



**ANALYSIS OF THE EXISTING MECHANICAL PHYSICAL SOIL
PROPERTIES AS SUBGRADE IN THE CITY OF CÚCUTA,
MUNICIPALITY OF LOS PATIOS AND VILLA DEL ROSARIO**

**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE
SUELO EXISTENTES COMO SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE
CÚCUTA, MUNICIPIO DE LOS PATIOS Y VILLA DEL ROSARIO**

**Peña, C.A. Carlos Alberto Peña Soto, Ingeniero Civil,
Universidad Francisco de Paula Santander, e-mail:
carlosalbertops@ufps.edu.com**

**Arevalo, A.N. Alba Nely Arévalo Verjel, Ingeniero Civil,
Universidad Francisco de Paula Santander, e-mail:
albaarevalovergel@hotmail.com**

**Ramón, J. A. Ph. D. Jacipt Alexander Ramón V. Profesor Titular,
Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y
Arquitectura, Universidad de Pamplona, Tel: 5685303 (ext. 140) e-mail:
jacipt@unipamplona.edu.co**

Abstract: This investigation consisted in analyzing samples of soil from the municipality of San José de Cucuta, the municipality of Los Patios and the municipality of Villa del Rosario making the respective characterization in order to determine the quality of these soils in their use as subgrade in road projects and thus better understand their behavior in road projects due to the fact that a bimodal rainfall regime is present, that is to say, it is subject to periods of rain and hot climate, where they deteriorate mainly due to the lifting or settling of the structure caused by the expansiveness and contraction of the clay. The corresponding soil sub-soil surveys and samplings located in the three municipalities were carried out and the physical and mechanical properties of the soil located in the three municipalities were carried out and thus the physical and mechanical properties of the soil were determined by tests of resistance to unconfined comprehension, classification tests, expansion tests, and the corresponding CBR for each sample. With the information obtained in the laboratory it was possible to obtain the results of each of these types of soil, as well as to know their mechanical properties of these types of soil comprised by clays in this case study and thus understand the different types of subgrade soil present in these three municipalities.

Keywords: CBR, subgrade, expansiveness, clays.

Resumen: Esta investigación consistió en analizar muestras de suelo provenientes del municipio de San José de Cúcuta, el municipio de Los Patios y el municipio de Villa del Rosario haciendo la respectiva caracterización para así poder determinar la calidad de estos suelos en



su uso como subrasante en proyectos viales y así comprender mejor su comportamiento en proyectos viales debido a que se presenta un régimen de lluvias bimodal, es decir está sometida a periodos de lluvia y clima cálido, donde presentan deterioros principalmente por levantamiento o asentamiento de la estructura ocasionados por la expansividad y contracción de la arcilla. Se realizaron los correspondientes apiques y muestreos de subrasante del suelo ubicados en los tres municipios y así se determinaron las propiedades físicas y mecánicas del suelo mediante las pruebas de resistencia a la compresión confinada, ensayos de clasificación, pruebas de expansión, y el CBR correspondiente para cada muestra. Con la información obtenida en laboratorio se logró obtener los resultados de cada uno de estos tipos de suelo, así como conocer sus propiedades mecánicas de estos tipos de suelo comprendidos por arcillas en este caso de estudio y así comprender los diferentes tipos de suelo de subrasante presente en estos tres municipios.

Palabras claves: CBR, subrasante, expansividad, arcillas.

1. INTRODUCCIÓN

El suelo arcilloso es el material natural de mayor recurso en la ciudad de San José de Cúcuta. No obstante, sus propiedades suelen ser un inconveniente frente a las demandas impuestas por las obras de infraestructura (Reyes 2013). La ciudad de San José de Cúcuta presenta un régimen de lluvias bimodal, es decir, está sometida a periodos cíclicos de lluvia y clima seco. Las viviendas y vías construidas en ciertas zonas de la ciudad presentan daños producidos principalmente por levantamientos o asentamientos diferenciales inducidos por la interacción suelo-estructura al cambiar las condiciones de humedad del suelo de Apoyo. (Florez et al., 2016) y (Rodríguez e Hidalgo 2005).

Existen diversos factores influyentes en el cambio volumétrico del suelo, entre los cuales se pueden mencionar: variaciones climáticas, infiltraciones, presencia de vegetación, modificación del nivel freático, condiciones de esfuerzo en el suelo, permeabilidad, composición mineralógica, entre otros (Camacho et al., 2006).

En este documento los suelos a analizar van a ser del municipio de San José de Cúcuta, el municipio de Los Patios y el municipio de Villa del Rosario, a los cuales se les realizarán ensayos destinados a caracterizar el suelo la observación de la variación de la resistencia a la compresión, a la tracción, su módulo elástico, la reducción en las propiedades de contracción y permeabilidad se medirán en ensayos en el laboratorio, con el fin de comparar el comportamiento de suelo anteriormente mencionados y mitigar sus efectos sobre las obras de infraestructura (Rufino et al., 2013).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Muestra de la ciudad de Cúcuta.



