	2.25	27											1925	1510		Arcilla limosa, inorgánica, con algo de humus y material calcáreo.
5	1.50		24	2.40	23	42	22	20	10	Media		0.95				1989	1613	CL	Arcilla limosa, inorgánica, con algo de humus y material calcáreo.
6	1.80	∇	17	1.27	23						3					1996	1621		Arcilla limosa, inorgánica, castaño, con material calcáreo y trazas de humus.
7	2.10		36	1.39	28							2.69	0.85	90	1870	1457		Arcilla limosa, inorgánica, castaño, con material calcáreo y trazas de humus.	
8	2.40		23	1.39	25	40	23	17	11	Alta		0.88	2.72	0.73	92	1960	1570	CL	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo y castaño claro.
9	2.70		28	1.62	23											2013	1634		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo, castaño claro.
10	3.00		26	1.22	25	34	22	12	8	Media		0.75	2.71	0.70	96	1989	1591	CL	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo, castaño claro.
11	3.30		47													2030	1570		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo, castaño claro.
12	3.60		61	1.45	25	37	23	14	9	Alta		0.86				1962	1565	CL	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo, castaño claro.
13	3.90		26	1.11	27											2031	1605		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo, castaño claro.
14	4.20		41		24														Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo, castaño claro.
15	4.50		16		23	33	25	8	5	Media								ML	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo, castaño claro.
16	4.80		12		30	38	25	13	6	Ligera								ML	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo, castaño claro.
17	5.10		27	0.47	28	37	23	14	7	Alta						1869	1459	CL	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo, castaño claro.
18	5.40		37	2.17															Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo, castaño claro.
19	5.70		47	1.10	22											2027	1666		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo, castaño claro.
20	6.00		78		19	35	22	13	6	Media		1.23	2.76					CL	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo, castaño claro.
21	6.30		54	1.93	24											2010	1625		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo, castaño claro.
22	6.60		45	0.77	26											1962	1553		Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, con material calcáreo, castaño claro.
23	6.90		55	0.99	23						5					2039	1654		Arcilla limosa, inorgánica; con algo de calcáreo.
24	7.20		75																Arcilla limosa, inorgánica, castaño verdoso y fragmentos de roca calcárea.
25	7.50		95 15Cm																Arcilla limosa, inorgánica, castaño verdoso y fragmentos de roca calcárea.

Gráficos



■ : LL
 ▲ : LP
 ● : N'
 ○ : qu

NOMENCLATURA : IGUAL A LA INDICADA EN PLANOS ANTERIORES. C U A D R O 5

PROPIEDADES DE LOS SUELOS

HOJA 1 de 2

PERFORACION PP-8 (OP-1)

LOCALIZACION: Paraje Palma Picada
Sección Carlos Díaz, Municipio Tamboril
Provincia Santiago.

FECHA: Agosto - Septiembre de 1981

Nivel freático = 4.65 m

M	Prof	N	W	C L A S I F I C A C I O N
1	0.45	-	-	Relleno: Material calcáreo con arcilla
2	0.90	7	28	" " " "
3	1.35	7	35	Arcilla limosa, semi-orgánica, con grava calcárea
4	1.80	7	31	Limo arenoso con algo de arcilla castaño
5	2.25	10	30	" " " " "
6	2.70	12	30	" " " " "
7	3.15	11	31	" " " " "
8	3.60	6	31	" " " " castaño verdoso
9	4.05	2	33	" " " " " "
10	4.50	2	-	Muestra no recuperada
11	4.95	3	-	" " (Posible superficie de falla)
12	5.40	8	26	Limo arenoso con algo de arcilla, castaño verdoso
13	5.85	19	25	" " " " " "
14	6.30	10	-	Esquisto arcilloso, gris azulino
15	6.75	22	20	" " " "
16	7.20	12	25	" " " "
17	7.65	14	22	" " " "
18	8.10	20	27	" " " "
19	8.55	62	21	" " " "
20	9.00	22	25	" " " "
21	9.45	39	24	" " " "
22	9.90	30	26	" " " "
23	10.35	38	26	" " " "
24	10.80	48	23	" " " "
25	11.25	35	8	Esquisto arcilloso, gris azulino, con grava calcárea
26	11.70	41	12	" " " " " "
27	12.15	30	-	" " " " " "
28	12.60	73	17	" " " " " "
29	13.05	48	16	Formación calcárea, con arcilla gris azulino
30	13.50	26	20	" " " " "
31	13.95	107	16	" " " " "
32	14.40	43	17	" " " " "
33	14.85	120	22	" " " " "
34	15.30	78	15	" " " " "
35	15.75	90		Esquisto arcilloso, castaño
36	16.05	106	22	" " " "
37	16.30	$\frac{62}{10cm}$	23	" " " "

CUADRO 6

PROPIEDADES DE LOS SUELOS

PERFORACION PP-8 (OP-1)

PERFORACION PP-8 (OP-1)

M	Prof.	N	W	CLASIFICACION
38	16.72	$\frac{75}{12\text{cm}}$	25	Esquisto arcilloso, castaño
39	16.97	$\frac{75}{10\text{cm}}$	20	" " "
40	17.57	<input checked="" type="checkbox"/>	20	" " "
41	17.83	$\frac{80}{11\text{cm}}$	22	" " "

NOMENCLATURA:

- M** : Número de muestra
- Prof.** : Profundidad (m)
- N** : Número de golpes para 0.30m de penetración
- W** : Contenido de humedad natural (%)
- : Muestra a rotación

PROPIEDADES DE LOS SUELOS

HOJA 1 de 2

PERFORACION PP-9 (OP-2)

LOCALIZACION: Paraje Palma Picada
Sección Carlos Díaz, Municipio Tamboril
Provincia Santiago.

FECHA: Agosto - Septiembre de 1981

Nivel freático = 0.30m

M	Prof.	N	W	C L A S I F I C A C I O N
1	0.45	10	49	Arcilla limosa, semi-orgánica; con algo de grava
2	0.90	9	43	" " "
3	1.35	8	36	Arcilla limosa inorgánica, castaño
4	1.80	9	33	" " "
5	2.25	14	33	" " "
6	2.70	17	29	" " "
7	3.15	21	29	Arcilla limosa, inorgánica, castaño
8	3.60	12	31	" " " "
9	4.05	27	29	" " " "
10	4.50	22	30	" " " " con algo de grava
11	4.95	25	32	" " " " " "
12	5.40	28	28	" " " " " "
13	5.85	25	27	" " " " " "
14	6.30	19	26	" " " " " "
15	6.75	26	28	" " " " " "
16	7.20	24	21	" " " " " "
-	7.65	24		Muestra no recuperada
17	8.10	28	31	Arcilla limosa, inorgánica, castaño
18	8.55	25	27	" " " "
19	9.00	33	35	" " " "
20	9.45	38	31	" " " "
21	9.90	50	18	Arcilla limosa, gris verdoso, con grava calcárea; rígida
22	10.35	28	28	" " " " " "
23	10.80	30	30	Arcilla limosa, castaño, rígida; con grava calcárea
24	11.25	27	27	" " " " " "
25	11.70	41	28	" " " " " "
26	12.15	85	27	" " " " " "
27	12.60	25	27	Arcilla limo arenosa, rígida, inorgánica; castaño
28	13.05	44	30	" " " " " "
-	13.50	53		Muestra no recuperada
29	13.95	77	23	Arcilla limosa, con material calcáreo; rígida
30	14.40	61	24	" " inorgánica, castaño verdoso; rígida
31	14.85	62	18	" " " gris verdoso
32	15.30	54	-	" " " castaño y verde
33	15.75	71	-	" " gris azulino, rígida
34	16.20	81	23	" " con arena; gris azulino; rígida
35	16.65	52	20	" " " " "
36	17.10	74	23	" " " " "

CUADRO 7

PROPIEDADES DE LOS SUELOS

PERFORACION PP-9 (OP-2)

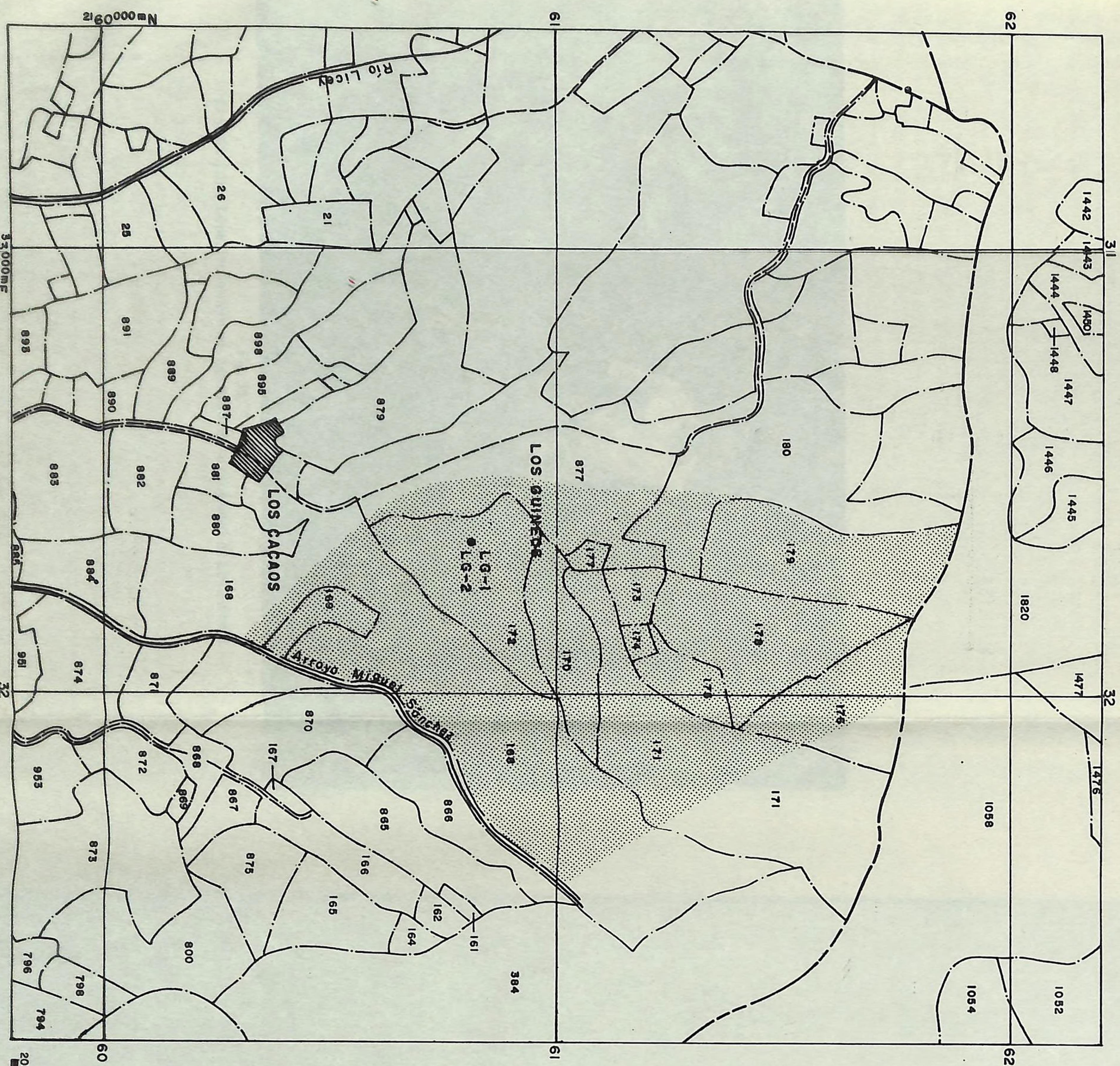
PERFORACION PP-9 (OP-2)

M	Prof.	N	W	C L A S I F I C A C I O N
37	17.55	64	20	Arcilla limosa, con arena, gris azulino, rígida
38	18.00	61	20	" " " "
-	18.45	37	-	
39	18.90	49	21	" " " "
-	19.35	66	-	
40	19.80	54	24	" " y grava calcárea, gris azulino
41	20.25	75	24	" " " "
42	20.70	40	14	" " " "
43	21.15	97	10	Fragmento de roca calcárea con arcilla gris
44	21.60	100	7	" " " "

N O M E N C L A T U R A :

