

# Mecánica de Suelos

## Clasificación de los Suelos en ocho grupos

La Revista DYNA se complace en publicar una parte de las conferencias que sobre "Mecánica de Suelos" dictó en días pasados —por invitación de las directivas— en nuestra Facultad, el distinguido Ingeniero Gustavo Maldonado, profesor de "Mecánica de Suelos" en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional en Bogotá.

Teniendo como base la comportación en el terreno, los suelos han sido clasificados en ocho grupos designados de A-1 a A-8 inclusive. Los resultados de los experimentos hechos de acuerdo con las normas generales indican las propiedades generales de los suelos y sirven para identificarlos como pertenecientes a uno de los grupos en que se han dividido. Este método de clasificación no elimina la posibilidad de que un suelo posea propiedades comunes a dos grupos, ni suministra un sistema rígido para apreciar las propiedades de los suelos. El ingeniero debe aprender a juzgar del valor que los diferentes suelos puedan tener en la construcción y de las dificultades que puedan presentarse debido a su uso, basándose de preferencia en las constantes físicas y en las relaciones que guardan entre sí estas constantes y menos en el hecho de que caigan dentro de determinado grupo. Así, por ejemplo, suelos gredosos procedentes de distintas localidades que caen dentro de los grupos A-6 o A-7 pueden tener constantes de plasticidad que varían considerablemente entre sí, y por lo tanto su valor como material de construcción para rellenos o para subrasante puede ser muy variado. La clasificación de los suelos debe usarse para designar características generales tales como plasticidad, permeabilidad, capacidad de soporte, etc.

Sería muy difícil indicar todas las constantes del suelo en informes o en mapas, pero el uso de los 8 grupos proporciona al ingeniero que no está interesado en muchos detalles, un medio fácil para formarse una idea clara del suelo en cualquier proyecto. El ingeniero diseñador así como el constructor, sin embargo, deberán tener a su disposición los resultados de experimentos de laborato-

rio y debe basarse más en ellos para la preparación de especificaciones y planos y en los métodos de construcción que en los grupos de clasificación.

### CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS PRIMEROS TRES GRUPOS

**GRUPO A-1.** - Los suelos de este grupo están compuestos de materiales bien excelentes aglutinante; son muy estables bajo la carga de la llanta cualquiera que sea la humedad, pueden ser compactados a gran desidad con aplanadoras de rueda lisa o con pata de cabra; prácticamente no experimentan ningún cambio de volumen. Estos materiales poseen gran capacidad de soporte cuando tienen alta densidad y son satisfactorios para bases sobre las cuales se usan capas de desgaste relativamente delgadas.

*Gradación.*—El mortero o mezcla del suelo, es decir, la porción que pasa la malla Nro. 10 debe estar gradada de la manera siguiente: Greda, 5 a 10%; cieno 10 a 20%, arena total del 70 al 85%; arena gruesa, 45 al 60%.

*Constantes.* El límite líquido generalmente es mayor de 14 y menor de 35, el índice de plasticidad fluctúa entre 4 y 9; el límite de encogimiento entre 14 y 20, la humedad centrífuga equivalente es menor de 15. La humedad equivalente del terreno no tiene mayor importancia en esta clase de terreno o suelo.

Las características de este grupo de suelos son tales que las constantes de los experimentos caen dentro de límites reducidos, puesto que las variaciones muy pequeñas en graduación y características del aglutinante resultan en un suelo del Grupo A-2.

Los suelos pertenecientes al grupo A-1 no se encuentran en extensiones de terreno muy grandes y generalmente los depósitos son pequeños. Cuando se encuentran en cantidades suficientes para gruesos adecuados, estos suelos se pueden usar para bases de pavimentos o superficies bituminosas cuando el índice de plasticidad no pasa de 6. Son excelentes como material para superficies de desgaste o carpetas sobre suelos compuestos de cieno seco.

