

T.
631.441
C 1982
1959
F.I.y Arq.

EJ. 2

084291

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**ESTUDIO DE CLASIFICACION PRELIMINAR DEL
SUELO DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR
MECANICA DE SUELO**

TESIS

PRESENTADA POR

MAURICIO ARTURO CAMPOS

EN EL ACTO DE SU DOCTORAMIENTO PUBLICO

1959

SAN SALVADOR. EL SALVADOR. CENTRO AMERICA.



---UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR---

RECTOR:

DR. ENRIQUE CORDIVA hijo

SECRETARIO GENERAL

DR. JOSE SALINAS ARIZ

---FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL---

RECTOR

INGENIERO BALTAZAR PERLA

SECRETARIO

INGENIERO JOSE SANTOS VILLATORO HUNTER

----- I N D I C E -----
= = = = =

Página s

INTRODUCCION..... 1-3

PRIMERA PARTE
CLASIFICACION DE SUELOS, SISTEMAS..... 4-19

SEGUNDA PARTE
ZONIFICACION.....20-29

TERCERA PARTE.
COMENTARIOS DEL ESTUDIO, INVESTIGACIONES
EFECTUADAS, CARACTERES DE NUESTRO SUELO.....30-32

F I N A L

CUADRO DLASIFICACION DE SUELOS.....33

CORRELACION DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE
CIA SIFICACION DE SUELOS.

GRAFICA DE PLASTICIDAD

MAPA DE ZONIFICACION.

-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

ESTUDIO PRELIMINAR DE CLASIFICACION DE SUELOS EN NUESTRA
R E P U B L I C A

----MECANICA DE SUELOS----

---INTRODUCCION---

Trataremos en el presente estudio del suelo de nuestra República de orientar en lo más que se pueda en el conocimiento del mismo; para - que los practicantes de Ingeniería tengan en líneas generales el conoci- miento específico de las diferentes clases de terrenos en que hayan de- verificar estudios, planamientos y ejecución de obras en las areas urba- nas y rurales del país.

Es indudable que la información, datos recopilados y experien- cias de laboratorio y de campo que componen este trabajo, son del domi- nio de esa importante rama de la Ingeniería denominada "Mecánica de Sue- los", que en los últimos tiempos ha alcanzado un creciente desarrollo - exigido por la técnica, la seguridad y eficiencia de las obras que el - progreso reclama de acuerdo con la evolución científica y medios que la naturaleza proporciona en cada latitud o país.

En nuestro caso, partiendo de ese criterio, creemos que a pesar de las posibles deficiencias en algunos de los aspectos de este trabajo prevalece el interés y fondo que encierran; y, nuestro mayor deseo es - que en el futuro pueda servir como guía en los diferentes campos de ac- ción de la Ingeniería Salvadoreña, entre otros, en los siguientes:

A) CAMINOS: Para pre-localización de ellos como guía en los sue- los predominantes a encontrar; para su mantenimiento, en la probable - duración de los arreglos periódicos; para la construcción, para poder- presupuestar la terracería, tipos de estructuras, calidad de la sub-ba- se para pavimentos etc.

B) CONSTRUCCION: Para calculos de estructuras, en las cimentacio- nes de estas y tipos a escoger, etc.

C) HIDRAULICA: La probable situación de la capa acuifera, la per- meabilidad de los estratos que este en razón inversa a la plasticidad.

D) La posibilidad de fabricación de productos de construcción y ornamentación.

Este trabajo consta de tres partes principales como sigue:

PRIMERA: La teórica, en la que van los conocimientos necesarios para clasificar los suelos, con sus conceptos, definiciones, propiedades de laboratorio, diferentes sistemas de clasificación etc.

SEGUNDA: La práctica, que consta de perfiles de zonas, zonificación final de toda la República y la parte explicativa de las claves usadas; consta además de mapas y perfiles necesarios.

TERCERA: Que contiene las deducciones finales, resultados generales obtenidos, discusión y valorización de éstos y sobre todo las -- proyecciones que puedan tener para el futuro, en esta rama tan importante y tan reciente de la Ingeniería Civil.

Existen en el país zonas que por necesidad han sido estudiadas mejor que otras, tales como: La Cuenca de Lempa, Desagüe del Lago de Güija y el Valle de San Miguel y Ahuachapán, por la CEL; la Sección de la costa para la construcción de la Carretera del Litoral; los demás datos han sido obtenidos de la Sección de Perforación de Pozos de la Dirección General de Obras Hidráulicas; y por último, los datos obtenidos en experiencias efectuadas por el suscrito para la elaboración de la presente TESIS.

Sírva esta introducción para expresar nuestros agradecimientos a las mencionadas dependencias técnicas y sobre todo a algunos empleados de la Sección de Suelos del Laboratorio del Ministerio de Obras Públicas.

La primera parte de la presente TESIS, que es la teórica y que sirve como introducción, es una traducción resumida de un folleto del Dr. ARTURO CASAGRANDE.

No daremos al final notas bibliográficas pues cualquier referencia de esta naturaleza será de dicho autor. Hacemos esta salvedad para evitar dudas o confusiones con clasificaciones distintas a la usada en el presente trabajo.

En la segunda parte, se han usado para la clasificación datos tomados de varias oficinas y en la parte final no se adjuntarán todas debido a su volumen; pero para la revisión y aprobación por la terna asesora fueron presentados previamente.

Debido a que las clases de suelos en el mundo son infinitamente variados, es que no ha sido posible tener un sistema universal de clasificación para dividirlo en varios grupos y subgrupos basados en las propiedades básicas. Así pues, se usan clasificaciones basadas en una o dos de las ya dichas propiedades básicas. Algunos de estos sistemas son usados por Ingenieros y por eso en este trabajo pasaremos a enumerarlos y darlos a conocer en la más rápida y mejor manera posible, teniendo como anticipado que usaremos el sistema unificado de clasificación que adelante se describe y se le dará mayor importancia a su descripción.

Los sistemas más usados mundialmente son los siguientes:

EL SISTEMA DEL COMITE DE CARRETERAS (U.S.A.), el cual como su nombre indica es el usado por la Dirección de Caminos de este país para clasificar los suelos; esta clasificación divide en ocho grupos designados por los símbolos (A-1, A-2.....A-8).- El objetivo primordial de este sistema es el análisis de la subbase de carreteras, la cual está compuesta casi siempre de arena, grava y un aglutinante de arcilla. Después el Comité mismo en 1945, hizo una revisión general de esta clasificación habiendo dividido en siete grupos llamados A-1, A-2,.....A-7, los cuales a su vez se subdividen en doce grupos.

Este nuevo sistema se llama Indice de Grupo

El Sistema de Clasificación para Aeropuertos, que es uno de los más completos sistemas el cual se puede decir que se debe en desarrollo al Dr. ARTURO CASAGRANDE. Este sistema se llama (Clasificación de Aeropuertos) (A.C), fué hecho primeramente para la construcción de Aeropuertos militares pero después sus usos fueron ampliados hasta convertirse en base principal del Sistema Unificado de Clasificación que ya se dijo será el que usaremos en el presente trabajo. Para ver las equivalencias aproximadas de los diferentes sistemas usados con

el SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION debe verse la gráfica No.2

Habiendo anteriormente definido y explicado a grandes rasgos los diferentes sistemas de clasificación de suelos usados, tendremos que buscar la más sencilla y apropiada y por ser la más reconocida y aceptada; además, usaremos en el presente trabajo el Sistema de Clasificación Unificada el cual está basado en la identificación del suelo de acuerdo con su lectura de las cualidades de plasticidad y su clasificación de acuerdo con su comportamiento. Los suelos raramente existen en la naturaleza separadamente como: arena, grava y otros componentes particulares, sino que generalmente se encuentran como mezcla en proporciones variables de partículas de diferentes tamaños en la cual cada una de sus componentes aporta sus características.