- M** : Número de muestra
- Prof.** : Profundidad (m)
- N** : Número de golpes para 0.30m de penetración
- W** : Contenido de humedad natural (%)

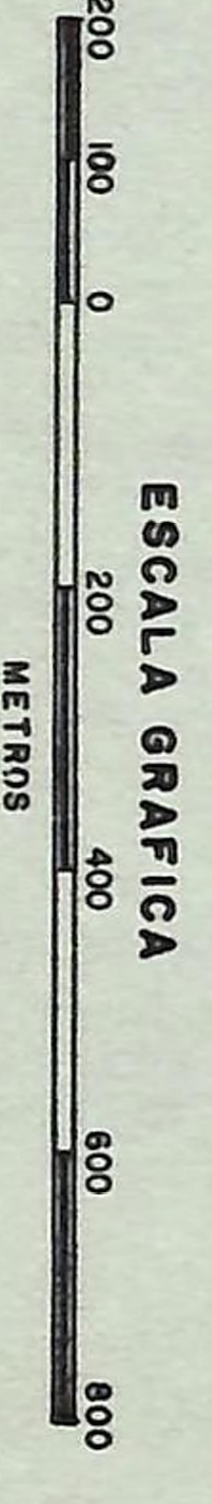
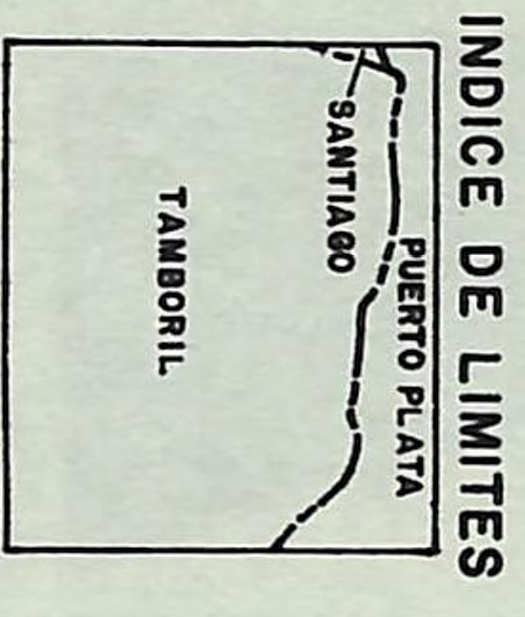
CUADRO 1



LOS GUINEOS

- ZONA DE DESLIZAMIENTO
- ZONA POBLADA
- CAMINO DE HERRADURA
- RIO Y ARROYO PERMANENTE
- LIMITE DE PREDIO
- LIMITE PROVINCIAL
- LIMITE MUNICIPAL
- PERFORACION

RELACION DE OCUPANTES DE PREDIOS AFECTADOS POR LOS DESLIZAMIENTOS				
PROVINCIA: SANTIAGO				
MUNICIPIO: TAMBORIL				
SECCION: LAS BOCAS DEL LICEY				
NUMERO DE PROVINCIA	NUMERO DE MUNICIPIO	NUMERO DEL SECTOR DE TRABAJO	NUMERO DE PREDIO	OCUPANTE
23	06	6	0168	López, Juan María (Mallío)
"	"	"	169	Durán, Rafaela
"	"	"	170	Liz López, Rafael Antonio
"	"	"	171	Liz, Rafael Antonio
"	"	"	172	López, Eliseo
"	"	"	173	Liz, Juan de Jesús
"	"	"	174	Liz, Jesús María
"	"	"	175	López, Eliseo
"	"	"	176	Suc. Vázquez, Gregorio
"	"	"	177	Liz, Rafaela
"	"	"	178	Suc. Vázquez, Gregorio
"	"	"	179	Suc. Fernández, Ramón
"	"	"	180	Polanco, Ramón Clemente
"	"	"	877	Suc. Durán, Pablo



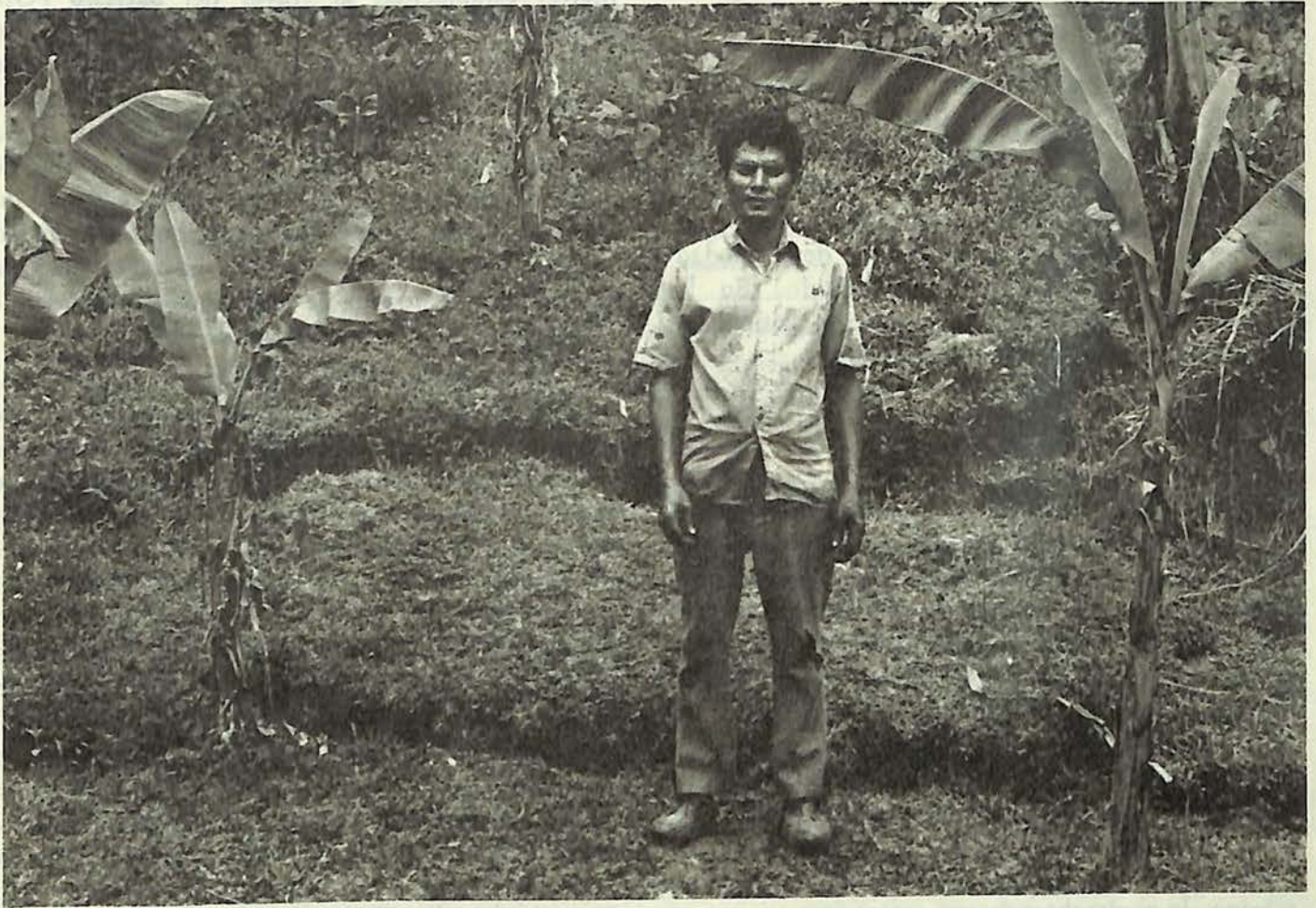


Fig. 35.

El Señor Jaime López en los terrenos agrietados de su propiedad de Los Guineos.

portada, sólo pudo ser llevado hasta 1.20 m de profundidad por encontrar fragmentos de roca calcárea. Dos horas más tarde se notó flujo ascendente de agua que llenó el barreno casi hasta arriba.

Para conseguir información más extensa se efectuó el barreno LG-2, dentro de la misma parcela, más alejado del camino, no muy lejos del LG-1 y a unos 30 m de un caño de montaña nombrado "La Matica", afluente del arroyo Miguel Sánchez, con su cauce 4 m más abajo del terreno. Ambas perforaciones fueron hechas el 4 de agosto de 1981.

Los suelos del sitio, cuadro 8, fluctúan entre CL y ML, ofreciendo desde 3.00 m hacia abajo endurecimientos esporádicos indicadores de esquistos menos transformados, elevadores de la compacidad del material. Desde la posición de la línea de saturación, localizada a 3.90 m, los suelos quedan sometidos a un contenido de humedad natural próximo a su límite líquido. En la profundidad máxima de exploración, situada a 5.70 m, apareció un poco de arena fina.

PALO QUEMADO

En Lomas de Palo Quemado, sección de Palo Quemado, del municipio de Santiago y provincia del mismo nombre, plano 4, ocurrieron deslizamientos de tierras modificadores de la superficie del terreno, habiéndose efectuado un reconocimiento a la propiedad del señor Ramón Gregorio Domínguez, predio 23-04-2-0789, de elevación 650 m sobre el nivel del mar, una de las más afectadas. Para alcanzarla fue menester tomar la carretera Luperón o antigua vía Santiago-Puerto Plata y en el Km 13 1/4 y a unos 3 Km por carretera de los límites provinciales, subir un camino sin pavimentar de una rasante muy severa y 700 m de longitud, ganándose una planicie para luego bajar siguiendo un camino vecinal. En los cafetales del señor Domínguez observamos deslizamientos de tierras acompañados de ascensos y descensos del suelo, compuesto por materiales finos inorgánicos, agrietado y fallado, con derrumbes de árboles, figs. 36-38.

El propio Ramón Gregorio Domínguez, quien dice tener 70 años, narra que cuando tenía aproximadamente 7 años, esto es hacia 1919, hubo unos deslizamientos de tierras en "La Cumbre", (vocablo muy usado en el país para

nombrar lugares elevados) entre Pedro García y Palo Quemado, donde una casa fue sepultada por un alud de tierra, pereciendo una pareja y sus dos hijos pequeños; habiéndose podido rescatar a una señora con un fémur fracturado y a otros dos niños. Las personas que acudieron en auxilio de las víctimas emplearon todo un día para moverse y poder levantar los cadáveres, siendo éste el único movimiento de tierras que sepamos haya provocado lesiones físicas y muertes de personas en el área estudiada.

Las cualidades de los suelos en Palo Quemado fueron establecidas al través del barreno PQ-1 ubicado en la vereda de penetración que se desarrolla ladera abajo después de haberse alcanzado la meseta donde están construidas las principales viviendas de la villa, frente a la propiedad de Domínguez, el día 25 de julio de 1981; pudiéndose notar en la senda y de modo claramente percible las deformaciones del terreno semiocultas por la vegetación en las zonas vecinas, horadándose en uno de los varios escalones que estropearon la rasante de la vía de tierra.

El subsuelo, cuadro 9, está constituido por arcillas y limos de mediana plasticidad color castaño, por cuyo predominio variable se llega a clasificaciones de ML y CL. No fue determinado flujo de agua, encontrándose los materiales a contenidos de humedad ligeramente menores que el límite plástico; observándose desde una profundidad de 2.10 m sectores tendientes a esquistos que finalmente pararon la operación del equipo a 3.90 m de profundidad, indicando el alcance de la intemperización.

Otra ocurrencia que amerita ser tratada en este lugar por caer dentro de la vecindad y ser consecuencia de los mismos deslizamientos, es la de la secadora de café del señor Antonio Pascual Domínguez, situada en el Km 13.5 de la carretera Luperón, predio 23-04-0847, casi frente al inicio del camino que sube a Palo Quemado. Un edificio de 90 x 36 pies, construido de bloques de hormigón sin revestir y planchas de hierro galvanizado, que su dueño se vio obligado a abandonar, levantar el techo y trasladar las maquinarias a Gurabo, por el agrietamiento y rotura de las paredes como puede verse en las figs. 39 y 40; situación que constatamos en julio de 1981.