**GRUPO A-2.** - Los suelos de este grupo están compuestos de material o agregado grueso y agregado con aglutinante gredoso pero son inferiores al tipo A-1 debido a la mala graduación, aglutinante de calidad inferior, o ambos. Suelos del grupo A-1 pueden ser compactados con aplanadoras de cilindro liso o corrugado, y la densidad que se obtiene depende de la cantidad, graduación y características del aglutinante. En las capas superficiales de ca-

rreteras, materiales A-2 pueden ser estables en alto grado cuando están bastante secas, según la cantidad y características del aglutinante, pueden ablandarse durante tiempo húmedo o volverse polvorientos o aflojarse en tiempo seco. Si se usan como material para base, los suelos plásticos de este grupo pueden perder estabilidad debido a saturación capilar o falta de drenaje. Algunos de ellos pueden ser dañados por el hielo.

*Gradación.*—El contenido de arena no es menos del 55%

*Constantes.* El límite líquido es comúnmente menor de 35. El índice plástico puede variar entre NP (no plástico) hasta 15, según la gradación y las características del aglutinante. El límite de encogimiento no excede generalmente de 25 y solamente tiene algún significado cuando la gradación y las características del aglutinante se consideran. La humedad centrífuga no excede de 25.

Los suelos de este grupo son de muy frecuente ocurrencia. El grupo está generalmente dividido en dos partes, que son, el tipo plástico y el tipo friable o desmenuzable. El tipo friable generalmente tiene un índice de plasticidad que varía entre NP hasta menos de 3 y puede ser usado como material para base para superficies bituminosas donde se puede mantener un contenido de humedad suficiente para conseguir estabilidad o cuando el material para carpetas sobre subsuelos muy plásticos sobre los cuales se va a construir pavimentos de concreto. El índice de plasticidad del tipo plástico varía entre 3 y 15. Cuando el índice plástico de este tipo de suelos excede de 6, no es apropiado para base de una superficie bituminosa y puede causar torcimiento del concreto del pavimento si puede ocurrir una fluctuación considerable en el contenido de humedad.

Los suelos de este grupo (friable o plástico) pueden considerarse estables si están bien compactados y son satisfactorios para la construcción de rellenos o para carpetas sobre suelos plásticos o los compuestos de cieno. Estos suelos se dejan drenar y pueden tener suficiente plasticidad para causar cambios de volumen perjudiciales. Materiales bituminosos, cemento portland, y otras substancias pueden mezclarse con suelos de este grupo con mucha facilidad.

**GRUPO A-3** - Los suelos de este grupo están compuestos enteramente de agregado grueso como arena y gravilla, adolecen de falta de estabilidad bajo la carga de las ruedas, menos cuando están húmedos, apenas son afectados por condiciones de humedad no tienen cambios de volumen. No se dejan compactar con aplastado-

ra, pero en la mayor parte de los casos pueden asentarse por medio de discos y por inundación. Se drena rápidamente, y cuando están adecuadamente confinados, producen bases para todo tipo de pavimento.

*Gradación.*—La fracción que pasa la malla Nro. 200 es menos del 10 por ciento.

*Constantes.*—Los suelos de este grupo no tienen plasticidad. El límite de encogimiento y la humedad equivalente del terreno son insignificantes. La humedad centrífuga equivalente no excede de 12.

Los suelos A-3 ocurren con mucha frecuencia. Muchos de ellos pueden ser estabilizados satisfactoriamente con materiales bituminosos.

#### SUELOS DEL CUARTO GRUPO SOMETIDOS A LEVANTAMIENTO O ESPONJAMIENTO DEBIDO AL HIELO

**GRUPO A-4.** - Este grupo consiste predominantemente de suelos que contienen un gran porcentaje de cieno y en los que el agregado grueso se encuentra sólo en cantidades moderadas o muy pequeñas, y pequeñas cantidades de gredas coloides pegantes. Cuando los suelos A-4 están algo secos o húmedos, presentan una superficie rígida y firme que al quitarles la carga rebotan muy poco. Cuando absorben humedad muy rápidamente, pueden aumentar de volumen de una manera perjudicial o perder estabilidad aun cuando no hayan sido manipulados. Estos suelos están sometidos a expansiones debido al hielo.

Los suelos de este grupo varían considerablemente en textura y están entre las margas arenosas y las gredosas y con cieno. Una comparación de las curvas de análisis granulométrico indica gran variación en gradación dentro del grupo.