El suelo seleccionado en la Ciudad de Cúcuta fue en el Barrio El Salado que se encuentra ubicado en la región occidental del departamento, concretamente en las coordenadas $7^{\circ}57'06,2''N$ $72^{\circ}31'24,3''W$ como se muestra en la imagen 1.



Imagen1. Toma de muestra El Salado de la ciudad de Cúcuta

Tomando como especimen 50 Kilos del sector, obteniendo así el material correspondiente para comenzar los laboratorios en la Universidad Francisco de Paula Santander, adecuados para el estudio físico y mecánico del suelo en su estado natural a una profundidad de un metro sobre el nivel del terreno.

2.2 Muestra del municipio de los patios.

El suelo seleccionado En el municipio de los Patios fue en el Barrio Santa Rosa de lima que se encuentra ubicado en la región Oriental del departamento, concretamente en las coordenadas $7^{\circ}49'59,78''N$ $72^{\circ}29'35,19''W$ como se muestra en la imagen 2.



Imagen 2. Toma de muestra Barrió Santa Rosa de Lima Municipio de los patios.

Tomando como especimen 50 Kilos del sector, obteniendo así el material correspondiente para comenzar los laboratorios en la Universidad Francisco de Paula Santander, adecuados para el estudio físico y mecánico del suelo en su estado natural a una profundidad de un metro sobre el nivel del terreno.

2.3 Muestra del municipio de villa del rosario.

En el municipio de los Patios el suelo seleccionado fue en el Barrio Navarro Wolf que se encuentra ubicado en la región Oriental del departamento, concretamente en las coordenadas $7^{\circ}51'27,59''N$ $72^{\circ}28'56,79''W$ como se puede observar en la imagen 3.



Imagen 3. Toma de muestra Barrió Navarro Wolf de Villa del Rosario

Tomando como especimen 50 Kilos del sector, obteniendo así el material correspondiente para comenzar los laboratorios en la Universidad Francisco de Paula Santander, adecuados para el estudio físico y mecánico del suelo en su estado natural a una profundidad de un metro sobre el nivel del terreno.

2.4 Propiedades físicas y mecánicas del suelo en estado natural.

Cuando se proyecta una estructura es necesario analizar las condiciones de los suelos para ellos necesitamos Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en estudio, mediante los ensayos en su estado natural, haciendo pruebas de resistencia a la compresión confinada, prueba de clasificación, pruebas de expansión, granulometría, límites de atterberg, humedad natural, densidad del suelo y peso unitario.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis granulométrico de suelos por tamizado I.N.V.E – 123

Este ensayo tiene por objetivo la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

3.1.1 Barrio el saludo, Ciudad de Cucuta

Para la realización de este ensayo se tomó una muestra representativa de 200 gr, simultáneamente el material se lavó por el tamiz No 200, el cual se llevó al horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas de secado, obteniendo un peso seco del material lavado de 12,65 gr, luego fue pasado por una serie de tamices (de mayor a menos abertura), donde se obtiene el peso retenido en cada tamiz para luego obtener la respectiva curva granulométrica ver imagen 4.





Imagen 4. Muestra de suelos por tamizado para el análisis granulométrico

Donde el analisis de granulometrico nos indica que las particulas son de 0.074 mm donde nos indica la tabla 1. Clasificacion por tamaño de particulas (T. William Lambe. Robert V. Whitman. Mecánica de suelos. Editora Limusa. México. 1997) indicandonos que es un Suelo es un Limo.

Obteniendo de un porcentaje grava de 0% , de arena 6,33% y de finos de un 93,66%.pasando del tamiz 200 mas de la mitad

Tabla 1. Clasificacion por tamaño de particulas (T. William Lambe. Robert V. Whitman. Mecánica de suelos. Editora Limusa. México. 1997)

Dimensión de la partícula elemental (mm)	Atterberg - (Sistema Internacional)	U.S. Dep. De Agricultura	Ex - U.R.S.S.
<0,001	Arcilla	Arcilla	Arcilla
<0,002			Limo fino
0,005	Limo	Limo	Limo medio
0,01			Limo grueso
0,02			
0,06	Arena fina	Arena muy fina	Arena fina
0,1			
0,25		Arena fina	Arena media
0,2			
0,5	Arena gruesa	Arena gruesa	
1,0		Arena muy gruesa	Arena gruesa
2,0			
3,0	Grava fina	Grava fina	
5,0			
10,0	Grava	Grava	Grava
20,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	
>20,0			Grava gruesa y piedras

En la figura1 se muestra la clasificacion y Granulometria Barrio El Salado Ciudad de Cucuta