Ochenta metros más adelante en la ruta a Puerto Plata y en una propiedad contigua a la anterior, la 23-04-2-0848, existe una edificación

Perforación : LG-2

Fecha : 4 de Agosto de 1981

PROPIEDADES DE LOS SUELOS
 Localización : Paraje Los Guineos, Sección Bocas del Licey, Municipio Tamboril
 Provincia Santiago, Predio Núm. 23-06-6-0172, del Sr. Jaime López

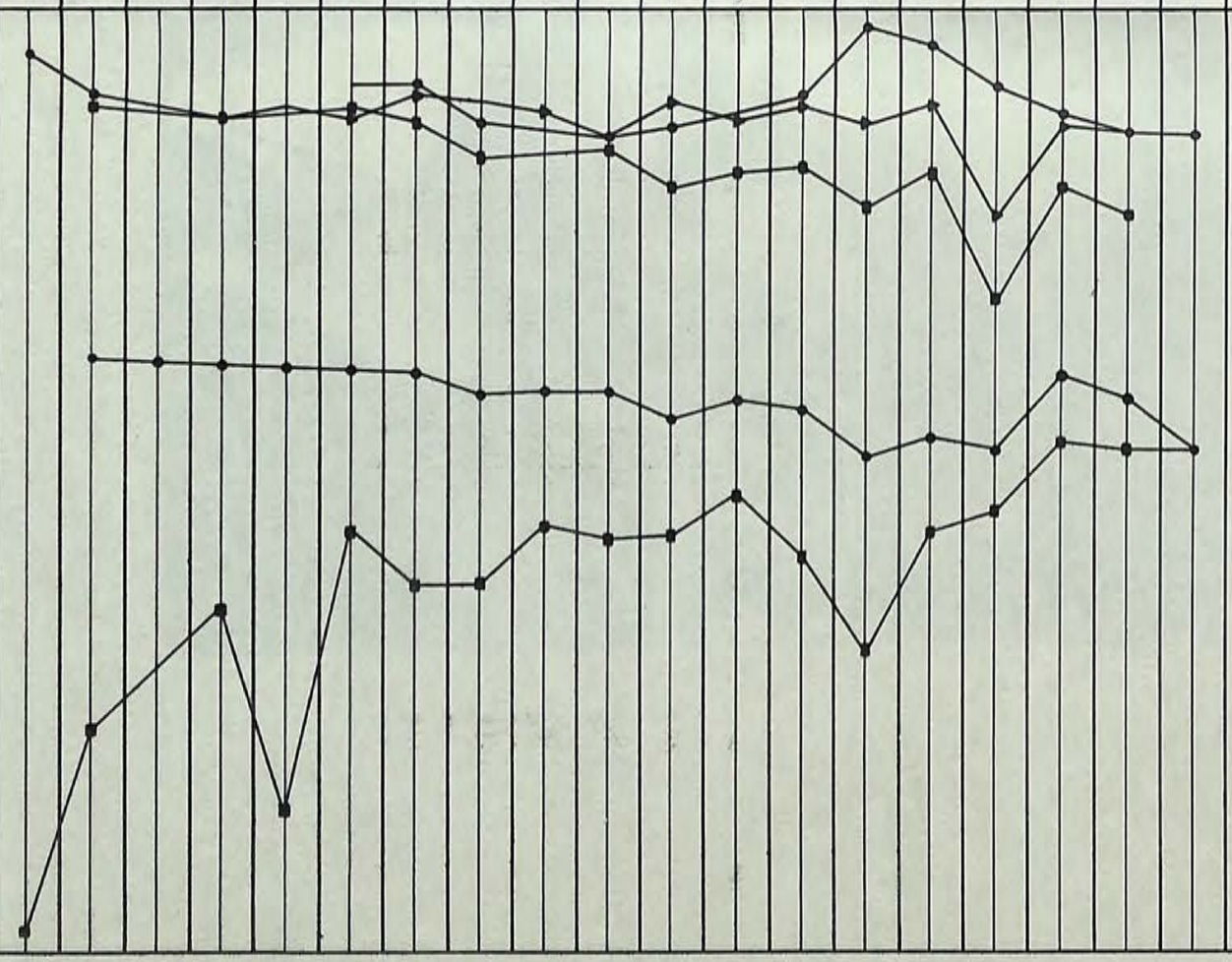
Tomamuestra : De pared fina
 Martinete : De 16Kg a 0.75m de caída libre

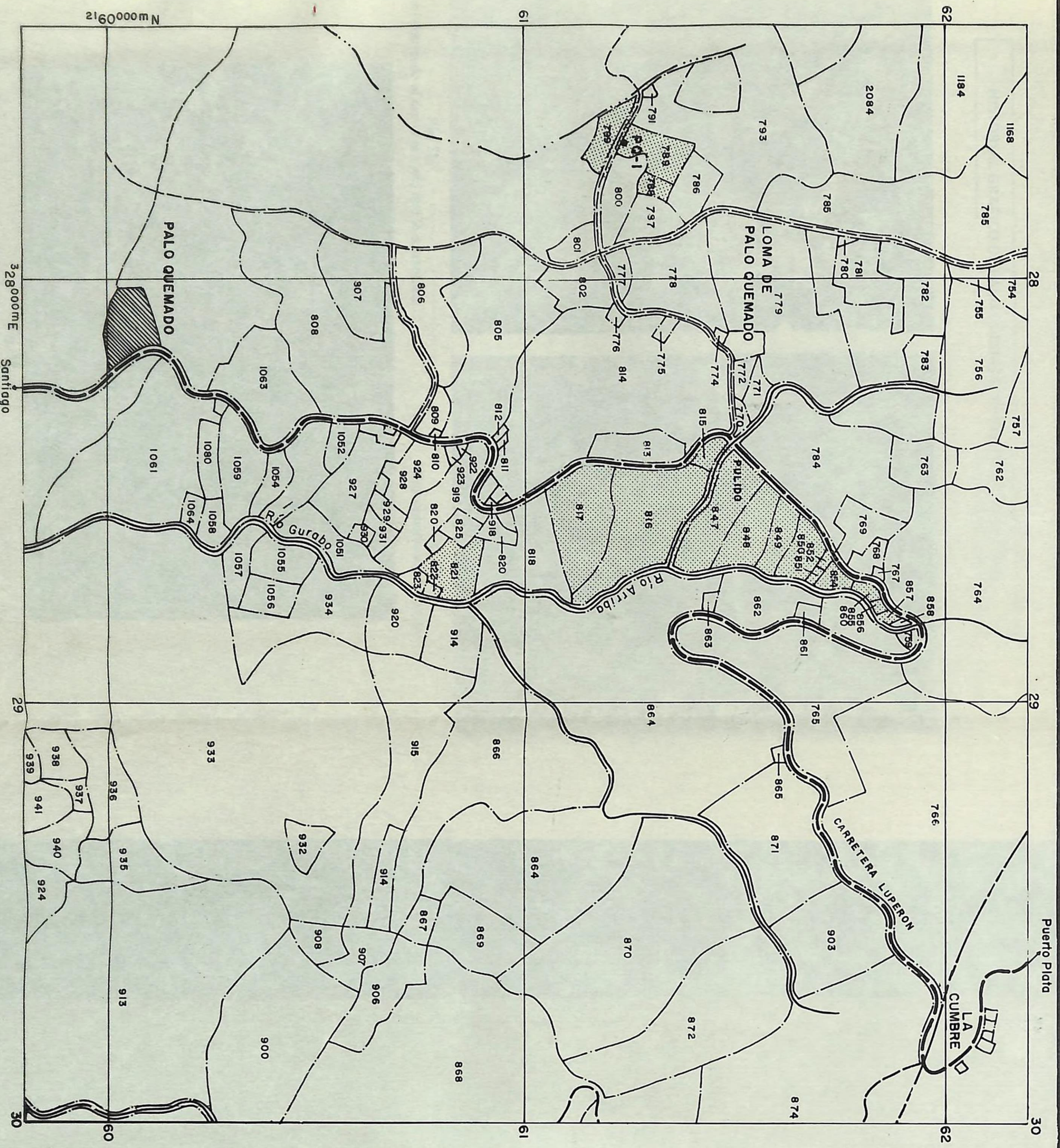
M	Prof.	NF	N'	q _u	w	LL	LP	IP	CL	RS	FA	CR	γ _s	e	Sr	γ _{un}	γ _{us}	SUC	Clasificación literal
1	0.30		21	2.06	25				9				2.69	0.76	90	1916	1529		Arcilla limosa, inorgánica, castaño, con algo de humus.
2	0.60		21	1.39	25	37	25	12	7	AIta		1.00						ML-CL	Arcilla y limo, inorgánicos, castaño.
3	0.90		20	1.07	24	33	23	10	4	AIta		0.90	2.80	0.72	91	2011	1629	ML-CL	Arcilla y limo, inorgánicos, castaño.
4	1.20		29	2.07	36	48	19	29	12	AIta		0.41	2.76	1.01	98	1867	1375	CL	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, castaño.
5	1.50		32	1.96	21	31	13	18	5	AIta	8	0.56	2.76	0.64	89	2032	1683	CL	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, castaño.
6	1.80		48	2.16	24	35	10	25	5	Ligera		0.44	2.78	0.70	95	2025	1636	CL	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, castaño.
7	2.10		36	1.57	21	30	20	10	2	Ligera		0.90	2.76	0.65	90	2026	1671	CL	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, castaño.
8	2.40		27	1.36	23	30	22	8	4	Ligera		0.88	2.72	0.65	96	2025	1645	CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño.
9	2.70		32	1.62	21	32	24	8	4	Ligera		1.37	2.70	0.59	97	2057	1696	ML	Arcilla y limo, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño.
10	3.00		33	1.25	25	27	25	2	4	Medio		1.00	2.68	0.68	97	1988	1594	ML	Arcilla y limo, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño, con endurecimientos esporádicos.
11	3.30		31	1.27	22							2.76	0.63	97	2071	1696		Arcilla y limo, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño, con endurecimientos esporádicos.	
12	3.60		39	1.31	20	28	23	5	5	Medio		1.60	2.70	0.55	99	2098	1746	ML	Arcilla y limo, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño, con endurecimientos esporádicos.
13	3.90		39	1.00	19	23	18	5	4	Medio		0.80	2.74	0.54	98	2125	1781	CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño, con endurecimientos esporádicos.
14	4.20		31		23	21	18	3	3	Medio		-0.67						CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño, con endurecimientos esporádicos.
15	4.50		71		21														Arcilla y limo, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño, con endurecimientos esporádicos.
16	4.80		42		23	23				Medio		2.75						CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño, con endurecimientos esporádicos.
17	5.10		50		21														Arcilla y limo, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño, con endurecimientos esporádicos.
18	5.40		59	0.76	19	20			4	Medio		2.77						CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño, con endurecimientos esporádicos y arena fina.
19	5.70		44 15Cm		13														Arcilla y limo, inorgánicos, de mediana plasticidad, castaño, con endurecimientos esporádicos y arena fina.