Las margas arenosas pueden ser compactadas hasta obtener altas densidades, sea que el apisonado se haga con rueda lisa o con pata de cabra, y tienen buena estabilidad dentro de una gran variación de densidades comparativamente mejores que las que se obtienen con margas que contienen cieno o simplemente cieno. El cambio de volumen que experimentan es pequeño y no produce retorcimientos perjudiciales en los pavimentos aunque sean compactados en estado seco.

Los cienos y las margas con cieno no se pueden compactar a alta densidad debido al exceso de vacíos que resulta de la mala calidad de la gradación y también a la falta de aglutinante. Rela-

## SUMARIO DE CARACTERISTICAS DE SUELOS Y CLASIFICACION

GRUPO	A - 1	A - 2	A - 3	A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	A - 8
Propiedades generales de estabilidad.	Muy estable siempre	Estable seco pue- de descascararse	Bueno y estable	Magnífico sopor- te continuado.	Satisfactorio cuando seco pierde estabilidad.	Difícil de compactar. Dudsosa estabilidad.	Buena estabilidad bien compactada.	Incapaz de dar soporte.
Constante Fisicas:								
= Friccion	alta	alta	alta	alta	Variable	Baja	Baja	
Cohesion	id.	baja	id.	ninguna	id.	Alta	Alta	
Encogimiento	No perjudicial	Perjudicial si es- tá mal graduado.	Perjudicial si es- tá mal graduado.	Insignificante	id.	Perjudicial.	Perjudicial.	
Relación de Encogimiento	Ninguna	Ninguna	Algo	Poco	id.	Alta	Baja	
Expansión	id.	id.	id.	id.	Perjudicial.	id.	id.	
Capilaridad	id.	id.	id.	Ninguna	Variable.	id.	id.	
Elasticidad	id.	id.	id.			Ninguna.	Ninguna.	
Física Clasificación								
Gradación general	Uniforme grueso fino aglutinante	Pobre; mal aglu- tinante.	Pobre; agluti- nante.	Material grueso solamente sin a- glutinante.	Arena fina cieno sin cohesión gre- maseo.	Micáseos y dia- máseos.	Greda cohesiva y deflocula- ble y drenable.	
Límites aproximados.								
Arena %	70-85	55-80	75-100	55 (max.)	55 (max.)	55 (max.)	55 (max.)	
Cieno id.	10-20	0-45	(1)	medio	medio	medio	medio	
Greda id.	5-10	0-45	(1)	Bajo	30 (mínimo)	30 (mínimo)	30 (mínimo)	
Características Fisicas.								
Límite Líquido.	14-35 <sup>a</sup>	35 (max.)	35 (max.)	20-40	35 (mínimo)	35 (mínimo)	35 (mínimo)	
Indice Plástico.	4-9	P.P. 3	N.P. <sup>a</sup>	0-15	0-60	18 (mínimo)	12 (mínimo)	
Humedad equivalente del terreno.	No esencial	No esencial	No esencial	30 (max.)	30-120	50 (max.)	30-100	
Humedad centrifuga equivalente.	15 (max.)	12-25	12 (max.)	No esencial	No esencial	No esencial	No esencial	
Límite de Encogimiento.	14-20	15-25	25 (max.)	20-30	30-120	6-14	10-30	
Relación de Encogimiento.	1.7-1.9	1.7-1.9	1.7-1.9	1.5-1.7	0.7-1.5	1.7-2.0	1.7-2.0	
Cambio de Volumen.	0-10	0-6	0-15	0-16	0-16	17 (mínimo)	17 (mínimo)	
Encogimiento Lineal.	0-3	0-2	0-4	0-4	0-4	5 (mínimo)	5 (mínimo)	
Características de Compactable.								
Peso mat. seco.	130 k/pie <sup>a</sup>	120-130# /pie <sup>a</sup>	120-130	110-120# /pie <sup>a</sup>	80-100# /pie <sup>a</sup>	80-110# /pie <sup>a</sup>	80-110# /pie <sup>a</sup>	90# (max)
Humedad optima.	2080 k/m <sup>a</sup>	1920-2080 k	1920-2080 k	1760-1920 k	1280-1600 k	1280-1760 k	1280-1760 k	1440k (max)
% de peso seco aprox.	9	9-12	9-12	12-17	22-30	17-28	17-28	
Compactación mat. requerida en terreno.	90 #/pie <sup>a</sup>	90 #/pie <sup>a</sup>	90 #/pie <sup>a</sup>	95# /pie <sup>a</sup>	100 #/pie <sup>a</sup>	100 #/pie <sup>a</sup>	100 #/pie <sup>a</sup>	
% mat. peso seco.	1440 k/m <sup>a</sup>	1440 k/m <sup>a</sup>	1440 k/m <sup>a</sup>	1520 k/m <sup>a</sup>	1600 k/m <sup>a</sup>	1600 k/m <sup>a</sup>	1600 k/m <sup>a</sup>	
Adaptabilidad para rellenos de 15m. o menos de alto.	Excelente.	Bueno.	Bueno.	Bueno.	Bueno-Pobre	Pobre-malo	Regular a Pobre	
Adapt. para rellenos mayores de 15m. de alto.	Bueno.	Bueno a regular.	Bueno a regular.	Bueno a regular.	Regular a Pobre.	Malo	Malo	
Espesor total requerido para subbase, base y desgaste (cms.)	15	5-20	15	23-46	23-60	30-60	30-60	

