

**INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL
MATERIAL TIERRA PARA CONSTRUCCIÓN CON TAPIA PISADA**

**LINA MARÍA BENÍTEZ RODRÍGUEZ
CAMILO JOSÉ NAVAS CORENA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

2009

**INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS EN EL
MATERIAL TIERRA PARA CONSTRUCCIÓN CON TAPIA PISADA**

**LINA MARÍA BENÍTEZ RODRÍGUEZ
CAMILO JOSÉ NAVAS CORENA**

Tesis de grado modalidad investigación

Para optar el título de:

Ingeniero(a) Civil

Director:

WILFREDO DEL TORO RODRÍGUEZ

Ingeniero Civil, M. Sc., Ph D

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
BUCARAMANGA**

2009

En primera instancia quiere agradecerle a Dios por haberme dado la oportunidad de sacar adelante mis sueños y metas propuestas y por darme su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis maravillosos padres que lograron que este estupendo sueño se hiciera realidad porque siempre me apoyaron y estuvieron pendientes de mi crecimiento como profesional y el esfuerzo grande para sostener día a día, a mis hermanos que los quiero mucho por brindarme su apoyo y motivación y a todos mis amigos que de una u otra manera influyeron en el proceso de mi aprendizaje.

A ti Camilo por la amistad que me ofreciste desde que iniciamos este propósito de ser unos profesionales con éxito y por ayudarme a sacar este proyecto adelante como el equipo que somos.

LINA MARÍA BENÍTEZ RODRÍGUEZ

La vida está llena de metas y retos que con el pasar del tiempo se van conquistando, Hoy se llegó a la victoria de otro más...

A Dios por sus grandes bendiciones, por su sabiduría y fortaleza a lo largo de toda mi vida catedrática.

A mis padres por todo su amor, confianza y apoyo incondicional

A Aleida Álvarez gracias por sus consejos y por creer siempre en mí.

A mis hermanos, familiares, compañeros y profesores gracias por la amistad, la comprensión, los conocimientos y dedicación a lo largo de todo este camino.

A mi amiga y compañera de proyecto Lina, gracias por ser el pilar de esta aventura que empezamos hace varios años y que hoy concluimos con gran satisfacción.

CAMILO JOSÉ NAVAS CORENA

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a todas las personas que con su apoyo y colaboración hicieron que este logro se hiciera realidad.

Al Ingeniero Wilfredo del Toro

Al Ingeniero Santiago Rivero Bolaños

A Germán por su grandiosa colaboración (gracias de corazón)

A Jairo Hernández por el apoyo brindado

A nuestros amigos por toda su colaboración

A Benedicto Ramírez por brindarnos su colaboración en el momento menos esperado.

TABLA DE CONTENIDO

<u>INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>OBJETIVOS</u>	3
OBJETIVO GENERAL:	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	3
<u>1. MARCO TEÓRICO</u>	4
1.1 TAPIA PISADA	4
1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	6
1.2.1 LIMOS	6
1.2.2 ARCILLA	7
1.2.3 ARENA	8
1.2.4 CEMENTO	9
1.2.5 CAL	9
<u>2. PANORAMA GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN CON TAPIA PISADA EN TRES TIPOS DE SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER</u>	11
2.1 BARICHARA	11
2.2 SAN GIL	12
2.3 PIEDECUESTA	12
<u>3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO</u>	14
<u>4. CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL</u>	17
4.1 BARICHARA, SANGIL, PIEDECUESTA	17
4.1.1 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA, MÉTODO MECÁNICO (I.N.V. E – 123).	17
4.1.2 ENSAYOS DE LÍMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO (I.N.V. E – 125)	19
4.1.3 ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO (I.N.V.E-142).	23
4.1.4 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE (I.N.V. E – 152)	25
4.1.5 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DEL HIDRÓMETRO (I.N.V. E – 124).	26

<u>5. EFECTOS DE LA MODIFICACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS MATERIALES.</u>	<u>29</u>
5.1 EFECTO DE LA GRANULOMETRÍA EN EL COMPORTAMIENTO.	29
5.2 PLASTICIDAD	29
5.3 HUMEDAD	30
5.4 DENSIDAD	32
<u>6. COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS MODIFICADOS</u>	<u>33</u>
6.1 COMPORTAMIENTO DEL SUELO NATURAL SIN NINGÚN ESTABILIZANTE.	33
6.2 DOSIFICACIÓN CON ARENA	35
6.3 ADICIÓN DE LA CAL	39
6.3.1 PH DE LOS SUELOS.	41
6.4 ADICIÓN DE CEMENTO	43
<u>7. ANÁLISIS DE RESULTADOS</u>	<u>47</u>
<u>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</u>	<u>53</u>
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	<u>55</u>

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los valores que se tiene en cuenta para el análisis granulométrico.....	6
Tabla 2. Resumen de los resultados obtenidos del ensayo de granulometría.....	22
Tabla 3. Resumen de los resultados obtenidos del ensayo de Proctor modificado.....	24
Tabla 4. Resumen de los resultados obtenidos del ensayo de Compresión Simple	26
Tabla 5. Clasificación granulométrica basada en CraTerre Francia.....	29
Tabla 6. Tabla de resumen de los diferentes índices de plasticidad.....	30
Tabla 7. Resumen de los resultados obtenidos por humedad mayor al 2%.....	31
Tabla 8. Resumen de los resultados obtenidos por humedad menor al 2%.....	31
Tabla 9. Resumen de los resultados obtenidos del suelo natural.....	35
Tabla 10. Resumen de los resultados obtenidos de la dosificación con grueso 75% y finos 25%.	37
Tabla 11. Resumen de los resultados obtenidos de la dosificación con grueso 50% y finos 50%.	38

Tabla 12. Resumen de los resultados obtenidos de la dosificación con grueso 30% y finos 70%.....	38
Tabla 13. Resumen de los resultados obtenidos de la estabilización con cal al 10%.....	41
Tabla 14. Resultados del PH	42
Tabla 15. Resumen de los resultados obtenidos por estabilización con cemento al 4%.....	45

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1	11
Fotografía 2. Selección del material, lavado y tamizado	17
Fotografía 3. Muestra húmeda y seca.	18
Fotografía 4. Peso de la muestra y toma de resultados.	18
Fotografía 5. Trituración del material y tamizado.	18
Fotografía 6. Selección del material por tamiz.	19
Fotografía 7. Recolección del material por tamiz.....	19
Fotografía 8.Preparación de la muestra.....	20
Fotografía 9.Preparación de la pasta.	20
Fotografía 10.Secado y peso del material.....	20
Fotografía 11.Preparación y colocación de la muestra en la cazuela. ...	21
Fotografía 12.Formación de la ranura, número de golpes y selección del material.	21
Fotografía 13.Secado y peso del material.....	22
Fotografía 14.Preparación de la muestra.....	23
Fotografía 15.Compactación de la probeta.....	23
Fotografía 16.Peso y extracción de la muestra.	24

Fotografía 17. Selección de la humedad óptima	24
Fotografía 18. Preparación y Compactación de la probeta.	25
Fotografía 19. Peso, medida de dimensiones y falla a compresión.	25
Fotografía 20. Toma de muestras y determinación de humedad.	26
Fotografía 21. Tamizado y aplicación del hexametáfosfato de sodio a la muestra.	27
Fotografía 22. Aplicación de la solución en la probeta.	27
Fotografía 23. Agitación y toma de resultados con el hidrómetro.	28
Fotografía 24. Preparación y compactación del suelo natural	34
Fotografía 25. Preparación de la muestra para el secado	34
Fotografía 26. Granulometría de la arena por el método mecánico	35
Fotografía 27. Mezclado de la arena con el material fino	36
Fotografía 28. Preparación de la muestra para la compactación	36
Fotografía 29. Preparación de la muestra para el secado	37
Fotografía 30. Mezclado del suelo natural con Cal	39
Fotografía 31. Preparación y Compactación de la muestra en molde ...	40
Fotografía 32. Preparación para el fraguado de la muestra	40
Fotografía 33. Fraguado de las probetas en un ambiente cálido y húmedo	41
Fotografía 34. Preparación de la muestra para determinar su pH	42

Fotografía 35. Preparación de la muestra..... 43

Fotografía 36.Mezclado del suelo natural con cemento 44

Fotografía 37.Compactación del suelo natural con cemento 44

Fotografía 38. Fraguado de las probetas 44

Fotografía 39. Preparación del equipo para las fallas de las probetas .. 45

**Fotografía 40. Aplicando la respectiva carga para la falla de las probetas
..... 45**

Fotografía 41.Resultados obtenidos de las fallas..... 46

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A. Ensayos de clasificación; Granulometría por el método mecánico y Límite Líquido y Plástico.	57
Anexo B. Ensayos de clasificación; Granulometría por el método mecánico y Límite Líquido y Plástico.	64
Anexo C. Ensayos de clasificación; Granulometría por el método mecánico y Límite Líquido y Plástico.	71
Anexo D. Ensayos de clasificación; Granulometría por el método del Hidrómetro (San Gil, Barichara y Piedecuesta).....	78
Anexo E. Ensayos de clasificación; Límite Líquido y Plástico (Tierra de Pinchote).....	82
Anexo F. Ensayos de Compactación Próctor Modificado Barichara, San Gil, Piedecuesta.	84
Anexo H. Lectura de Fallas probetas por compresión del suelo natural de los 3 tipos de muestra Piedecuesta -SanGil -Barichara.....	92
Anexo I. Lectura de Fallas probetas compresión por Dosificación con material Grueso 75% y Finos 25% de los 3 tipos de muestra Piedecuesta -San Gil -Barichara.....	96
Anexo J. Lectura de Fallas probetas compresión por Dosificación con material Grueso 50% y Finos 50% de los 3 tipos de muestra Piedecuesta -San Gil -Barichara.....	97

Anexo K. Lectura de Fallas probetas compresión por Dosificación con material Grueso 30% y Finos 70% de los 3 tipos de muestra Piedecuesta -San Gil -Barichara.....	104
Anexo L. Lectura de Fallas probetas compresión por Estabilización con Cemento al 4% de los 3 tipos de muestra Piedecuesta -San Gil - Barichara.	106
Anexo M. Lectura de Fallas probetas compresión por Estabilización con Cal al 10% de los 3 tipos de muestra Piedecuesta -San Gil -Barichara.	112
Anexo N. Lectura de Fallas probetas compresión por Humedad aumentada al 2% con Dosificación de gruesos 50% y finos 50% de los 3 tipos de muestra Piedecuesta -San Gil -Barichara.	116
Anexo P. Lectura de Fallas probetas compresión por Dosificación- Estabilización-Humedad-Plasticidad de los 3 tipos de muestra Piedecuesta -San Gil –Barichara.....	124
Anexo Q. Ensayos de clasificación; Granulometría por el método mecánico de Craterre Francia.....	125

INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS EN EL MATERIAL TIERRA PARA CONSTRUCCIÓN CON TAPIA PISADA*

AUTORES:

LINA MARÍA BENÍTEZ RODRÍGUEZ
CAMILO JOSÉ NAVAS CORENA**

PALABRAS CLAVES:

TAPIA PISADA, FINOS, GRUESOS, HUMEDAD, PLASTICIDAD, ESTABILIZACIÓN, DOSIFICACIÓN.

RESUMEN:

La tapia pisada es un sistema constructivo utilizado desde nuestros antepasados y hoy en día sigue consolidándose como una herramienta de trabajo factible en el ámbito económico y ambiental. Este proyecto se basó en el estudio y caracterización de tres suelos del departamento de Santander, conformados por los municipios de Piedecuesta, San Gil y Barichara, conociendo su comportamiento a compresión frente a distintas propiedades tales como granulometría (finos y gruesos), plasticidad, humedad, dosificación y estabilización, así mismo se busca un análisis comparativo con los pocos estudios formales que se han realizado en Francia por CRATerre en 1980 y en la Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP desde 1985. Por tratarse de más tradición local que de técnica, los estudios, resultados y conclusiones no deben generalizarse puesto que las construcciones ancestrales varían de un lugar a otro dependiendo de múltiples factores como clima, entorno cultural, material disponible, actividad sísmica.

Los resultados de los ensayos mostraron que dependiendo del tipo de suelo la resistencia en algunas ocasiones mejoran y en otras disminuye, dependiendo de la dosificación o estabilización que se le adicione; con base a esto se concluye que la mejor opción para construir en tapia pisada es recomendable utilizar la mayor cantidad de finos presentes en el suelo convirtiéndose en una alternativa viable y económica en aplicaciones de ingeniería Civil.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Wilfredo Del Toro Rodríguez.

INFLUENCE OF THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES IN THE LAND FOR CONSTRUCTION WITH TAPIA STEP

AUTHORS:

LINA MARÍA BENÍTEZ RODRÍGUEZ
CAMILO JOSÉ NAVAS CORENA**

KEY WORDS:

TAPIA STEP, FINE, THICK, HUMIDITY, PLASTICS, STABILIZATION, DOSAGE.

ABSTRACT

The tapia step is a wall construction system used since our ancestors and today continues to build as a viable working tool in the economic and environmental. This project was based on the study and characterization of three floors of the department of Santander, formed by the municipalities of Piedecuesta, San Gil and Barichara, knowing their compression behavior against different properties such as particle size (fine and coarse), plasticity, moisture, the strength and stability, we also look for a comparative analysis with few formal studies have been conducted in France in 1980 and CRATerre at Pontific Universidad Catholic del Peru - PUCP since 1985. Being more than local tradition of technical studies, findings and conclusions should not be generalized since the ancient buildings vary from place to place depending on many factors such as climate, cultural, material, seismic activity.

Test results showed that depending on the type of soil resistance in some cases improved and decreases in others, depending on the dosage or add stability to it, with this basis it is concluded that the best option for building wall, stomp on it recommend using the largest fine in the soil is becoming a viable and economical alternative for applications in civil engineering.

* Project of Degree

** Physical-Mechanical Engineering Faculty. Civil Engineering School. Director: Wilfredo Del Toro Rodriguez.

INTRODUCCIÓN

Desde hace 10.000 años el hombre construye en tierra sus ciudades, la tierra cruda ha sido y sigue siendo a través de las tradiciones históricas y populares, uno de los principales materiales de construcción utilizados en el planeta. Así es como más de una tercera parte de los habitantes del globo viven hoy en construcciones de tierra. La tierra es uno de los materiales más importantes para construir pero no ha tenido la suficiente publicidad, a pesar de su utilización en numerosos lugares de nuestro planeta desde la época prehistórica, es justo que hoy este material sea revalorizado.

La tierra ha sido utilizada en la historia de la humanidad. Las civilizaciones Persas, Asiria, Egipcia y Babilónica, la utilizaron en abundancia y los ejemplos que han perdurado demuestran que los antiguos no dudaron en emplearla en obras a veces monumentales: pirámides en Saggara, Egipto, las ruinas de Chan Chan en el Perú, la más grande ciudad precolombina de América del Sur.

Este material ha sido preponderante en casi toda el África, el Medio Oriente y América latina. La técnica de la construcción con tierra es actualmente lo suficientemente segura para competir con los materiales clásicos. Heredera de una tradición popular posee las ventajas de una tecnología simple; al tiempo que demanda poca inversión en materiales, es fácilmente adaptable.

La tapia pisada es un método de construcción con tierra que consiste en apisonar, capa por capa, en medio de dos tablonas con el espesor normal de los muros de piedra, tierra preparada con este propósito. Es un procedimiento por medio del cual se construyen casas con tierra sin

sostenerlas con piezas de madera y sin mezcla de paja o relleno. La tierra se liga, toma consistencia y forma una masa homogénea que puede ser elevada hasta la altura necesaria de una casa, la tierra se extrae directamente del suelo donde se vaya a construir.

Los efectos de los terremotos en los últimos 50 años, han demostrado que las edificaciones en tapia pisada, son estructuras que presentan una alta vulnerabilidad sísmica. Estas construcciones en la mayoría de los casos presentan un mal comportamiento por las fuerzas inducidas por los terremotos, colapso en forma súbita incluso ante sismo moderados lo que ha generado un gran número de pérdidas de vidas humanas y de pérdidas económicas, culturales y patrimoniales.

Teniendo en cuenta estos aspectos se presenta aquí un estudio sobre el comportamiento de la tierra en territorios colombianos con el fin de analizar los efectos de granulometría, plasticidad, humedad y densidad en tres (3) tipos de suelos de la región santandereana, los cuales tienen como objetivo el análisis de la tierra como material de construcción, y tratar de establecer la viabilidad del uso de la tierra para construcción con tapia pisada, a partir de sus características físicas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- ✓ Analizar la influencia de las características físicas de la tierra como material de construcción, tales como tamaño de granos, plasticidad, humedad y densidad, en su comportamiento para su utilización en la construcción con tapia pisada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Influencia de cada una de las propiedades físicas en el comportamiento de la tierra para su uso como material para tapia pisada, al mantener las otras propiedades constantes.
- ✓ Identificar la incidencia de la cantidad y tipo de la parte fina del material en el comportamiento de la tapia pisada ante esfuerzos de tracción y compresión.
- ✓ Identificar la incidencia de la cantidad y tipo de la parte gruesa del material en el comportamiento de la tapia pisada ante esfuerzos de tracción y compresión.
- ✓ Relacionar los parámetros deducidos en los ensayos de caracterización con el comportamiento de la tapia pisada ante esfuerzos de tracción y compresión.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Tapia pisada

La tapia pisada es un procedimiento en el cual se construyen objetos con arcilla, Sin sostenerlas con piezas de madera y sin mezclarlas con paja o relleno. Este método consiste en apisonar capa por capa de arcilla en medio de dos tablones. Al apisonarse la tierra forma una masa compacta y homogénea que puede ser elevada a la altura necesaria de la edificación. La tierra utilizada se extrae directamente del suelo del lugar en el cual se va a construir por lo tanto es más económico para la construcción.

Construir con tierra es construir con un material sobre el que se camina todos los días. En principio, todas las tierras sirven para construir, lo que varia es la técnica, aun así hay tierras que no pueden ser utilizadas en construcción si no ofrecen una buena cohesión propia, principalmente debido a la presencia de arcillas que juegan el papel de ligante natural.

Las ventajas de este tipo de construcciones es que son rápidas, de Bajo costo, aislamiento térmico y acústico, resistencia al fuego, solidez y durabilidad. A diferencia de una construcción en concreto es que en las construcciones en tapia Pisada los muros son gruesos. Hoy en día la concepción de anchos muros que nos den protección no está tan arraigada como en el pasado, sin embargo para llegar a ese punto pasó mucho tiempo, teniendo en cuenta que en otros países los muros son cada vez más delgados y se usan nuevos materiales y técnicas de construcción.