NOMENCLATURA:

M : Número de muestra
 Prof : Profundidad (m)
 NF : Nivel freático
 N' : Número de golpes para 0.30m de penetración
 q_u : Resistencia a la compresión no-confiada (kg/cm²)
 w : Contenido de humedad natural (%)
 LL : Límite líquido (%)
 LP : Límite plástico (%)
 IP : Índice plástico (%)
 CL : Contracción lineal (%)
 RS : Resistencia en estado seco
 FA : Fracción arcilla (%)
 CR : Consistencia relativa
 γ_s : Peso específico de partículas sólidas
 e : Relación de vacíos
 Sr : Grado de saturación (%)
 γ_{un} : Peso unitario del suelo en estado natural (kg/m³)
 γ_{us} : Peso unitario del suelo en estado seco (kg/m³)
 SUC : Clasificación por el sistema unificado

Gráficos





PALO QUEMADO

- ZONA DE DESLIZAMIENTO
- ZONA POBLADA
- CARRETERA
- CAMINO CARRETERO
- CAMINO DE HERRADURA
- RIO Y ARROYO PERMANENTE
- CAÑADA Y ARROYO NO PERMANENTE
- LIMITE DE PREDIO
- LIMITE PROVINCIAL
- LIMITE MUNICIPAL
- PERFORACION

RELACION DE OCUPANTES DE PREDIOS AFECTADOS POR LOS DESLIZAMIENTOS

PROVINCIA: SANTIAGO
 MUNICIPIO: SANTIAGO
 SECCION: PALO QUEMADO

NUMERO DE PROVINCIA	NUMERO DE MUNICIPIO	NUMERO DEL SECTOR DE TRABAJO	NUMERO DE PREDIO	OCUPANTE
23	04	2	0815	De León, María
"	"	"	816	Suc. De León, Prudencia de Jesús.
"	"	"	817	Suc. Sandallo, Mencias
"	"	"	821	Pichardo, Víctor Manuel
"	"	"	822	Leison Pérez, Felicia Laura
"	"	"	847	Domínguez, Pascual Antonio
"	"	"	848	Domínguez, Ramón
"	"	"	849	Candelario, Domingo Antonio
"	"	"	850	Corsino, Luciano
"	"	"	851	Corsino, José Rosalio
"	"	"	852	Corsino, Félix
"	"	"	854	Veras, Francisco
"	"	"	855	Corsino, Candelario
"	"	"	856	Domínguez, Antonio Domingo
"	"	"	857	Candelario, Domingo Antonio

PARAUE: LOMA DE PALO QUEMADO

NUMERO DE PROVINCIA	NUMERO DE MUNICIPIO	NUMERO DEL SECTOR DE TRABAJO	NUMERO DE PREDIO	OCUPANTE
23	04	2	0788	Díaz, Ernesto
"	"	"	789	Domínguez, Ramón Gregorio
"	"	"	799	Sánchez, José

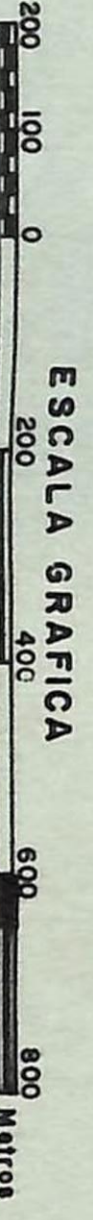
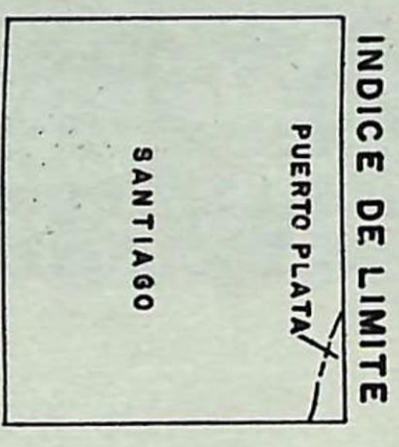




Fig. 36.
Arbol derribado al correr el suelo que lo sustentaba.



Fig. 37.
Corrugaciones del terreno.



Fig. 38.
Hendeduras y descensos.

Perforación : PQ-1

P R O P I E D A D E S D E L O S S U E L O S

Fecha : 25 de Julio de 1981

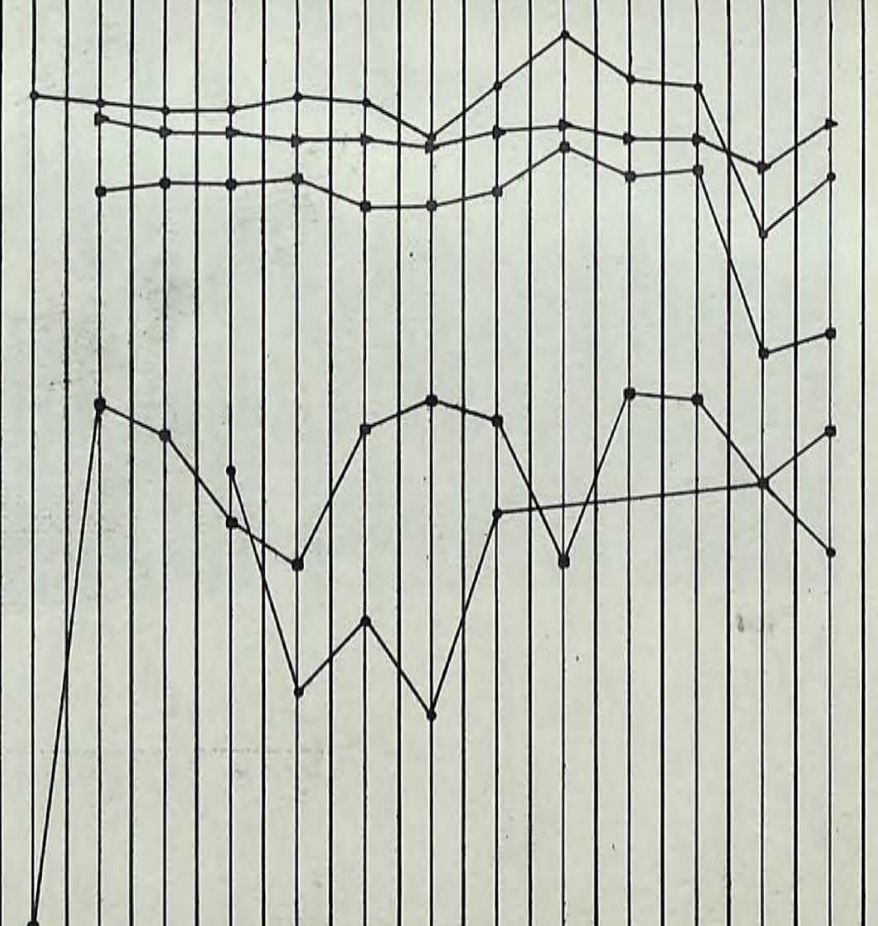
Localización : Paraje Loma de Palo Quemado, Sección Palo Quemado, Municipio Santiago, Provincia Santiago
En camino vecinal frente a predio 23-04-2-0789 del Sr. Ramón Gregorio Domínguez

Tomamuestra : De pared fina.

Martinete : De 10Kg a 0.75m de caída libre

M	Prof.	NF	N'	q _u	w	LL	LP	IP	CL	RS	FA	CR	γ _s	e	Sr	γ _{un}	γ _{us}	SUC.	Clasificación literal
1	0.30		16	2.24	26	47	19	28	11	Alta		0.75	2.65	0.72	95	1940	1541	CL	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, castaño, con algo de humus.
2	0.60		23	1.26	34	50	25	25	12	Alta		0.64	2.69			1907	1423	CL	Arcilla limosa, inorgánica, de mediana plasticidad, castaño, con algo de humus.
3	0.90		12		14	25	21	4	3	Medio		2.75	2.67					ML	Arcilla y limo, inorgánicos, castaño, con trazas de material calcreo, de mediana plasticidad.
4	1.20		11		13	26	21	5	3	Medio		2.60	2.75					ML	Arcilla y limo, inorgánicos, castaño, con trazas de material calcreo, de mediana plasticidad.
5	1.50		34		7	22	19	3	1	Medio		5.00						ML	Arcilla y limo, inorgánicos, castaño, con trazas de material calcreo, de mediana plasticidad.
6	1.80		15	1.73	14	28	20	8	5	Medio		1.75				2046	1797	CL	Arcilla y limo, inorgánicos, castaño, con trazas de material calcreo, de mediana plasticidad.
7	2.10		12	4.5*	21	30	22	8	3	Medio		1.12						CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, castaño, con trazas de material calcreo, de mediana plasticidad; con sectores tendientes a esquistos.
8	2.40		16	3.2*	16	30	21	9	3	Medio		1.56	2.75					CL	Arcilla y limo, inorgánicos, castaño, con trazas de material calcreo, de mediana plasticidad; con sectores tendientes a esquistos.
9	2.70		35	4.2*	15	26	21	5	5	Ligero		2.20						ML	Arcilla y limo, inorgánicos, castaño, con trazas de material calcreo, de mediana plasticidad; con sectores tendientes a esquistos.
10	3.00		29	1.17	17	27	20	7	3	Ligero		1.43				1964	1680	CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, castaño, con trazas de material calcreo, de mediana plasticidad, con sectores tendientes a esquistos.
11	3.30		17		17	27	20	7	3	Ligero		1.43						CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, castaño, con trazas de material calcreo, de mediana plasticidad, con sectores tendientes a esquistos.
12	3.60		13		16	28	18	10	3	Medio		1.20						CL	Arcilla y limo, inorgánicos, castaño, con trazas de material calcreo, de mediana plasticidad; con sectores tendientes a esquistos.
13	3.90		84		15														

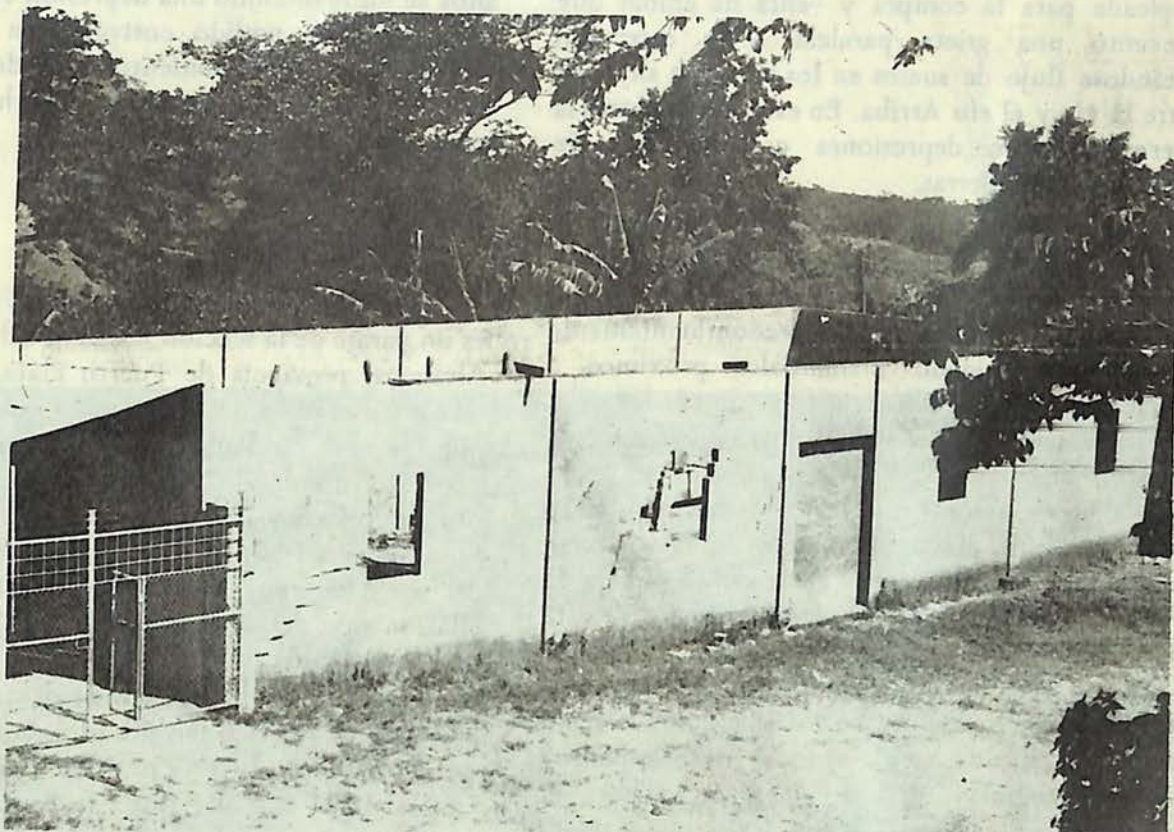
G r á f i c o s



■ : LL
▲ : LP
● : N'
◆ : qu
◻ : w

N O M E N C L A T U R A :

- M : Número de muestra
- Prof. : Profundidad (m)
- NF : Nivel freático
- N' : Número de golpes para 0.30m de penetración
- q_u : Resistencia a la compresión no-confiada (Kg/cm²)
- w : Contenido de humedad natural (%)
- LL : Límite líquido (%)
- LP : Límite plástico (%)
- IP : Índice plástico (%)
- CL : Contracción lineal (%)
- RS : Resistencia en estado seco
- FA : Fracción arcilla (%)
- CR : Consistencia relativa
- γ_s : Peso específico de partículas sólidas
- e : Relación de vacíos
- Sr : Grado de saturación (%)
- γ_{un} : Peso unitario del suelo en estado natural (Kg/m³)
- γ_{us} : Peso unitario del suelo en estado seco (Kg/m³)
- SUC : Clasificación por el Sistema Unificado
- * : Con penetrómetro



Figs. 39 y 40.
Secadora de café del Km 13.5 de carretera Luperón.



empleada para la compra y venta de ámbar que presentó una grieta paralela a la carretera; notándose flujo de suelos en los terrenos situados entre la vía y el río Arriba. En estos alrededores la carretera tiene depresiones consecuencias de corrimientos de tierras.