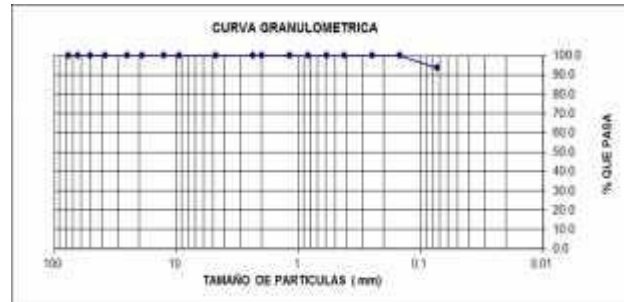


Figura1. Clasificación y Granulometria Barrio El Salado Ciudad de Cucuta

3.1.2 Barrio santa rosa de lima, Municipio de los patios

Para la realización de este ensayo se tomó una muestra representativa de 200 gr, simultáneamente el material se lavó por el tamiz No 200, el cual se llevó al horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas de secado, obteniendo un peso seco del material lavado de 12,65 gr, luego fue pasado por una serie de tamices (de mayor a menos abertura), donde se obtiene el peso retenido en cada tamiz para luego obtener la respectiva curva granulométrica.

Donde el analisis granulometrico nos indica que las particulas son de 0.074 mm indicandonos que es limo. donde nos indica la tabla 1. Clasificación por tamaño de particulas (William y Whitman 1997)

Obteniendo un porcentaje grava de 0% , de arena 6,33% y de finos de un 93,66%.pasando del tamiz 200 mas de la mitad similar al del barrio el salado.

3.1.3 Barrio navarro wolf, Municipio de villa del rosario

Para la realización de este ensayo se tomó una muestra representativa de 200 gr, simultáneamente el material se lavó por el tamiz No 200, el cual se llevó al horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas de secado, obteniendo un peso seco del material lavado de 12,65 gr, luego fue pasado por una serie de tamices (de mayor a menos abertura), donde se obtiene el peso retenido en cada tamiz para luego obtener la respectiva curva granulométrica.

Donde el analisis de granulometrico nos indica que las particulas son de 0.074 mm indicandonos que es limo. Obteniendo de un porcentaje grava de 0% , de arena 6,33% y de finos de un 93,66%.pasando del tamiz 200 mas de la mitad.

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento varíe.

3.2.1 Barrio el salado, Ciudad de Cucuta

Determinación del límite líquido de los suelos I.N.V.E – 125

Por medio de este ensayo se determina el límite líquido de un suelo que es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno. Para la realización de este ensayo se tomaron 200 gr para cada una de las muestras ensayadas, en este caso el ensayo se hizo tres veces y se promedió el valor de los tres ensayos. El material seleccionado de suelo fue aquel que paso el tamiz No 40, se amaso con agua y se colocó en la cazuela de casa grande, formando en el centro una ranura de dimensiones especificas el cual tenía que cerrarse



a una cantidad de golpes, arrojando un límite líquido promedio a los 25 golpes de 74,95 %. (Ver figura 2. Límite Líquido Barrio El Salado, Cúcuta)

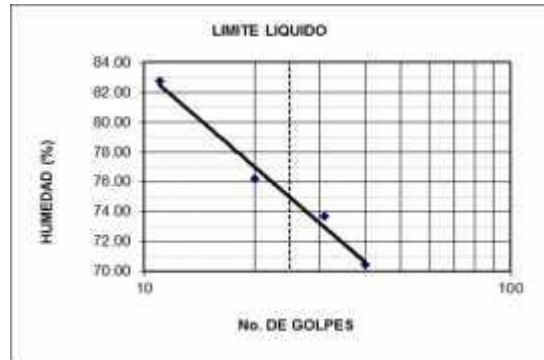


Figura 2. Límite Líquido Barrio El Salado, Cúcuta

3.2.2 Determinación del límite Plástico e índice de plasticidad I.N.V.E -126

El objeto de este ensayo es determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo, y el cálculo del índice de plasticidad si se conoce el límite líquido del mismo suelo.

Se tomó 100g de muestra de suelo que paso por el tamiz No 4, el ensayo se hizo tres veces y los resultados obtenidos se promediaron, el material utilizado en cada ensayo se amasa con agua potable, luego se tomó una porción de 6g, la cual se rodaron entre las formando un cilindro, el suelo está en límite plástico si el desmoronamiento ocurre cuando el cilindro alcanza 3mm de diámetro dando como resultado un valor promedio de límite plástico de 19,95% y un Índice de plasticidad de 55,01%

3.2.3 Barrio santa rosa de lima, municipio los patios Determinación del límite líquido de los suelos I.N.V.E – 125

Por medio de este ensayo se determina el límite líquido de un suelo que es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno. Para la realización de este ensayo se tomaron 200 gr para cada una de las muestras ensayadas, en este caso el ensayo se hizo tres veces y se promedió el valor de los tres ensayos. El material seleccionado de suelo fue aquel que paso el tamiz No 40, se amasa con agua y se colocó en la cazuela de casa grande, formando en el centro una ranura de dimensiones específicas el cual tenía que cerrarse a una cantidad de golpes, arrojando un límite líquido promedio a los 25 golpes de 66,34 % (ver figura 4).