Las siguientes propiedades se han encontrado para este propósito y forman la base de la identificación de suelos: a) Porcentaje de grava, arena y finos (Porción que pasa la malla #200); b) Forma de la curva de la Granulometría y c) características de plasticidad y compresibilidad. En el sistema Unificado de clasificación de suelos se da a estos un nombre descriptivo y también sus símbolos que indican las principales características.

En los principios de este trabajo pasaremos a describir en detalle los varios grupos de suelos y a disminuir los métodos de identificación para que un sistema uniforme de clasificación pueda ser seguido por todos. Pasaremos más tarde a hacer como una vía de ilustración los principales métodos de clasificación de suelos, pero por sus ventajas todos los términos de este trabajo estarán en el Sistema de Clasificación Unificada. Se reconoce de antemano que dicho sistema de clasificación, en su forma actual, puede no resultar enteramente adecuado en muchos de los casos. Sin embargo, lo consideraremos -- con cierto grado de elasticidad y no debe de seguirse a ciegas.

Antes de que los suelos puedan ser clasificados propiamente en cualquier sistema, incluso en el que nosotros seguiremos, es necesario establecer una terminología básica para los varios componentes de los suelos y definir los términos a usarse. Para designar los diferentes tamaños de las partículas de los suelos en la clasificación a seguir se llaman "Guijarros", "Grava" y "Finos". Las gravas y arenas se subdividen. Como cada división tiene sus límites seguiremos los tamaños de los mallas "Standard", de los U.S., y basada en ella doy la tabla siguiente:

COMPONENTES	LIMITES	
Guijarros (cobbles)	Mayores de 3"	
Grava Gruesa	3"	$\frac{3}{4}$ "
Grava fina	$\frac{3}{4}$ " No.4 (4.76 mm)	
Arena Gruesa	No.4 (4.76mm)	No.10 (2.0 mm)
" Media	No.10 (2.0mm)	No.40 (0.42 mm)
" Fina	No.40 (0.42mm)	No.200 (0.074 mm)
Finos (Limo y Arcilla)	Abejo de	No.200 (0,074 mm)

En los componentes finos, los términos Limo y Arcilla son usados respectivamente para distinguir materiales que tienen baja plasticidad de los otros que tienen una mayor plasticidad. Los nombres de los componentes básicos de los suelos pueden ser usados como nombres y adjetivos en el nombre de un suelo.

Primeramente los suelos son divididos por su Granulometría así: Gruesa, Fina y suelos altamente orgánicos. Los suelos de Granulometría gruesa son aquellos que al pasarlos por la malla No.200 (0.074 mm) se queda al más de 1 50%.

Mientras que los de Granulometría fina pasan por dicha malla más del ya dicho 50%. Los suelos orgánicos son generalmente identificados por el examen directo o visual.

- b) Arcillas inorgánicas. Símbolo (C) Grupos OL y OH y Pt
- c) Limos y arcillas orgánicas. Símbolo (O). Grupos OL y OH Pt.

Vamos a definir los suelos de Granulometría gruesa así:

a) GRUPOS W. estos grupos comprenden suelos gravosos y arenosos bien graduados que tienen pocos o ningunos finos (menos del 5% -- que pasa la malla No.200). La presencia de los finos no debe cambiar notablemente las características resistentes de la fracción de granulometría gruesa y no debe interferir las características de drenaje.

b) GRUPOS P. Los suelos pertenecientes a estos grupos son gravas y arenas con mala granulometría que contienen pocos finos plásticos (menos que el 5% que pasa la malla No.200).

Los materiales pueden ser clasificados como gravas uniformes, arenas uniformes y mezclas no uniformes de material muy grueso o material muy fino faltando los tamaños intermedios. Casi siempre son resultados de excepciones de préstamos en las cuales las capas de grava y arcilla estén mezcladas. Si la fracción fina presenta plasticidad, esta información deberá ser sobreestimada.

c) GRUPOS M. en general, estos grupos de suelos comprenden grava y arena con finos (más del 12% que pasa la malla No.200) que tienen baja o ninguna plasticidad.

El índice plástico y límite líquido (basado en la fracción que pasa la malla No.40) de los suelos de este grupo se plotarán debajo de la línea A de la gráfica de plasticidad que doy en Lámina No.1.

La granulometría de los materiales no se considera importante y ambos materiales los que tienen buena granulometría estén incluidos.

Algunas de las gravas y arenas de este grupo pueden tener un ligante compuesto de agentes cementantes naturales proporcionada de tal manera que presenta un despreciable aumento de volumen o concentración.

Entonces, la resistencia de tales materiales secos es debida a una pequeña cantidad de suelo ligante o por la cementación de materiales calcáreos u óxido de hierro. La fracción fina de los otros materiales de los suelos de este grupo pueden estar compuestos de limos o polvos de roca que tienen poca o ninguna plasticidad y la mezcla presenta ninguna resistencia en estado seco.

GRUPO C. En general, los suelos de este grupo son arenosos o gravosos con finos (más del 12% pasa la malla No.200) las cuales pueden tener poca o mucha plasticidad. El índice plástico y el límite líquido (de la fracción que pasa la malla No.40) deberán ser plotados arriba de la línea "A" de la gráfica de plasticidad. La graduación de los materiales con buena o mala granulometría son incluidos. La plasticidad de la fracción ligante tiene mayor influencia en el comportamiento de los suelos, si las variaciones de granulometría está compuesta de arcilla.

Ahora pasaremos a definir los suelos de granulometría fina así:

a) GRUPO M. Este símbolo ha sido usado para designar materiales predominantes: limosas o micáceos y suelos diatomáceos; los símbolos L y H representan límites líquidos bajos o altos respectivamente y una línea arbitraria de división está colocada entre los dos en el límite líquido No.50. Los suelos de este grupo son limos arenosos, limos arcillosos y limos inorgánicos con poca plasticidad relativamente. También están incluidos los suelos tipos loess y polvo de roca; lo mismo que los suelos micáceos y ciertos tipos de arcillas que tienen relativamente poca plasticidad.

b) GRUPO C. Los suelos de este grupo son básicamente arcillas inorgánicas cubriendo los símbolos L y H para los bajos o altos respectivamente del límite líquido. Las arcillas de baja plasticidad son

clasificadas como CL y son usualmente las arcillas magras, arcillas arenosas o arcillas luminosas.

Las arcillas de media y alta plasticidad son clasificadas como CH. Estos símbolos se refieren a las arcillas grasas, arcillas tipo "Gumbo", ciertas arcillas volcánicas o "bentonite".

GRUPO O. Los suelos de este grupo se caracterizan por la presencia de materia orgánica, de allí su símbolo O. Los limos y las arcillas orgánicas están clasificados en estos grupos. Los materiales tienen un mismo orden de plasticidad que corresponden a los suelos del símbolo M. GRUPO PT. Estos son altamente orgánicos son sumamente comprensibles y tienen caracteres de construcción no deseables. No tienen subdivisión, a este grupo pertenecen: la turba, el humus y el suelo de los pantanos con alta textura orgánica y son los típicos este grupo. Los componentes de estos suelos son partículas de hojas, grama, ramas, y fibras de material vegetal.

Habiendo descrito bastante pormenorizados los distintos grupos de suelos, vamos ahora a discutir la identificación de cada uno de ellos.

Como una parte secundaria y por vías de ilustración daremos los diferentes métodos de identificación de suelos en los siguientes párrafos.