La carretera Luperón entre el Km 12 y el arroyo Sonador, situado en el Km 28, presenta materiales del tipo limo arcilloso que a partir del susodicho arroyo se hacen predominantemente calcáreos; existiendo manantiales próximos a Sonador, aprovechados con fines domésticos, fig. 41. La inestabilidad de este tramo es bien conocida desde tiempo atrás, señalando el geólogo suizo Willy Lengweiler (11) que "en noviembre de 1928 se deslizaron algunos kilómetros de la carretera Luperón que une a Puerto Plata con Santiago de los Caballeros. El material es grafito arcilloso y está situado sobre estratos sedimentarios de planos inclinados y cubiertos por muy poco espesor de capa vegetal. Llovió durante 9 días y después de un ligero temblor de tierra vino el deslizamiento" (incluye fotografía).

De esa época son unos grandes corrimientos de tierras que se produjeron en Sonador y sobre los cuales los habitantes del lugar narran que en el mes de noviembre de 1928 llegaron al arroyo Yaroa y represándolo elevaron el nivel de las aguas poniendo en riesgo la vida de personas y animales.

Coincidentes con los kilómetros 21, 23 y 25 de la antigua carretera Santiago-Puerto Plata han tenido lugar, después de períodos de lluvias, deslizamientos que ocasionalmente han obligado a la sustitución de los tramos escuadrados por otros situados en posiciones más altas.

En octubre de 1970 el tránsito vehicular de la carretera Luperón se realizaba precariamente por un desvío construido más arriba del tramo original, después que las fallas obligaron a esta solución de emergencia. Cerrándose finalmente la carretera a consecuencia de los ablandamientos y hundimientos que obstaculizando los vehículos pesados dificultaban el movimiento en los dos sentidos del camino. Las filtraciones de agua eran visibles al través de los taludes en corte. Fig. 42.

La finca de cafetos "La Cumbre", hoy propiedad estatal, y otras vecinas como la de la señora Francisca Córdova Vda. Del Valle, han sufrido deterioros continuos. Frente a esta última y en el lugar denominado "Hoyo de Luna", inmediatamente antes de alcanzarse el Km 27, por

años se ha mantenido una depresión en la carretera que no se ha podido corregir con los rellenos periódicos de mantenimiento, optando los técnicos de Obras Públicas por dejar muchas veces sin pavimentar este sector de la vía.

HUEVITO

Huevoito, a unos 600 m sobre el nivel del mar, es un paraje de la sección Escalera del municipio de Altamira, provincia de Puerto Plata, plano 5, un poco alejado del bloque formado por las poblaciones estudiadas antes, distante 8 Km de Altamira, donde el 24 de abril de 1981 tres casas situadas próximas a la carretera y al arroyo Huevoito fueron afectadas en paredes y pisos por traslaciones del suelo de cimentación. Figs. 43 y 44. Una de ellas, la casa del señor Andrés García, de 9 x 6 m, está construida de bloques hasta nivel inferior de ventanas y luego de madera, techada de planchas de hierro galvanizado. Otra, la vivienda del señor Pablo Toribio Santana (predio 15-01-1-0531 de Félix Antonio Santana), de 6 x 6 m, tenía paredes de tablas de palma y techo de planchas metálicas. La tercera, la casa del señor Gerónimo Ozoria Martínez, localizada en el mismo predio de la anterior, de 7 x 6 m, tenía paredes de tablas de palma. De las tres casas afectadas, las dos últimas han sido removidas esperando la primera una acción similar.

Un hombre de larga residencia en el sitio, que dice tener 73 años, declara que cuando tenía 14 años de edad, esto es en 1923, presencié, cerca del lugar de los accidentes actuales, corrimientos de tierras que afectaron la casa donde estaba situada una pulpería, teniendo finalmente que ser desarmada.

Otra ocurrencia de un mango rajado, en predio 15-01-0530 de Alejo Santana, cuyas dos porciones se desplazaron una de la otra, figs. 45 y 46, aconteció al igual que en Palma Picada. Un escalón tangente a su tronco atestigua que el árbol resultó coincidente con una superficie de rotura de masas de suelo que sometió a la madera del tronco a esfuerzos de tracción de dirección normal a las fibras, rompiendo por desgarramiento. La distancia de unos 4 m entre la porción del mango que permaneció fija y la que se movió, mide el orden de magnitudes de los corrimientos horizontales en la zona. El examen de la homología de los dos sucesos observados en mangos, distintos al

RELACION DE CUENTAS DE PREDIOS AFECTADOS
POR LOS DESPLAZAMIENTOS

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION

MUNICIPIO: LUPERÓN

SECCION: 2000-1-1

N.º DE CASA	NOMBRE DEL PROPIETARIO NOMBRE DEL USUARIO	VALOR DE CASA	COMUNIDAD
01



Fig. 41.

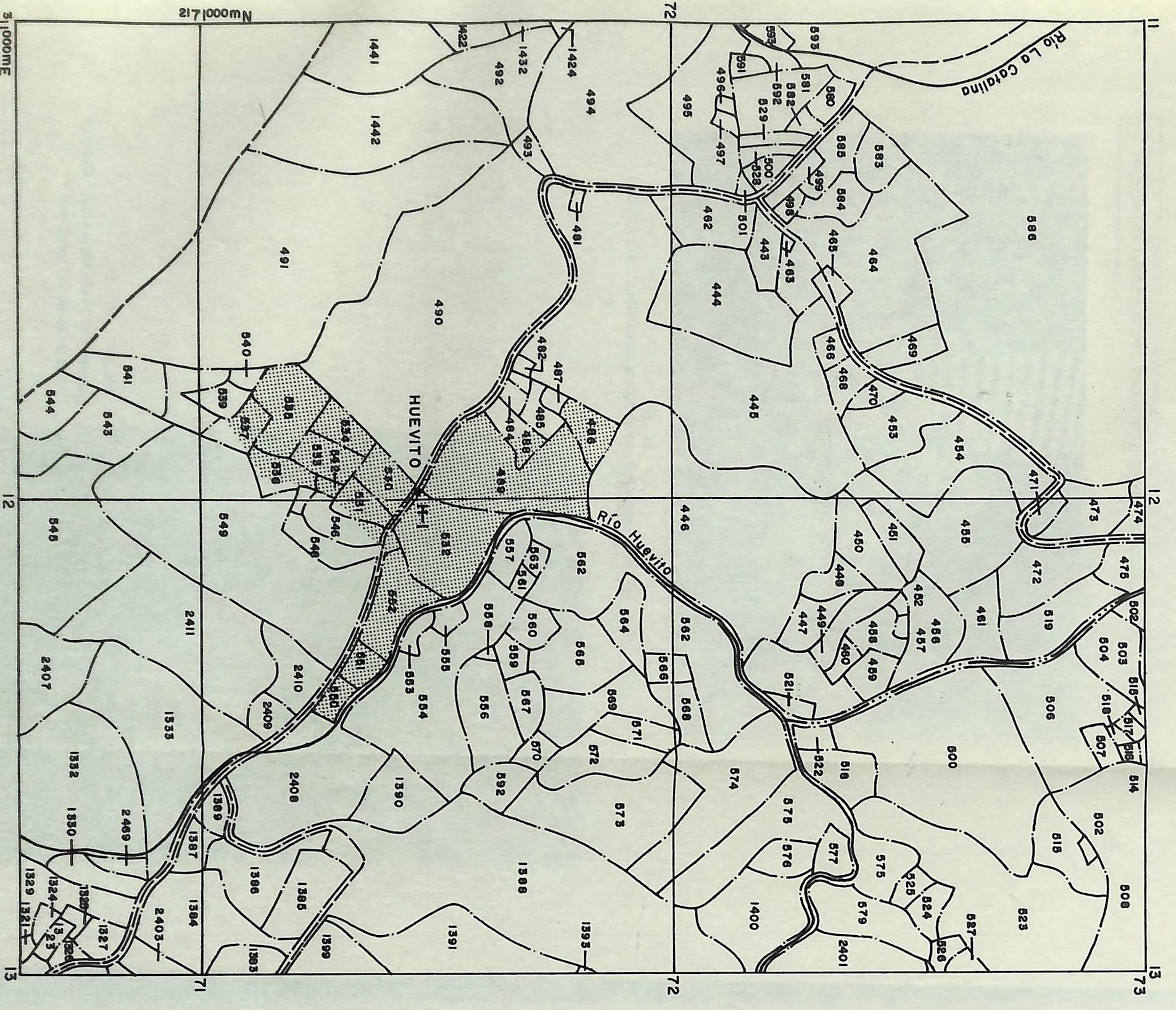
Niña tomando agua de manantial en tramo crítico de carretera Luperón
próximo al arroyo Sonador.

PLANO 3

Postes del tendido eléctrico en carretera original



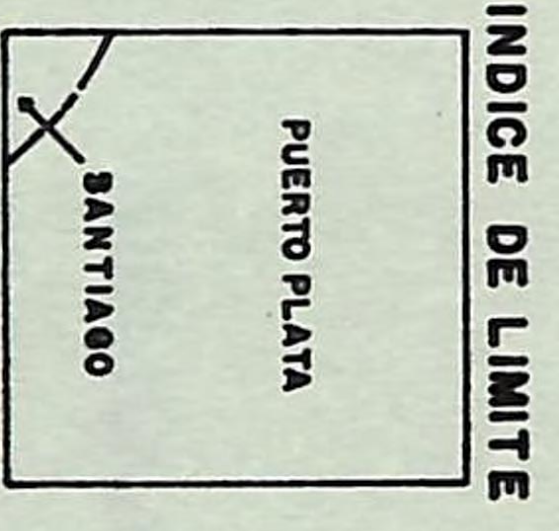
Fig. 42.
Fallas en la carretera Luperón, 1970.



HUEVITO

LEYENDA

- ZONA DE DESLIZAMIENTO
- CAMINO DE HERRADURA
- RIO Y ARROYO PERMANENTE
- CAÑADA Y ARROYO NO PERMANENTE
- LIMITE DE PREDIO
- LIMITE PROVINCIAL
- PERFORACION



RELACION DE OCUPANTES DE PREDIOS AFECTADOS POR LOS DESLIZAMIENTOS				
PROVINCIA : PUERTO PLATA PARAJE: HUEVITO				
MUNICIPIO: ALTAMIRA				
SECCION: ESCALERA				
NUMERO DE PROVINCIA	NUMERO DE MUNICIPIO	NUMERO DEL SECTOR DE TRABAJO	NUMERO DE PREDIO	OCUPANTE
15	01	1	0488	Vargas, Miguel Ramón
"	"	"	489	Vargas Minoya, Simeón
"	"	"	530	Santana, Alejo
"	"	"	531	Santana, Félix Antonio
"	"	"	532	Cortés Cruz
"	"	"	533	Santana, Elejcia
"	"	"	534	Santana de Genao, Isabel
"	"	"	535	Santana, Pedro
"	"	"	536	Santana Santos
"	"	"	537	Toribio, Juana
"	"	"	542	Genao, Aisenio
"	"	"	550	Osorio, Octavio
"	"	"	551	Osorio de Santos, Rafaela
"	"	"	552	Martínez, Pablo Alfonso



Fig. 43.

El Señor García señalando daños en su casa. Nótese la puerta condenada.