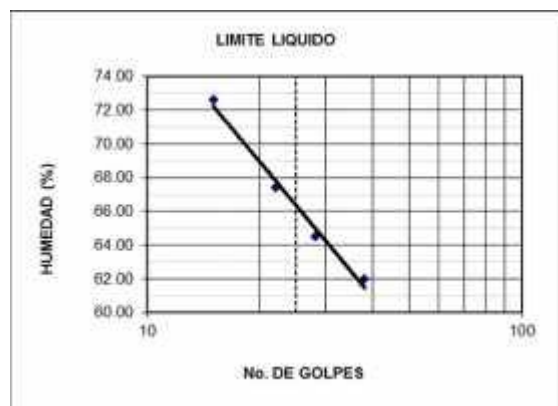


Figura 4. Límite Líquido Barrio Santa Rosa de Lima, Municipio de los Patios



3.2.4 Determinación del límite Plástico e índice de plasticidad I.N.V.E -126

Se tomó 100g de muestra de suelo que paso por el tamiz No 4, el ensayo se hizo tres veces y los resultados obtenidos se promediaron, el material utilizado en cada ensayo se amaso con agua potable, luego se tomó una porción de 6g, la cual se rodaron entre las palmas de las manos formando un cilindro, el suelo está en limite plástico si el desmoronamiento ocurre cuando el cilindro alcanza 3mm de diámetro dando como resultado un valor promedio de limite plástico de 17,99 % y un Índice de plasticidad de 48,34%.

3.2.5 Barrio navarro wolf, municipio de villa del rosario Determinación del límite liquido de los suelos I.N.V.E – 125

Por medio de este ensayo se determina el límite líquido de un suelo que es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno. Para la realización de este ensayo se tomaron 200 gr para cada una de las muestras ensayadas, en este caso el ensayo se hizo tres veces y se promedió el valor de los tres ensayos. El material seleccionado de suelo fue aquel que paso el tamiz No 40, se amaso con agua y se colocó en la cazuela de casa grande, formando en el centro una ranura de dimensiones especificas el cual tenía que cerrarse a una cantidad de golpes, arrojando un límite liquido promedio a los 25 golpes de 75,21 % (Ver figura 5).

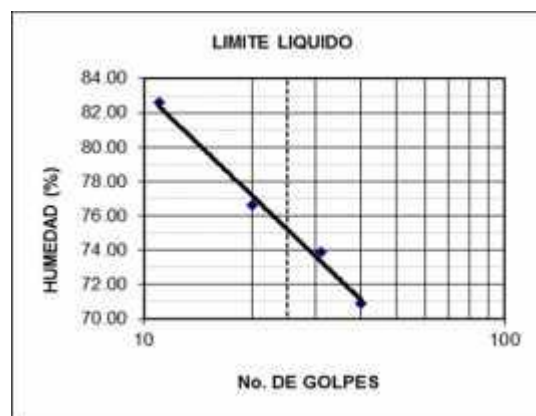


Figura 5. Limite Liquido Barrio Navarro Wolf, Municipio de Villa del Rosario

3.2.6 Determinación del límite Plástico e índice de plasticidad I.N.V.E -126

El objeto de este ensayo es determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo, y el cálculo del índice de plasticidad si se conoce el límite líquido del mismo suelo.

Se tomó 100g de muestra de suelo que paso por el tamiz No 4, el ensayo se hizo tres veces y los resultados obtenidos se promediaron, el material utilizado en cada ensayo se amaso con agua potable, luego se tomó una porción de 6g, la cual se rodaron entre las palmas de las manos formando un cilindro, el suelo está en limite plástico si el desmoronamiento ocurre cuando el cilindro alcanza 3mm de diámetro Dando como resultado un valor promedio de limite plástico de 20,37 % y un Índice de plasticidad de 54,84 %.

3.3 Determinación en el laboratorio del Contenido de agua (humedad)

3.3.1 Barrio el salado, Ciudad de Cúcuta



Este ensayo tiene por objetivo determinar el contenido de agua (humedad) de suelo, donde el contenido de agua del material se define como la relación expresada en porcentaje, entre la masa de agua que llena los poros o "agua libre" en una masa de material, y la masa de las partículas sólidas de material.