Una de las ventajas principales de la Clasificación Unificada de suelos es que esta hecha de manera que la mayoría de los suelos puede ser clasificados en los tres grupos primarios por lo menos (material grueso, fino y altamente orgánico) por medio de pruebas sencillas de examen visual o de campo.

La clasificación dentro de las subdivisiones pueden hacerse por medio de las pruebas visuales con algo de éxito.

Una clasificación más detallada puede hacerse por medio de examen de laboratorio hecho a los materiales. Sin embargo, una prueba tentativa hecha en el campo es de gran utilidad y puede dar todos los datos necesarios, dependiendo de los fines para los cuales los suelos en cuestión van a ser usados. Al pasar a discutir los diferentes métodos de clasificación presentaremos un procedimiento de laboratorio, pero haremos incapie en que los dos métodos de identificación vinculados en ciertas características pueden hacerse por el examen visual y solamente en casos dudosos se pasará a hacer las pruebas de laboratorio. Inversamente, las pruebas de campo son sumamente prácticas para la identificación preliminar en el laboratorio y puede agruparse ventajosamente, con mínimo de pruebas de laboratorio.

La manera más fácil de aprender la clasificación de suelos en el campo es hacerlo bajo la dirección de un experto. Sin ese auxilio la identificación de campo puede aprenderse en comparación sistemática de los resultados numéricos de las pruebas hechas a los suelos tipos de cada grupo con lo que "uno crea o sienta" del material, mientras los procedimientos de identificación de campo están siendo llevados a cabo.

Pasaremos a discutir las texturas y comparaciones de las diferentes divisiones de suelos así: Granulometría gruesa: Para la identificación de campo del material grueso se toma una muestra seca y se extiende sobre una superficie plana y se examina la granulometría, el tamaño y la forma de los granos y la comparación mineralógica. Se requiere gran experiencia para diferenciar sobre la base de un examen visual, materiales con buena granulometría de materiales de mala granulometría.

La durabilidad de los granos de un suelo de granulometría gruesa, requiere un cuidadoso examen, determinado por el uso al cual está destinado. Las piedras y los granos de arena provenientes de rocas son fácilmente identificables. Los materiales expuestos a la intemperie son fácilmente reconocidos por su decoloración y la relativa facilidad con que sus granos son triturados. La grava, que consiste en rocas graníticas intemperizadas, cuarcitas, etc., no necesariamente son objetadas para fines de construcción. Por otro lado, los suelos de granulometría gruesa que contengan fragmentos de rocas lajosas deben ser desechadas porque los alternativos humedecimientos y sacados del material pueden resultar su total o parcial desintegración. Esta propiedad puede ser identificada con una prueba de desmenuzamiento, así: las partículas primero son secadas al sol y al horno, luego se sumergen en agua por lo menos durante 24 horas y finalmente su resistencia es probada y comparada con la resistencia original. Algunos tipos de lajas se desintegrarán completamente cuando se sometan a la mencionada prueba de desmenuzamiento.

Pasaremos enseguida, al examen de los materiales de Frac
ción Fina. Por medio de la tabla No.1 (dada anteriormente) veremos que el criterio de la clasificación de los suelos con granulometría gruesa está basado en la cantidad que pasa la malla No.200 y las características de plasticidad de la fracción ligante (que pasa la malla No.40) Varios métodos se usan para estimar la cantidad de material que pasa la malla No.200. La escogitación depende de la habilidad del técnico, del equipo hábil y del tiempo disponible. El método de decantación, consiste en mezclar el suelo con agua en un recipiente apropiado a ir derramando la mezcla turbia de agua y suelo fino; por decantaciones sucesivas se eliminan prácticamente todos los finos y quedan únicamente los tamaños de arena y grava en el recipiente.

Por una comparación visual de este residuo con la muestra original de una idea de la cantidad de finos contenida. Otro método útil consiste en colocar una mezcla de suelo y agua en un tubo de ensayo, agitarlo bien y dejar que se asiente la mezcla. Las partículas finas se irán asentando a medida que pasa el tiempo; los tamaños de arena y grava caen en 20 ó 30 segundos.

Un método bastante imperfecto para estimar la cantidad de finos consiste en extender la muestra sobre una superficie a nivel y hacer un cálculo estimado a ojo el porcentaje de partículas finas presentes.

La presencia de arena fina es investigada usualmente frotando entre los dedos la muestra en cuestión; el limo y la arcilla se sienten suaves al tacto y manchan los dedos "La prueba de los dientes" es usada a veces con este fin y consiste en morder una porción de la muestra, las arenas se sienten ásperas, mientras las arcillas y limos no. Si el porcentaje de finos que pasa la malla No.200 parece ser mayor que el 12%, cualquiera que sea el método usado para determinarlo debe separarse toda la grava y la arena gruesa y deben estudiarse las características de los finos. La parte ligante se mezcla con agua y debe examinarse su resistencia y plasticidad. El criterio para la resistencia al estado seco se muestra en la tabla de clasificación (véase al final de la Tesis). La clasificación de los suelos de acuerdo con los criterios de resistencia en estado seco y plasticidad, pasaremos más adelante a hablar de ello en los párrafos siguientes cuando se habla de los suelos de granulometría fina.

La identificación visual de los agentes cementantes distintos de las arcillas no es posible, puesto que tales agentes pueden tener un período de curado de días o de semanas. Por falta de ta-

les datos los suelos deberán ser clasificados tentativamente en los grupos que aparentemente corresponden, haciendo caso omiso del aumento de resistencia debido a la cementación.

Para identificar los suelos de granulometría fina se seguirán los procedimientos: la prueba de la dilatancia (reacción a la sacudida), el examen de la plasticidad y determinación de la resistencia en estado seco. Además, las observaciones del color y del olor son valiosas, particularmente en los suelos orgánicos.

La descripción de los procedimientos de identificación en el campo será dada en los siguientes párrafos. La dilatancia, la plasticidad y a la resistencia en estado seco son pruebas hechas a la fracción del material menor que la malla No.40.- La separación de las partículas mayores que la malla No.40 es importante, pero cualquier partícula de este tamaño que se conserve después de la separación a mano tendría muy poco efecto sobre los procedimientos de identificación en el campo.

(Para la prueba de la dilatancia el suelo se prepara para esta prueba separando las partículas mayores que la malla No.40 (a mano) y se le agrega agua, si es necesario, para hacerlo suave pero no pegajoso. Se sacude horizontalmente con la palma abierta de la mano y se golpea vigorosamente con la otra mano varias veces y luego se estruja entre los dedos. El suelo fino que no es plástico o presenta muy baja plasticidad se vuelve y presenta agua mientras está siendo sacudido; al apretarlo, el agua desaparece de la superficie, la muestra se pone rígida y finalmente se desmenuza igual que un material quebradizo. Si el contenido de agua es el correcto, sacudiéndolo los pedazos resultantes se licuarán de nuevo y fluirán juntos. Puede hacerse una distribución entre una reacción rápida, lenta ó ninguna reacción a la prueba de la sacudida, dependiendo de la rapidez en

que el material cambia de consistencia y con que el agua aparece o desaparece sobre la superficie. La reacción rápida es típica de las arenas finas y no plásticas, arenas limosas (SP y SM) y de los limos inorgánicos (ML) particularmente los de tipos polvo de roca, lo mismo que tierras diatomáceas. La reacción se vuelve algo más lenta cuando disminuye la uniformidad de la granulometría (hasta cierto grado) los suelos que reaccionan a este tipo son: limos plásticos orgánicos o inorgánicos (ML y OL) arcillas magras (OL) y algunos tipos de arcilla (ML y MH). Una extremadamente baja o ninguna reacción a la prueba de la sacudida típicas de los suelos (OL y CH), lo mismo que la arcilla típicamente plástica (OH).