La tapia pisada como sistema constructivo consiste en compactar tierra en estado semi - seco en encofrados llamados tapiales. Esta técnica se basa en compactar tierra en capas de 0.10m La compactación se realiza con una herramienta a manera de remo denominado pisón, el peso de este varia de

una región a otra. La compactación se hace dentro de una formaleta denominada tapial, que consta de dos tableros de madera, de 2m de largo por 1m de alto llamados hojas de tapial y un espesor de acuerdo a la altura de la edificación con un mínimo de 40cm. Las dimensiones de las hojas de tapial no son estándar varía de una región a otra igual que el pisón. Las hojas de tapial descansan sobre tres elementos horizontales transversales llamados mechinales. Los mechinales tienen en sus extremos unas cajas donde se instalan los paralelos que son elementos verticales que ajustan las hojas del tapial para que no se abran con el continuo impacto del pisón. Las tecnologías apropiadas asociadas a la tierra como material de construcción se han mantenido vigentes en casi todo el continente africano y en Latinoamérica sobre todo en las zonas rurales y como alternativa de desarrollo habitacional marginal. En los países desarrollados como en Francia, Alemania, Australia y Estados Unidos comienza el renacer de las técnicas de construcción con tierra asociadas a la arquitectura ecológica y sana. La mejor evidencia de la respuesta sísmo-resistente de la tapia pisada se encuentra en los centros históricos de nuestro País. Por donde pasó la colonización española se instituyeron la tapia pisada, el adobe y el bahareque como técnicas constructivas que han respondido por más de trescientos años a las exigencias estructurales incluso en zonas de alto riesgo de amenaza sísmica. No obstante, como todos los materiales, la tierra tiene sus alcances y limitaciones que dependen de sus propiedades físico-mecánicas en el cual se basa nuestro proyecto.

1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

1.2.1 Limos

Los Limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, es un material suelto con una granulometría comprendida entre la arena fina y la arcilla. Es un sedimento clástico incoherente transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados. Para que se clasifique como tal, el diámetro de las partículas de limo varía de 0,002 mm a 0,06 mm.

Los tipos de limo son:

- Limo orgánico: Barro, lodo, restos vegetales.
- Limo inorgánico: Con inclusión de polvo de rocas. En este tipo se encuentra el loess pampeano: limo fino sin estratificación.

Tabla 1. Resumen de los valores que se tiene en cuenta para el análisis granulométrico.

GRANULOMETRÍA	
Partícula	Tamaño
Arcillas	< 0.002mm
Limos	0.002-0.06mm
Arenas	0.06-2
Gravas	2mm-6cm
Cantos rodado	6-25cm
Bloques	>25cm

1.2.2 Arcilla

La arcilla está constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratado, procedente de la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura. Surge de la descomposición de rocas ígneas y metamórficas que contienen feldespato y es frecuente encontrarlas en zonas donde predomina un clima húmedo y cálido, además en un proceso natural que dura decenas de miles de años.

Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en pocas ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura de estos minerales es, generalmente, cristalina y complicada y sus átomos están dispuestos en forma laminar.

En Colombia la arcilla pasa de utilizarse en la arquitectura colonial en las ciudades para luego hacerlo básicamente en los campos, aunque cada vez con menor frecuencia. Sin duda vino a constituir parte de nuestra herencia y memoria histórica. En la etapa indígena era tal vez el material que se encontraba en todos los sitios; por lo tanto era fácil de conseguir al igual que la mano de obra.

Las posibilidades estéticas de la arcilla en la construcción son pequeñas puesto que los muros deben ser muy anchos y el rango de ángulos o posibilidades de vanos (puertas y ventanas) no es grande; sin embargo las construcciones que hemos visto son hermosas al punto de convertirse en museos y albergar parte de nuestra herencia.

La arcilla es uno de los componentes más importantes a la hora de construir en tapia pisada ya que es mas trabajable y duradera y soporta una alta

resistencia al momento de ocurrir un sismo. Para hacer este tipo de construcciones es mejor que el material tierra tenga alto contenido de arcilla.

1.2.3 Arena

La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro.

Es un material que constituye gran parte de los suelos, también se le encuentra en el curso natural de muchos ríos, orillas de lagos, costas y en terrenos áridos. En la fabricación de vidrio se utiliza un tipo especial de arena al igual que en la fabricación de cementos y yesos en la industria de la construcción, por lo cual es un material fundamental en el desarrollo de casi cualquier obra civil.

Cuando las partículas acaban de formarse son angulosas y puntiagudas, haciéndose más pequeñas y redondeadas por fricción provocada por el viento y el agua. Es el producto de la desintegración química y mecánica de las rocas bajo meteorización y abrasión. Los granos de arena son ásperos al tacto y no forman agregados estables, porque conservan su individualidad. Las importantes aplicaciones industriales de este grupo de minerales radican en sus propiedades físico-químicas. Según el tipo de roca de la que procede, la arena puede variar mucho en apariencia. Por ejemplo, la arena volcánica es de color negro mientras que la arena de las playas con arrecifes de coral suele ser blanca. La arena se utiliza para fabricar cristal por sus propiedades tales como extraordinaria dureza, perfección del cristal o alto punto de fusión, y junto con la grava y el cemento, es uno de los componentes básicos del hormigón.

1.2.4 Cemento

Es un conglomerante hidráulico que al mezclarlo con agregados pétreos (árido grueso o grava, más árido fino o arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece al reaccionar con el agua, adquiriendo consistencia pétreo, denominado hormigón o concreto. Su uso está muy generalizado en construcción e ingeniería civil, siendo su principal función la de aglutinante. Se pueden establecer dos tipos básicos de cementos:

- De origen arcilloso: obtenidos a partir de arcilla y piedra caliza en proporción 1 a 4 aproximadamente;
- De origen puzolánico: la puzolana del cemento puede ser de origen orgánico o volcánico.

Los tipos de cemento se pueden determinar por su composición, por sus propiedades de resistencia y durabilidad, y por lo tanto por sus destinos y usos.

Se puede observar que sus propiedades químicas tratan en general de una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio, obtenidos a través del cocido de calcáreo, arcilla y arena. El material obtenido, molido muy finamente, una vez que se mezcla con agua se hidrata y solidifica progresivamente. Puesto que la composición química de los cementos es compleja, se utilizan terminologías específicas para definir las composiciones.

El tipo de cemento más utilizado como aglomerante para la preparación del hormigón o concreto en Colombia es el cemento portland.

1.2.5 Cal

Este material se obtiene de las rocas calizas calcinadas a una temperatura entre 900 y 1200 °C, durante días, en un horno rotatorio o en un horno

tradicional. Existen dos tipos de cal: la cal viva (CaO), la cal apagada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) también existe la lechada de cal que no es más que cal hidratada con un exceso de agua.

Muchas de las propiedades de la cal dependen de la calidad de la caliza utilizada como también del proceso de calcinado, y de estas propiedades, dependen los usos que se le dé a la cal aquí hay un breve resumen de estos factores que influyen en las propiedades de la cal obtenida: La dureza de la cal obtenida, depende de las impurezas de la caliza utilizada como también de la temperatura de calcinación, una impura, da una cal dura si se calcina a temperaturas elevadas.

La porosidad y como consecuencia la densidad de las cales también depende de la temperatura de calcinación, a mayor temperatura menor porosidad y por lo tanto una mayor densidad, como consecuencia de esto a mayor temperatura, la cal va perdiendo actividad química, es por esta razón que conviene sintetizar la cal a temperaturas lo más cercanas a la temperatura de disociación de la caliza. Las calizas que contienen entre un 15 – 30 % de materia arcillosa produce cales altamente hidráulicas (cales cementicias).

La cal se usa principalmente en enlucidos y estuco principalmente como cal hidráulica la cual contiene gran cantidad de impurezas silíceas por que debido a esto la cal hidráulica fragua bajo el agua y tiene propiedades plásticas, generalmente se usa como sustituto del cemento, la cal hidratada se usa para la fabricación de ladrillos de cal los cuales consisten en la cal hidráulica mas arena, también para pintar (encalar) muros y fachadas de los edificios construidos con adobes o tapial.

2. PANORAMA GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN CON TAPIA PISADA EN TRES TIPOS DE SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER

El departamento de Santander se caracteriza por poseer el conjunto de patrimonio arquitectónico no monumental mejor preservado del país. Las calles de municipios conformadas por casas de tapia pisada y bahareque aun no han tenido grandes intervenciones que atenten contra el conjunto patrimonial. Las nuevas dinámicas socio-económicas del departamento están relacionadas con el turismo. Un turismo vinculado a las tradiciones, al paisaje y a la cultura local. La Gobernación de Santander en cabeza del Doctor HORACIO SERPA URIBE ha identificado en la valoración de cultura constructiva, una vía coherente para conservar y potenciar el patrimonio arquitectónico, pero también para mejorar las condiciones habitacionales de los pobladores.

2.1 BARICHARA

Hoy en Barichara casi la totalidad de las nuevas construcciones se levantan en tapia pisada, todas ellas con su licencia de construcción expedida por la Alcaldía municipal pese a que la norma de construcción NSR-98 no la contempla como sistema constructivo. Barichara preservó intacta gran parte de sus tradiciones gracias al aislamiento provocado por las dinámicas socioeconómicas que lo marginaron de aquella concepción de desarrollo y progreso que jalono el siglo veinte. Fue el carácter de sus pobladores lo que pudo preservar su cultura por más de tres siglos en ese gesto espontáneo e intuitivo que consolida una tradición: en Barichara. Cada vez es mayor la afluencia de foráneos que atraídos por el encanto de este lugar, adquieren

una vieja casa de tapia o construyen una nueva. La oferta profesional para diseñar, restaurar o construir es variada y la mano de obra competente está disponible haciendo de Barichara el sitio de Latinoamérica donde más se construye con tierra.

2.2 SAN GIL

Es una población que se caracteriza por su turismo y su cultura, pero últimamente las construcciones en tierra han tenido gran acogida en reestructuraciones de hoteles y casas, un caso muy común es la Casona del Colegio Guanentá, la cual sufrió un colapso parcial que mostró el avanzado grado de deterioro causado por el abandono a la que estuvo sometida desde 1989. Esta Casona fue declarada Patrimonio de la Nación en 1984. La intervención estuvo sustentada en el material tierra, de los sistemas constructivos utilizados para levantar la edificación y de su comportamiento estructural.

El 45% de la edificación que se mantuvo en pie fue intervenida aplicando técnicas de reparación específicas para construcciones de tierra recomendadas por craTERRE y de reforzamiento consignadas en el Manual para Reforzamiento de Construcciones de Adobe y Tapia Pisada. La obra se convirtió en una escuela de oficios para los obreros contratados y que no tenían experiencia en el tema, además sirvió para la sensibilización de la comunidad Sangileña hacia la necesidad de preservar el patrimonio arquitectónico.

2.3 PIEDECUESTA

Municipio que se ha caracterizado por la utilización del material tierra en algunas de sus construcciones, siguiendo la tradición, un caso en común es la Casa Consistorial o Palacio Municipal, ubicada en medio de dos templos

del altozano principal. Fue construida en 1828. Ubicada en medio de los dos templos del altozano principal, la fachada nos presenta una disposición lineal de puertas y ventanas; con columnas adyacentes a éstas. En la parte superior observamos el Escudo Patrio, que con sus colores vivos, resalta entre el blanco de los muros. En su interior hallamos una casona de construcción tradicional, con sus paredes cimentadas en tapia pisada, entrepisos entablados y vigas tradicionales, propias de época republicana. Un patio principal y una Plaza de Armas sirven de antesala a las dependencias oficiales de la Administración Municipal.

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

DESCRIPCIÓN

El desarrollo de esta investigación se llevo a cabo por diversas etapas, estas son:

- Selección de tres fuentes de material tierra: Barichara, San Gil, Piedecuesta

Para la selección se tuvieron en cuenta los municipios San Gil y Barichara de la provincia Guanentina caracterizados por su alto contenido de suelo arcillo-limoso útiles para construir en tapia pisada. Por otra parte el municipio de Piedecuesta del área metropolitana de Bucaramanga debido a que es un suelo arcillo arenoso; el cual nos permite hacer comparaciones con los anteriores municipios y así poder concluir cual de los 3 es el más viable para construir con tapia pisada.

- Caracterización del material tierra seleccionado.

Para la caracterización del material se llevo el estudio pertinente a los suelos como son los siguientes ensayos que requieren de los siguientes análisis:

- Granulometría: Indica las proporciones de gravas, arenas, arcillas y limos en el suelo. Se sabe que las proporciones deseadas son 50% a 60% de material grueso (gravas y arenas) 50% a 40% de material fino (arcillas y limos) Si los resultados muestran composiciones diferentes, ya es muestra que el suelo requiere estabilización.
- Límites de Attemberg: Indica el comportamiento del suelo ante la presencia del agua. Es muy importante puesto que la humedad es una variable muy importante a la hora de compactar y de la cual depende la cohesión de las partículas del suelo y de las fisuras que aparecen

por retracción. Con los resultados arrojados se define el proceso de estabilización si el suelo lo requiere.

- Ensayo de compactación Proctor: El suelo compactado adquiere su máxima capacidad para soportar esfuerzos cuando adquiere su máxima densidad, y ésta se logra cuando se compacta a la humedad óptima que se define con el ensayo de compactación Proctor. Cada suelo presenta una humedad óptima y una densidad máxima. Al momento, los resultados de este ensayo han sido difíciles de implementar en campo, puesto que es complicado controlar la humedad que debe tener el suelo al momento de compactar.

- Manipulación, composición del material de Barichara, San Gil, Piedecuesta para tapia pisada.

Las tierras fueron ensayadas de manera individual, igualmente se le adicionaron tres mezclas las cuales fueron arena, cal y cemento por medio del cual se va a determinar la resistencia en cada una de estas muestras en la elaboración de tapia pisada. Hasta el momento se han usado pruebas de campo que dan una buena aproximación hacia las características del suelo pero que por su misma imprecisión no permite adelantar procesos de estabilización.

- Fabricación de probetas

Para la fabricación de probetas se utilizó un molde a escala real con las siguientes dimensiones: 13cm de ancho* 20cm de alto* 8cm de profundidad, y un pisón a escala real de 625g. Para calcular el número de golpes se tomó la fórmula de energía de compactación.

$$E = \frac{n * N * W * h}{V}$$

E= energía de compactación del Proctor estándar 6Kg-cm/cm³

V=Volumen del molde 20*13*8.5=2210cm³

n=Numero de capas 5

W=peso del suelo 3kg

$$N = \frac{E * V}{n * W * h}$$

$$N = \frac{6 * 2210}{5 * 3 * 15} = 59 \approx 60 \text{golpes}$$

Las probetas se realizaron de la siguiente manera:

- ✓ Elaboración de las probetas con el suelo natural para cada tipo de suelo seleccionado.
- ✓ Elaboración de las probetas variando el porcentaje de finos y grueso de la siguiente manera: 25% finos y 75% gruesos, 50% finos y 50% gruesos, 70% finos y 30 % gruesos.
- ✓ Elaboración de las probetas adicionando cal al 10% y cemento al 4%
- ✓ Elaboración de las probetas variando la plasticidad y la humedad.

➤ Comportamiento ante cargas.

El comportamiento ante cargas se analizo teniendo en cuenta la resistencia a la compresión simple que presento cada probeta.

➤ Ensayos de laboratorio

➤ Análisis de resultados

4. CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

4.1 BARICHARA, SAN GIL, PIEDECUESTA

Como los granos no son siempre del mismo tamaño ni la constitución mineralógica homogénea, se requiere de un sistema de clasificación sencillo y práctico. Aunque existen varios sistemas de clasificación, los más utilizados son el Sistema Unificado de Clasificación (S.U.C.S).

4.1.1 Ensayo de granulometría, método mecánico (I.N.V. E – 123).

Su objeto es determinar en porcentaje en peso de los diferentes tamaños de las partículas de suelo y con estos datos construir la curva granulométrica del material. Se pasa una muestra de suelo seco a través de diferentes tamices, los cuales se enumeran según las aberturas que tienen por pulgada y se pesa la cantidad de suelo retenido en cada tamiz, los tamices utilizados fueron N°10, N°20, N°40, N°60, N°100, N°200 y Fino.

Los ensayos de Granulometría y los resultados de la clasificación sucs se encuentran en los Anexos A, B y C.

Granulometría lavado por el tamiz N°200

Fotografía 1. Selección del material, lavado y tamizado



Fotografía 2. Muestra húmeda y seca.



Fotografía 3. Peso de la muestra y toma de resultados.



Granulometría sin lavar por el tamiz N°200

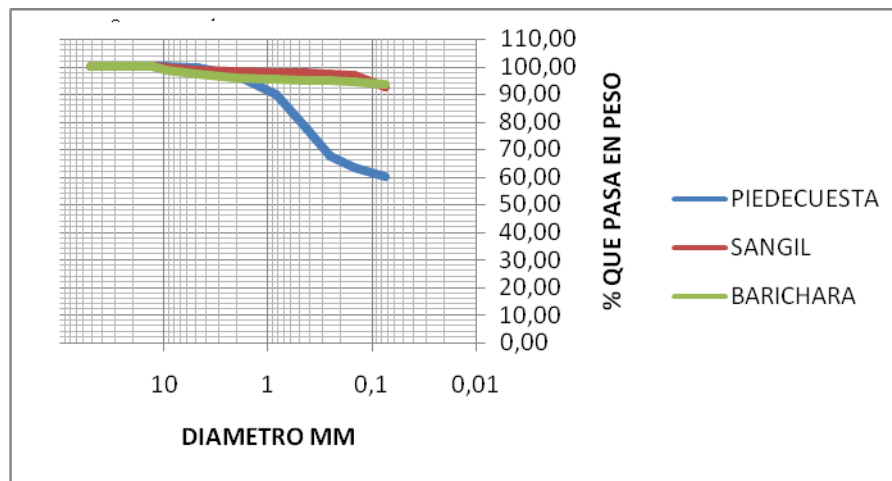
Fotografía 4. Trituración del material y tamizado.



Fotografía 5. Selección del material por tamiz.



Fotografía 6. Recolección del material por tamiz.



4.1.2 Ensayos de Límites Líquido y plástico (I.N.V. E – 125)

Se define como la propiedad de un material por la que es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse. Un suelo se puede comportar,

dependiendo del contenido de agua presente en el, como un líquido, plástico o un sólido.

Los ensayos de *Límites Líquido y plástico* se encuentran en los Anexos A, B, y C.

Fotografía 7.Preparación de la muestra.



Fotografía 8.Preparación de la pasta.



Fotografía 9.Secado y peso del material.



- Límite líquido (I.N.V. E – 125)

Es el contenido de humedad para el cual los suelos cohesivos pasan del estado plástico al semi – líquido.

- Límite plástico (I.N.V. E – 125)

Es el contenido de humedad para el cual los suelos cohesivos pasan del estado plástico al semi – sólido al estado plástico.

Fotografía 10.Preparación y colocación de la muestra en la cazuela.



Fotografía 11.Formación de la ranura, número de golpes y selección del material.



Fotografía 12. Secado y peso del material.



Índice plástico (I.N.V. E – 125)

Es la representación de la extensión en la que un suelo tiene comportamiento plástico y se determina por la diferencia entre el límite líquido y el plástico.