Para el desarrollo de este ensayo se tomaron tres muestras representativas de 140 gr a 150 gr el cual estaba almacenado herméticamente, dichas muestras se llevaron al horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas, luego se tomó el peso seco del material; y la diferencia entre el peso seco y el peso húmedo es el contenido de agua que tiene el suelo, arrojando una humedad promedio del 17,08 %.

3.3.2 Barrio santa rosa de lima, municipio los patios

Para el desarrollo de este ensayo se tomaron tres muestras representativas de 140 gr a 150 gr el cual estaba almacenado herméticamente, dichas muestras se llevaron al horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas, luego se tomó el peso seco del material; y la diferencia entre el peso seco y el peso húmedo es el contenido de agua que tiene el suelo, arrojando una humedad promedio del 17,08 %.

3.3.3 Barrio navarro wolf municipio de villa del rosario

Para el desarrollo de este ensayo se tomaron tres muestras representativas de 140 gr a 150 gr el cual estaba almacenado herméticamente, dichas muestras se llevaron al horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas, luego se tomó el peso seco del material; y la diferencia entre el peso seco y el peso húmedo es el contenido de agua que tiene el suelo, arrojando una humedad promedio del 17,08 %.

3.4 Clasificación del suelo sistema AASHTO

En la tabla 2 se puede observar la clasificación de los suelos según el sistema AASHTO

Tabla 2. Clasificación de Suelos Sistema AASTHO

Clasif. General	Materiales Granulares (35% o menos pasa la malla n° 200)						Limos y Arcillas (35% pasa malla n° 200)				
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Subgrupos	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5/A - 7 - 6
% que pasa tamiz :											
N° 10	50 máx										
N° 40	30 máx	50 máx	51 mín								
N° 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	
Caract. Bajo N° 40											
LL				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
IP	6 máx	6 máx	NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
IG	0	0	0	0	0	4 máx	4 máx	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Gravas y Arenas		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos arcillosos	
Terreno fundación	Excelente		Excelente	Excelente a bueno				Regular a malo			

El índice de Plasticidad del subgrupo A - 7 - 5 es menor o igual a (LL - 30)

El índice de Plasticidad del subgrupo A - 7 - 6 es mayor a (LL - 30)

3.4.1 Barrio el salado, ciudad de Cúcuta



Podemos ver claramente que $IP = 55,01 > 10$ por consiguiente, el valor $IP >$ el mínimo de 11 controla, como el 93,68 pasa a través del tamiz 200, el suelo pertenece al grupo b, cuyo sub-grupo debe ser determinado a partir de IP y LL

$LL = 74,95\% > 41$

$IP = 55,01 > 11$

De aquí podemos ver según la tabla 2, que el primer suelo que satisface dicho criterio es el A-7-6. Se determina el índice de IG , el cual no debe ser superior a 20 para ningún suelo A7, para lo siguiente se utilizó la siguiente ecuación.

$$IG = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (IP - 10)$$

Siendo:

F: Porcentaje en peso que pasa por el tamiz n° 200 del material inferior a 75 mm, expresado en número entero.

LL: Límite líquido

IP: Índice de plasticidad.

El valor resultante de la ecuación se redondea al entero más cercano $IG=20$ y vemos que la clasificación del suelo en estudio es A-7-6(20), que es un material limo arcilloso, índice de grupo nos indica que es un suelo de muy mala calidad.

3.4.2 Barrio santa rosa de lima, municipio de los patios

Podemos ver claramente por la tabla 2. Clasificación de Suelos Sistema AASTHO indicándonos que $IP = 48,34 > 10$ por consiguiente, el valor $IP >$ el mínimo de 11 controla, como el 93,68 pasa a través del tamiz 200, el suelo pertenece al grupo b, cuyo sub.-grupo debe ser determinado a partir de IP y LL .

El valor resultante de la ecuación se redondea al entero más cercano $IG=20$ y vemos que la clasificación del suelo en estudio es A-7-6(20), que es un material limo arcilloso, índice de grupo nos indica que es un suelo de muy mala calidad.

3.4.3 Barrio navarro wolf, municipio de villa del rosario

Podemos ver claramente por la imagen 8. Clasificación de Suelos Sistema AASTHO indicándonos que $IP = 54,84 > 10$ por consiguiente, el valor $IP >$ el mínimo de 11 controla, como el 93,68 pasa a través del tamiz 200, el suelo pertenece al grupo b, cuyo sub.-grupo debe ser determinado a partir de IP y LL .

El valor resultante de la ecuación se redondea al entero más cercano $IG=20$ y vemos que la clasificación del suelo en estudio es A-7-6(20), que es un material limo arcilloso, índice de grupo nos indica que es un suelo de muy mala calidad.

3.5 Pruebas de Expansion

Es un ensayo rápido de identificación, solo debe ser usado como un comparativo entre diversos suelos expansivos.