El examen de las características de la plasticidad de los suelos de granulometría fina ó de la fracción fina de los suelos de granulometría gruesa se hace con una muestra húmeda pequeña del material. Las partículas mayores que la malla No.40, se quitan con la mano y una muestra del suelo en forma de cubo de media pulgada de lado se moldea hasta que tenga la consistencia de macilla; si el suelo está muy seco se le agrega agua y si está muy húmedo se hacen capas delgadas y se le hacen perder agua por evaporación. La muestra es rodillada entre las manos formando un hilo de octavo de pulgada de diámetro más o menos.

El hilo es doblado y vuelto a rodillarse varias veces, durante esta maniobra el contenido se va haciendo más duro y finalmente pierde su plasticidad y se agrieta cuando ha alcanzado el límite plástico.

Después que el hilo se ha agrietado los pedazos o grumos se aprietan juntos y debe continuarse el amasado hasta que los pedazos se agrietan.

Entre más alta es la posición en la gráfica de plasticidad más duros son los hilos cuando su contenido de agua se aproxima al límite plástico y más duros los pedazos cuando estos son remodelados después de rodillados. Los suelos que están al centro de la gráfica de plasticidad son fáciles de rodillar cuando están sobre el límite plástico y se desmoronan fácilmente cuando están debajo de éste. Los suelos que tienen material orgánico (tales como la mica) forman hilos muy suaves y se esponjan cerca del límite plástico. La fracción ligante de los suelos de granulometría gruesa pueden ser examinados de la misma manera que los suelos de granulometría fina.

La resistencia de un suelo en estado seco al ser triturado - por la presión de los dedos es una indicación del carácter de la fracción coloidal del suelo. Para empezar la prueba las partículas mayores que la malla No.40 son separadas del suelo (a mano) y se moldea la muestra hasta la consistencia de macilla, agregándole agua si es necesario. La muestra húmeda se seca (al horno), al sol ó aire y entonces se desmenuza entre los dedos, los suelos de poca resistencia son fácilmente demenuzados pues los suelos no plásticos (ML) (MH) no tienen casi ninguna resistencia en estado seco. Los limos orgánicos y las arcillas magras orgánicas de baja plasticidad (OL) lo mismo que los suelos arenosos finos (SM) tienen poca resistencia seco. Los suelos con alta resistencia en estado seco pueden quebrarse pero no pulverizarse por la presión de los dedos. Algunas veces la resistencia al estado seco del material no alterado se debe a un material cementante natural como el carbonato de calcio y el óxido de hierro.

En las investigaciones de suelos en el campo, el color es muy útil para distinguir los colores de ciertos suelos individualmente.

Se debe usar para la identificación, el color del suelo húmedo pués al secarse cambia mucho. Para el ojo experimentado unas -- manchas oscuras o pardas del color gris o café, incluso ciertos colores negros, indican suelos de granulometría fina que contienen materias orgánicas, coloides (OH,) (OL), por el contrario, los colores más claros incluyendo los grises medianos y claros, verdes, oliva, café, rojo, amarillo y blanco se asocian con suelos inorgánicos. Para facilitar unas nomenclaturas uniformes y una más precisa descripción de los suelos se pueden usar las cartas y láminas de colores de suelo "Munsell".-

Los suelos orgánicos de los grupos OL y OH, tienen generalmente un olor característico, el que, con experiencia, pueden usarse como auxiliar en la identificación de tales materiales. Este olor es especialmente ostensible en las muestras frescas. El olor disminuye cuando la muestra es expuesta al aire, pero puede ser activado calentando una muestra húmeda.

La identificación de campo de los suelos altamente orgánicos grupo (PT) es relativamente fácil puesto que estos suelos están caracterizados por partículas inalteradas de hojas, ramas, gramas, y otras materias vegetales que imparten al suelo una textura fibrosa, típica. Los colores varían sobre los matices del café opaco al negro. También es característico de estos suelos un olor orgánico distintivo. El contenido de agua es generalmente alto; otra ayuda es la localización con respecto a la topografía, por ejemplo: las tierras bajas pantanosas.

Pasaremos a ocuparnos brevemente de la identificación de Laboratorio para determinar las características de granulometría y plasticidad de los materiales.

La granulometría se determina en un análisis de mallas y una curva de granulometría ploteada generalmente en un sistema de coordenadas en las que las ordenadas es el porcentaje de lo más fino que la malla (el por ciento de los tamaños de los granos en milímetros). Las características de plasticidad son investigadas por medio de las pruebas del límite líquido y del límite plástico hechos a la fracción del suelo menor que la malla No.40. Todo técnico en el laboratorio debe ser capaz de usar métodos cortos y a estar familiarizado con las características de cada grupo de suelos.

Para empezar toda identificación de laboratorio se determina su estado de granulometría gruesa, fina ó altamente organica. Este puede hacerse casi siempre con un examen visual usando los métodos de la identificación de campo. En algunos casos de límites no definidos como las arenas muy finas o los limos gruesos, puede ser necesario una muestra arenas muy finas o los limos gruesos., puede ser necesario una muestra representativa seca en la malla No.200 y establecer el porcentaje. Un cincuenta por ciento o menos, identifica a la granulometría fina, claro que uno o dos por ciento más o menos no cambia el comportamiento del material. En algunos suelos que tienen gran cantidad de finos, puede que sea necesario usar el hidrómetro con objeto de definir la curva de tamaños menores que la malla No. 200. Si es mayor el porcentaje de grava que de arena el material se clasifica como grava (UG) y si es menor se clasifica como Arena (S).

Los suelos con granulometría gruesa que contienen entre 5% y 12% de material que pasa la malla No.200 están clasificados como materiales en el límite de separación y llevan un símbolo doble por ejemplo GW, GM.

De manera semejante los suelos de granulometría gruesa que tengan menos del cincuenta por ciento que pasa la malla No.200 pero que no permiten el libre drenaje o aquellos en que la fracción fina presenta plasticidad se clasifican también como materiales en límite de separación y se les da un símbolo doble.

Como en la segunda parte vamos a clasificar y unificar los suelos definiremos los términos que se emplearán referentes a la resistencia de estos suelos como fundaciones. (todos en kilogramos -- por centímetro cuadrado): muy pobre menor que 0.2; pobre entre 0.2 - y 0.5 regular entre 0.5 y 1.4 bueno entre 1.4 y 3.5 y excelente más de 3.5.

- - - - -

- - - - -

----S E G U N D A P A R T E----

ZONA PRIMERA. Los terrenos predominantes son limosos existiendo una gran variedad de ellos, desde el limo arenoso. (ML) que es de color blanco, que tiene casi nada de plasticidad y que es abundante en la zona central como San Salvador, Soyapango, Iloango etc., (véase mapa). Para el vulgo es conocido como "tierra blanca" y tiene las siguientes cualidades: Resistencia en estado seco desde muy pequeña hasta regular, bajo limite líquido y alto indice de plasticidad, entre regular y pobre para fundaciones, malo para el desgaste aún con tratamiento betuminoso, casi nada de encogimiento (elasticidad), bastante fácil de compactar con equipo; tiene un peso volúmetrico aproximado a 100 y la relación de vacios es más o menos 0.70 y el California BEARING RATIO (C.B.R) oscile entre 6 a 25. Este material que también se llama "toba" a veces es cementante de piedra (Pómez) en esta zona o también está a veces de lo mismo de rocas (R) volcánicas. En la parte superior de esta zona de un espesor variable existe (LIMO ORGANICO) de color negro (OL) que es poco plástico, con regular resistencia en el estado seco, poco peso, pobre para fundaciones y también muy malo para superficie de desgaste en construcciones, expansiones (elasticidad) bastantes, pobres características de drenajes, mala compactación con equipo, peso volúmetrico aproximadamente 90, relación de varios siempre menor que 0.90 y C.B. R. de 3 a 8 más o menos. -

Este suelo vulgarmente la gente le llama "Tierra negra.