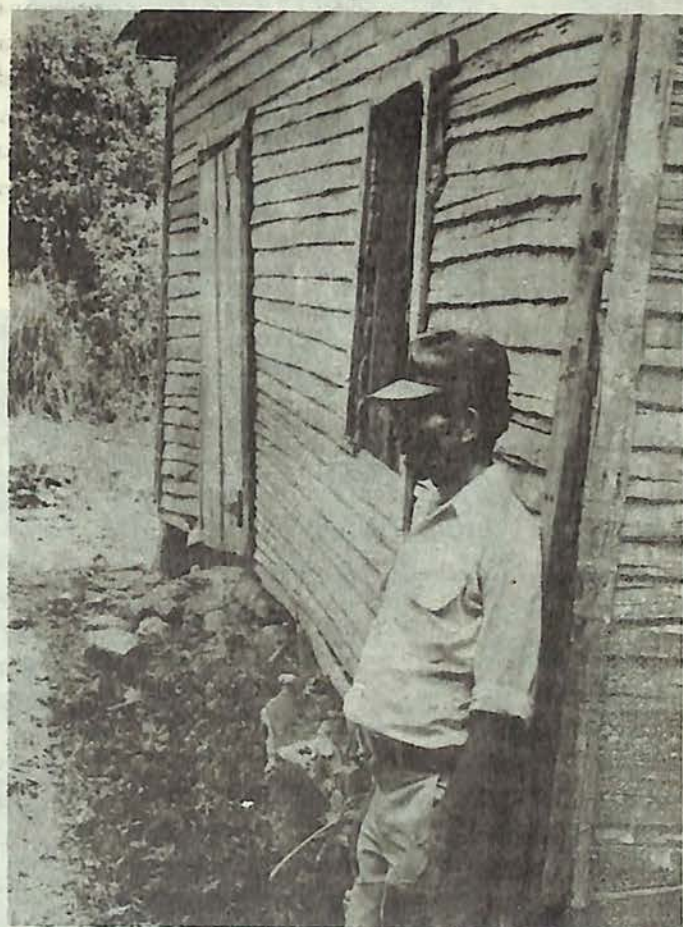


Fig. 44.

Fachada trasera alabeada de la vivienda del Señor Gerónimo Ozuna.

HISTORIAL GRAFICO DEL PARAJE HUEVITO, ESCALERA, ALTAMIRA.

Figs. 45 y 46

Mango partido y separado en dos porciones por los movimientos de tierras.



comportamiento de las palmas, robustece el criterio de que las raíces profundas y vigorosas del mango penetran hasta la parte no intemperizada del subsuelo, ocasionándose su rotura parcial pero no el arrastre total.

Los suelos de Huevito, cuadro 10, se agrupan en los tipos CL y ML o combinaciones indeterminadas de ambos, siéndoles significativo un tinte grisáceo con el castaño básico, consecuencia de la descomposición de materia orgánica de origen vegetal. Al perforar el barreno H-1 la presión hidrostática elevó el agua desde 1.50 m de profundidad a la superficie, saturadora virtual de los materiales cuyo contenido de humedad se aleja del límite líquido en ganancia de profundidad, alcanzándose horizontes en los que se detectaron esquistos poco metamorfoseados que llevan implícitos aumentos de resistencia que limitaron la horadación a 4.80 m, marcando el grosor de la capa de suelo coluvial.

MECANISMOS DE LOS DESLIZAMIENTOS

La Cordillera Septentrional, en las áreas estudiadas, está compuesta por rocas sedimentarias no solubles, originadas a partir de la densificación de arcillas, limos y a veces arenas (9,21) denominadas sin normalización en la clasificación como esquistos, arcilla-roca, limo-roca o lodo-roca (20), coexistentes con calizas eocenas (8,15) que son del tipo de rocas sedimentarias solubles; habiéndose producido en las últimas dos décadas un creciente interés por el estudio de la estabilidad de taludes o laderas naturales en arcillas pre o sobreconsolidadas, que ocasionan más problemas que las blandas (6), grupo en el cual caen las que nos ocupan por haber resistido presiones efectivas mayores de las derivadas de la influencia de las capas suprayacentes actuales y que en el caso de Santiago y la sierra próxima es ocasionada por la erosión y la desecación que tiene efectos semejantes, situación manifiesta por contenidos de humedad en los suelos próximos a sus límites plásticos.

A lo largo del tiempo los agentes de intemperización han ido modificando los materiales resistentes hasta llevarlos a tener consistencia térrea pudiendo en un lugar determinado ser residuales o, como sucede la mayoría de veces, transportados desde puntos más elevados por la fuerza gravitacional y las aguas,

denominándose a estos suelos con el término "coluvial" (3)

Simultáneamente con la descomposición gradual por intemperización se produce una liberación de energía (1) importante en materiales sobreconsolidados tanto mayor como vigorosos sean los vínculos del depósito, con una reducción de los esfuerzos normales en sus partes más elevadas, acompañado todo de una fuerte expansión por la absorción de agua libre mediante un fenómeno electroquímico en el que participan algunos elementos de la fracción coloidal del suelo. Las fuerzas de tensión, desarrolladas en las partes más altas del material madre donde necesariamente por heterogeneidad natural de composición y comportamiento existen resistencias de diferentes rangos, provocan un estado de esfuerzos y deformaciones en el cual las porciones duras restringen el movimiento ocasionando grietas y fisuras a cuyo través se incrementa al avance de los agentes de intemperismo que cobran así nuevos suelos coluviales, formándose una capa superior de cubrimiento cuyos espesores mayores coinciden con los de mayor actividad de cambio. De este modo las masas térreas descompuestas constituyen partes más vulnerables para resistir las pendientes de montañas en confrontación con la roca de origen, habiéndose saturado con facilidad durante grandes épocas de lluvia en intensidad y extensión aumentándose el peso de las masas porosas y permeables, al mismo tiempo que se redujeron sus parámetros al esfuerzo cortante, principalmente en la frontera de separación entre suelo y roca donde la menor permeabilidad de ésta última detiene las líneas de corriente, acumulándose agua que genera un aumento en la presión de poros y los niveles más bajos de resistencia que al llegar al punto de provocar el igualamiento del momento resistente con el motor de las fuerzas condicionantes de la estabilidad de los taludes, producen el colapso y el deslizamiento de los suelos saturados y reblandecidos sobre las rocas no perturbadas, restando sectores que no participan del movimiento y lo restringen como fueron las áreas donde permanecieron las porciones inmóviles de los troncos de mangos observados en Palma Picada y Huevito, y donde más bien los árboles actuaron como elementos de anclaje; desgarrándose el suelo en jirones y creándose una serie compleja de fallas progresivas que se inician en los alrededores del pie del talud propagándose hacia abajo y arriba (18),

Perforación : H-1

PROPIEDADES DE LOS SUELOS

Localización : Paraje Huevito, Sección Escalera, Municipio Altamira, Prov. Puerto Plata

Fecha : 24 de Julio de 1981

En carretera frente a Predio 15-01-1-0531 del Sr. Félix Santana.

Tomamuestra : De pared fina
Martinete : De 16Kg a 0.75m de caída libre

M	Prof.	NF	N'	qu	w	LL	LP	IP	CL	RS	FA	CR	γ_s	e	Sr	γ_{un}	γ_{us}	SUC.	Clasificación literal
1	0.30	6	0.47	26	36	27	9	5				1.11				2041	1622	ML	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, castaño grisáceo, saturados.
2	0.60	9	0.96	27	35	21	14	8				0.57	2.68	0.72	99	1968	1554	CL	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, castaño grisáceo, saturados.
3	0.90	19	1.21	26	34	22	12	6				0.67	2.67	0.71	98	1964	1559	CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, castaño grisáceo, saturados.
4	1.20	28	1.22	24	34	27	7	5				1.43	2.64	0.70	92	1933	1555	ML	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, castaño grisáceo, saturados.
5	1.50	34	1.22	28	36	24	12	7				0.67	2.67			1973	1539	CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, castaño grisáceo, saturados.
6	1.80	48	1.54	24	35	24	11	5				1.00				2009	1619	ML	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, castaño grisáceo, saturados.
7	2.10	45	1.44	24	33	23	10	5				0.90	2.64	0.65	96	1976	1596	CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, castaño grisáceo, saturados.
8	2.40	36	1.34	27	39	25	14	7				0.86	2.67	0.71	100	1976	1562	ML	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, castaño grisáceo, saturados.
9	2.70	54	1.90	24	35	25	10	5				1.10	2.68	0.64	99	2021	1636	ML	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, castaño grisáceo, saturados.
10	3.00	49	1.79	19	36	22	14	7				1.21	2.64			2086	1748	CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, castaño grisáceo, saturados, con fragmento de roca
11	3.30	56	1.54	29	41	27	14	9				0.86	2.65					CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, castaño grisáceo, saturados, con fragmento de roca.
12	3.60	64	2.07	24	34	25	9	4				1.11	2.64	0.63	100	2004	1619	CL	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, castaño grisáceo, saturados, tendencia a esquistos.
13	3.90	58	2.50*	18	35	24	11	6				1.54						ML	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, castaño grisáceo, saturados; tendencia a esquistos.
14	4.20	84	2.45	21	36	24	12	6				1.25	2.65	0.56	100	2046	1690	CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, gris castaño, saturados.
15	4.50	106	4.50*	17	33	23	10	5				1.60	2.66					CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, gris castaño, saturados.
16	4.80	97	3.75	16									2.63					CL-ML	Arcilla y limo, inorgánicos, con adiciones calcáreas, de mediana plasticidad, gris castaño, saturados.

NOMENCLATURA:

- M : Número de muestra
- Prof. : Profundidad (m)
- NF : Nivel freático
- N' : Número de golpes para 0.30m de penetración
- qu : Resistencia a la compresión no-confundida (Kg/cm²)
- w : Contenido de humedad natural (%)
- LL : Límite líquido (%)
- LP : Límite plástico (%)
- IP : Índice plástico (%)
- CL : Contracción lineal (%)
- RS : Resistencia en estado seco
- FA : Fracción arcilla (%)
- CR : Consistencia relativa
- γ_s : Peso específico de partículas sólidas
- e : Relación de vacíos
- Sr : Grado de saturación (%)
- γ_{un} : Peso unitario del suelo en estado natural (Kg/m³)
- γ_{us} : Peso unitario del suelo en estado seco (Kg/m³)
- SUC : Clasificación por el Sistema Unificado
- * : Con penetrometro
- + : Para 27cm

Graficos



■ : LL
 ▲ : LP
 ● : N'
 ○ : qu
 ○ : w

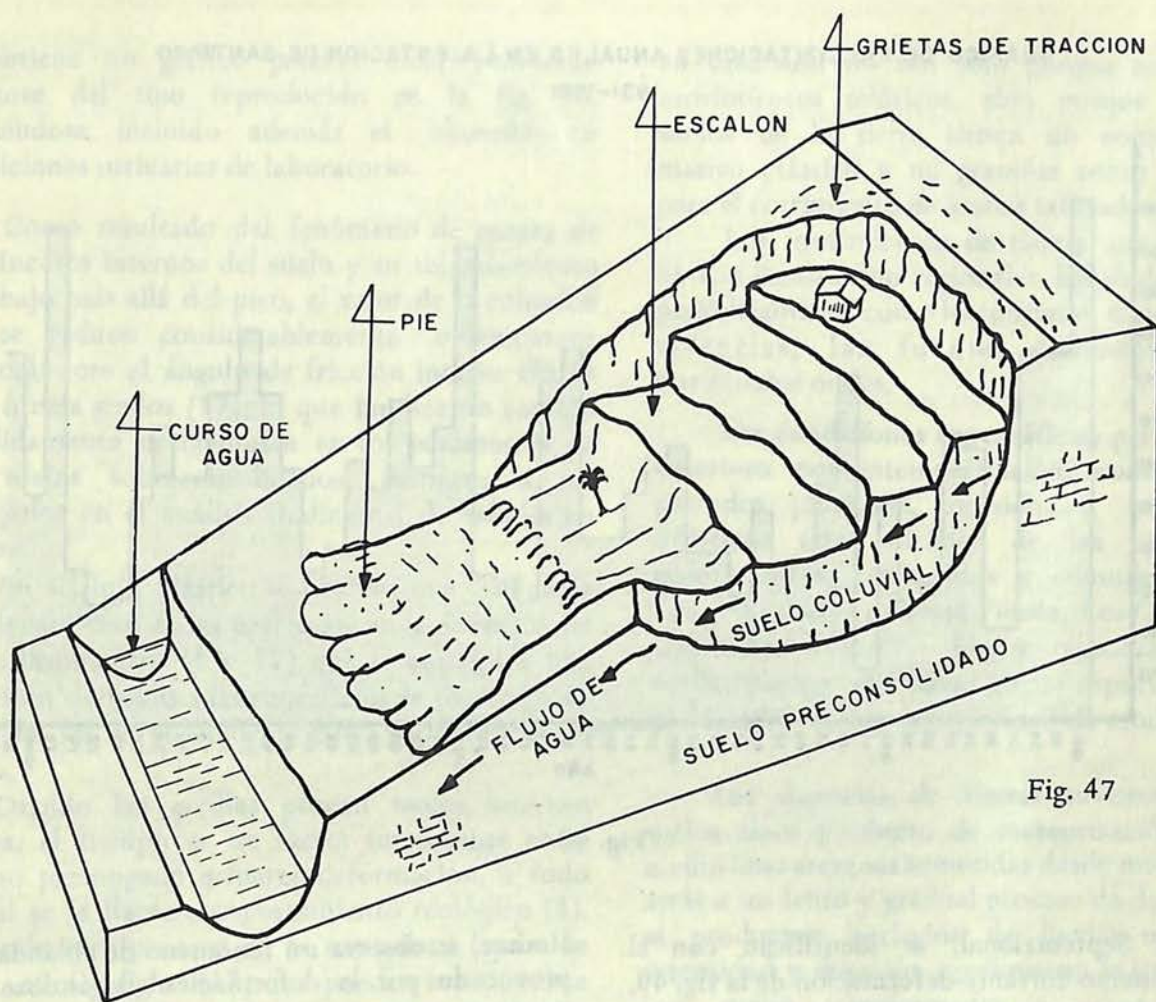


Fig. 47

como aconteció en la parte baja del callejón a la Hoya, en Palma Picada, al paso del ciclón David y la tormenta Federico cuando sucedieron deformaciones y esfuerzos que aparentemente alcanzaron una condición de equilibrio precario que no permitió la continuación de las fallas, al menos visibles, hasta tanto no se produjo otro período de lluvias intensivas. En el dibujo de la fig. 47 se trata de explicar el mecanismo de los deslizamientos.