El ensayo debe ser realizado sobre el material que pasa la malla No. 10, debiéndose encontrar en estado seco (basta con secarlo al aire), húmedo (basta con introducirlo a un cuarto húmedo con humedad relativa del 100 % o a un desecador cerrado con agua), o en su límite plástico.

3.5.1 Barrio el salado, Ciudad de Cucuta

Una vez compactada la muestra, se coloca dentro del aparato y se le aplica una presión de 1 t/m² (la fuerza se mide en el anillo, y corresponde a un determinado número de divisiones del



micrómetro). Se inunda la muestra, y se mide la presión que actúa sobre ella al cabo de dos horas. Esta presión es designada con el nombre de “índice de expansividad”.

El índice de expansividad nos indica cualitativamente las características de expansión del suelo, a través del llamado “cambio potencial de volumen”. En la figura 6 se muestra la relación índice hinchamiento y cambio potencial de volumen, indicando que tiene un cambio potencial de volumen 2,3 siendo Marginal.

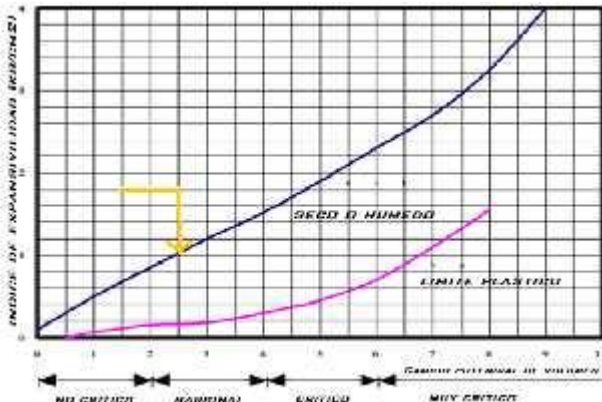


Figura 6. Relación índice hinchamiento y cambio potencial de volumen (Jiménez y Alpañes 1975).

3.5.2 Barrio santa rosa de lima, municipio de los patios

En la figura 7 se muestra que tiene un cambio potencial de volumen 1,6 indicándonos que es No Crítico.

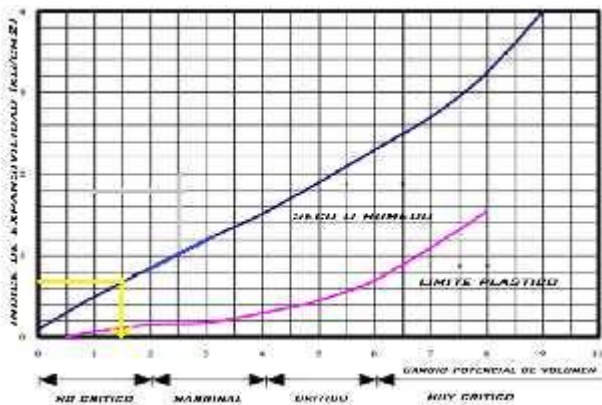


Figura 7. Relación índice hinchamiento y cambio potencial de volumen (Jiménez y Alpañes 1975).

3.5.3 Barrio navarro wolf, municipio de villa del rosario

En la figura 8 se puede observar que la muestra tiene un cambio potencial de volumen 1 indicándonos que es No Crítico.

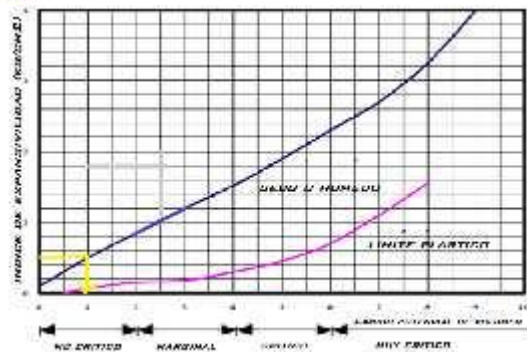


Figura 8. Relación índice hinchamiento y cambio potencial de volumen (Jiménez y Alpañes 1975).

3.5 incofinada

3.5.1 Barrio el salado, Ciudad de Cucuta

Los ensayo de Compresion Incofinada Barrio El Salado, Ciudad de Cucuta se pueden observar en la figura 9.

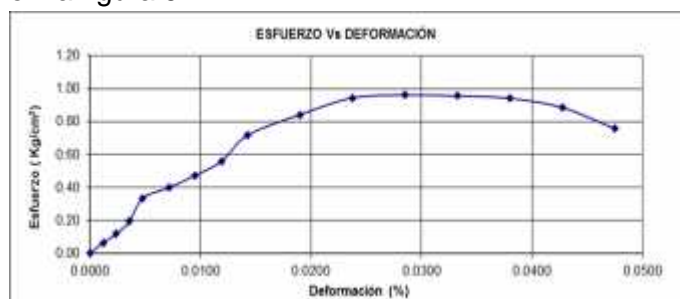


Figura 9. Ensayo de Compresion Incofinada Barrio El Salado, Ciudad de Cucuta
Esfuerzo Máximo =0,96 Kg/cm²

3.5.2 Barrio santa rosa de lima, municipio de los patios

Los ensayo de Compresion Incofinada Barrio Santa Rosa de Lima , Municipio de los patios se pueden ver en la figura 10.