Tabla 2. Resumen de los resultados obtenidos del ensayo de granulometría

  UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS TABLA DE RESUMEN DE GRANULOMETRIA				
TIPO DE SUELO		BARICHARA	SAN GIL	PIEDRECUESTA
GRANULOMETRIA	%G	2.78	1.56	0.42
	%A	3.87	4.76	39.64
	%F	93.36	93.77	59.94
LIMITES	LL	45	45	32
	LP	31	32	24
	IP	14	13	8
CLASIFICACION	SUSC	ML	ML	SM

4.1.3 Ensayo de compactación Proctor Modificado (I.N.V.E-142).

Este ensayo consiste en determinar la cantidad óptima de agua de un suelo y así permitir un mejor movimiento de partículas, dando una buena compactación para una energía dada, esto se realiza en molde de un tamaño dado con un martillo de 54 kg (10lb) que cae desde una altura de 457 mm (18"). Debido a que la resistencia de un suelo depende principalmente de su capacidad y densidad. Para medir el grado de compactación de material de un suelo o un relleno se debe establecer la densidad seca del material. En la obtención de la densidad seca se debe tener en cuenta los parámetros de la energía utilizada durante la compactación y también depende del contenido de humedad durante el mismo.

Los ensayos de compactación y los resultados de humedad óptima y densidad seca se encuentran en el Anexo F.

Fotografía 13.Preparación de la muestra.



Fotografía 14.Compactación de la probeta.





Fotografía 15. Peso y extracción de la muestra.



Fotografía 16. Selección de la humedad óptima



Tabla 3. Resumen de los resultados obtenidos del ensayo de Proctor modificado

  UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS TABLA DE RESUMEN DE PROCTOR MODIFICADO			
TIPO DE SUELO	BARICHARA	SAN GIL	PIEDRECUESTA
HUMEDAD OPTIMA %	13.068	13.669	14.725
DENSIDAD SECA [Gr/cm ³]	1.768	1.758	1.824

4.1.4 Ensayo de Compresión Simple (I.N.V. E – 152)

Este ensayo consiste en aplicar una carga longitudinal de compresión a una probeta, con condiciones inalteradas, re moldeadas y elaboradas en el laboratorio. Determinar las relaciones esfuerzo – deformación de los suelos de igual manera conocer su resistencia hasta que se produzca la falla Este ensayo se realizo para la tierra de Barichara el cual presenta una gran cantidad de finos. En el maquina de compresión.

Fotografía 17. Preparación y Compactación de la probeta.



Fotografía 18. Peso, medida de dimensiones y falla a compresión.



Fotografía 19. Toma de muestras y determinación de humedad.



Tabla 4. Resumen de los resultados obtenidos del ensayo de Compresión Simple

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS TABLA DE RESUMEN DE COMPRESION SIMPLE			
TIPO DE SUELO	BARICHARA	SAN GIL	PIEDECUESTA
Resistencia a la compresión [Kg/cm ²]	0.9322	0.9476	0.7826
C [Kg/cm ²]	0.466	0.473	0.391

4.1.5 Análisis granulométrico por medio del hidrómetro (I.N.V. E – 124).

Cuando se quiere conocer la distribución de granos de partículas finas el método por tamizado pierde su alcance puesto que la malla más fina utilizada normalmente es la No 200 (4.75), que marca el límite entre Arenas y Finos. Para lograr el análisis en rangos de mayor exigencia se emplean los métodos de Sedimentación, dos de estos son:

- El método de la pipeta
- El método del hidrómetro

Los dos métodos se basan en la suspensión de las partículas en un medio acuoso hasta lograr su sedimentación. Para determinar el diámetro de las partículas se aplica la ley de Stokes, la cual relaciona la velocidad de una esfera cayendo libremente a través de un fluido, con el diámetro de la esfera. El hidrómetro se utiliza para determinar el porcentaje de partículas de suelos dispersados, que permanecen en suspensión en un determinado tiempo. Los ensayos del análisis granulométrico por medio del hidrómetro y los resultados se encuentran en el Anexo D.

Fotografía 20. Tamizado y aplicación del hexametáfosfato de sodio a la muestra.



Fotografía 21. Aplicación de la solución en la probeta.



Fotografía 22. Agitación y toma de resultados con el hidrómetro.



5. EFECTOS DE LA MODIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES.

5.1 Efecto de la granulometría en el comportamiento.

En este caso se vario el comportamiento del material entre gruesos y finos para determinar su dosificación y así determinar su resistencia; la distribución que se presento para los 3 tipos de suelos depende de la clasificación granulométrica realizada en Francia la cual influyó en los porcentajes que se utilizaron para la dosificación la cual corresponde a la siguiente.

Tabla 5. Clasificación granulométrica basada en CraTerre Francia



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICO

FECHA

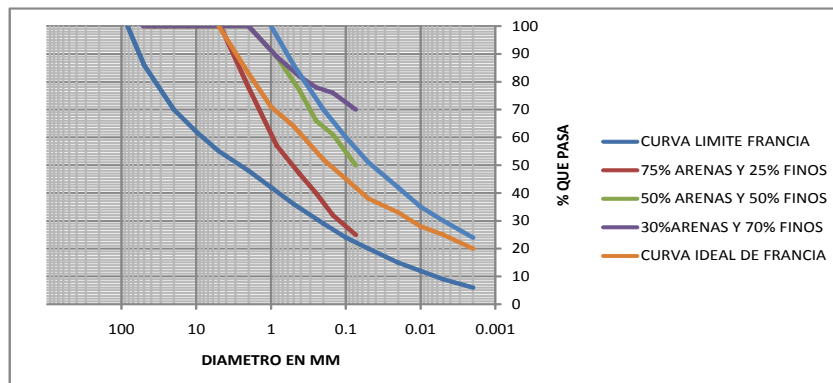
12 MARZO DEL 2009

PROYECTO

INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA

LOCALIZACION

BUCARAMANGA





5.2 Plasticidad

Para determinar la plasticidad se tomo como referencia distintos índices de plasticidad de 3 tipos de suelos, obtenidos a partir del ensayo de límites de

Atterberg con el fin de conocer la estabilidad del suelo, Para proporcionar una adecuada resistencia al terreno ya que si el índice de plasticidad es muy bajo se necesita poca agua y por lo tanto requiere que sea estabilizado. En nuestro proyecto utilizamos 3 tipos de suelos de los siguientes municipios Piedecuesta, San Gil y Pinchote donde presenta índices de plasticidad diferentes.

Tabla 6. Tabla de resumen de los diferentes índices de plasticidad

  UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS TABLA DE RESUMEN PLASTICIDAD AL 50%GRUESOS Y 50% FINOS			
FECHA	12 MARZO DEL 2009		
PROYECTO	INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA		
LOCALIZACION	BUCARAMANGA		
MUESTRA	PLASTICIDAD AL 50% ARENAS Y 50% FINOS PIEDECUETA-SAN GIL-PINCHOTE		
MUESTRA	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDECUESTA	258	0.261	0.0183
SAN GIL	242	0.245	0.0172
PINCHOTE	239	0.241	0.0169

5.3 Humedad

Para determinar la humedad óptima de cada suelo se hizo el ensayo de Proctor modificado. Así mismo se vario este valor para observar que tanto resistencia el suelo aumentando y disminuyendo su humedad optima al 2% en cada suelo seleccionado. Los ensayos de compresión simple y los resultados de esfuerzo de corte se encuentran en los Anexos N y O.

Tabla 7. Resumen de los resultados obtenidos por humedad mayor al 2%.




 		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS TABLA DE RESUMEN HUMEDAD MAYOR AL 2%	
FECHA	03 MARZO DEL 2009		
PROYECTO	INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA		
LOCALIZACION	BUCARAMANGA		
MUESTRA	HUMEDAD MAYOR AL 2% PIEDECUETA-SANGIL-BARICHARA		
AREA	260Cm ²		
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA	0.0001pul*10.125lb*Lect.Def		
MUESTRA	LECTURA DEFORMIMET (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDECUETA	35	0.035	0.002
SANGIL	253	0.256	0.018
BARICHARA	160	0.162	0.011

Tabla 8. Resumen de los resultados obtenidos por humedad menor al 2%.

 		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS TABLA DE RESUMEN HUMEDAD MENOR AL 2%	
FECHA	03 MARZO DEL 2009		
PROYECTO	INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA		
LOCALIZACION	BUCARAMANGA		
MUESTRA	HUMEDAD MENOR AL 2% PIEDECUETA-SANGIL-BARICHARA		
AREA	260Cm ²		
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA	0.0001pul*10.125lb*Lect.Def		
MUESTRA	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDECUETA	302	0.306	0.021
SANGIL	230	0.233	0.016
BARICHARA	506	0.512	0.036

5.4 Densidad

El poder conocer la densidad que posee un suelo en terreno o en su estado natural, ha sido un gran reto para los investigadores de mecánica de suelos y científicos del área en general. Se realiza esta determinación para comprobar el grado de compactación. Es muy útil en el caso de suelos sin cohesión (gravas y arenas), los cuales, por lo general no permiten obtener muestras inalteradas. Existen diferentes procedimientos, entre ellos determinar el peso seco del material y el volumen que dicho material ocupaba. Entre otros métodos tradicionales se encuentran: el Método del Balón de goma, el de los Bloques, el de Sumergir en Parafina y otros más en donde todos coinciden en la forma de obtener del suelo natural su peso seco, pero difieren en la determinación de su volumen.

La densidad se define como el cociente entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. Así, como en el S.I. la masa se mide en kilogramos (kg) y el volumen en metros cúbicos (m^3) la densidad se medirá en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). Esta unidad de medida, sin embargo, es muy poco usada, ya que es demasiado pequeña. Para el agua, por ejemplo, como un kilogramo ocupa un volumen de un litro, es decir, de $0,001 m^3$. La mayoría de las *sustancias* tienen densidades similares a las del agua por lo que, de usar esta unidad, se estarían usando siempre números muy grandes. Para evitarlo, se suele emplear otra unidad de medida el gramo por centímetro cúbico (gr./c.c.).

- Calculo Tipo

Barichara

$$\gamma = \frac{w}{v} = \frac{4408}{2210} = 1.99g/cm^3$$

6. COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS MODIFICADOS

Un proceso de estabilización es un método físico, físico-químico o químico que permite a un suelo responder satisfactoriamente a las exigencias impuestas para su utilización en obra. Para estabilizar se requiere conocer:

- Las características del suelo.
- Las mejoras que se quieren.
- Los productos disponibles y los procesos de estabilización.

Con la estabilización se permiten mejorar las características mecánicas del material, reducir su sensibilidad ante la acción del agua: crecimiento y contracción, disminución de la cohesión y de la rigidez, erosión y vulnerabilidad a la acción de vientos. Corresponden básicamente a suelos que se estabilizan mejorando su granulometría adicionando material grueso cuando se presenta en el suelo exceso de finos o viceversa.

6.1 Comportamiento del suelo natural sin ningún estabilizante.

El suelo natural es el que presenta sus condiciones iniciales una vez retirado del sitio que se hizo la excavación de 1 metro para eliminar la materia orgánica que pueda presentar, el cual tiene sus propiedades granulométricas intactas. Los empíricos recomiendan excavar hasta “suelo firme” pero al igual que en todo sistema constructivo, se debe determinar la capacidad portante del suelo donde se va a levantar la edificación de tal forma que no se presenten asentamientos o deslizamientos a causa de la acción del peso. Si las dimensiones del proyecto no ameritan un estudio sobre la capacidad

portante del suelo, se debe recurrir a estudios previos de la zona que permitan una buena aproximación.

Los ensayos de compresión simple y los resultados de esfuerzo de corte se encuentran en el Anexo H.



Fotografía 23. Preparación y compactación del suelo natural



Fotografía 24. Preparación de la muestra para el secado



Tabla 9. Resumen de los resultados obtenidos del suelo natural

  UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS TABLA DE RESUMEN SUELO NATURAL	
FECHA	18 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO	INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION	BUCARAMANGA
MUESTRA	SUELO NATURAL PIEDECUETA-SANGIL-BARICHARA
AREA	260Cm ²
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA	0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

MUESTRA	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDRECUESTA	236	0.239	0.01673
SANGIL	195	0.197	0.01379
BARICHARA	657	0.665	0.04655

Fotografía 25. Granulometría de la arena por el método mecánico



6.2 Dosificación con arena

La dosificación con arena es un proceso físico que consiste básicamente en el mejoramiento de granulometría. Cuando se presenta exceso de finos, se adiciona arena y viceversa para llevar el suelo hasta las proporciones recomendables.

Mezclado: Se debe ser muy cuidadoso al momento de la mezcla para obtener un buen material y evitar que queden partículas gruesas sin material fino para así llegar a obtener un buen resultado y llegar a un buen análisis. Los ensayos de compresión simple y los resultados de esfuerzo de corte se encuentran en los Anexos I, J y K.

Fotografía 26. Mezclado de la arena con el material fino



Compactación: Se refiere a la misma energía disipación al momento de realizar la probeta con un número de golpes establecidos.

Fotografía 27. Preparación de la muestra para la compactación



Fotografía 28. Preparación de la muestra para el secado

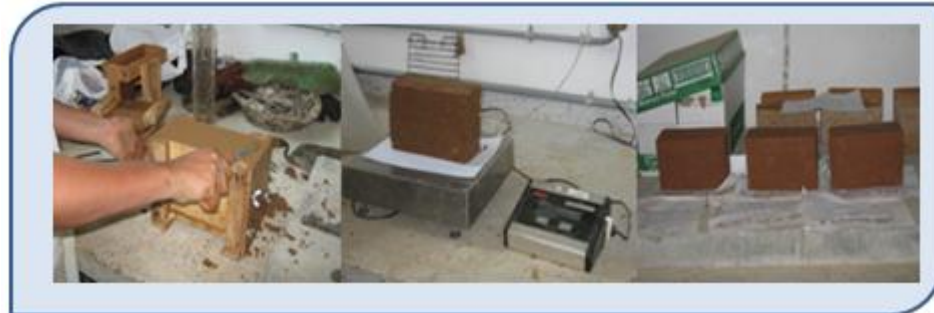


Tabla 10. Resumen de los resultados obtenidos de la dosificación con grueso 75% y finos 25%.



 		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	
TABLA DE RESUMEN DOSIFICACIÓN CON MATERIAL GRUESO 75% Y FINOS 25%			
FECHA	26 FEBRERO DEL 2009		
PROYECTO	INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA		
LOCALIZACION	BUCARAMANGA		
MUESTRA	DOSIFICACIÓN CON GRUESO 75% Y FINOS 25% PIEDECUESTA-SANGIL-BARICHARA		
AREA	260Cm ²		
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA	0.0001pul*10.125lb*Lect.Def		
MUESTRA	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDRECUESTA	63	0.064	0.004
SANGIL	142	0.144	0.010
BARICHARA	143	0.145	0.010

Tabla 11. Resumen de los resultados obtenidos de la dosificación con grueso 50% y finos 50%.





  UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
TABLA DE RESUMEN DOSIFICACIÓN CON MATERIAL GRUESO 50% Y FINOS 50%			
FECHA	27 FEBRERO DEL 2009		
PROYECTO	INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA		
LOCALIZACION	BUCARAMANGA		
MUESTRA	DOSIFICACIÓN MATERIAL GRUESO 50% Y FINOS 50% PIEDECUETA-SANGIL-BARICHARA		
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA	0.0001pul*10.125lb*Lect.Def		
MUESTRA	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDRECUESTA	258	0.261	0.018
SANGIL	242	0.245	0.017
BARICHARA	273	0.276	0.019

Tabla 12. Resumen de los resultados obtenidos de la dosificación con grueso 30% y finos 70%.

  UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
TABLA DE RESUMEN ESTABILIZACION CON ARENA 30% Y FINOS 70%			
FECHA	03 MARZO DEL 2009		
PROYECTO	INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA		
LOCALIZACION	BUCARAMANGA		
MUESTRA	DOSIFICACIÓN CON MATERIAL GRUESO 30% Y FINOS 70% PIEDECUETA-SANGIL-BARICHARA		
AREA	260Cm ²		
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA	0.0001pul*10.125lb*Lect.Def		
MUESTRA	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDRECUESTA	191	0.193	0.014
SANGIL	170	0.172	0.012
BARICHARA	454	0.460	0.032

6.3 Adición de la cal

La estabilización con cal es un proceso físico químico donde la cal actúa sobre las partículas arcillosas del suelo. La cal modifica los enlaces químicos en las partículas. La cal surte efecto como estabilizante siempre que el suelo sea de carácter ácido puesto que la cal es un compuesto básico. Cuando es así, los iones de calcio de la cal que son de polaridad positiva se unen por medio de enlaces químicos muy fuertes con iones negativos de la arcilla. Posteriormente la reacción arcilla-cal permite la formación de elementos cristalinos nuevos que intervienen en la cementación de los granos del suelo. Se requiere de un tiempo de almacenamiento para que los enlaces se den en (7 días). En suelos de carácter básico, la cal como estabilizante no es muy efectiva.

Condiciones para la aplicación.

Mezclado: Debe ser muy cuidadoso para obtener un material muy integral. Cuando el suelo es muy plástico, se recomienda adicionar la cal en dos tiempos separados dos días para dejar que la cal y la humedad natural del suelo ablanden los terrones. Los ensayos de compresión simple y los resultados de esfuerzo de corte se encuentran en el Anexo M.

Fotografía 29. Mezclado del suelo natural con Cal



Compactación: Para contenidos bajos de cal 2%, se puede compactar al día siguiente de mezclar la tierra. Para contenidos más altos es bueno dejar de 7 a 8 días.

Fotografía 30. Preparación y Compactación de la muestra en molde



Fraguado: La resistencia a la compresión aumenta con el tiempo debido a la formación de minerales nuevos por la reacción de la cal y la arcilla. Este fenómeno se prolonga por varias semanas y evoluciona favorablemente en un ambiente cálido y húmedo.

Fotografía 31. Preparación para el fraguado de la muestra



Fotografía 32. Fraguado de las probetas en un ambiente cálido y húmedo



Tabla 13. Resumen de los resultados obtenidos de la estabilización con cal al 10%

  UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
TABLA DE RESUMEN ESTABILIZACION CON CAL AL 10%			
FECHA	03 MARZO DEL 2009		
PROYECTO	INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA		
LOCALIZACION	BUCARAMANGA		
MUESTRA	ESTABILIZACION CON CAL AL 10% PIEDECUESTA-SANGIL-BARICHARA		
AREA	260Cm ²		
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA	0.0001pul*10.125lb*Lect.Def		
MUESTRA	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDRECUESTA	609	0.617	0.0432
SANGIL	133	0.135	0.0095
BARICHARA	129	0.131	0.0092

6.3.1 PH de los suelos.

Este método de prueba cubre la determinación del pH de los suelos para usos diferentes de la prueba de corrosión. Tales determinaciones se usan en campos tales como el agrícola, del medio ambiente y de recursos naturales. Esta medida determina el grado de acidez o alcalinidad en

materiales de suelo suspendidos en agua y en una solución 0.01 M de cloruro de calcio. Las medidas en ambos líquidos son necesarias para definir completamente el pH de los suelos. Esta variable ayuda a determinar la solubilidad de minerales de suelo, la movilidad de iones en éste y la viabilidad del ambiente planta del suelo. El pH típicamente va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7, y básicas las que tienen pH mayores a 7. El pH = 7 indica la neutralidad de la disolución (donde el disolvente es agua).