La influencia del agua en los fenómenos sucedidos es irrefutable. Para conocer el historial de lluvias de la zona se han tomado los registros de la ciudad de Santiago —los de la localidad más próxima disponible— suministrados por el Departamento de Meteorología que, aunque de una estación en el valle, reflejan el comportamiento de variaciones en el área. Y en efecto observaremos en el gráfico de la fig. 48 que la precipitación total del año 1979: 1551 mm es la mayor en un lapso de 50

años. Si se contase con informes diarios de lluvias a combinar en lapsos del orden de 10 días (14) se podrían detectar aún mejor los períodos de precipitaciones sostenidas diluidos u ocultos en tiempos mayores de medición.

Para el usuario consuetudinario del tramo de la carretera Luperón entre los Kms 12 y 28, así como para los moradores del sector o personas observadoras en general sería fácil relacionar los años húmedos hechos notar en el gráfico de la fig. 48 con las épocas de corrimientos de tierras en la supradicha longitud de carretera. La estación meteorológica de Santiago comenzó a operar después de los grandes deslizamientos de Sonador en 1928, registrando las estaciones de La Vega y Puerto Plata ese año como muy pluvioso.

Las características al esfuerzo cortante de las arcillas pre-consolidadas, como las presentes en la

GRAFICO DE PRECIPITACIONES ANUALES EN LA ESTACION DE SANTIAGO
1931-1981

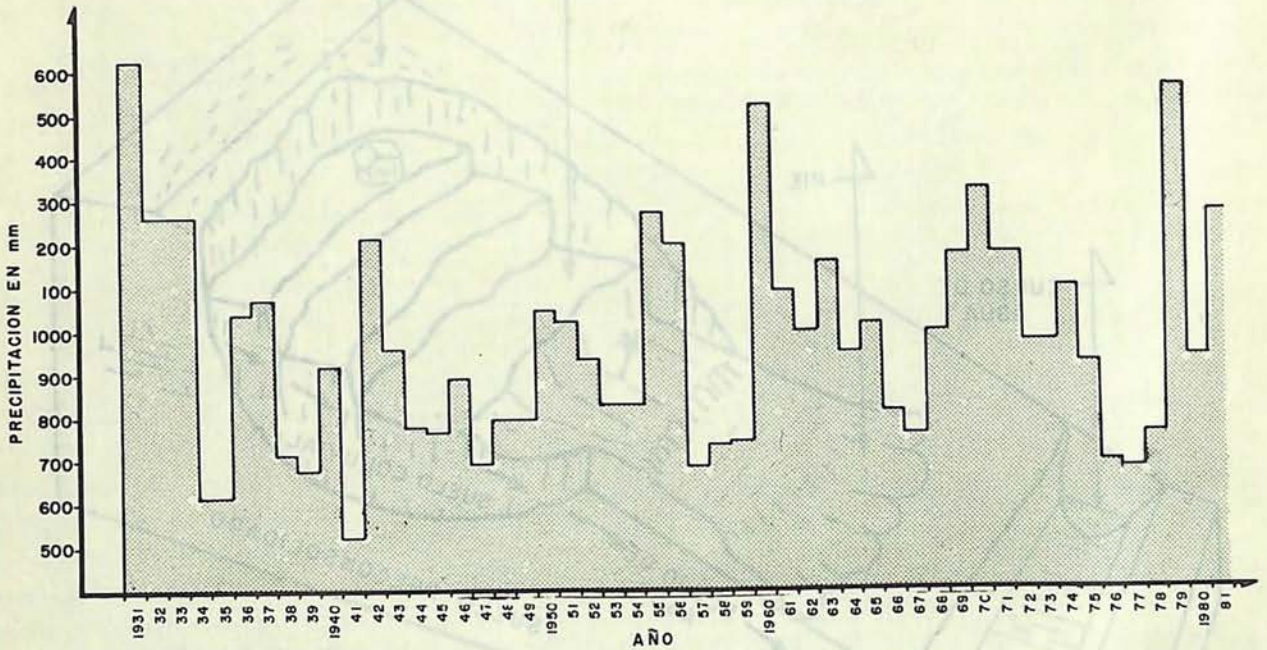


Fig. 48

Cordillera Septentrional, se identifican con el gráfico esfuerzo cortante-deformación de la fig. 49, resultado de ensayos de corte directo o triaxiales en condiciones de lento o avenado. Notándose un aumento creciente de la resistencia que llega hasta un valor máximo o "pico" a partir del cual declina, siendo clásica y rutinaria la suspensión de la prueba y la utilización en el diseño o análisis del valor tope. Si por el contrario el ensayo se continúa sin

límites, se observa un fenómeno de ablandamiento provocado por la deformación llegándose a una "resistencia residual" (17) sostenida por las arcillas durante elongaciones importantes.

Si esta modalidad en el trabajo de laboratorio se repite en los varios especímenes idénticos de la prueba de esfuerzo cortante, tan sólo con la variación usual de la presión total o efectiva que para el caso es la misma por ser el análisis drenado,

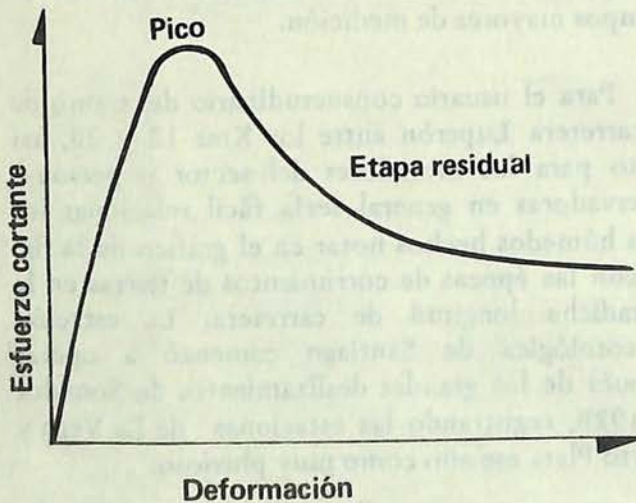


Fig. 49

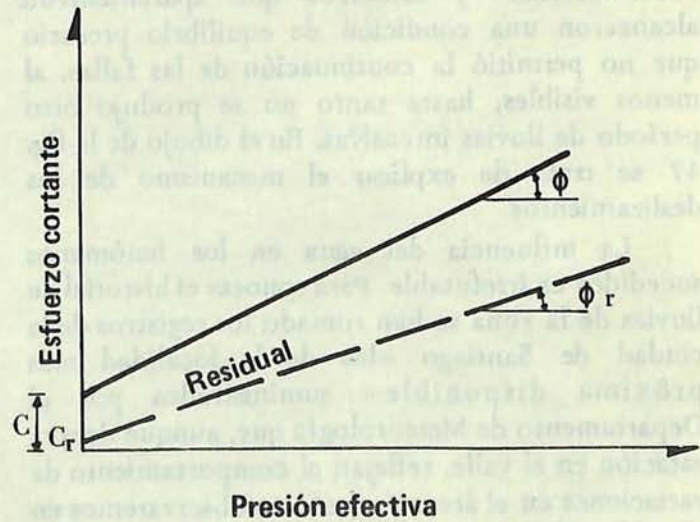


Fig. 50

se obtiene un gráfico presión efectiva-esfuerzo cortante del tipo reproducido en la fig. 50, habiéndose incluido además el obtenible en condiciones rutinarias de laboratorio.

Como resultado del fenómeno de rotura de los vínculos internos del suelo y su ablandamiento y trabajo más allá del pico, el valor de la cohesión (c) se reduce considerablemente o desaparece, aminorándose el ángulo de fricción interna (Φ) en 1, 2 ó más grados (17); lo que implica un cambio decididamente desfavorable en los parámetros de los suelos sobreconsolidados, distintos a los manejados en el análisis tradicional de taludes en arcillas.

En el flujo plástico se observa una tendencia al ordenamiento de las partículas en la dirección de los deslizamientos (4 y 17) que le comunica una impresión de brillo a las superficies de rotura sobre las cuales los corpúsculos de caliza producen rayas, fig. 9.

Cuando las arcillas poseen nexos internos fuertes, el tiempo es un factor importante en el proceso prolongado esfuerzo-deformación, a todo lo cual se le llama comportamiento reológico (4), ocupando este proceso en la naturaleza lapsos de meses, años o siglos (17) que pueden reproducirse en laboratorio al través de ensayos de varias semanas.

CONCLUSIONES

El mecanismo de los deslizamientos de tierras observados en varias zonas de la Cordillera Septentrional, entre abril y junio de 1981, no tuvieron su origen, como se ha insinuado, en la generación de fuerzas dinámicas dado que dentro o en fechas próximas a la del lapso citado no se registraron movimientos sísmicos en el territorio de la República Dominicana, aun a sabiendas de que tales cataclismos son capaces de producir corrimientos análogos que por cierto nunca han sido relacionados con los temblores de tierras que han afectado el país tal vez porque sólo ocurren en los grandes seísmos como el de Chile de 1960 y el de Alaska de 1964 (10), figurando este tipo de daños entre los efectos del grado X de la escala de intensidades de terremotos Mercalli Modificada (M-M).

La licuación deberá ser descartada, también, como posible causa de los acontecimientos

en discusión no tan sólo porque no ocurrieron movimientos telúricos, sino porque además los suelos de la sierra tienen un comportamiento masivo plástico y no granular como el necesario para el corrimiento de arenas saturadas y sueltas.

Los movimientos de tierras que nos ocupan no son locales sino regionales, habiéndose repetido periódicamente como lo constatan nuestras propias vivencias, las fuentes documentales y los testimonios orales.

Las condiciones topográficas, permanentes, el deterioro por intemperización, continuo, y los períodos pluviosos, ocasionales, modificadores drásticos éstos últimos de las características geomecánicas; conjugados y comunes todos los factores citados a Palma Picada, Los Guineos, Palo Quemado y Huevito, fueron responsables de los deslizamientos de tierras cuyos aspectos externos se describieron con anterioridad de modo analítico.