REFERENCIAS USADAS: 12 perforaciones de OO.HH, sin muestras, 5 perforaciones del Departamento Geológico Nacional sin muestras y 4 análisis del sustentante (2 análisis de laboratorio y 2 con análisis de campo.)

.....21

Llamaremos ZONA DOS (véase mapa al final), la zona Norte de los departamentos de Cuscatlán, San Vicente y una parte de San Salvador y parte del Departamento de Cabañas en la cual la primera capa de suelo es casi siempre: ARCILLA (CH), de color café rojizo, que vulgarmente es conocido como "Barro" y la cual tiene las siguientes características: gran resistencia al estado seco, límite líquido mayor de 50, índice plástico entre 30 y 40; la mayor parte de veces en esta zona es cementante de Rocas (R); en estado seco tiende a agrietarse; para fundaciones está entre muy pobre y pobre, malo para superficie de desgaste en construcciones de emergencia, expansiones (elasticidad) muy grandes, drenaje prácticamente ninguno por no decir impermeable, características de compactación con equipo muy malas, excepto con "Pata de Cabra" cuando húmeda; peso volumétrico aproximadamente 90; relación de vacíos menor que 90; (C.B.R), siempre menor que 6. En esta zona, ya sea inmediatamente abajo o a veces alternados, encontramos el material llamado LIMO CEMENTADO (Mc), color café, el cual el vulgo llama "Talperate" el cual sirve como su nombre lo indica de cementante de varios materiales como Rocas (R), Guijarros (GR) o de Grava (G) o cantos rodados. Este material puede llegar a tener gran dureza si el cementante la tiene; es magnífico para fundaciones y para capas de desgaste en construcciones no permanentes (recubrimientos); bastante alto el límite líquido y muy variable el índice de plasticidad, aunque los de esta zona son bastante plásticos, en estado seco es bastante resistente y las características de drenaje son bastante malas, buenas características de compactación con equipo y elasticidad, muy grande. Los materiales de esta zona por su gran plasticidad e impermeabilidad son los preferidos para tejas, mezclado con limos para ladrillo de obra y para artículos de cerámica.

REFERENCIAS USADAS, 9 perforaciones de OO.HH, y 5 análisis del sustentante con muestras (2 análisis de laboratorio y 3 análisis de campo) además datos obtenidos de la C.E.L.

LA TERCERA ZONA: (véase mapa al final) es de la parte de todo el departamento de Chalatenango y la parte norte de los de Cabañas y San Miguel, en los que abunda principalmente LIMO CEMENTADO (Mc) de varios colores, desde gris morado al blanco que se llama comunmente "Talpetate", del cual sus características generales se han dado al describir la zona (2) y la poca variante es que los limos cementados de la zona (3) son menos plásticos debido a que son mucho menos arcillosos.

En esta zona también se encuentra "Arcilla", un poco menos plástica que la de la segunda zona (esta es más abundante en la zona muy montañosas limítrofe con Honduras. En la zona de la población de Metapán se encuentran un material blanco cuyo compuesto principal es la caliza, la cual se usa en construcción como aglutinante en morteros.

REFERENCIAS USADAS: 5 perforaciones de OO.HH, sin muestras y análisis con muestras del sustentante con análisis de laboratorio.

En la CUARTA ZONA (véase mapa al final) comprende la zona que abarca Colón, Coatepeque, Santa Ana, Chelchuapa, El Porvenir, etc., los terrenos que existen son: La primera capa de "tierra negra" es decir LIMO ORGANICO, de color negro (OL) tiene diferentes espesores -- siendo más grueso en jurisdicción de "El Porvenir" y San Sebastián Salitrillo donde podíamos decir que se vuelven SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS (Pt) teniendo bastante desechos vegetales, humus, etc; por ser este suelo bastante abundante en esta zona y en otros como la Costa y el Valle de San Andrés dará las características propias de este suelo así: de identificación fácil, de consistencia y textura --

delicadas, en estado seco no tiene ninguna resistencia, el contenido de agua es grande, para fundaciones no es recomendable más bien no se debe usar ni mucho menos para recubrimientos de carreteras, elasticidad muy grande, no se puede compactar con equipo de ninguna clase debido a su naturaleza cambiante; en esta zona también existe en Atiquizaya, San Lorenzo etc. LIMO ARCILLOSO (MH) de color negro intenso de alto límite líquido y variable índice de plasticidad siempre menor que 50, este material es fácil de reconocer en el puesto debido a la gran resistencia al desmenuzamiento en estado seco y las grietas que presenta en la estación seca,. Este material tiene en Ingeniería las siguientes características: para fundaciones es bastante pobre, lo mismo que recubrimientos provisionales en carreteras o caminos vecinales, elasticidad bastante alta, para compactar con maquinaria es difícil, de peso volumétrico menor que 100, relación de vacíos de 0.90 (e) y C.B.R, menor que 6. En esta misma zona casi siempre como segundo estrato, y con diferentes espesores existe: POMEZ de color blanco a gris oscuro con pocos finos o casi sin ellos, bastante bien graduados y de origen volcánico. Según el diámetro este material puede ser fino, medio grueso, pero en cualquier estado tiene las siguientes características: resistencia en estado seco, ninguna; para fundaciones se comporta regular o bueno, excelente para revestimiento o rellenos, buenas características de drenaje, magnífica compactación con equipo; peso volumétrico mayor que 125, relación de vacíos menor que 0.55 y el (C.B.R) entre 20 y 60. Estas características son para la arena de poco peso y color blanco (arena pomosa) que en esta zona casi siempre esta en estratos, no es la arena de río bien clasificada y lavada.

Por estar comprendida la zona urbana de la ciudad de Santa Ana la trataremos más detenidamente después.

REFERENCIAS USADAS: 7 perforaciones de OO.HH, sin muestras y 8 análisis del sustentante con muestra (2 análisis de laboratorio y 6 - análisis de campo).

LA QUINTA ZONA (ver mapa al final) comprende toda la parte de las tierras altas de la cadena costera y consta de tres partes: a) - una parte del Departamento de Ahuachapán y Sonsonate, b) parte de los departamentos de La Libertad, San Salvador, La Paz y una pequeña del de San Vicente y c) la parte del centro de los departamentos de Usulután y San Miguel y La Unión. En toda esta zona predominan materiales de color café, casi siempre ARENA LIMOSA O LIMOS ARENOSOS, con más o menos variable plasticidad debido a la arcilla que contengan, como los de: Teotepeque y Chiltiupán que son limos arenosos con arcilla en cantidad. Por ser tan variable los suelos de esta zona daré características generales que puedan comprenderlos a todos, quedando las particularidades para el trabajo de campo del interesado; desde muy poca hasta regular resistencia al estado seco, malos para recubrimientos, rellenos en caminos o capas de desgaste. Si tienen bastante arcilla y alta elasticidad son bastante malos para tratarlos con maquinaria.

REFERENCIAS USADAS: 12 perforaciones de OO.HH, sin muestras y 5 análisis del sustentante (2 análisis de laboratorio y 3 análisis de campo).