Fotografía 33.Preparación de la muestra para determinar su pH



Tabla 14. Resultados del PH

PIEDECUESTA	PH=5-6	ACIDA
BARICHARA	PH= 3-4	ACIDA
SAN GIL	PH= 4-5	ACIDA

6.4 Adición de cemento

La adición de cemento mejora las capacidades mecánicas del suelo compactado y su vulnerabilidad ante el agua. Logra mejores resultados en suelos con exceso de arenas donde actúa como agente cohesionante. Las características iniciales del suelo se pierden al entrar en contacto con el cemento. Se generan enlaces muy fuertes entre las diferentes partículas del suelo. En suelos finos, induce a la creación de partículas grandes muy resistentes mecánicamente y a la acción del agua.

Los ensayos de compresión simple y los resultados de esfuerzo de corte se encuentran en el Anexo L.

Fotografía 34. Preparación de la muestra



Además de las mejoras ya mencionadas, el uso del cemento acelera el secado de los muros por lo que esto incide en la humedad de compactación y en el tiempo de secado. Se debe compactar del lado derecho de la curva de compactación y se acelera el tiempo de secado permitiendo mayor rendimiento en el proceso. Al estabilizar con cemento se deben tener en cuenta variables como éstas:

Pulverización: Un material bien pulverizado asegura una buena estabilización. Se desbaratan terrones y más efectiva acción del cemento.

Mezclado: Para el mezclado se requiere que el suelo esté bastante seco para no tener efectos de fraguado antes de tiempo. Donde se pueda, se

recomienda que sea la humedad la que se adicione al momento de compactar y no el cemento; solo cuando se pueda.

Fotografía 35. Mezclado del suelo natural con cemento



Compactación: Se recomienda realizarla del lado húmedo de la curva de compactación debido al consumo de agua en el fraguado del cemento.

Fotografía 36. Compactación del suelo natural con cemento



Fotografía 37. Fraguado de las probetas



Tabla 15. Resumen de los resultados obtenidos por estabilización con cemento al 4%.

 		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS TABLA DE RESUMEN ESTABILIZACION CON CEMENTO	
FECHA	03 MARZO DEL 2009		
PROYECTO	INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA		
LOCALIZACION	BUCARAMANGA		
MUESTRA	ESTABILIZACION CON CEMENTO AL 4% PIEDECUETA-SANGIL-BARICHARA		
AREA	260Cm ²		
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA	0.0001pul*10.125lb*Lect.Def		
MUESTRA	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDECUETA	265	0.268	0.019
SANGIL	164	0.166	0.012
BARICHARA	355	0.359	0.025

Fotografía 38. Preparación del equipo para las fallas de las probetas



Fotografía 39. Aplicando la respectiva carga para la falla de las probetas



Fotografía 40.Resultados obtenidos de las fallas.



7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Suelo de Piedecuesta: la resistencia a la compresión simple o inconfiada del suelo natural es de 0.017 Kg/cm²

1. En la dosificación los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Grueso 75% y Fino 25% el esfuerzo es de 0.004 Kg/cm², disminuyo su resistencia con respecto al suelo natural un 76.47%.

Calculo tipo: $\frac{0.004 \times 100}{0.017} = 23.53\%$ $100 - 23.53\% = 76.47\%$

- Grueso 50% y Fino 50% el esfuerzo es de 0.018 Kg/cm², aumento su resistencia con respecto al suelo natural un 5.88%.
- Grueso 30% y Fino 70% el esfuerzo es de 0.014 Kg/cm², disminuyo su resistencia con respecto al suelo natural un 17.65%.

2. En la Adición de cemento y cal los resultados obtenidos fueron los siguientes:

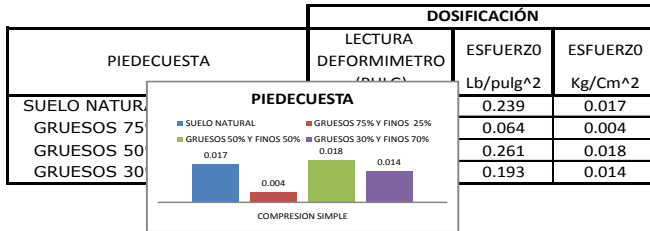
- Con cemento al 4% el esfuerzo es de 0.019 Kg/cm², aumento su resistencia con respecto al suelo natural un 11.76%.
- Con cal al 10% el esfuerzo es de 0.043 Kg/cm², aumento su resistencia con respecto al suelo natural un 152.94%. Este aumento se debe a que el suelo de Piedecuesta presenta un PH acido alto, esto ocasiona que se unan las partículas y aumenta la resistencia.

3. Con humedad mayor del 2% el esfuerzo es de 0.002 Kg/cm², disminuyo su resistencia con respecto al suelo natural un 88.24%.

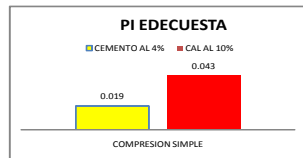
4. Con humedad menor del 2% el esfuerzo es de 0.021 Kg/cm², aumento su resistencia con respecto al suelo natural un 23.53%.



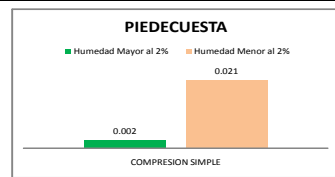
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
TABLA DE RESUMEN PIEDECUESTA**



LIMITES DE ATTERBERG	
LIM.LIQ	32%
LIM.PLAST	24%
IND.PLAS	8%



PIEDRECUESTA	DOSIFICACIÓN	
	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO
CEMENTO AL 4%	265	0.268
CAL AL 10%	609	0.617



PIEDRECUESTA	HUMEDAD	
	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO
H.Optima 14.72%		
Humedad >2%	35	0.035
Humedad <2%	302	0.306

Suelo de San Gil: la resistencia a la compresión simple o inconfiada del suelo natural es de 0.014 Kg/cm²

1. En la dosificación los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Grueso 75% y Fino 25% el esfuerzo es de 0.010 Kg/cm², disminuyo su resistencia con respecto al suelo natural un 28.57%

Calculo tipo: $\frac{0.010 \times 100}{0.014} = 71.43\% \quad 100 - 71.43\% = 28.57\%$

- Grueso 50% y Fino 50% el esfuerzo es de 0.017 Kg/cm², aumento su resistencia con respecto al suelo natural un 21.43%.
- Grueso 30% y Fino 70% el esfuerzo es de 0.012 Kg/cm², disminuyo su resistencia con respecto al suelo natural un 14.29%.

2. En la Adición de cemento y cal los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Con cemento al 4% el esfuerzo es de 0.012 Kg/cm², disminuyo su resistencia con respecto al suelo natural un 14.29%.
- Con cal al 10% el esfuerzo es de 0.009 Kg/cm², disminuyo su resistencia con respecto al suelo natural un 35.72%.

3. Con humedad mayor del 2% el esfuerzo es de 0.018 Kg/cm², aumento su resistencia con respecto al suelo natural un 28.57%.

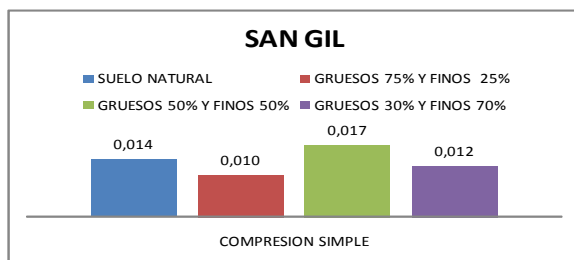
4. Con humedad menor del 2% el esfuerzo es de 0.016 Kg/cm², aumento su resistencia con respecto al suelo natural un 14.28%.



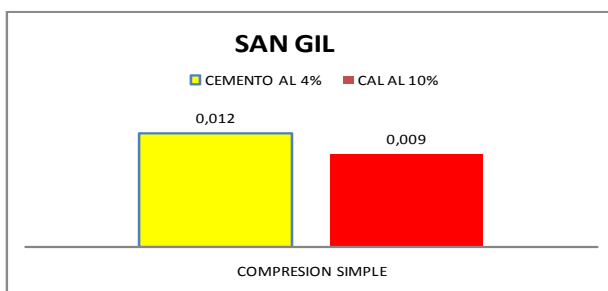
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
TABLA DE RESUMEN SAN GIL

SAN GIL	DOSIFICACIÓN		
	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
SUELO NATURAL	195	0,197	0,014
GRUESOS 75% Y FINOS 25%	142	0,144	0,010
GRUESOS 50% Y FINOS 50%	242	0,245	0,017
GRUESOS 30% Y FINOS 70%	170	0,172	0,012

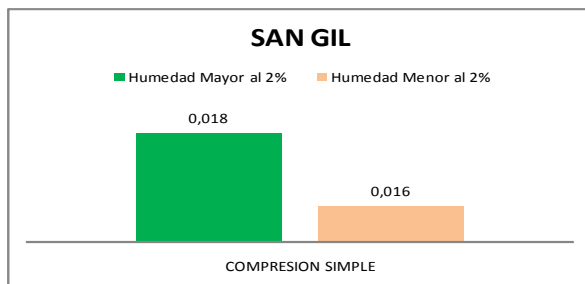
LIMITES DE ATTERBERG	
LIM.LIQ	45%
LIM.PLAST	32%
IND.PLAS	13%



SAN GIL	ESTABILIZACIÓN		
	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
CEMENTO AL 4%	164	0,166	0,012
CAL AL 10%	133	0,135	0,009



SANGIL	HUMEDAD		
	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
H.Optima 13.60%			
Humedad >2%	253	0,256	0,018
Humedad <2%	230	0,233	0,016



Suelo de Barichara: la resistencia a la compresión simple o inconfiada del suelo natural es de 0.047 Kg/cm²

1. En la dosificación los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Grueso 75% y Fino 25% el esfuerzo es de 0.010 Kg/cm², disminuyo su resistencia con respecto al suelo natural un 78.73%

Calculo tipo: $\frac{0.010 \times 100}{0.047} = 21.27\%$ $100 - 21.27\% = 78.73\%$

- Grueso 50% y Fino 50% el esfuerzo es de 0.019 Kg/cm², disminuyo su resistencia con respecto al suelo natural un 59.58%.
- Grueso 30% y Fino 70% el esfuerzo es de 0.032 Kg/cm², disminuyo su resistencia con respecto al suelo natural un 31.92%.

2. En la Adición con cemento y cal los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Con cemento al 4% el esfuerzo es de 0.025 Kg/cm², disminuyo su resistencia con respecto al suelo natural un 46.81%.
- Con cal al 10% el esfuerzo es de 0.009 Kg/cm², disminuyo su resistencia con respecto al suelo natural un 19.15%.

3. Con humedad mayor del 2% el esfuerzo es de 0.011Kg/cm², disminuye su resistencia con respecto al suelo natural un 76.6%.

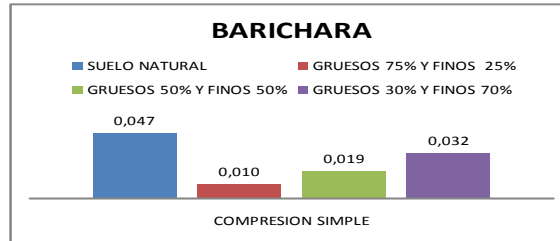
4. Con humedad menor del 2% el esfuerzo es de 0.036 Kg/cm², disminuye su resistencia con respecto al suelo natural un 23.4%.



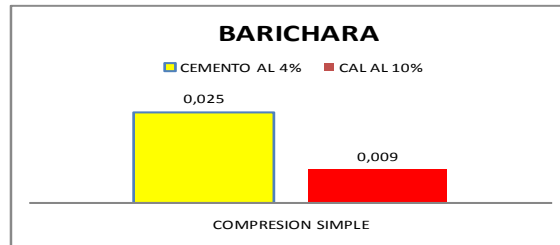
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
TABLA DE RESUMEN BARICCHARA

BARICCHARA	DOSIFICACIÓN		
	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
SUELO NATURAL	657	0,665	0,047
GRUESOS 75% Y FINOS 25%	143	0,145	0,010
GRUESOS 50% Y FINOS 50%	273	0,276	0,019
GRUESOS 30% Y FINOS 70%	454	0,46	0,032

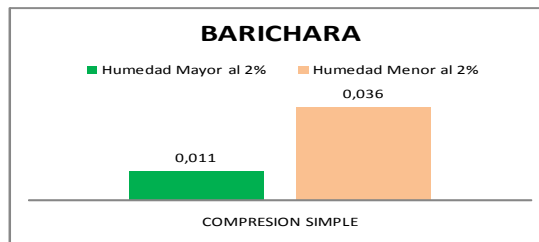
LIMITES DE ATTERBERG	
LIM.LIQ	45%
LIM.PLAST	31%
IND.PLAS	14%



BARICCHARA	ESTABILIZACIÓN		
	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
CEMENTO AL 4%	355	0,359	0,025
CAL AL 10%	129	0,131	0,009



BARICCHARA	HUMEDAD		
	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
H.Optima 13,06%			
Humedad >2%	160	0,162	0,011
Humedad <2%	506	0,512	0,036



8. Conclusiones y Recomendaciones.

- ✓ Teniendo en cuenta la composición granulométrica de los tres suelos analizados se observó que entre mayor cantidad de finos tenga el material más resistente y estable resulta. Los resultados correspondientes al suelo de Barichara lo muestra claramente ya que este es un suelo con alta presencia de arcillas y limos.
- ✓ Cuando la fracción fina se disminuyó los tres suelos mostraron disminución de la resistencia, debido probablemente a que hay un exceso de gruesos y los finos no alcanzan a envolverlos y por lo tanto no hay cohesión suficiente entre las partículas.
- ✓ Los resultados de los ensayos de caracterización ante esfuerzos de compresión para el comportamiento de la tapia pisada, se observó que el material tierra de Barichara fue más resistente en la mayoría de los casos expuestos. Esto confirma lo dicho en los párrafos anteriores, pues este es el suelo con mayor cantidad de finos.
- ✓ Al variar las características de plasticidad de la fracción fina, los resultados muestran una mayor resistencia para los suelos de baja plasticidad que para los de alta.
- ✓ La adición de cemento no produjo una alteración favorable en la resistencia de ninguno de los tres suelos analizados; probablemente se requiere una dosificación mayor de cemento a la utilizada.

- ✓ Al adicionar cal se observó un incremento de la resistencia en los suelos, especialmente el suelo de Piedecuesta.

- ✓ Con respecto a la variación de la humedad los resultados determinaron mayor resistencia a la compresión cuando la humedad es menor a la óptima.

- ✓ En muchos países del mundo las construcciones con tierra tienen como base las gráficas y tablas proporcionadas por CraTerre en Francia, pero los resultados obtenidos dicen lo contrario; el material tierra en cada lugar tiene características físicas diferentes; esto nos indica que no debemos ajustarnos a los estudios realizados por ellos si no a las condiciones del sitio donde se vaya a construir. Por lo tanto es necesario plantear más investigaciones, que permitan llegar a proponer procedimientos más adecuados a nuestro medio.

- ✓ Realizar este mismo estudio de caracterización con suelos de otros sitios y/o municipios del departamento de Santander con el fin de establecer tendencias de comportamiento que puedan ser reflejados en tablas o ábacos.

- ✓ Continuidad en el proceso de elaboración de muros en escala real con el equipo debidamente apropiado para obtener mayor precisión en los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, Manual para la Rehabilitación de Viviendas Construidas en Adobe y Tapia Pisada. 2001

CABALLERO PATIÑO DIANA y PÉREZ PARDO JUAN CARLOS, Balance Hídrico a largo Plazo e Indicadores de Información Hidroclimática, Universidad Industrial de Santander, proyecto de grado. 2007

HAYS ALAIN y MATUK SILVIA, Técnicas Mixtas de Construcción con Tierra, Edición fundadores do Geodomus International.1993

PIERRE CLEMENT CRATerre Centro De Investigaciones y De Aplicación-Tierra 1979.

RIVERO SANTIAGO y PRADA DÍAZ WILLIAM AMAURY, Comportamiento estructural de muros en tierra apisonada reforzados verticalmente con caña sometidos a cargas horizontales, Universidad Industrial de Santander, proyectó de grado.1999

<http://es.wikipedia.org/wiki/limo>

<http://www.lablaa.org/blaavirtual/ayudadetareas/matcom4.htm>

<http://www.ucn.d/facultadesinstitutos/laboratorio/tiposm2.htm>

<http://www.selecciones.com/acercadeyart.php?id=607>

<http://español.answers.yahoo.com/questions/>

Anexo A. Ensayos de clasificación; Granulometría por el método mecánico y Límite Líquido y Plástico.