1) Porcentaje que pasa la zaranda N° 200 = 0 a 10

(2) Cuando se usa para base en superficies delgadas y flexibles el I. P y el L.L no deben pasar de 6 y 25 respectivamente.

(3) N.P. No plástico.

tivamente son inestables con todos los contenidos de humedad pero especialmente a los más altos, con los cuales la estabilidad es muy baja. (Baja capacidad de soporte. Cienos y algunas margas con cieno son difíciles de apisonar, porque los mejores resultados de apisonamiento solamente se obtienen dentro de un margen reducido de humedad. En estos suelos se puede obtener compactación uniforme con ruedas lisas siempre que el suelo no esté ni muy húmedo ni muy seco. Si la humedad es muy alta, con ruedas lisas muy pesadas el suelo ondula y se levanta adelante y atrás de la rueda y por lo tanto no se deja compactar.

Las margas gredosas de este grupo están mejor gradadas que los cienos y pueden compactarse a más altas densidades. Con margas gredosas pesadas las apisonadoras que no sean de rueda lisa han dado mejor resultado. Las margas gredosas son bastante estables a una humedad baja y a altas densidades, pero en estas condiciones tienen la posibilidad de cambios de volumen perjudiciales si la humedad se aumenta.

*Gradación.* - La cantidad de arena es menor del 55 por ciento.

*Constantes.* - El límite líquido de los suelos de este grupo varía entre 20 para margas arenosas y 40 para margas gredosas. El índice de plasticidad varía entre 0 para cienos gruesos sin aglutinante y 15 para margas gredosas. El límite de encogimiento varía entre 20 para las margas aren-gredosas mejor gradadas con buen aglutinante y 30 para cienos. La humedad centrífuga equivalente (no esencial para la clasificación) varía entre 12 y 50 según sea la porosidad y permeabilidad del suelo. La humedad equivalente del terreno no pasa de 30. Cuando la humedad centrífuga equivalente es mayor que el límite líquido, los suelos de este grupo pueden ser especialmente inestables en presencia de agua. Los suelos del Grupo A-4 pueden ser muy expansivos y se acercan al Grupo A-5 cuando la humedad equivalente del terreno es mayor que la humedad centrífuga equivalente y cuando el límite de encogimiento es mayor de 25. La gran variación en los suelos de este grupo se extiende desde los que bordean el Grupo A-2 hasta los que se aproximan al límite inferior de los grupos A-5, A-6 y A-7. Los suelos que se encuentran en estos límites se designan como suelos A-2-4, A-4-5, A-4-6 y A-4-7, indicando que se acercan al último grupo en características, gradación y valores de las constantes de experimento.

Como los suelos de este grupo están sujetos a los efectos de esponjamiento producido por el hielo, deben ser cubiertos con material granuloso en áreas donde prevalezcan temperaturas muy ba-

jas y donde se encuentren condiciones que puedan favorecer el esponjamiento. El grueso de material de recubrimiento requerido para evitar el esponjamiento varía entre 18 y 48 pulgadas.

Cuando están mojados, estos suelos pueden volverse elásticos y desarrollar rebote considerable al relevarlos de la carga.