LA SEXTA ZONA: (véase mapa al final), comprende la parte baja de la República, .Esta parte tiene buenos estudios de suelos debido a la carretera del Litoral, del cual existen estudios completos.

Estos terrenos participan, sobre todo las primeras capas, de las particularidades de los suelos de las zonas altas. Por ser -- los terrenos bastante diferentes debido a sus situaciones, daré -- una descripción un poco más detallada, así: la parte sur de los -- departamentos de Ahuachapán y Sonsonate, tienen casi siempre en -- la parte superior limos orgánicos de mediana plasticidad (OH) -- después vienen los suelos LIMOS INORGANICOS (MH) y ARCILLAS INORGA -- NICAS de mediana plasticidad e inmediatamente después, a bastante -- o poca profundidad estos mismos materiales sirven de cementante -- dá rocas grandes y medianas. Al describir estos mismos suelos en -- otras zonas se encuentran sus cualidades generales para aplica -- ción en Ingeniería. La otra sección de esta zona comprende tam -- bién la parte sur de los departamentos de La Paz, San Vicente, -- Usulután y algunos de las se cciones bajas de los departamentos -- de San Miguel y La Unión, tienen la mayor parte de terrenos de -- LIMOS ARENOSOS (ML), desde color blanco, al café claro. De estos -- terrenos en el presente trabajo se dieron ya las característi -- cas generales. Existe en esta zona también bastantes terrenos que -- podríamos llamar ARENAS LIMOSAS (SM) de varios tonos de grises -- que en general tienen las siguientes características: al estado -- seco no tienen ninguna resistencia; para fundaciones varía desde -- regular o buena, siendo más lo último; malos para recubrimientos, -- pero bastante buenos para estabilizar arcillas limosas cuando -- hay que usar estas para dichos trabajos; elasticidad (expansio -- nes) casi ninguna; tiene excelentes características para dreña -- ne; tiene bastante buenas características de compactación con -- mequinaria; tiene un peso volumétrico mayor que 100; una rela -- ción de vacíos menor que 0.70; y un California Bearing rattoo (C. -- B.R.) entre 10 y 30.

REFERENCIAS USADAS: 6 análisis de campo con muestra y gran -- cantidad de perforaciones de la oficina de la carretera del Lito -- ral.

LA SEPTIMA ZONA: (véase mapa al final) comprende terrenos de los departamentos de San Miguel, Morazán y La Unión, en los cuales los -- terrenos que predominan son: GRAVA LIMOSA (GM) mezcla de canto rodado, arena y limo o GRAVA ARCILLOSA (OC) mezcla de canto rodado, arena y -- arcilla que a veces, si el cementante tiene propiedades hidráulicas, tiene una dureza excesiva, aún para el taladro; cuando el cementante es limo no tiene casi ninguna resistencia al estado seco, no así --- cuando este es arcilla que como ya dijimos puede ser grande; para -- fundaciones ambos suelos son excelentes; para recubrimientos los li- mosos son regulares, no así los arcillosos que son buenos, casi no - tienen expansiones. Los suelos de esta zona que tienen limo tienen - características buenas de drenaje, no así los arcillosos que pueden ir desde regulares a malos; ambos tienen buenas características para compactación con maquinaria; ambos tienen un peso volumétrico menor que 120; relación de vacíos menos que 45.

REFERENCIAS USADAS: Tres perforaciones de OO.HH., sin muestras y 2 análisis con muestra del sustentante (análisis de laboratorio).

Debido a que la zonificación anterior es preliminar, puede, ó mas bien tiene, sus omisiones.-Así pues en nuestro país y dentro de cualquiera de estas zonas existen areas de tamaño considerable, de los cuales no hemos dado ninguna descripción.-

Empezamos esta suplementaria descripción con terrenos que tie_ nen estratos grandes de roca (R) que casi siempre no existen en la superficie y cuando así sucede es de origen volcánico reciente, como Quezaltepeque, San Miguel, Izalco, etc., que son conocidos como "Mal País."

Por ser una parte considerable del país esta parte la clasificamos como ZONA OCHO (véase Mapa). Todavía este material no se usa pero tiene grandes posibilidades para carreteras y en construcción como ornamentación.

REFERENCIAS USADAS: Todos los datos de esta zona fueron tomados de la Dirección General de Cartografía.-

Cuando no son superficiales existen en casi todo el terreno de esta República, mantos o estratos de roca cuya presentación es muy conocida, por lo tanto me limitaré a dar las siguientes características: dureza grande y solamente fácil de tratar con taladro y medios mecánicos como dinamita. Tratada así y posteriormente triturada y clasificada se usa para recubrimientos en carretera, el fino que resulta sirve para fabricación de pisos y muy bien clasificada se usa para concreto. Para este último uso debe tener cuidado con los estratos que tengan tendencia a exfoliarse pues es señal que en su composición tiene mica; para fundación es magnífica. Expansiones muy pocas, de características de drenaje muy malas.

También existen mantos de roca suelta de más o menos gran tamaño (siempre mayor de 3 pulgadas de diámetro). En nuestro país siempre se encuentran con algún aglutinante que puede ser limo, arena ó arcilla, este material da las características principales del estrato, quedando la parte de roca propiamente dicha con las características dadas por la roca. Esta clase de material cuando predomina ó se encuentra sólo en un terreno, se denomina con el nombre específico de Güijaro (GR). Aquí en El Salvador no se puede decir que exista en ningún lugar específico en cantidad suficiente para que ame--

--rite hacer mención especial de él; pero en las perforaciones --- efectuadas se puede notar su presencia en todas las zonas siendo en la costa donde si está bastante cerca de la corteza terrestre.-

En nuestra República existen terrenos que por tener caracte--- rísticas intermedias es indiferente ponerlos en uno u otro grupo; pero, cuando por necesidad sea verdaderamente intermedio se lla-- man GRAVA ARENOSA o ARENA GRAVOSA y tienen un signo doble así: (GS, SG). En la República de El Salvador donde existen con mayor abun-- dancia es en la Séptima Zona (véase mapa). Esta clase de terrenos son desde buenos a excelentes para fundaciones, muy buenos para -- revestimiento y bien dosificados se obtienen muy buenos materiales de construcción, muy poca elasticidad (expansiones), característi_ cas de drenaje muy buenos y muy buenas posibilidades de compacta-- ción al tratarla con maquinaria.-

Por ser de importancia capital y por ser las zonas mejor y -- más completamente estudiadas pasaremos a reseñar ciertos perfiles en las zonas urbanas más importantes: la de la Capital y la de la ciudad de Santa Ana. En la zona de la ciudad de San Salvador y -- sus alrededores: Perforación Hotel de El Salvador: los primeros 10 metros (LIMO ARENOSO ML) color blanco; como segundo estrato, los - siguientes 40 metros (GUIJARROS CON LIMO ARENOSO), como cementante y el resto a la total profundidad de 180 metros (ROCA R) de origen volcánico. Otra perforación típica de esta zona es la efectuada - en los terrenos de la Ciudad Universitaria que aparece así: LIMO ARENOSO (ML) siempre de color blanco en los primeros 20 metros, - después una capa de ARCILLA (C) con lava desmenuzada (GR) de más

.....29

o menos 15 metros de espesor, sigue una capa de ARENA (S) mezclada con cenizas volcánicas de más o menos 30 metros de espesor y el último estrato encontrado es ROCA (R) de origen volcánico. En la parte Oriente de la Capital, los tres primeros estratos de los perfiles anteriores se repiten en orden y con espesores menores pues la ROCA (R) de origen volcánico se encuentra a menor profundidad a - más o menos 50 metros. En la zona uno existe otra perforación en el Aeropuerto de Ilopango donde la primera y única capa de suelo en los primeros 125 metros es LIMO ARENOSO siempre blanco.