TIERRA DE BARICHARA



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

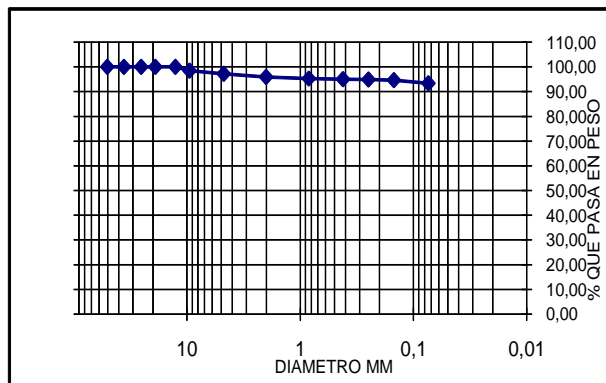
FECHA Septiembre 15-2008
 PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FISICOMECANICAS EN EL MATERIAL TIERRA
 LOCALIZACION BUCARAMANGA

MUESTRA 1
TIPO DE SUELO BARICHARA
PROFUNDIDAD 1.0m

PESO TARA (gr)
 TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)
 TARA+MUESTRA SECA (gr)
 PESO AGUA (gr)
 PESO MUEST. SECA (gr) 1000
 HUMEDAD (%)

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 1000,00
 PESO DESPUES DE LAVADO gr: 0,00
 PORCENTAJE DE ERROR %: 93,34

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	g	%	%	****	mm	g	%	%
2"	50,8	0,00	0,00	100,00	10	2	13,29	1,33	95,89
1 1/2"	36,1	0,00	0,00	100,00	20	0,84	5,50	0,55	95,34
1"	25,4	0,00	0,00	100,00	40	0,42	2,76	0,28	95,07
3/4"	19,05	0,00	0,00	100,00	60	0,25	1,85	0,19	94,88
1/2"	12,7	0,00	0,00	100,00	100	0,149	2,31	0,23	94,65
3/8"	9,52	14,78	1,48	98,52	200	0,074	12,95	1,30	93,36
No 4	4,75	13,00	1,30	97,22	PASA 200	*****	0,18		
SUMA	*****	27,78	2,78		SUMA	*****	38,84	3,87	
					TOTAL		66,62		



GRAVAS= 2,78 %
 ARENAS = 3,87 %
 FINOS= 93,36 %

CLASIFICACION SUCS: (ML) Limos arenosos o arcillosos ligeramente plasticos, limos organicos



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

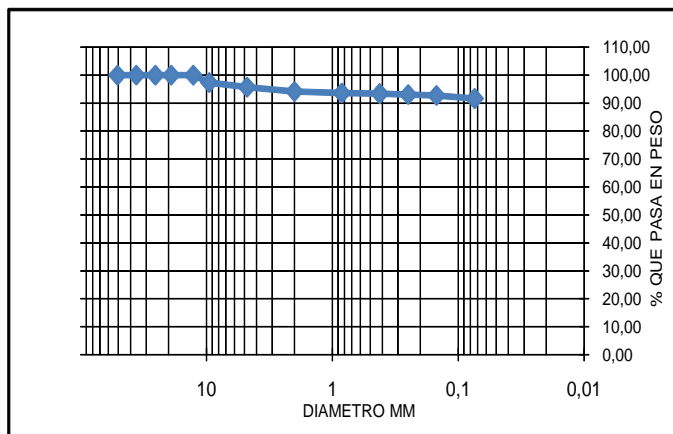
FECHA Septiembre 15-2008
 PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
 LOCALIZACION BUCARAMANGA

MUESTRA	2
TIPO DE SUELO	BARICHARA
PROFUNDIDAD	1.0 m

PESO TARA (gr)	
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)	
TARA+MUESTRA SECA (gr)	
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	1000
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr:	1000,00
PESO DESPUES DE LAVADO gr:	0,00
PORCENTAJE DE ERROR %:	90,97

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	g	%	%	****	mm	g	%	%
2"	50,8	0,00	0,00	100,00	10	2	15,15	1,52	94,20
1 1/2"	36,1	0,00	0,00	100,00	20	0,84	5,41	0,54	93,66
1"	25,4	0,00	0,00	100,00	40	0,42	3,07	0,31	93,35
3/4"	19,05	0,00	0,00	100,00	60	0,25	2,92	0,29	93,06
1/2"	12,7	0,00	0,00	100,00	100	0,149	2,92	0,29	92,77
3/8"	9,52	26,12	2,61	97,39	200	0,074	11,62	1,16	91,61
No 4	4,75	16,73	1,67	95,72	PASA 200	*****	6,34		
SUMA	*****	42,85	4,29		SUMA	*****	47,43	4,11	
					TOTAL		90,28		



GRAVAS=	4,29
ARENAS =	4,11
FINOS=	91,61

CLASIFICACION SUCS: (ML) Limos arenosos o arcillosos ligeramente plasticos, limos organicos



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

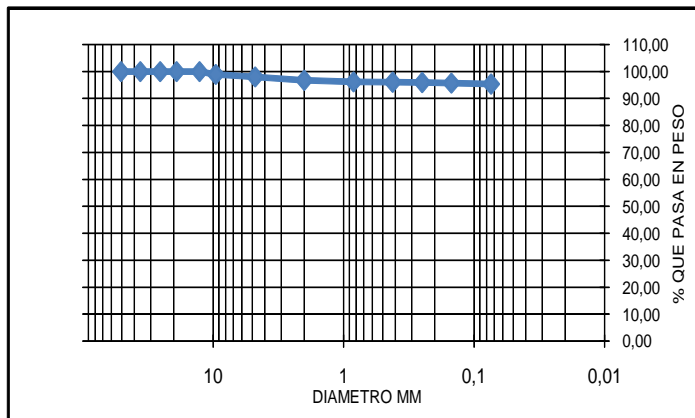
FECHA Septiembre 15-2008
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION Bucaramanga

MUESTRA	3
TIPO DE SUELO	BARICHARA
PROFUNDIDAD	1.0 m

PESO TARA (gr)	
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)	
TARA+MUESTRA SECA (gr)	
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	1000
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr:	1000,00
PESO DESPUES DE LAVADO gr:	0,00
PORCENTAJE DE ERROR %:	95,29

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	g	%	%	****	mm	g	%	%
2"	50,8	0,00	0,00	100,00	10	2	13,20	1,32	96,68
1 1/2"	36,1	0,00	0,00	100,00	20	0,84	4,74	0,47	96,20
1"	25,4	0,00	0,00	100,00	40	0,42	2,12	0,21	95,99
3/4"	19,05	0,00	0,00	100,00	60	0,25	1,25	0,13	95,87
1/2"	12,7	0,00	0,00	100,00	100	0,149	1,16	0,12	95,75
3/8"	9,52	10,89	1,09	98,91	200	0,074	4,48	0,45	95,30
No 4	4,75	9,13	0,91	98,00	PASA 200	*****	0,16		
SUMA	*****	20,02	2,00		SUMA	*****	27,11	2,70	
					TOTAL		47,13		



GRAVAS=	2,00	%
ARENAS =	2,70	%
FINOS=	95,30	%

CLASIFICACION SUCS: (ML) Limos arenosos o arcillosos ligeramente plasticos, limos organicos

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123



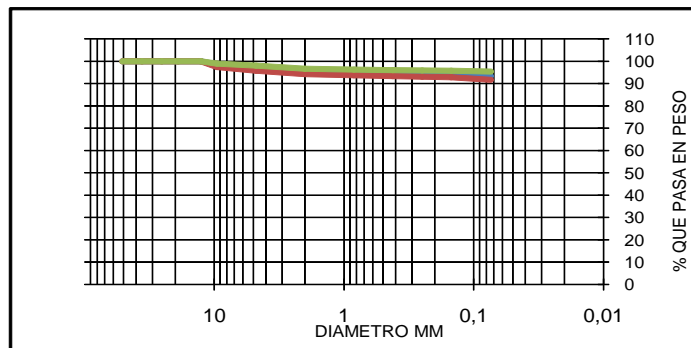
FECHA Septiembre 15-2008

PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA

LOCALIZACION Bucaramanga

SONDEO	1
TIPO DE SUELO	BARICHARA
PROFUNDIDAD	1.0 m

S1		S2		S3	
ABERTURA	% QUE PASA LA MALLA	ABERTURA	%QUE PASA LA MALLA	ABERTURA	%QUE PASA LA MALLA
50,8	100	50,8	100	50,8	100
36,1	100	36,1	100	36,1	100
25,4	100	25,4	100	25,4	100
19,05	100	19,05	100	19,05	100
12,7	100	12,7	100	12,7	100
9,52	98,522	9,52	97,388	9,52	98,911
4,75	97,222	4,75	95,715	4,75	97,998
2	95,893	2	94,2	2	96,678
0,84	95,343	0,84	93,659	0,84	96,204
0,42	95,067	0,42	93,352	0,42	95,992
0,25	94,882	0,25	93,06	0,25	95,867
0,149	94,651	0,149	92,768	0,149	95,751
0,074	93,356	0,074	91,606	0,074	95,303



S1	
GRAVAS=	2,78%
ARENAS =	3,87%
FINOS=	93,36%

S2	
GRAVAS=	4,29%
ARENAS =	4,11%
FINOS=	91,61%

S3	
GRAVAS=	2,00%
ARENAS =	2,70%
FINOS=	95,30%



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

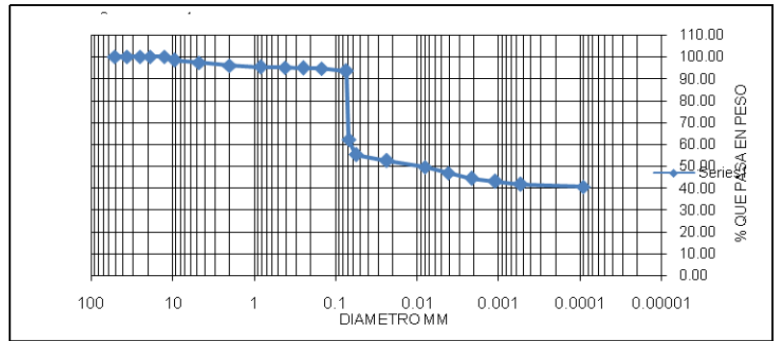
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE GRANULOMETRICO POR MEDIO DEL HIDROMETRO

FECHA 6 DE FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA BARICHARA

ABERTURA(mm)	% QUE PASA
50.800	100.0
36.100	100.0
25.400	100.0
19.050	100.0
12.700	100.0
9.520	98.5
4.750	97.2
2.000	95.9
0.840	95.3
0.420	95.1
0.250	94.9
0.149	94.7
0.074	93.4
0.069	62.2
0.057	55.2
0.023	52.4
0.008	49.6
0.004	46.8
0.002	44.4
0.001	43.0
0.001	41.6
0.000	40.6



GRAVAS	2.78	%
ARENAS	3.87	%
FINOS	93.36	%
LIMOS	52.76	%
ARCILLAS	40.6	%



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LIMITES DE ATTERBERG INV E- 125-126

FECHA Septiembre 15-2008
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA

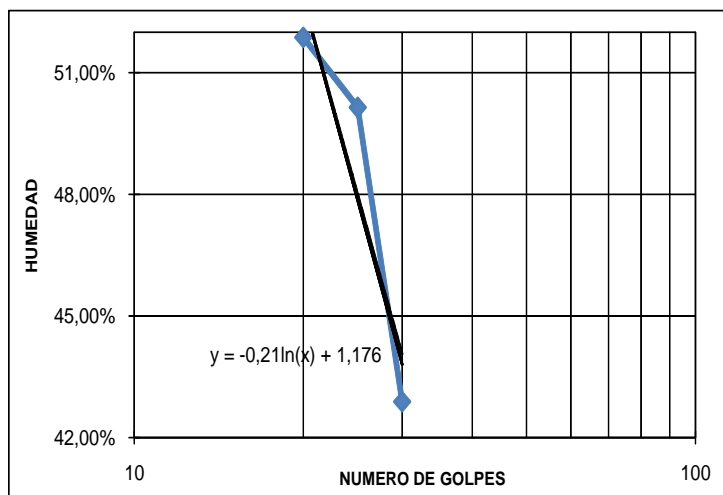
TIPO DE SUELO	BARICHARA
PROFUNDIDAD	1.0 m

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CAPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA
		g	g	g	g	g	%
1	30	17,44	30,70	26,72	3,98	9,28	42,89%
2	25	11,30	21,60	18,16	3,44	6,86	50,15%
3	20	10,39	19,70	16,52	3,18	6,13	51,88%

LIMITE PLASTICO

4		7,0	12,46	11,23	1,23	4,23	29,08%
5		7,01	12,69	11,29	1,40	4,28	32,71%
6		10,40	15,61	14,38	1,23	3,98	30,90%



LIMITE LIQUIDO 45%
 LIM. PLASTICO : 31%
 IND. DE PLASTI. 14%
 CLASIFICACION ML

Clasificación SUCS: (ML) Limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos, limos orgánicos

Anexo B. Ensayos de clasificación; Granulometría por el método mecánico y Límite Líquido y Plástico.

TIERRA DE SAN GIL



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123**

FECHA Septiembre 15-2008

PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA

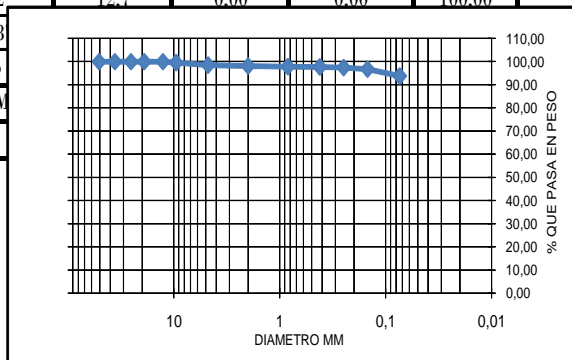
LOCALIZACIÓN Bucaramanga

MUESTRA	1
TIPO DE SUELO	San Gil
PROFUNDIDAD	1.0 m

PESO TARA (gr)	
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)	
TARA+MUESTRA SECA (gr)	
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	1000
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr:	1000,00
PESO DESPUES DE LAVADO gr:	0,00
PORCENTAJE DE ERROR %:	93,68

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	g	%	%	****	mm	g	%	%
2"	50,8	0,00	0,00	100,00	10	2	3,78	0,38	98,06
1 1/2"	36,1	0,00	0,00	100,00	20	0,84	2,62	0,26	97,80
1"	25,4	0,00	0,00	100,00	40	0,42	1,58	0,16	97,64
3/4"	19,05	0,00	0,00	100,00	60	0,25	3,00	0,30	97,34
1/2"	12,7	0,00	0,00	100,00	100	0,149	5,93	0,59	96,75
3/8"					200	0,074	29,80	2,98	93,77
No					SA 200	*****	0,89		
SUM					UMA	*****	47,60	4,67	
					TOTAL		63,18		



GRAVAS=	1,56	%
ARENAS =	4,67	%
FINOS=	93,77	%

CLASIFICACION SUCS: (ML) Limos arenosos o arcillosos ligeramente plasticos, limos organicos



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

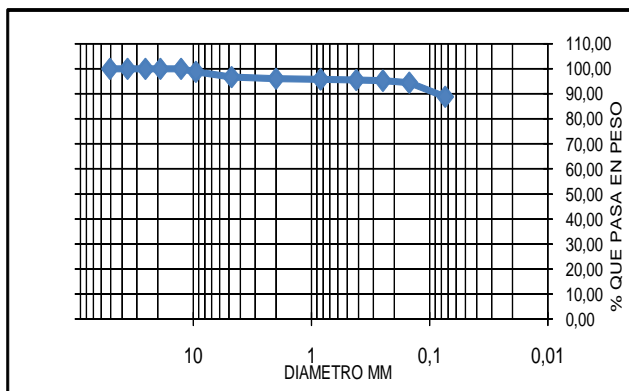
FECHA Septiembre 15-2008
 PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL
 LOCALIZACION Bucaramanga

MUESTRA	3
TIPO DE SUELO	San Gil
PROFUNDIDAD	1.0 m

PESO TARA (gr)	
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)	
TARA+MUESTRA SECA (gr)	
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	1000
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr:	1000,00
PESO DESPUES DE LAVADO gr:	0,00
PORCENTAJE DE ERROR %:	88,15

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	g	%	%	****	mm	g	%	%
2"	50,8	0,00	0,00	100,00	10	2	6,71	0,67	96,05
1 1/2"	36,1	0,00	0,00	100,00	20	0,84	3,24	0,32	95,73
1"	25,4	0,00	0,00	100,00	40	0,42	1,71	0,17	95,56
3/4"	19,05	0,00	0,00	100,00	60	0,25	3,53	0,35	95,20
1/2"	12,7	0,00	0,00	100,00	100	0,149	7,15	0,72	94,49
3/8"	9,52	11,83	1,18	98,82	200	0,074	56,45	5,65	88,84
No 4	4,75	20,94	2,09	96,72	PASA 200	*****	6,92		
SUMA	*****	32,77	3,28		SUMA	*****	85,71	7,88	
					TOTAL		118,48		



GRAVAS=	3,28	%
ARENAS =	7,88	%
FINOS=	88,84	%

CLASIFICACION SUCS: (ML) Limos arenosos o arcillosos ligeramente plasticos, limos organicos

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123



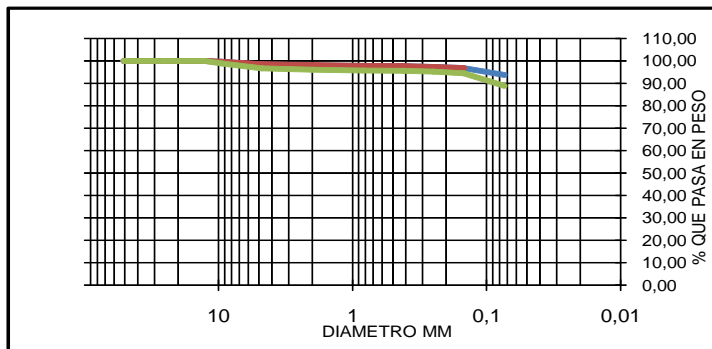
FECHA Septiembre 15-2008

PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA

LOCALIZACION Bucaramanga

MUESTRA	1
TIPO DE SUELO	SAN GIL
PROFUNDIDAD	1.0 m

S1		S2		S3	
ABERTURA	% QUE PASA LA MALLA	ABERTURA	%QUE PASA LA MALLA	ABERTURA	%QUE PASA LA MALLA
50,8	100,00	50,8	100,00	50,8	100,00
36,1	100,00	36,1	100,00	36,1	100,00
25,4	100,00	25,4	100,00	25,4	100,00
19,05	100,00	19,05	100,00	19,05	100,00
12,7	100,00	12,7	100,00	12,7	100,00
9,52	99,55	9,52	99,60	9,52	98,82
4,75	98,44	4,75	98,52	4,75	96,72
2	98,06	2	98,09	2	96,05
0,84	97,80	0,84	97,79	0,84	95,73
0,42	97,64	0,42	97,63	0,42	95,56
0,25	97,34	0,25	97,34	0,25	95,20
0,149	96,75	0,149	96,79	0,149	94,49
0,074	93,77	0,074	92,54	0,074	88,84



S1	
GRAVAS=	1,56%
ARENAS =	4,67%
FINOS=	93,77%

S2	
GRAVAS=	1,50%
ARENAS =	5,98%
FINOS=	92,54%

S3	
GRAVAS=	3,28%
ARENAS =	7,88%
FINOS=	88,84%



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

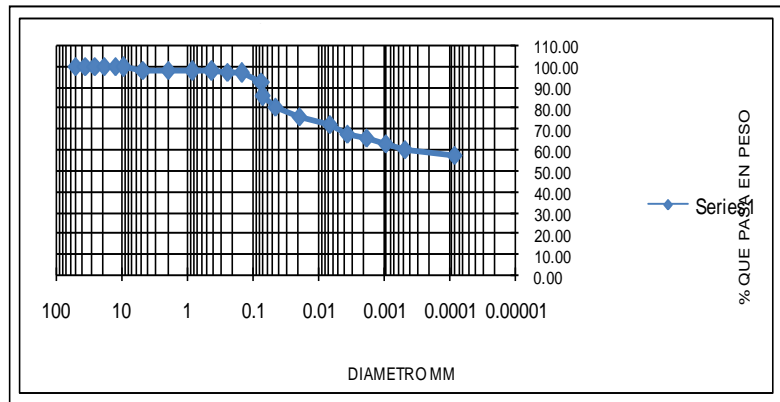
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE GRANULOMETRICO POR MEDIO DEL HIDROMETRO

FECHA 6 DE FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA SANGIL

ABERTURA(mm)	% QUE PASA
50.800	100.00
36.100	100.00
25.400	100.00
19.050	100.00
12.700	100.00
9.520	99.60
4.750	98.52
2.000	98.09
0.840	97.79
0.420	97.63
0.250	97.34
0.149	96.79
0.074	92.54
0.070	85.59
0.046	80.69
0.020	75.79
0.007	72.52
0.004	67.62
0.002	65.99
0.001	63.21
0.000	59.94
0.000	57.17



GRAVAS	1.48	%
ARENAS	5.98	%
FINOS	92.54	%
LIMOS	35.37	%
ARCILLAS	57.17	%



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LIMITES DE ATTERBERG INV E- 125-126

FECHA 17 de septiembre del 2008
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS CARACTERISTICAS FISICOMECAICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION Bucaramanga

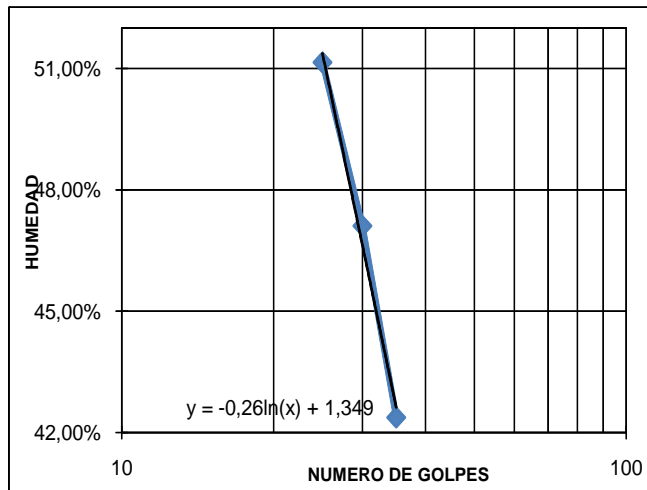
MUESTRA	1
TIPO DE SUELO	San Gil
PROFUNDIDAD	1.0 m

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CAPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA
		g	g	g	g	g	%
1	35	7,00	15,30	12,83	2,47	5,83	42,37%
2	30	8,70	17,60	14,75	2,85	6,05	47,11%
3	25	7,20	14,44	11,99	2,45	4,79	51,15%

LIMITE PLASTICO

4		6,6	12,80	11,60	1,20	5,00	24,00%
5		10,61	16,32	14,78	1,54	4,17	36,93%
6		8,70	13,71	12,38	1,33	3,68	36,14%



LIMITE LIQUIII 45%
 LIM. PLASTICO 32%
 IND. DE PLAST 13%
 CLASIFICACIOI ML

Clasificacion SUCS: (ML) Limos arenosos o arcillosos ligeramente plasticos, limos organicos

Anexo C. Ensayos de clasificación; Granulometría por el método mecánico y Límite Líquido y Plástico.