Las fluencias de tierras tuvieron lugar en suelos finos producto de meteorización de rocas arcillo limo arenosas sometidas desde mucho tiempo atrás a un lento y gradual proceso de deterioro que al producirse períodos de lluvias notables en intensidad y duración ocasionaron la saturación de los suelos transformados a expensas de los materiales preconsolidados, sobre las superficies potenciales de falla ubicadas en las fronteras actuales del alcance de los agentes de metamorfismo. La penetración del agua superficial y el flujo de la subterránea encontraron al través de las fisuras y grietas del suelo coluvial las vías para la sustitución rápida de los gases por agua, en los vacíos del suelo, aumentándose el peso de las masas térreas sobre las superficies sugeridas de rotura, reduciéndose las presiones efectivas como consecuencia conexas al incremento de la presión de poros o neutra. Uniéndose a todo esto la disminución gradual de la cohesión (c) del suelo que alcanzó valores muy bajos o desapareció, aminorándose también el valor del ángulo de fricción interna (Φ). En este estado de cosas las fuerzas motoras se acercaron a las resistentes que vencidas permitieron el inicio de una serie compleja de fallas y deformaciones diferenciales entre el suelo coluvial saturado y el que aún no ha sido alterado. Los movimientos traslacionales y rotacionales así como los ascensos y descensos secundarios estropearon los caminos y arrastraron las viviendas que fueron inclinadas fuertemente

ladera abajo, la mayor de las veces, o levantadas y hundidas o lo que es aún peor sufrieron estos dos sentidos contrarios de movimientos en sus pequeñas áreas de construcción, generándose esfuerzos de consideración que terminaron por romper las paredes de bloques. Siempre los pisos se presentaron seriamente dañados, descartándose toda posibilidad de usufructo de las viviendas. En el caso de las instalaciones de las Asociaciones de Agricultores en Palma Picada se alcanzó el colapso, siendo esta localidad la más seriamente afectada en razón de su actividad por la mayor cantidad de arcilla presente.

Dado que el aumento en el grado de saturación de los suelos coluviales es la condición más negativa para la puesta en riesgo de la estabilidad de las laderas naturales en Palma Picada, Huevito, Los Cacaos y Palo Quemado, la solución armónica con el estado actual del conocimiento sería la construcción de sistemas de avenamiento de las aguas de montaña que al reducir el flujo disiparían las presiones de poros, aliviarían los pesos de los materiales naturales sobre las superficies potenciales de falla e impedirían la aceleración del proceso físico de menoscabo en los parámetros al esfuerzo cortante de los suelos, aumentándose el factor de seguridad de los taludes aunque no garantizando la inmovilidad de las masas inclinadas de suelos que rompen a veces sin alcanzarse su saturación, por transformación a largo tiempo de los materiales sobreconsolidados.

El diseño de las obras de desagüe habría que hacerlo completando los estudios geomecánicos llevados a cabo para esta investigación, con barrenos profundos consecuencia del uso de equipos mecánicos, de forma a establecer los límites entre los suelos coluviales superiores y los materiales cohesivos preconsolidados infrayacentes; fijándose la posición de la línea de saturación.

Podría pensarse en una zanja o trinchera a cielo abierto colocada en la parte más elevada del volumen de suelos inestables, una galería superior de infiltración de aguas conectada con la base de la trinchera por medio de barrenos de avenamiento, una galería inferior de infiltración y una batería de drenes verticales al pie del talud.

La trinchera colectaría el agua superficial que viene desde ladera arriba y el flujo subterráneo en el plano de separación roca-suelo. La zanja y la galería superior de infiltración estarían conectadas

por líneas de barrenos horadados con herramientas de percusión, que interceptarían las líneas de corriente entre la base de la trinchera y la galería superior.

Las dimensiones de la zanja o trinchera de coronación y de las galerías superior e inferior de avenamiento se establecerían con el cómputo de los caudales de líquido a desaguar.

Los drenes de arena al pie de las laderas consistirían de huecos de diámetros considerables, rellenos de grava y arena.

Las zonas de deslizamientos son muy dilatadas y a todas luces la relación costos-beneficios, cuando menos en el momento actual, no aconsejan la realización de obras de avenamiento de importes elevados para proteger viviendas y caminos de segundo orden. Sin embargo el problema social envuelto hace insoslayable la participación del Estado que desde el inicio de los deslizamientos de Palma Picada —comunidad donde han sido mayores los daños— calificó el problema de desastre local, y se identificó con él, dándoles a las personas afectadas el tratamiento de damnificados, cediéndoles el local del liceo de Carlos Díaz para albergue familiar, situación que se mantiene en la actualidad, y suministrándoles alimentos. Labor que debe completarse con la ayuda necesaria para que los lesionados resuelvan su problema habitacional o sean compensados en los casos en que ya construyeron nuevas viviendas con los materiales que pudieron rescatar de las destruidas.

Pese a que los corrimientos de laderas constituyen movimientos hacia posiciones de reposo, es inevitable que se produzcan en el discurrir del tiempo nuevos movimientos por deterioro residual progresivo de los suelos, por lo que en consecuencia proponemos que se establezcan y manejen como “zonas de cuidado y observación permanente” las vertientes de la Cordillera Septentrional con historiales comprobados de deslizamientos tales como las de las localidades de Palma Picada y Los Guineos en el municipio de Santiago, provincia del mismo nombre; el área identificada por el tramo de la carretera Luperón entre las progresivas Kms 12 y 28, de las provincias de Santiago y Puerto Plata, y Huevito en la sección de Altamira, provincia de Puerto Plata; lugares indicados en el plano 6, a los que podrían agregarse en el futuro otros de verificada inestabilidad de suelos.

20°00' 71°00'

70°30'

ESCALA EN KILOMETROS
0 5 10 15 20 25

OCEANO ATLANTICO

Bahía de Luperón

Puerto La Isla

Bahía de Maimón

PUERTO PLATA

Imbert

Pérez

Río Bajabonico

Altamira

El Mamey

Huevito

Macorís de Limón

Río Yásica

Yásica Abajo

José E. Bisonó

VILLA GONZALEZ

Pedro García

Puerto

La Cumbre

Los Guingos

Carlos Díaz

Las Bocas del Licey

Río Yaque del Norte

Palo Quemado

Río Jacagua

Tamboril

Río

SANTIAGO

LICEY AL MEDIO

Río Licey

Capital de provincia

Cabecera de Municipio

Distrito municipal

Sección

Paraje



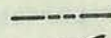
Carreteras principales

Carreteras ramales

Límite provincial

Río

Zona de deslizamientos



PLANO 6

Todo corte o relleno proyectado y ejecutado en las áreas señaladas para cualquier tipo de obra de ingeniería deberá ser cuidadosamente analizado, haciéndose uso de los parámetros residuales de los suelos coluviales; obviándose en lo posible los cortes a pie de talud; manteniéndose por las mismas razones la vigilancia sobre las grandes socavaciones de las faldas de las laderas por los cursos de agua, avisándose a los departamentos públicos pertinentes para que encaucen el río en asunto a posiciones de seguridad. Insinuación ésta última tal vez de carácter utópico en vista de que el ataque de los ríos se origina en épocas de crecientes relativamente veloces y nuestros programas de mantenimiento no son tan ágiles como se desearía. No es casual que en todas las áreas estudiadas haya un curso de agua en la falda de las laderas deslizadas.

En lo concerniente al material que debe tener la preferencia como elemento de construcción está la madera dada su flexibilidad y capacidad de acomodación a las deformaciones a que podría ser sometido en caso de deslizamientos e inclusive por la posibilidad de recuperación y reúso sin lesiones

apreciables si hubiese que llegar a la demolición por necesidad.

De modo contrapuesto están las paredes de bloques que si bien permanecen incólumes en principio a pequeños esfuerzos y deformaciones terminan por agrietarse y romperse de modo irreversible. Las experiencias del 1981 así lo confirman plenamente cuando los muros de bloques de hormigón resultaron seriamente dañados y los tabiques de tablas de palma tuvieron un excelente comportamiento en las zonas afectadas.

Para los pisos no habría solución alternativa al reproducir con fidelidad las grandes corrugaciones, ondulaciones, descensos y agrietamientos locales, constituyendo la parte más vulnerable de la vivienda o edificación en general, que por razones de aislamiento e higiene han de ser formados por cuerpos impermeables y rígidos de acabado liso.

Las casas que quieran proveerse de tanques de almacenamiento de agua de lluvia para fines domésticos, deberán utilizarlos de metal en vez de los usuales de bloques de concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Bjerrum, L. "Progressive Failure in Slopes of Overconsolidated Plastic Clay and Clay Shales". Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 93, No. SM5, Proc. Paper 5456, Nueva York, septiembre 1967, págs. 3-49.
2. Cucurrullo, O. "Informe sobre las áreas secas y húmedas de Santo Domingo", Santo Domingo, 1967, pág. 7.
3. D'Appolonia, E.
Alperstein, R.
D'Appolonia, D. "Behavior of a Colluvial Slope". Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 93, No SM4, Proc Paper 5326, Nueva York, julio 1967, págs. 447-473.
4. Dashkó, R. E.
Kagán, A.A. "Mecánica de los suelos en la práctica de la geología aplicada a la ingeniería", Editorial Mir, Moscú, 1980, págs. 199-221.
5. De la Fuente, S. "Geografía dominicana". Santo Domingo, 1976, pág. 41.
6. Duncan, J.M.
Dunlop, P. "Slopes in Stiff-Fissured Clays and Shales", Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division ASCE, Vol. 95, No. SM2, Proc. Paper 6449, Nueva York, marzo 1969, págs. 467-491.
7. Fernández de Navarrete, M. "Colección de los viajes y descubrimientos que hicieron los españoles", Diario, Madrid, 1858, pág. 242.
8. Gabb, W. M. "Examen geológico del territorio de la República Dominicana", en "Riqueza mineral y agrícola de Santo Domingo", de Emilio Rodríguez Demorizi, Santo Domingo, 1965, págs. 278-286.
9. Gabb, W. M. "Notas sobre la geología de Santo Domingo", en "Riqueza mineral y agrícola de Santo Domingo", de Emilio Rodríguez Demorizi, Santo Domingo, 1965, págs. 223-229.
10. Lambe, T.W.
Whitman, R. V. "Mecánica de suelos", Editorial Limusa-Wiley, México, 1972, pág. 506.
11. Lengweiler, W. "Estudios mineralógicos en la República Dominicana", Sociedad dominicana de bibliófilos, Inc., Santo Domingo, 1981, pág. 170.
12. Liogier, H. L. "Arboles dominicanos", Academia de Ciencias de la República Dominicana, Santo Domingo, 1978, págs. 5 y 123.
13. Organización de los Estados Americanos "Reconocimiento y evaluación de los recursos naturales de la República Dominicana", "Descripción de las regiones, subregiones y zonas geomórficas de la República Dominicana" Washington, 1967, parte posterior del mapa geomorfológico.

14. Peck, R. B. "Stability of Natural Slopes", Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 93, No. SM4, Proc. Paper 5323, Nueva York, julio 1967, págs. 403-436.
15. Ramírez, R. "Breve bosquejo de la geología de la isla de Santo Domingo", trabajo mecanografiado, inédito, 1952, pág. 5.
16. Rioduero, Diccionarios. "Biología", Madrid, 1972, pág. 147.
17. Skempton, A. W. "Long-Term Stability of Clay Slopes", Fourth Rankine Lecture, Geotechnique, Vol. 14, No. 2, Londres, 1964, págs. 77-102.
18. Skempton, A. W. "Stability of Natural Slopes and Embankment Foundations", Proceedings of the Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 3, México, 1969, págs. 151-155.
19. Terzaghi, K. "Stability of Slopes of Natural Clay", Proceedings International Conference on Soil Mechanics, Vol. 1, Cambridge, 1936, págs. 161-165.
20. Underwood, LI. B. "Classification and Identification of Shales", Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 93, No. SM6, Proc. Paper 5560, Nueva York, noviembre 1967, págs. 97-116.
21. Vaughan, T.W., Cooke, W., Condit, D.D., Ross, C.P., Woodring, W.P., y Calkins, F.C. "Un reconocimiento geológico de la República Dominicana", Washigton, 1922, págs. 28 y 29.

Este trabajo de investigación se terminó de imprimir en los Talleres Offset de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña en el mes de julio de 1982. Composición: Félix Santiago Núñez y Domingo Abréu; Diagramación: Nelson Mercedes Henríquez, Máximo García y Apolinar Cuevas; Fotomecánica: Francisco Tavárez y José Altagracia Bussi; Compaginación y Encuadernación: Roberto Pol, Israel Ferreras, José María Díaz, Héctor Santana, Rafael Socorro Mendoza, Agustín Batista, Santiago Ortiz y Euri Antonio Hernández.