Los tipos más plásticos del grupo aumentan de volumen con aumento de humedad suficiente para producir torcimiento en las uniones de pavimentos de concreto si los suelos son colocados sobre la vía con una humedad menor que la óptima. Las superficies bituminosas requieren bases muy buenas cuando se construyen sobre sub-bases compuestas de alguna de las variedades de suelos de este grupo.

#### SUELOS DEL QUINTO Y SEXTO GRUPOS NO APROPIADOS COMO SUB-BASES PARA BASES DELGADAS DEL TIPO FLEXIBLE

**GRUPO A-5.** - Este grupo es semejante al A-4 pero incluye suelos muy pobemente gradados que contienen materiales tales como mica y diátomos que producen propiedades elásticas y muy baja estabilidad. Los suelos de este grupo tienden a ser elásticos y a rebotar al quitarles la carga aún estando secos. Las propiedades elásticas de estos suelos interfieren en la compactación adecuada de bases de tipo flexible durante la construcción y con la retención de buena adherencia después.

*Gradación.* - El contenido de arena es menos del 55 por ciento. (Hay algunas excepciones).

*Constantes.* - El límite líquido es generalmente mayor de 35. El índice de plasticidad usualmente está entre 0 y 20, pero en algunos casos puede llegar a 60. El límite de encogimiento es superior a 30 y menos que 120 y comúnmente excede de 50 en los suelos indeseables de este grupo. La humedad equivalente del terreno varía entre 30 y 120.

Los suelos de este grupo no son apropiados como sub-base para bases estabilizadas delgadas o para superficies bituminosas. Están expuestos a esponjamiento por el hielo y deben ser cubiertos con material granuloso cuando se encuentran en subsuelos en áreas donde prevalecen condiciones de muy bajas temperaturas. Es generalmente muy difícil compactarlos debido a la tendencia que tienen al rebote cuando se les quita la carga. Se ha observado además, que pavimentos que se construyen sobre sub-bases compuestas de estos suelos se agrietan considerablemente.

**GRUPO A-6** - Este grupo está compuesto de suelos en los que predomina la greda con una cantidad moderada o insignificante de material grueso. En el estado elástico, blando o duro, estos suelos absorben agua solamente cuando han sido manipulados. Pueden ser compactados a una densidad relativamente alta por medio de aplanadoras de rodillos pesados y pueden ser compactados de mejor manera por medio de aplanadoras pata de cabra o de golpe, tienen resistencia satisfactoria cuando se compactan a densidades máximas y prácticas, son compresibles y rebotan muy poco cuando se les quita la carga, son muy expansivos y producen torcimientos muy severos en lasas de concreto cuando estas se vacian suficientemente secas para permitir que el agua sea absorbida en bastante cantidad.

*Gradación.* - El contenido de arena es menos del 55 por ciento.

*Constantes.* - El límite líquido excede de 35, el límite plástico es superior a 18, el límite de encogimiento es menos de 14, y la humedad equivalente del terreno es menos de 50.

El alto índice de plasticidad de los suelos de este grupo indica la naturaleza esencialmente cohesiva del material aglutinante (greda y coloides) a humedades contenidas muy bajas. La cohesión decrece a medida que el contenido de humedad aumenta. Por consiguiente, como los suelos del Grupo A-6 no poseen mucha fricción interna, poseen poca estabilidad a las humedades contenidas más altas. Por consiguiente, estos suelos son apropiados para rellenos y para sub-bases solamente cuando pueden ser colocados y mantenidos a un contenido de humedad relativamente bajo.

Los límites de encogimiento muy bajos indican cambios de volumen considerables. Esto es debido a que cualquier cambio en contenido de humedad por encima del límite de encogimiento produce un correspondiente cambio de volumen y el intervalo entre una humedad contenida dada y el límite de encogimiento es máximo en suelos del Grupo A-6. Las altas relaciones de encogimiento que son iguales a la gravedad específica del volumen aparente de las galletas de ensayo secas, muestra que la presión capilar ejercida a medida que progresó la evaporación es de tal intensidad que comprime las partículas hasta formar una masa densa y compacta. En el terreno, los suelos del Grupo A-6 se caracterizan por la presencia de grietas en todas las superficies expuestas a la evaporación.