TIERRA DE PIEDECUESTA



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

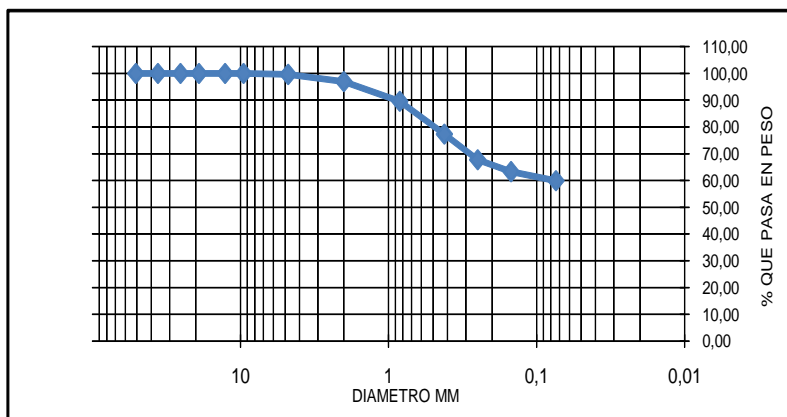
FECHA Septiembre 15-2008
 PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
 LOCALIZACION Bucaramanga

MUESTRA	1
TIPO DE SUELO	PIEDRECUESTA
PROFUNDIDAD	1.0 m

PESO TARA (gr)	
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)	
TARA+MUESTRA SECA (gr)	
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	1000
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr:	1000,00
PESO DESPUES DE LAVADO gr:	0,00
PORCENTAJE DE ERROR %:	59,64

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	g	%	%	****	mm	g	%	%
2"	50,8	0,00	0,00	100,00	10	2	25,80	2,58	97,00
1 1/2"	36,1	0,00	0,00	100,00	20	0,84	73,64	7,36	89,64
1"	25,4	0,00	0,00	100,00	40	0,42	122,65	12,27	77,37
3/4"	19,05	0,00	0,00	100,00	60	0,25	96,42	9,64	67,73
1/2"	12,7	0,00	0,00	100,00	100	0,149	44,85	4,49	63,24
3/8"	9,52	0,00	0,00	100,00	200	0,074	33,00	3,30	59,94
No 4	4,75	4,21	0,42	99,58	PASA 200	*****	3,05		
SUMA	*****	4,21	0,42		SUMA	*****	399,41	39,64	
					TOTAL		403,62		



GRAVAS=	0,42	%
ARENAS =	39,64	%
FINOS=	59,94	%

CLASIFICACION SUCS: (SM) Arenas limosas, mezclas de arenas y limo



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123**

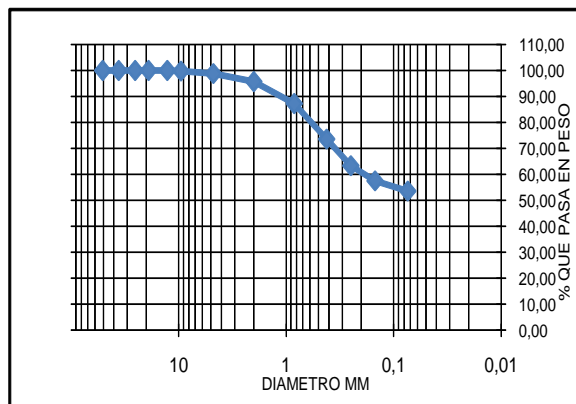
FECHA Septiembre 15-2008
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL
LOCALIZACION BUCARAMANGA

MUESTRA	2
TIPO DE SUELO	PIEDRECUESTA
PROFUNDIDAD	1.0 m

PESO TARA (gr)	
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)	
TARA+MUESTRA SECA (gr)	
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	1000
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr:	1000,00
PESO DESPUES DE LAVADO gr:	0,00
PORCENTAJE DE ERROR %:	52,99

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	g	%	%	****	mm	g	%	%
2"	50,8	0,00	0,00	100,00	10	2	31,78	3,18	95,71
1 1/2"	36,1	0,00	0,00	100,00	20	0,84	84,65	8,47	87,25
1"	25,4	0,00	0,00	100,00	40	0,42	135,90	13,59	73,66
3/4"	19,05	0,00	0,00	100,00	60	0,25	103,07	10,31	63,35
1/2"	12,7	0,00	0,00	100,00	100	0,149	57,78	5,78	57,57
3/8"	9,52	1,61	0,16	99,84	200	0,074	39,48	3,95	53,63
No 4	4,75	9,47	0,95	98,89	PASA 200	*****	6,34		
SUMA	*****	11,08	1,11		SUMA	*****	459,00	45,27	
					TOTAL		470,08		



GRAVAS=	1,11	%
ARENAS =	45,27	%
FINOS=	53,63	%

CLASIFICACION SUCS: (SM) Arenas limosas, mezclas de arenas y limo



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123**

FECHA Septiembre 15-2008
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL
LOCALIZACION BUCARAMANGA

MUESTRA	3
TIPO DE SUELO	PIEDRECUESTA
PROFUNDIDAD	1.0 m

PESO TARA (gr)	
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)	
TARA+MUESTRA SECA (gr)	
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	1000
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr:	1000,00
PESO DESPUES DE LAVADO gr:	0,00
PORCENTAJE DE ERROR %:	62,48

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	g	%	%	****	mm	g	%	%
2"	50,8	0,00	0,00	100,00	10	2	26,82	2,68	95,99
1 1/2"	36,1	0,00	0,00	100,00	20	0,84	67,63	6,76	89,23
1"	25,4	0,00	0,00	100,00	40	0,42	105,50	10,55	78,68
3/4"	19,05	0,00	0,00	100,00	60	0,25	80,97	8,10	70,58
1/2"	12,7	0,00	0,00	100,00	100	0,149	46,37	4,64	65,95
3/8"	9,52	5,85	0,59	99,42	200	0,074	30,11	3,01	62,93
No 4	4,75	7,41	0,74	98,67	PASA 200	*****	4,54		
SUMA	*****	13,26	1,33		SUMA	*****	361,94	35,74	
					TOTAL		375,20		



GRAVAS=	1,33	%
ARENAS =	35,74	%
FINOS=	62,93	%

CLASIFICACION SUCS: (SM) Arenas limosas, mezclas de arenas y limo

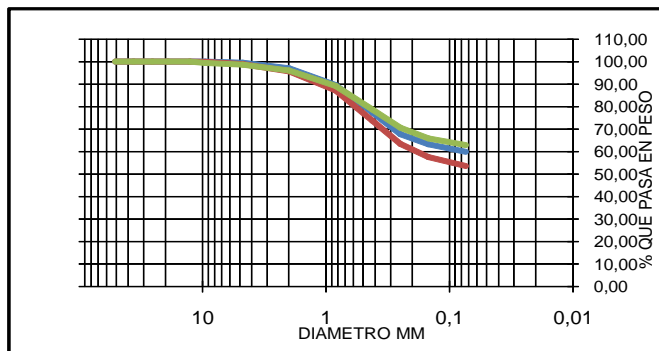
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123



FECHA Septiembre 15-2008
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION Bucaramanga

MUESTRA	1
TIPO DE SUELO	PIEDRECUESTA
PROFUNDIDAD	1.0 m

S1		S2		S3	
ABERTURA	% QUE PASA LA MALLA	ABERTURA	% QUE PASA LA MALLA	ABERTURA	% QUE PASA LA MALLA
50,8	100,00	50,8	100	50,8	100
36,1	100,00	36,1	100	36,1	100
25,4	100,00	25,4	100	25,4	100
19,05	100,00	19,05	100	19,05	100
12,7	100,00	12,7	100	12,7	100
9,52	100,00	9,52	99,839	9,52	99,415
4,75	99,58	4,75	98,892	4,75	98,674
2	97,00	2	95,714	2	95,992
0,84	89,64	0,84	87,249	0,84	89,229
0,42	77,37	0,42	73,659	0,42	78,679
0,25	67,73	0,25	63,352	0,25	70,582
0,149	63,24	0,149	57,574	0,149	65,945
0,074	59,94	0,074	53,626	0,074	62,934



S1	
GRAVAS=	0,42%
ARENAS =	39,64%
FINOS=	59,94%

S2	
GRAVAS=	1,11%
ARENAS =	45,27%
FINOS=	53,63%

S3	
GRAVAS=	1,33%
ARENAS =	35,74%
FINOS=	62,93%

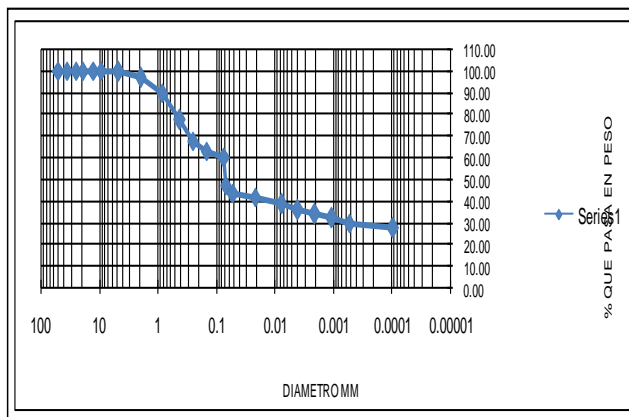


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE GRANULOMETRICO POR MEDIO DEL HIDROMETRO

FECHA 6 DE FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA PIEDECUESTA

ABERTURA(mm)	% QUE PASA
50.800	100.00
36.100	100.00
25.400	100.00
19.050	100.00
12.700	100.00
9.520	100.00
4.750	99.58
2.000	97.00
0.840	89.64
0.420	77.37
0.250	67.73
0.149	63.24
0.074	59.94
0.070	47.24
0.052	43.32
0.022	41.36
0.008	38.42
0.004	35.48
0.002	33.71
0.001	31.75
0.001	29.79
0.000	27.15



GRAVAS	0.42	%
ARENAS	39.64	%
FINOS	59.94	%
LIMOS	32.79	%
ARCILLAS	27.15	%



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LIMITES DE ATTERBERG INV E- 125-126

FECHA Septiembre 15-2008

PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA

LOCALIZACION Bucaramanga

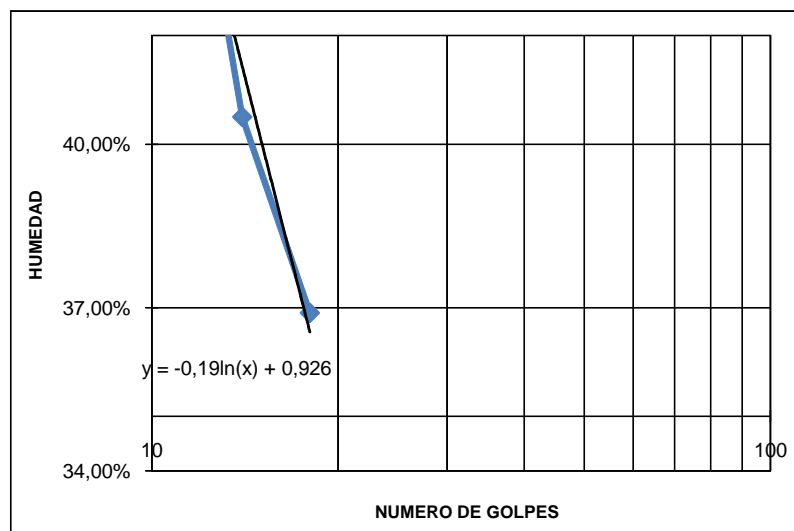
TIPO DE SUELO	Piedecuesta
PROFUNDIDAD	1.0 m

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CAPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA %
		g	g	g	g	g	%
1	18	6,83	20,89	17,10	3,79	10,27	36,90%
2	14	7,20	18,30	15,10	3,20	7,90	40,51%
3	12	7,51	18,95	15,40	3,55	7,89	44,99%

LIMITE PLASTICO

4		6,7	12,83	11,60	1,23	4,89	25,15%
5		6,68	12,30	11,20	1,10	4,52	24,34%
6		6,90	12,90	11,80	1,10	4,90	22,45%



LIMITE LIQUIDO 32%
LIM. PLASTICO : 24%
IND. DE PLASTI. 8%
CLASIFICACION SM

Clasificación SUCS: (SM) Arenas limosas, mezclas de arenas y limo

Anexo D. Ensayos de clasificación; Granulometría por el método del Hidrómetro (San Gil, Barichara y Piedecuesta).

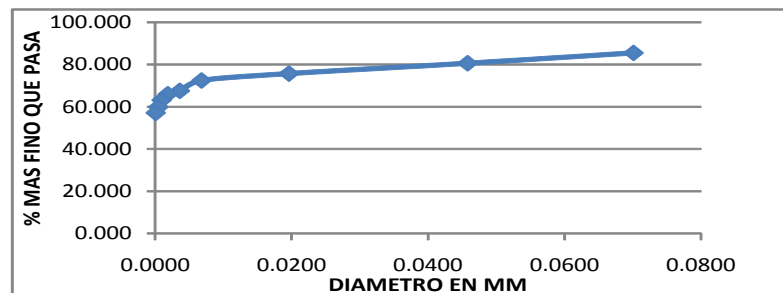
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO GRANULOMETRICO POR EL METODO DEL HIDROMETRO**

FECHA Septiembre 12 del 2008
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FISICOMECAICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION Bucaramanga
MUESTRA San Gil

PESO SECO DEL SUELO	60 g
GRAVEDAD ESPECIFICA	2,75 g/cm ³
FACTOR DE CORRECCION	0.98
CORRECCION X MENISCO	7

HR DE LA LECT.	T (MIN)	T°C	CORRECC. T°C	LEC. REAL HIDR.	LEC. CORREG.RC
09:30 a.m.	1	22	0.4	52	52.4
09:32 a.m.	2	22	0.4	49	49.4
09:37 a.m.	5	22	0.4	46	46.4
09:52 a.m.	15	22	0.4	44	44.4
10:22 a.m.	30	22	0.4	41	41.4
11:22 a.m.	60	22	0.4	40	40.4
01:22 p.m.	120	23	0.7	38	38.7
05:32 p.m.	250	23	0.7	36	36.7
05:32 p.m.	1440	24	1	34	35

% MAS FINO	HID. CORREG.MENISC	L (cm)tabla	L/T	K de tabla	D (mm)
85.587	59	6.6	6.6	0.0129	0.0701
80.687	56	7.1	3.55	0.0129	0.0458
75.787	53	7.6	1.52	0.0129	0.0196
72.520	51	7.9	0.53	0.0129	0.0068
67.620	48	8.4	0.28	0.0129	0.0036
65.987	47	8.6	0.14	0.0129	0.0018
63.210	45	8.9	0.074	0.0128	0.0009
59.943	43	9.2	0.037	0.0128	0.0005
57.167	41	9.6	0.007	0.0126	0.0001





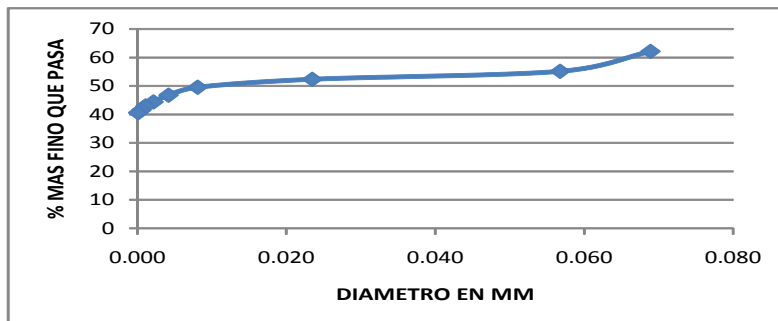
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO GRANULOMETRICO POR EL METODO DEL HIDROMETRO

FECHA Septiembre 12 del 2008
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FISICOMECANICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION Bucaramanga
MUESTRA Barichara

PESO SECO DEL SUELO	60 g
GRAVEDAD ESPECIFICA	2,75 g/cm ³
FACTOR DE CORRECCION	0.98
CORRECCION X MENISCO	7

HR DE LA LECT.	T (MIN)	T°C	CORRECC. T°C	LEC. REAL HIDR.	LEC. CORREG.RC
09:30 a.m.	1	22	0.4	44	44.4
09:32 a.m.	2	22	0.4	39	39.4
09:37 a.m.	5	22	0.4	37	37.4
09:52 a.m.	15	22	0.4	35	35.4
10:22 a.m.	30	22	0.4	33	33.4
11:22 a.m.	60	23	0.7	31	31.7
01:22 p.m.	120	23	0.7	30	30.7
05:32 p.m.	250	23	0.7	29	29.7
05:32 p.m.	1440	24	1	28	29

% MAS FINO	HID. CORREG.MENISC	L (cm)tabla	L/T	K de tabla	D (mm)
62.16	51	7.9	7.9	0.0129	0.069
55.16	46	8.8	4.4	0.0129	0.057
52.36	44	9.1	1.82	0.0129	0.023
49.56	42	9.4	0.63	0.0129	0.008
46.76	40	9.7	0.32	0.0129	0.004
44.38	38	10.1	0.17	0.0128	0.002
42.98	37	10.2	0.09	0.0128	0.001
41.58	36	10.4	0.04	0.0128	0.0005
40.6	35	10.5	0.01	0.0126	9E-05





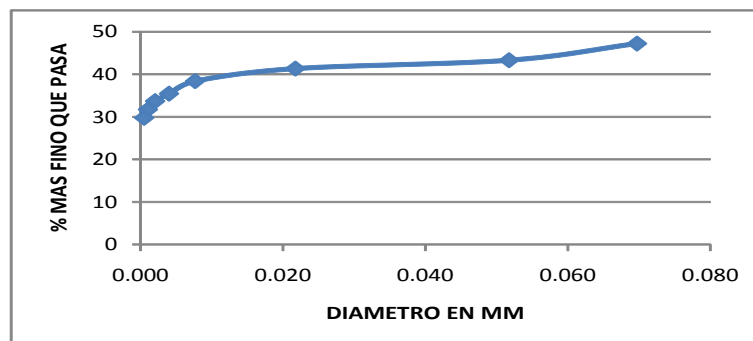
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO GRANULOMETRICO POR EL METODO DEL HIDROMETRO

FECHA Septiembre 14 del 2008
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FISICOMECAICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION Bucaramanga
MUESTRA Piedecuesta

PESO SECO DEL SUELO	60 g
GRAVEDAD ESPECIFICA	2,75 g/cm ³
FACTOR DE CORRECCION	0.98
CORRECCION X MENISCO	7

HR DE LA LECT.	T (MIN)	T°C	CORRECC. T°C	LEC. REAL HIDR.	LEC. CORREG.RC
10:00 a.m.	1	21	0.2	48	48.2
10:02 a.m.	2	21	0.2	44	44.2
10:07 a.m.	5	21	0.2	42	42.2
10:22 a.m.	15	21	0.2	39	39.2
10:52 a.m.	30	21	0.2	36	36.2
11:52 a.m.	60	22	0.4	34	34.4
01:52 p.m.	120	22	0.4	32	32.4
06:02 p.m.	250	22	0.4	30	30.4
06:02 p.m.	1440	23	0.7	27	27.7

% MAS FINO	HID. CORREG.MENISC	L (cm)tabla	L/T	K de tabla	D (mm)
47.236	55	7.3	7.3	0.0131	0.070
43.316	51	7.9	3.95	0.0131	0.052
41.356	49	8.3	1.66	0.0131	0.022
38.416	46	8.8	0.59	0.0131	0.008
35.476	43	9.2	0.31	0.0131	0.004
33.712	41	9.6	0.16	0.0129	0.002
31.752	39	9.9	0.08	0.0129	0.001
29.792	37	10.2	0.04	0.0129	0.0005
27.146	34	10.7	0.01	0.0128	1E-04



Anexo E. Ensayos de clasificación; Límite Líquido y Plástico (Tierra de Pinchote).