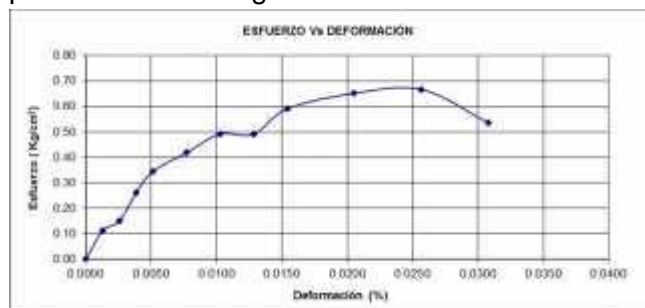


Figura10. Ensayo de Compresion Incofinada Barrio Santa Rosa de Lima , Municipio de los patios
Esfuerzo Máximo =0,67Kg/cm²

3.5.3 Barrio navarro wolf, municipio de villa del rosario

Los ensayos de Compresion Incofinada Barrio navarro wolf, municipio de villa del rosario se pueden ver en la figura 11.

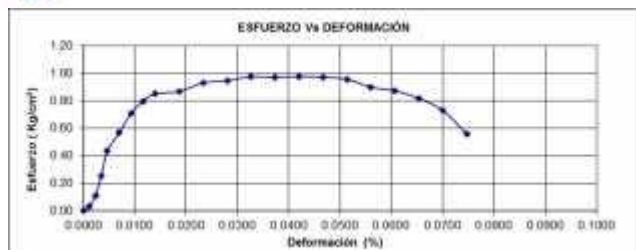


Figura 11. Ensayo de Compresión Incofinada Barrio navarro wolf, municipio de villa del rosario

Esfuerzo Máximo = $0,97 \text{ Kg/cm}^2$

3.6 RELACIONES DE PESO UNITARIO-HUMEDAD EN LOS SUELOS EQUIPO MODIFICADO I.N.V.E – 142

3.6.1 Barrio el salado, Ciudad de Cúcuta

- Densidad seca máxima $1,874 \text{ gr./cm}^3$
- Contenido de humedad Optima $12,50\%$

3.6.2 Barrio Santa rosa de lima, municipio de los patios

- Densidad seca máxima $1,969 \text{ gr./cm}^3$
- Contenido de humedad Optima $12,3 \%$

3.6.3 Barrio navarro Wolf, municipio de villa del rosario

- Densidad seca máxima $1,876 \text{ gr./cm}^3$
- Contenido de humedad Optima $13,3 \%$

3.7 RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR DE LABORATORIO) I.N.V. E – 148

En la figura 12 se puede observar el CBR de Estado Natural del Barrio El Salado, Ciudad de Cúcuta se obtuvo que el $\text{CBR}_{95\%}$ es de $1,16\%$

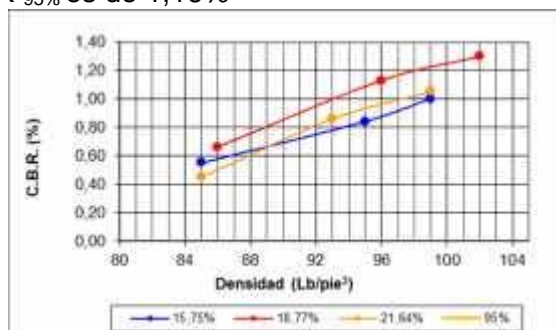


Figura 12. CBR de Estado Natural del Barrio El Salado, Ciudad de Cúcuta

En general, resulta suficiente considerar una densidad equivalente al 95% de la máxima del ensayo modificado de compactación.

Utilizando esa densidad 102 Lb/pie^3 nos dio el siguiente resultado:

$\text{DENSIDAD } 95\% \text{ } 102 \text{ Lb/pie}^3 * 0,95 = 96,9 \text{ Lb/pie}^3$



En la figura 13 se puede observar CBR de Estado Natural del Barrio Santa Rosa de Lima, Municipio los Patios, se obtuvo que el CBR 95% es de 0,68%

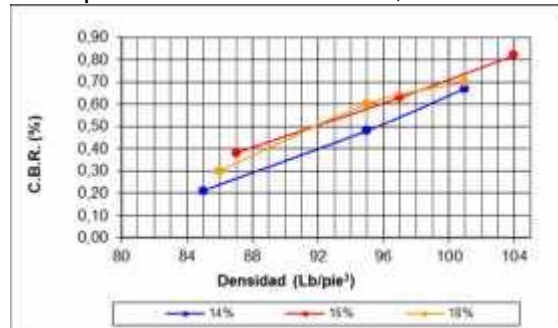


Figura 13. CBR de Estado Natural del Barrio Santa Rosa de Lima, Municipio los Patios