El valor obtenido en el experimento de humedad centrífuga equivalente, que no es esencial para la clasificación, generalmente pasa de 25. Los altos valores que se obtienen y el hecho de que

frecuentemente ocurre inundación en el experimento indican que la humedad se mueve muy lentamente a través del suelo del Grupo A-6 aún bajo una cabeza de agua considerable. Por lo tanto, estos suelos absorberán agua muy lentamente a menos que hayan sido manipulados, inversamente, una vez que están húmedos o mojados, se secan muy lentamente. El flujo de agua gravitacional a través de ellos es insignificante y, por lo tanto, instalaciones ordinarias de drenajes son de muy poco valor. Debe hacerse notar que mientras que el flujo de agua a través de los suelos del grupo A-6 es muy lento, la presión capilar responsable del movimiento de la humedad desde la porción más húmeda hasta la más seca es muy grande y fuerzas considerables pueden desarrollarse por esta razón.

Humedades equivalentes del terreno muy bajas son características de suelos compresibles que rebotan muy poco cuando se les quita la carga. En el experimento, se aplica una carga por medio de la espátula que tiende a comprimir y reduce los espacios de los poros sobre la superficie así alisada. Las partículas de un suelo elástico tienden a separarse y así absorben más humedad y tienen más altas humedades equivalentes del terreno que los suelos compresibles.

Los suelos del Grupo A-6 están confinados entre límites más reducidos en sus características generales que los grupos A-4 o A-7. Suelos encontrados en el límite de los anteriores son con frecuencia designados como A-6-4 o A-6-7.

Los suelos de este grupo no son apropiados para ser usados como sub-bases bajo bases flexibles o delgadas o superficies bituminosas debido a los cambios considerables de volumen que son causados por fluctuaciones de humedad y la pérdida de resistencia a la compresión cuando penetra la humedad. Cuando se construyen lasas de concreto sobre estos suelos la sub-base debe cubrirse con una carpeta de material no expansivo o deben ser compactados a altas densidades, controlando los contenidos de humedad cuidadosamente. Las áreas adyacentes inmediatamente a la losa que están expuestas a sequedad deben ser protegidas por medio de una carpeta de material no expansivo, tales como A-1 o suelos friables A-2, u otro material aislante para evitar pérdida de humedad por evaporación de la sub-base y torcimiento más tarde del pavimento debido a nueva entrada de humedad.

Los suelos de este grupo que se encuentran en el subsuelo sobre el que se vaya a construir macadam o una base porosa seme-

jante, deben ser cubiertos con un material impermeable y no expansivo semejante a los suelos del tipo A-1 o A-2.

#### SUELOS DEL GRUPO 7 QUE DEBEN USARSE CON CUIDADO.

#### SUELOS DEL GRUPO 8 QUE DEBEN EVITARSE

**GRUPO A-7.** - Los suelos de este grupo son similares a los del Grupo A-6 con la diferencia de que ciertos contenidos de humedad son elásticos y se deforman rápidamente bajo la carga y rebotan apreciablemente al relevarlos de la carga. Esta característica es el resultado de una gradación inferior (la curva granulométrica es muy inclinada a través de la fracción de cieno), de la presencia de materiales extraños tales como material orgánico, hojas de mica, carbonato de calcio, de una variación en la forma de los granos o por una combinación de dos o más de estas causas. Humedad y sequedad alternadas en los suelos del grupo A-7 bajo condiciones del terreno conduce a cambios de volumen perjudiciales y rápidos.

Los suelos de este grupo son más difíciles de compactar con cilindradora que los del Grupo A-6. Apisonadoras de pata de cabra o de golpe dan los mejores resultados con los suelos A-7. Los suelos de este grupo tienen buena capacidad de soporte cuando se compactan a altas densidades pero están sometidos a cambios de volumen excesivos a menos que estén compactados a humedades suficientemente altas para obtener un mínimo de aire en los poros. Estos suelos han producido en losas de concreto torcimientos más severos que los suelos de otros grupos.

*Gradación.* - El contenido de arena es menor de 55 por ciento.

*Constantes.* - El límite líquido para suelos de este grupo exce-  
de de 35 y el índice de plasticidad es mayor de 12. El límite de en-  
cogimiento puede variar entre 10 y 30, la humedad equivalente del  
terreno puede variar entre 30 y 100.