En la zona urbana de la ciudad de Santa Ana y sus alrededores después de la capa de LIMO ORGANICO superficial de espesor entre cero y un metro, viene una capa de 10 a 20 metros de espesor de POMEZ blanca, después viene una capa de LIMO ARENOSO de color café. (Estos datos son sacados de 5 perforaciones de OO.HH., y el resto del Departamento Geológico Nacional).

- - - - -

- - - - -

--- T E R C E R A P A R T E ---

Como hemos dicho en la introducción de la presente Tesis, esta dedicada a los comentarios del estudio é investigaciones efectuados, al futuro provecho de lo hecho hasta hoy y si pudieramos ir más alla, a medidas a tomar en el futuro.

De todas las investigaciones efectuadas se deduce que nuestro suelo es esencialmente volcánico, geológicamente hablando y solamente aparece uno que otro suelo (5% más o menos) de origen sedimentario ó también de estos estudios podemos llegar a la conclusión de que en nuestro país los terrenos predominantes son (en orden de abundancia): LOS LIMOS ARENOSOS que en la primera zona son blancos, en la quinta son desde café claro al oscuro y en la sexta grises, pudiendo tener sus variantes en su composición, origen o situación. Después siguen las ARCILLAS (C), que abundan en las zonas tres y dós principalmente, la mayor parte de veces tienen un color rojo intenso pero se da el caso que exista esa clase de terrenos de color negro (Atiquizaya).

Otra clase que se encuentra bastante abundante son los terrenos CEMENTADOS, conocidos como ya dijimos con el nombre genérico de TALPETATE de diferentes composiciones, durezas y colores; existen preferentemente y predominan en las zonas tres y siete.

En la zona ocho es la de lavas de origen reciente.

Los terrenos anteriores componen la mayor parte del suelo de nuestra República, pero también existen (ROCAS R), Guijaros (GT) - GRAVA, CANTOS RODADOS (C) Pómez.

Los terrenos enumerados anteriormente, tienen en general buenas características para trabajos de Ingeniería y solamente -

debe tenerse cuidado con los suelos ORGANICOS (Limos, Arcillas, y Humus.

Dichosamente esta clase de suelos están en estratos de poco espesor y siempre en la superficie. Doy un cuadro esquemático bastante resumido y útil para tratar de explicar los diferentes comportamientos.

Todo plan para el futuro debe empezar porque la oficina del Gobierno, que es el Laboratorio del Ministerio de OBRAS PUBLICAS, siga llevando datos de todas las perforaciones hechas con otros fines específicos y sobre todo hacer exámenes para clasificación y posteriormente, zonificaciones más detalladas que la presente con sus respectivos perfiles de zonas. Dichosamente algo se ha hecho al presente en este aspecto, pues dicha oficina tiene aparatos apropiados y personal entrenado. Solamente falta un poco de comprensión de parte de los técnicos, respecto a la importancia de este estudio para que presten su colaboración mandando muestras y datos que puedan ser el origen de un archivo general, completo a este respecto y llevados por dicha dependencia gubernamental.

Como primer paso, en el cual están fundadas las mayores esperanzas, es la creación de la Cátedra de MECANICA DE SUELOS, en nuestra Facultad de Ingeniería.

Creemos que este paso y la creación del Laboratorio antes mencionado, serán el origen del mejor estudio de las características de nuestro suelo, a base de un trabajo intensivo de muestreo, exámenes y recapitulación de datos.

Esperamos que el presente trabajo contribuya en algo al fin buscado, que es el hacer un estudio completo del suelo de nuestro país, y mis mejores deseos son que dicho trabajo se verifique con todo el interés é intensidad que requiere problema tan trascendental en el desenvolvimiento progresista que aspira

alcanzar El Salvador en el concierto internacional.

Así creemos haber contribuido en algo en la investigación que al respecto se lleva en nuestro país, la que espero habrá de completarse en el correr del tiempo, a medida que -- la Ingeniería se desenvuelva cada vez más en nuestro medio, -- dentro de las exigencias de esta rama de la ciencia: MECANICA-
DE SUELOS.

San Salvador, Abril de 1959.