DENSIDAD 95% $104 \text{ Lb/pie}^3 * 0,95 = 98,8 \text{ Lb/pie}^3$

En la figura 14 se puede observar CBR de Estado Natural del Barrio Navarro Wolf, Municipio de Villa del Rosario, se obtuvo que el CBR 95% es de 0,85%

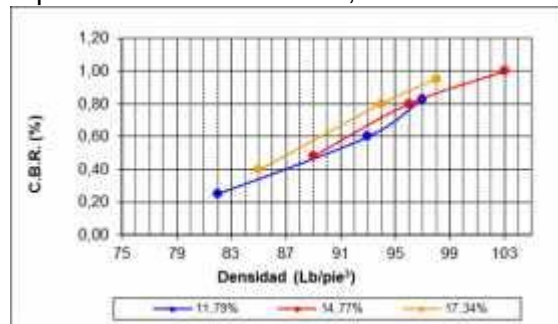


Figura 14. CBR de Estado Natural del Barrio Navarro Wolf, Municipio de Villa del Rosario

DENSIDAD 95% $103 \text{ Lb/pie}^3 * 0,95 = 97,85 \text{ Lb/pie}^3$

5. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos del análisis comparativo de las propiedades físicomecánicas de los suelos existentes en la ciudad de Cúcuta, municipio de los patios y Villa del Rosario se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- Del análisis granulométrico de las tres muestras de suelo nos indica que es un limo Obteniendo un porcentaje grava de 0% , de arena 6,33% y de finos de un 93,66%.pasando del tamiz 200 mas de la mitad.
- El índice de plasticidad para la muestra de suelo del barrio el saludo es 55.01%, para el barrio Santa Rosa de Lima es 48.34% y para el Barrio Navarro Wolf es 54.84% esto nos indica un índice de plasticidad alto por lo que los suelos pueden ser expansivos.
- El contenido de humedad para las tres muestras de suelo dio muy similar.
- La clasificación de suelo según sistema AASHTO nos da como resultado un A-7-6(20) que es un suelo limo arcilloso y el índice de grupo nos da un suelo de mala calidad para los tres municipios.
- Se obtuvo un CBR 95% es de 1,16% para el Barrio el saludo, un CBR 95% es de 0,68% para el barrio Santa Rosa de Lima y un CBR 95% es de 0,85% para el barrio Navarro Wolf esto es un



CBR muy bajo se pueden usar como subrasante adicionando algún componente para mejorarla.

Referencias Bibliográficas

- Camacho et al., 2006. Camacho Tauta, J. F., Reyes Ortiz, O. J., Mayorga Antolínez, C., & Méndez, D. F. Evaluación de aditivos usados en el tratamiento de arcillas expansivas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 16(2).
- Flórez et al., 2016. Florez-Gongora, C. H., Caicedo-Osorio, Z. K., Zárate-Caballero, R., & Contreras-Ortíz, B. A. (2016). Estabilización química de suelos expansivos de san José de Cúcuta (Colombia) usando cenizas volantes. *Respuestas*, 13(2), 19-31.
- Jiménez Salas José A., Justo Alpañes J. L. 1975. *Geotécnia y cimientos*. 3, Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotécnia,
- Cely R., Omar A. (2013). Utilización de modelos hidrológicos para la determinación de cuencas en ecosistemas de páramo. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*. ISSN 1900-9178, 4 (2). pp: 56 - 65.
- Rodríguez Moreno, M. A., & Hidalgo Montoya, C. A. (2005). Comportamiento de suelos residuales de diorita estabilizados con cal y su evolución en el tiempo. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 4(6).
- Rufino et al., 2013. Rufino, J., Machado, I., & Días, Y. Determinación de mezclas de suelo estabilizado a partir de recursos de biomasa locales para mejorar la calidad de las viviendas construidas por la población del territorio de Uige, Angola. *Revista ingeniería de construcción*, 28(1), 63-80.
- Vázquez et al., 2014. Vázquez-Burgo, P., Martínez-Lage, I., Vázquez-Herrero, C., & Velay-Lizancos, M. Estudio sobre la utilización de cenizas de biomasa para la fabricación de un nuevo material de construcción. In *Greencities & sostenibilidad: Málaga, 2-3 oct 2014: inteligencia aplicada a la sostenibilidad urbana: comunicaciones y 2ª bienal de proyectos de edificación y urbanismo sostenible* (pp. 478-488).
- T. William Lambe. Robert V. Whitman. 1997. *Mecánica de suelos*. Editora Limusa. México.