La mayor diferencia entre suelos de los Grupos A-7 y A-6 es su elasticidad. Esta propiedad se manifiesta por el mayor límite de encogimiento y la mayor humedad equivalente del terreno que muestran los suelos del grupo A-7. Este mayor límite de encogimiento puede ser causado por mala gradación o por aglutinante pobre (aglutinante que contiene tiza, hojas de mica o un exceso de materia orgánica). De la misma manera, la humedad equivalente del terreno puede ser mayor debido a las características de absorción que son muy altas en un suelo mal graduado; (espacios considerable de poros) o que está compuesto de los materiales indicados anteriormente.

A semejanza del prupo A-4, el A-7 constituye una gran variedad de suelos que difieren en características entre los que se encuentran en los límites de los Grupos A-4 y A-5, compuestos de cienos y margas y el grupo A-6 compuesto de gredas y los que se acercan al límite inferior del Grupo A-8 que contienen un exceso de materia orgánica. Estos suelos que se encuentran en el límite se designan como suelos A-7-5, A-7-6 y A-7-8 indicando en esta forma semejanzas con los grupos anteriores.

Como los suelos de este grupo son todavía más expansivos que los del grupo A-6, las mismas precauciones en su uso deben observarse. Debido a su elasticidad y tendencia al rebote, deben ser compactados con mucho cuidado cuando se usen como base o sub-base para losas de concreto, y no deben ser sometidos a cargas excesivas inmediatamente antes del trabajo de pavimentación, si se quiere evitar la formación de grietas tempranas debidas a la fuerza ejercida por los suelos al rebotar.

En regiones donde prevalecen temperaturas muy bajas, los suelos de este grupo deben ser mirados con desconfianza porque algunos de ellos son afectados por el esponjamiento debido al hielo.

**GRUPO A-8.** - Los suelos de este grupo están compuestos de turba muy blanda y fango. Ambos contienen un exceso de materia orgánica y humedad. Y es obvio que no son adecuados para base de pavimentos ni para rellenos.

*Gradación.* - La gradación no tiene significado alguno.

*Constantes.* - El límite líquido varía entre 35 y 400; el índice de plasticidad, entre 0 y 60 y es generalmente menor de 25; el límite de encogimiento varía entre 30 y 120, y la humedad equivalente del terreno, entre 30 y 400.

Un límite de encogimiento y un límite líquido tan altos indican la presencia de materia orgánica parcialmente descompuesta. La tendencia a contener humedad capilar en grandes cantidades, muy arriba de la tabla de agua, hace que estos suelos no sean satisfactorios para fundaciones de rellenos. Su uso en cualquier tipo de construcción debe evitarse en cuanto sea posible.

Además de los resultados indicados por los experimentos ya descritos, las relaciones de densidad a humedad de los suelos en su estado compactado indican su valor para construcción de rellenos y como material de fundaciones. Bajo condiciones fijas reveladas por los experimentos, cada suelo tiene un máximo de densidad y de peso por unidad de volumen a un cierto contenido de humedad que es conocido con el nombre de humedad óptica. El peso seco

máximo varía con el tipo de suelo, siendo el más alto para suelos granulosos y bien gradados en el Grupo A-1 y disminuyendo hasta un mínimo para suelos en los grupos A-5, A-6, A-7 y A-8. Además de la relación entre densidad y humedad, se ha desarrollado un procedimiento para obtener la relación del contenido de humedad y la resistencia a la penetración de una aguja hundida en el suelo compactado bajo condiciones definidas y fijas.

Grupo	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8
Agregado grueso	0-65	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-
Mortero de sue- lo, arena total	70-85	55 Min.	-0-	55 Máximo				
Arena gruesa	45-60	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-
Cieno	10-20	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-
Greda	5-10	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-
Porcentaje que pasa malla Nro. 200	-0-	-0-	-0-	0-10	-0-	-0-	-0-	-0-
Límite líquido	14-35	35 Max.	N. P.	20-40		35 Mínimo		
Indice de plasticidad	4-9	NP-15	N.P.	0 - 15		— 60 —		

*Nota.* Solamente los materiales A-1 con valores de límite líquido que no pasen de 25, y valores del índice de plasticidad que no pasen de 6, son apropiados para usar en la construcción de bases para superficies flexibles y delgadas. —0— No esencial. NP No plástico.