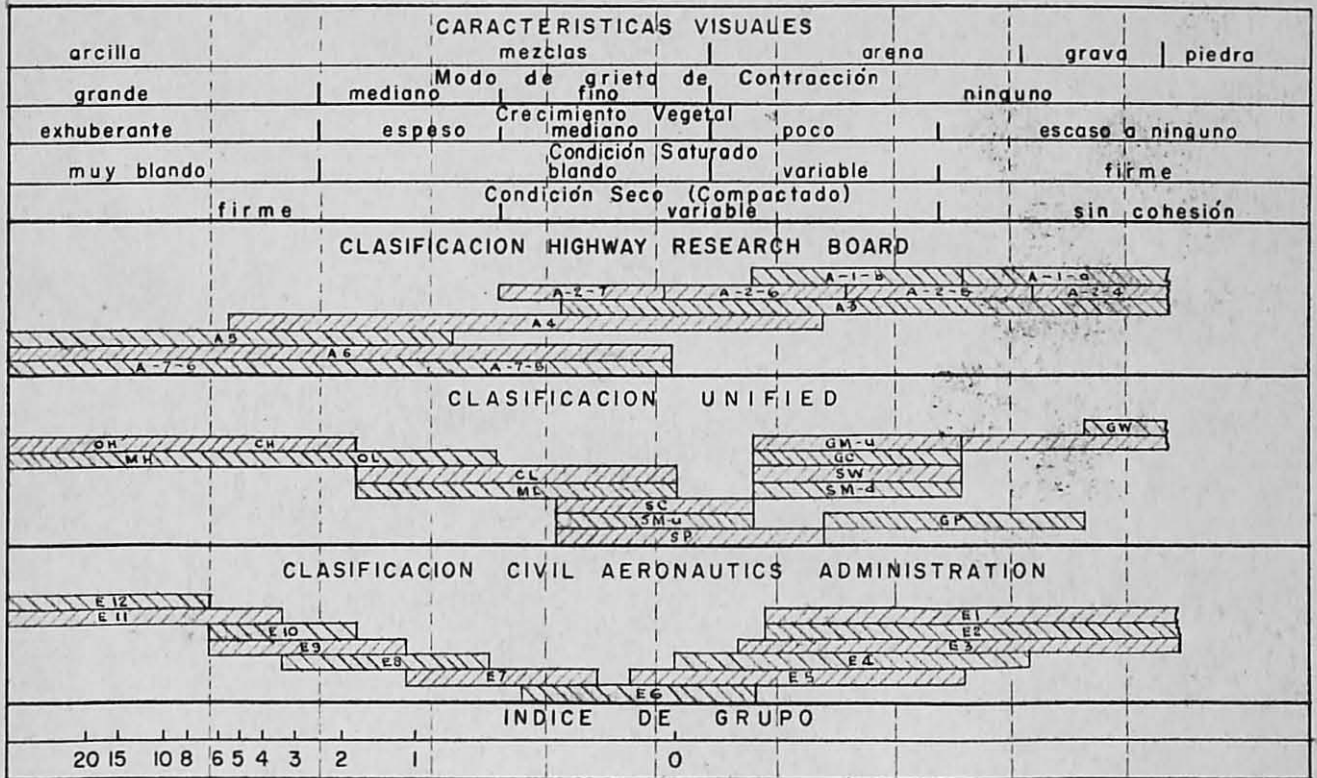
o-o-o-o-o-o-o

o-o-o-o-o-o-o

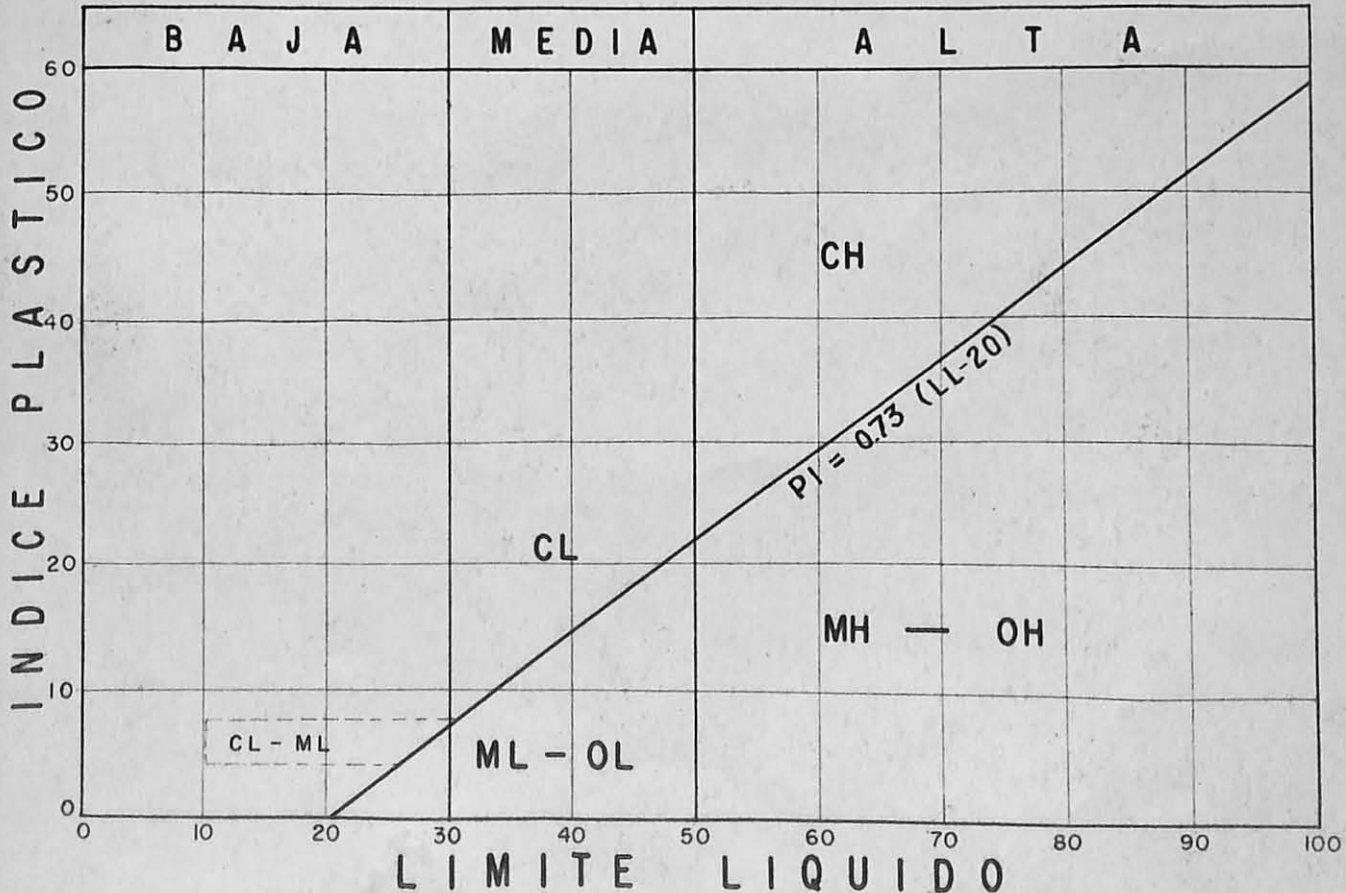
o-o-o-o-o-o-o

MAC/maj.-

CORRELACION DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE CLASIFICACION DE SUELOS

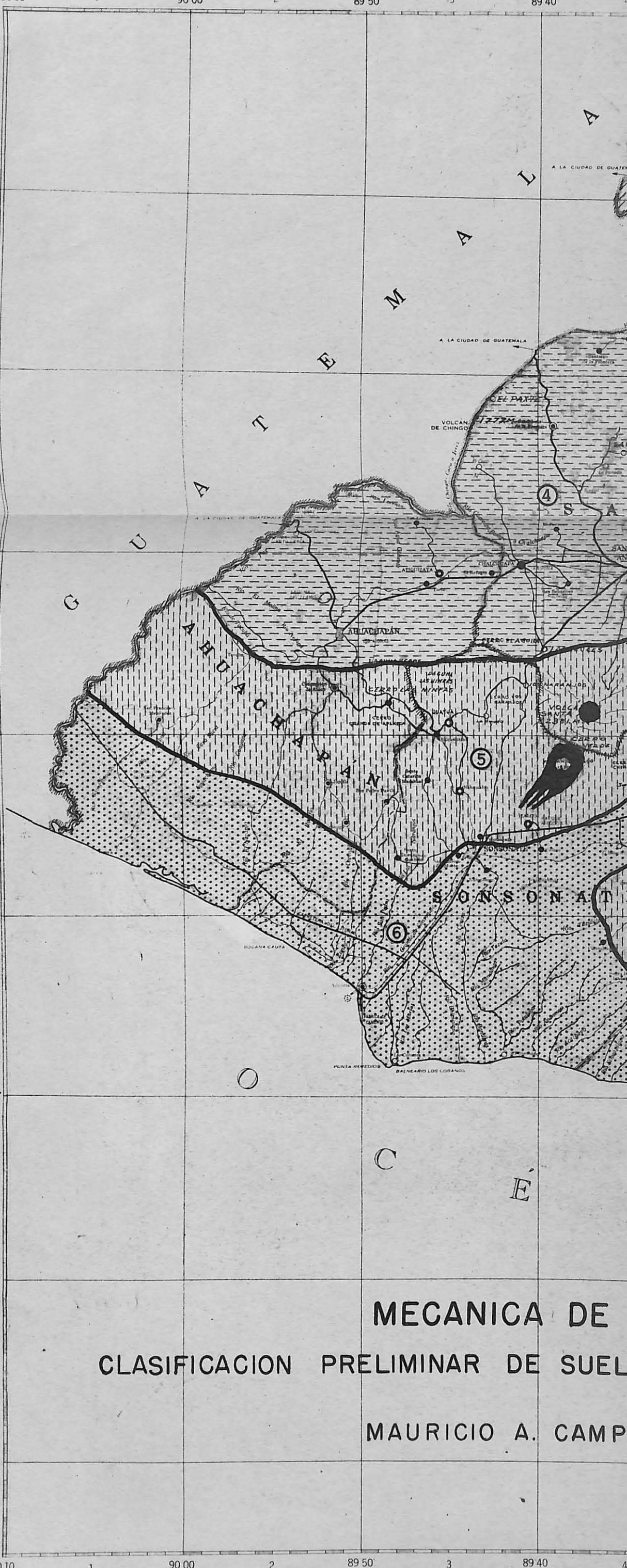


GRAFICA DE PLASTICIDAD



90 10' 1 90 00 2 89 50 3 89 40

A
14 20'
B
14 10'
C
14 00'
D
13 50'
E
13 40'
F
13 30'
G
13 20'
H
13 10'
I





EXPLICACION

ESCALA 1:100,000

MAPA OFICIAL



DE LA

REPUBLICA DE EL SALVADOR