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LIMITES DE ATTERBERG INV E- 125-126

FECHA Marzo 3-2009

PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA

LOCALIZACION Bucaramanga

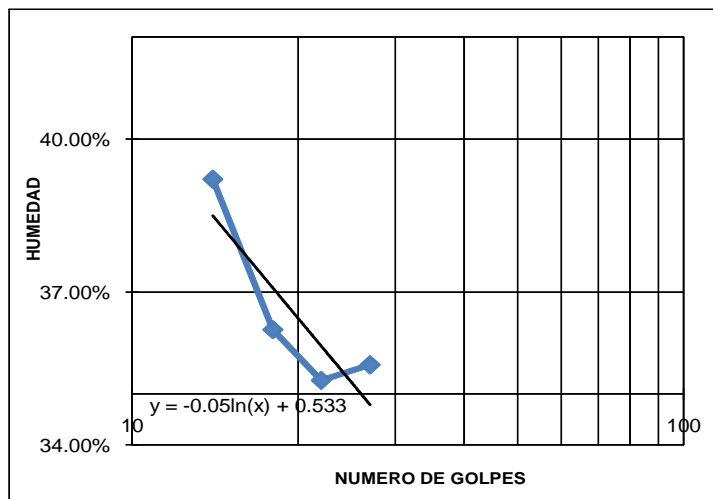
TIPO DE SUELO	Pinchote
PROFUNDIDAD	1.0 m

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CAPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA
		g	g	g	g	g	%
1	27	6.89	16.99	14.34	2.65	7.45	35.57%
2	22	7.40	29.07	23.42	5.65	16.02	35.27%
3	18	7.39	22.76	18.67	4.09	11.28	36.26%
4	14	7.44	23.63	19.07	4.56	11.63	39.21%

LIMITE PLASTICO

5		7.3	14.48	13.67	0.81	6.33	12.80%
6		7.18	15.20	14.21	0.99	7.03	14.08%
7		7.56	14.63	12.98	1.65	5.42	30.44%



LIMITE LIQUIDO : 42%
 LIM. PLASTICO : 19%
 IND. DE PLASTI. : 23%
 CLASIF. SUCS. : CL

Clasificación SUCS: (CL) Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con gravas, arcillas limosas

**Anexo F. Ensayos de Compactación Proctor Modificado Barichara, San
Gil, Piedecuesta.**



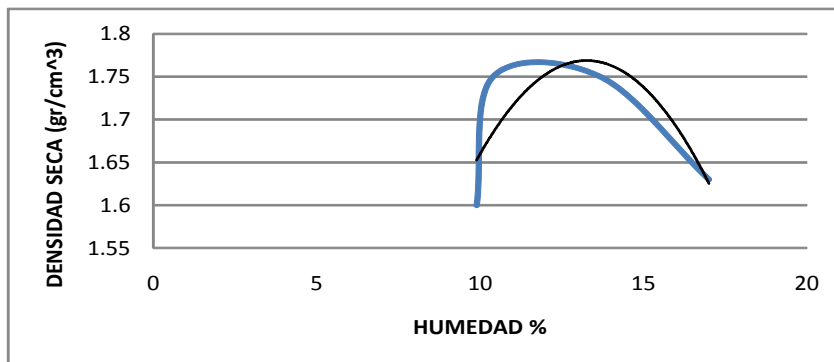
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE COMPACTACION INV-142

FECHA Septiembre 12 del 2008
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FISICOMECAICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION Bucaramanga
MUESTRA San Gil

NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	25
MOLDE No	6
DIAMETRO MOLDE [cm]	10.15
ALTURA MOLDE [cm]	11.60
VOLUMEN MOLDE [cm³]	938.60

Determinación Número	1	2	3	4
PESO TARA [gr]	7.20	7.04	7.5	6.5
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO [gr]	48.96	39.45	36.80	41.10
PESO DE TARA + SUELO SECO [gr]	45.20	36.40	33.28	36.07
PESO DE AGUA [gr]	3.76	3.05	3.52	5.03
PESO SUELO SECO [gr]	38.00	29.36	25.75	29.59
HUMEDAD EN [%]	9.89	10.39	13.67	17.00

PESO MOLDE [gr]	4120	4120	4120	4120
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO [gr]	5770	5930	5990	5915
PESO DEL SUELO HUMEDO [gr]	1650	1810	1870	1795
DENSIDAD HUMEDA [gr/cm³]	1.758	1.928	1.992	1.912
DENSIDAD SECA [gr/cm³]	1.60	1.75	1.75	1.63



%Hoptima = 13,67
d seca = 1,75 gr/cm³



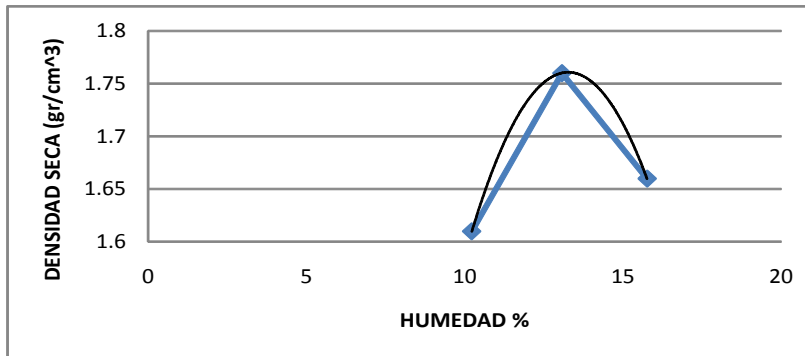
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE COMPACTACION INV-142

FECHA Septiembre 12 del 2008
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FISICOMECAICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION Bucaramanga
MUESTRA Barichara

NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	25
MOLDE No	6
DIAMETRO MOLDE [cm]	10.15
ALTURA MOLDE [cm]	11.60
VOLUMEN MOLDE [cm ³]	938.60

Determinación Número	1	2	3
PESO TARA [gr]	10.50	17.35	11.3
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO [gr]	53.00	64.33	87.43
PESO DE TARA + SUELO SECO [gr]	49.06	58.90	77.07
PESO DE AGUA [gr]	3.94	5.43	10.36
PESO SUELO SECO [gr]	38.56	41.55	65.73
HUMEDAD EN [%]	10.22	13.07	15.76

PESO MOLDE [gr]	4120	4120	4120
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO [gr]	5790	5990	5920
PESO DEL SUELO HUMEDO [gr]	1670	1870	1800
DENSIDAD HUMEDA [gr/cm ³]	1.779	1.992	1.918
DENSIDAD SECA [gr/cm ³]	1.61	1.76	1.66



%Hoptima = 13,07
d seca = 1,76 gr/cm³



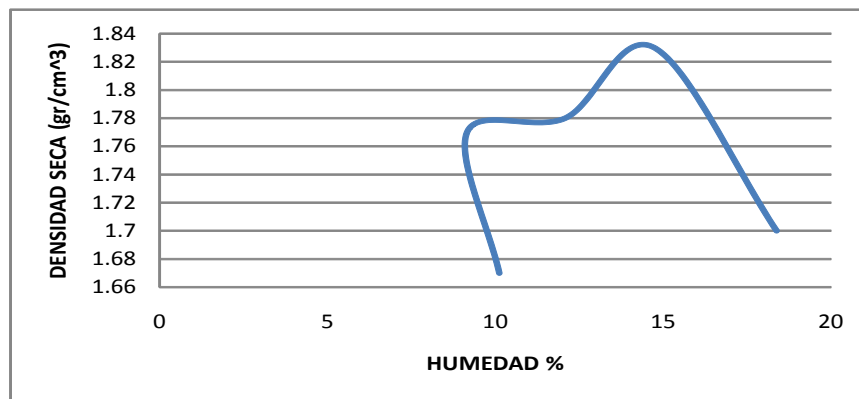
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ENSAYO DE COMPACTACION INV-142**

FECHA Septiembre 12 del 2008
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FISICOMECANICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION Bucaramanga
MUESTRA Piedrecuesta

NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	25
MOLDE No	6
DIAMETRO MOLDE [cm]	10.15
ALTURA MOLDE [cm]	11.60
VOLUMEN MOLDE [cm³]	938.60

Determinación Número	1	2	3	4	5
PESO TARA [gr]	10.80	8.65	10.5	6.5	7.0
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO [gr]	48.90	37.74	68.11	53.43	50.32
PESO DE TARA + SUELO SECO [gr]	45.40	35.30	61.90	47.40	43.60
PESO DE AGUA [gr]	3.50	2.44	6.21	6.03	6.72
PESO SUELO SECO [gr]	34.60	26.65	51.37	40.95	36.57
HUMEDAD EN [%]	10.12	9.16	12.09	14.73	18.38

PESO MOLDE [gr]	4120	4120	4120	4120	4120
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO [gr]	5847	5930	5988	6091	6010
PESO DEL SUELO HUMEDO [gr]	1727	1810	1868	1971	1890
DENSIDAD HUMEDA [gr/cm³]	1.840	1.928	1.990	2.100	2.014
DENSIDAD SECA [gr/cm³]	1.67	1.77	1.78	1.83	1.70



**%Hoptima = 14,73
 d seca = 1,83 gr/cm³**

**Anexo G. Ensayos de compresión por Dosificación y Estabilización de
los 3 tipos de tierra Piedecuesta-San Gil -Barichara**



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 09 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA PIEDECUESTA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 14.72%

	PIEDECUESTA	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Suelo natural 60%F Y 40% G	Peso molde + probeta	5642	5382	5224
	peso probeta	4654	4408	4242
	peso probeta seca	4442	4108	4010
Dosificación 25%F Y 75%G	Peso molde + probeta	5676	5744	5678
	peso probeta	4620	4674	4652
	peso probeta seca	4386	4382	4304
Dosificación 50%F Y 50%G	Peso molde + probeta	5710	5666	5608
	peso probeta	4694	4598	4590
	peso probeta seca	4372	4282	4264
Dosificación 70%F Y 30%G	Peso molde + probeta	5358	5260	5472
	peso probeta	4284	4262	4424
	peso probeta seca	4002	3940	4138
Estabilizacion Con Cemento 4%	Peso molde + probeta	5030	5028	5000
	peso probeta	3960	4012	3986
	peso probeta seca	3700	3774	3754
Estabilizacion Con Cal 10%	Peso molde + probeta	5360	5272	5236
	peso probeta	4286	4254	4170
	peso probeta seca	4016	3986	3866

	PIEDECUESTA	Muestra 1	Muestra 2
Humedad >2%	Peso molde + probeta	5328	5464
H.Mayor 16.72%	peso probeta	4410	4538
H.Optima14.72%	peso probeta seca	4208	4216
Humedad <2%	Peso molde + probeta	5654	5656
H.Menor 12.72%	peso probeta	4644	4646
H.Optima14.72%	peso probeta seca	4370	4294



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 10 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA SAN GIL
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.60%

	SAN GIL	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Suelo natural 92.54%FY7.46%G	Peso molde + probeta	4810	4646	4582
	peso probeta	3826	3666	3590
	peso probeta seca	3560	3398	3342
Dosificación 25%F Y 75%G	Peso molde + probeta	5838	5678	5832
	peso probeta	4808	4666	4778
	peso probeta seca	4550	4358	4502
Dosificación 50%F Y 50%G	Peso molde + probeta	5358	5356	5304
	peso probeta	4354	4298	4279
	peso probeta seca	4076	3974	3906
Dosificación 70%F Y 30%G	Peso molde + probeta	4934	5214	5304
	peso probeta	3934	4150	4310
	peso probeta seca	3648	3874	3968
Estabilizacion Con Cemento 4%	Peso molde + probeta	4624	4572	4702
	peso probeta	3608	3556	3686
	peso probeta seca	3362	3332	3432
Estabilizacion Con Cal 10%	Peso molde + probeta	4748	4604	4632
	peso probeta	3668	3570	3534
	peso probeta seca	3472	3360	3298

	SANGIL	Muestra 1	Muestra 2
Humedad >2%	Peso molde + probeta	5478	5416
H.Mayor 15.6%	peso probeta	4470	4416
H.Optima13.6%	peso probeta seca	4168	4124
Humedad <2%	Peso molde + probeta	5244	5168
H.Menor 11.6%	peso probeta	4222	4154
H.Optima13.6%	peso probeta seca	3964	3954



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 10 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA BARICHARA
AREA 260Cm²
H.OPTIMO 13.06%

	BARICHARA	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Suelo natural 93.36%FY6.64G	Peso molde + probeta	5518	5458	5458
	peso probeta	4518	4358	4408
	peso probeta seca	4276	4086	4154
Dosificación 25%F Y 75%G	Peso molde + probeta	5664	5784	5768
	peso probeta	4650	4718	4854
	peso probeta seca	4376	4464	4456
Dosificación 50%F Y 50%G	Peso molde + probeta	5268	5504	5710
	peso probeta	4258	4436	4700
	peso probeta seca	3994	4174	4432
Dosificación 70%F Y 30%G	Peso molde + probeta	5522	5536	5516
	peso probeta	4452	4520	4502
	peso probeta seca	4158	4252	4184
Estabilización Con Cemento 4%	Peso molde + probeta	5254	5372	5110
	peso probeta	4224	4316	4088
	peso probeta seca	3970	4070	3872
Estabilización Con Cal 10%	Peso molde + probeta	5024	4842	4886
	peso probeta	4008	3768	3868
	peso probeta seca	3764	3534	3636

	BARICHARA	Muestra 1	Muestra 2
Humedad >2%	Peso molde + probeta	5374	5356
H.Mayor 15.06%	peso probeta	4436	4408
H.Optima13.06%	peso probeta seca	4104	4106
Humedad <2%	Peso molde + probeta	5448	5458
H.Menor 11.06%	peso probeta	4512	4438
H.Optima13.06%	peso probeta seca	4160	4118

**Anexo H. Lectura de Fallas probetas por compresión del suelo natural
de los 3 tipos de muestra Piedecuesta -San Gil -Barichara**

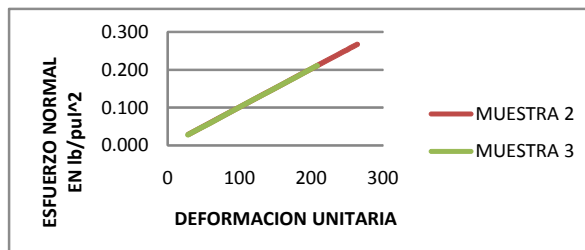


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 16 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA SUELO NATURAL PIEDECUESTA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 14.72%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 2		Muestra 3	
29	0.029	28	0.028
53	0.054	44	0.045
74	0.075	58	0.059
89	0.090	75	0.076
110	0.111	86	0.087
135	0.137	100	0.101
145	0.147	120	0.122
160	0.162	138	0.140
170	0.172	150	0.152
186	0.188	168	0.170
202	0.205	178	0.180
210	0.213	190	0.192
227	0.230	197	0.199
235	0.238	204	0.207
245	0.248	208	0.211
250	0.253		
254	0.257		
258	0.261		
264	0.267		

	PIEDRECUESTA	Muestra 2	Muestra 3
Suelo natural	P molde + prob	5382	5224
	P.Prob humeda	4408	4242
60%F Y 40% G	P. prob seca	4108	4010



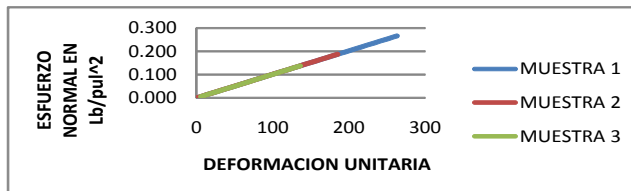


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 17 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA SUELO NATURAL SAN GIL
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.60%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
4	0.004	2	0.002	6	0.006
9	0.009	4	0.004	10	0.010
16	0.016	9	0.009	17	0.017
27	0.027	12	0.012	24	0.024
36	0.036	18	0.018	30	0.030
49	0.050	22	0.022	37	0.037
60	0.061	31	0.031	44	0.045
73	0.074	42	0.043	51	0.052
84	0.085	52	0.053	60	0.061
95	0.096	63	0.064	69	0.070
107	0.108	76	0.077	77	0.078
120	0.122	85	0.086	84	0.085
133	0.135	94	0.095	92	0.093
145	0.147	103	0.104	98	0.099
159	0.161	111	0.112	106	0.107
167	0.169	120	0.122	112	0.113
174	0.176	126	0.128	116	0.117
190	0.192	135	0.137	122	0.124
195	0.197	140	0.142	128	0.130
209	0.212	150	0.152	129	0.131
216	0.219	156	0.158	133	0.135
224	0.227	162	0.164	136	0.138
234	0.237	171	0.173		
241	0.244	176	0.178		
249	0.252	179	0.181		
252	0.255	182	0.184		
258	0.261	183	0.185		
263	0.266	185	0.187		

	SANGIL	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Suelo natural	P.molde+ pro	4810	4646	4582
	P.Prob humed	3826	3666	3590
92.54%FY7.46%G	P.Prob seca	3560	3398	3342

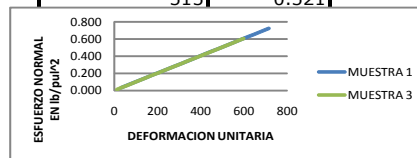




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 17 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA SUELO NATURAL BARICHARA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.06%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 3	
32	0.032	13	0.013
60	0.061	33	0.033
102	0.103	58	0.059
146	0.148	84	0.085
182	0.184	112	0.113
228	0.231	140	0.142
274	0.277	173	0.175
312	0.316	204	0.207
348	0.352	234	0.237
388	0.393	270	0.273
420	0.425	308	0.312
451	0.457	342	0.346
478	0.484	372	0.377
515	0.521	409	0.414
		437	0.442
		482	0.488
		515	0.521
		547	0.554
		576	0.583
		598	0.605
700	0.709		
715	0.724		



	BARICHARA	MUESTRA 1	MUESTRA 3
Suelo natural	P.molde+Prob	5518	5458
	P.prob humeda	4518	4408
93.36%FY6.64G	P.prob seca	4276	4154

**Anexo I. Lectura de Fallas probetas compresión por Dosificación con
material Grueso 75% y Finos 25% de los 3 tipos de muestra
Piedecuesta -San Gil -Barichara.**

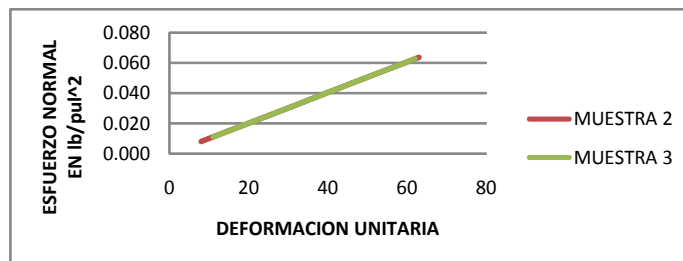


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 18 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA DOSIFICACIÓN CON MATERIAL GRUESO 75% Y FINOS 25% PIEDECUESTA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 14.72%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 2		Muestra 3	
8	0.008	11	0.011
14	0.014	18	0.018
18	0.018	25	0.025
25	0.025	31	0.031
32	0.032	35	0.035
38	0.038	41	0.042
43	0.044	44	0.045
47	0.048	48	0.049
51	0.052	51	0.052
56	0.057	54	0.055
58	0.059	57	0.058
61	0.062	60	0.061
63	0.064	62	0.063

	PIEDRECUESTA	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Dosificación 25%F Y 75%G	P.molde+ prob	5744	5678
	P. Prob humeda	4674	4652
	P. prob seca	4382	4304



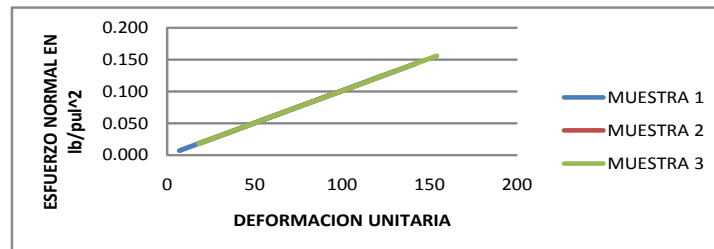


**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE**

FECHA 23 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA DOSIFICACIÓN CON MATERIAL GRUESO 75% Y FINOS 25% SAN GIL
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.60%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
7	0.007	19	0.019	18	0.018
12	0.012	30	0.030	32	0.032
22	0.022	44	0.045	50	0.051
35	0.035	55	0.056	65	0.066
48	0.049	68	0.069	79	0.080
62	0.063	81	0.082	90	0.091
73	0.074	93	0.094	106	0.107
80	0.081	104	0.105	117	0.118
89	0.090	113	0.114	123	0.125
96	0.097	118	0.119	130	0.132
100	0.101	126	0.128	138	0.140
106	0.107	130	0.132	144	0.146
110	0.111	139	0.141	150	0.152
115	0.116	142	0.144	154	0.156
120	0.122				
125	0.127				
131	0.133				

	SAN GIL	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Dosificación	P.molde + prot	5838	5678	5832
	P.prob humedo	4808	4666	4778
25%F Y 75%G	P. prob seca	4550	4358	4502



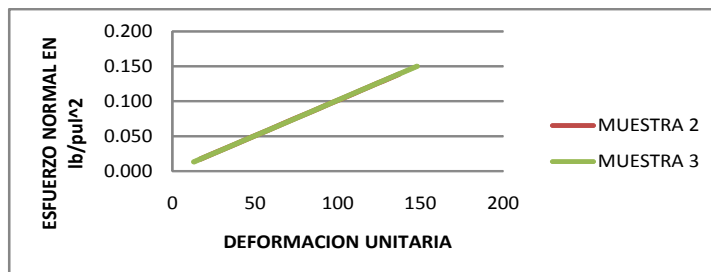


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 25 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACIÓN BUCARAMANGA
MUESTRA DOSIFICACIÓN CON MATERIAL GRUESO 75% Y FINOS 25% BARICHARA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.06%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 2		Muestra 3	
17	0.017	13	0.013
27	0.027	22	0.022
38	0.038	29	0.029
47	0.048	42	0.043
58	0.059	60	0.061
68	0.069	81	0.082
74	0.075	100	0.101
84	0.085	128	0.130
88	0.089	148	0.150
94	0.095		
97	0.098		
102	0.103		
106	0.107		
110	0.111		
114	0.115		
119	0.120		
124	0.126		
128	0.130		
131	0.133		
134	0.136		
137	0.139		

	BARICHARA	MUESTRA2	MUESTRA 3
Dosificación	Pmolde + pro	5784	5768
	P.prob hume	4718	4854
25%F Y 75%G	P. prob seca	4464	4456

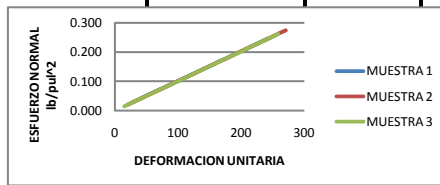


**Anexo J. Lectura de Fallas probetas compresión por Dosificación con
material Grueso 50% y Finos 50% de los 3 tipos de muestra
Piedecuesta -San Gil -Barichara.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE**

FECHA 25 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA DOSIFICACIÓN CON MATERIAL GRUESO 50% Y FINOS 50% PIEDECUESTA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 14.72%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
27	0.027	20	0.020	15	0.015
44	0.045	37	0.037	28	0.028
66	0.067	54	0.055	71	0.072
84	0.085	79	0.080	111	0.112
100	0.101	103	0.104	151	0.153
117	0.118	125	0.127	178	0.180
131	0.133	144	0.146	198	0.200
145	0.147	163	0.165	217	0.220
155	0.157	182	0.184	235	0.238
165	0.167	207	0.210	250	0.253
176	0.178	221	0.224	259	0.262
187	0.189	235	0.238		
		246	0.249		
		256	0.259		
		265	0.268		
		271	0.274		



	PIEDRECUESTA	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Dosificación 50%F Y 50%G	P.molde + prot	5710	5666	5608
	P.prob humedo	4694	4598	4590
	P. prob seca	4372	4282	4264

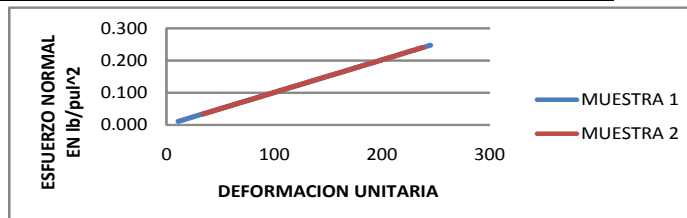


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 23 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA DOSIFICACIÓN CON MATERIAL GRUESO 50% Y FINOS 50% SAN GIL
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.60%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2	
11	0.011	34	0.034
20	0.020	52	0.053
31	0.031	70	0.071
41	0.042	84	0.085
54	0.055	100	0.101
67	0.068	112	0.113
76	0.077	124	0.126
86	0.087	134	0.136
98	0.099	145	0.147
110	0.111	156	0.158
122	0.124	167	0.169
133	0.135	178	0.180
142	0.144	186	0.188
152	0.154	192	0.194
162	0.164	198	0.200
171	0.173	205	0.208
179	0.181	212	0.215
189	0.191	217	0.220
198	0.200	220	0.223
204	0.207	226	0.229
212	0.215	230	0.233
220	0.223	235	0.238
226	0.229	238	0.241
232	0.235		
235	0.238		
239	0.242		
242	0.245		
245	0.248		

	SANGIL	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Dosificación	P. molde + pro	5358	5356
	P.prob humedd	4354	4298
50%F Y 50%G	P.prob seca	4076	3974



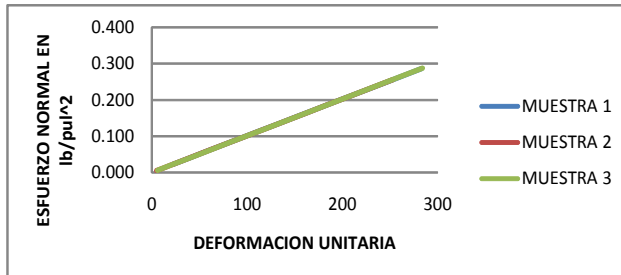


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 26 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA DOSIFICACIÓN CON MATERIAL GRUESO 50% Y FINOS 50% BARICHARA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.06%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
22	0.022	5	0.005	6	0.006
41	0.042	9	0.009	13	0.013
59	0.060	13	0.013	24	0.024
84	0.085	18	0.018	38	0.038
114	0.115	24	0.024	61	0.062
134	0.136	33	0.033	84	0.085
154	0.156	44	0.045	117	0.118
179	0.181	61	0.062	145	0.147
203	0.206	78	0.079	177	0.179
227	0.230	98	0.099	205	0.208
246	0.249	125	0.127	235	0.238
257	0.260	146	0.148	259	0.262
274	0.277	163	0.165	284	0.288
283	0.287	184	0.186		
		202	0.205		
		217	0.220		
		228	0.231		
		241	0.244		
		253	0.256		

	BARICHARA	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Dosificación	P. molde + prot	5268	5504	5710
50%F Y 50%G	P. prob humed	4258	4436	4700
	P. prob seca	3994	4174	4432



Anexo K. Lectura de Fallas probetas compresión por Dosificación con material Grueso 30% y Finos 70% de los 3 tipos de muestra Piedecuesta -San Gil -Barichara.

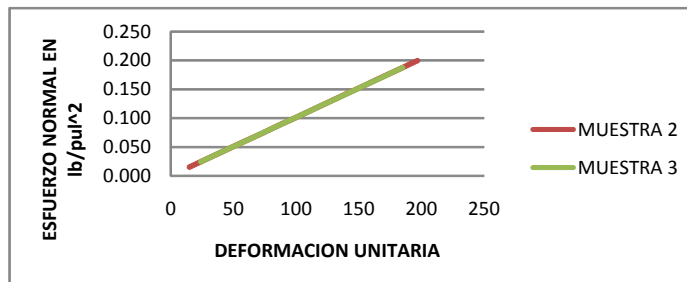


**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE**

FECHA 19 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA DOSIFICACIÓN CON MATERIAL GRUESO 30% Y FINOS 70% PIEDECUESTA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 14.72%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 2		Muestra 3	
15	0.015	24	0.024
26	0.026	42	0.043
43	0.044	63	0.064
55	0.056	86	0.087
73	0.074	104	0.105
81	0.082	118	0.119
89	0.090	132	0.134
95	0.096	144	0.146
122	0.124	153	0.155
140	0.142	163	0.165
154	0.156	170	0.172
165	0.167	175	0.177
178	0.180	179	0.181
185	0.187	185	0.187
193	0.195		
197	0.199		

	PIEDRECUESTA	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Dosificación	P.Molde + prob	5260	5472
	P. prob humed	4262	4424
70%F Y 30%G	p. prob seca	3940	4138



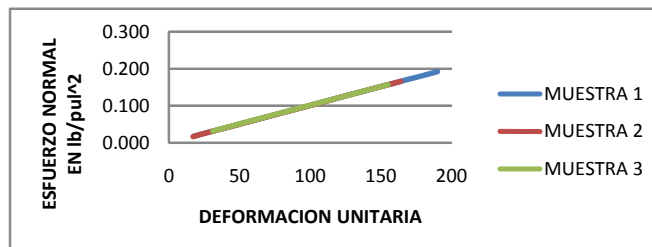


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 24 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA DOSIFICACION CON MATERIAL GRUESO 30% Y FINOS 70% SAN GIL
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.60%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
18	0.018	17	0.017	31	0.031
29	0.029	28	0.028	46	0.047
36	0.036	47	0.048	72	0.073
53	0.054	70	0.071	90	0.091
68	0.069	88	0.089	124	0.126
85	0.086	102	0.103	150	0.152
98	0.099	112	0.113	155	0.157
110	0.111	124	0.126		
120	0.122	134	0.136		
130	0.132	142	0.144		
141	0.143	152	0.154		
152	0.154	157	0.159		
161	0.163	164	0.166		
168	0.170				
175	0.177				
183	0.185				
187	0.189				
190	0.192				

	SANGIL	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Dosificación 70%F Y 30%G	P.molde + prob	4934	5214	5304
	P.prob humedo	3934	4150	4310
	P. prob seca	3648	3874	3968



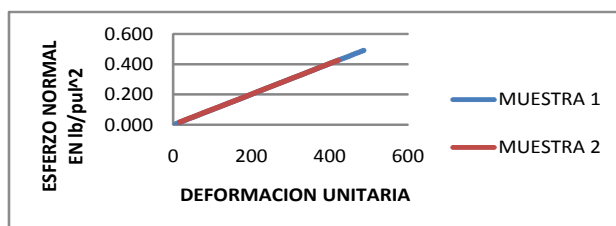


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 02 MARZO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA DOSIFICACIÓN CON MATERIAL GRUESO 30% Y FINOS 70% BARICHARA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.06%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2	
7	0.007	17	0.017
13	0.013	32	0.032
16	0.016	56	0.057
26	0.026	88	0.089
39	0.039	122	0.124
53	0.054	150	0.152
74	0.075	172	0.174
98	0.099	195	0.197
130	0.132	212	0.215
170	0.172	232	0.235
213	0.216	250	0.253
256	0.259	267	0.270
292	0.296	286	0.290
324	0.328	305	0.309
350	0.354	325	0.329
378	0.383	342	0.346
398	0.403	359	0.363
426	0.431	375	0.380
446	0.452	390	0.395
465	0.471	404	0.409
472	0.478	415	0.420
486	0.492	421	0.426

	BARICHARA	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Dosificación 70%F Y 30%G	P.molde + prot	5522	5536
	P. prob humed	4452	4520
	P. prob seca	4158	4252



**Anexo L. Lectura de Fallas probetas compresión por Estabilización con
Cemento al 4% de los 3 tipos de muestra Piedecuesta -San Gil -
Barichara.**

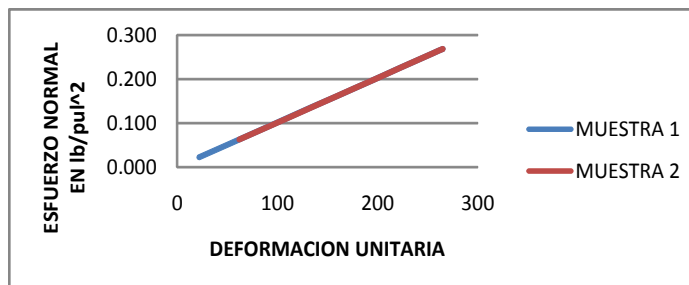


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 26 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA ESTABILIZACION CON CEMENTO AL 4%- PIEDECUESTA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 14.72%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2	
22	0.022	62	0.063
52	0.053	110	0.111
94	0.095	141	0.143
133	0.135	161	0.163
159	0.161	177	0.179
180	0.182	190	0.192
195	0.197	205	0.208
206	0.209	219	0.222
222	0.225	230	0.233
235	0.238	245	0.248
250	0.253	255	0.258
261	0.264	261	0.264
265	0.268	265	0.268

	PIEDECUESTA	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Estabilizacion	P. molde + pro	5030	5028
Con Cemento	P. probeta hum	3960	4012
4%	P. prob seca	3700	3774



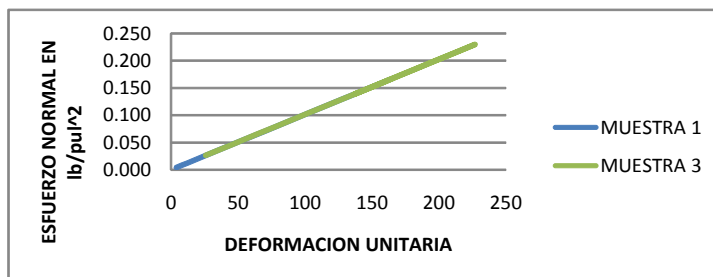


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 26 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA PISADA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA ESTABILIZACION CON CEMENTO AL 4% SAN GIL
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.60%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 3	
4	0.004	26	0.026
8	0.008	46	0.047
12	0.012	64	0.065
31	0.031	80	0.081
49	0.050	101	0.102
70	0.071	118	0.119
90	0.091	130	0.132
105	0.106	148	0.150
117	0.118	169	0.171
128	0.130	182	0.184
137	0.139	196	0.198
145	0.147	212	0.215
159	0.161	227	0.230
165	0.167	137	0.139
		149	0.151
		160	0.162
		163	0.165

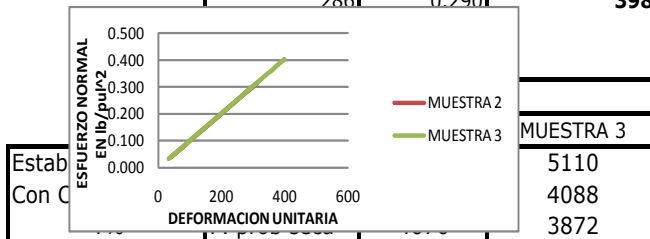
	SAN GIL	MUESTRA 1	MUESTRA 3
Estabilizacion	P.molde+ prob	4624	4702
Con Cemento	P. prob humeda	3608	3686
4%	P.prob seca	3362	3432



LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 25 DE FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA ESTABILIZACION CON CEMENTO AL 4% BARICHARA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.06%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 2		Muestra 3	
41	0.042	33	0.033
58	0.059	72	0.073
80	0.081	125	0.127
110	0.111	176	0.178
126	0.128	208	0.211
142	0.144	247	0.250
161	0.163	283	0.287
183	0.185	316	0.320
203	0.206	347	0.351
223	0.226	358	0.362
246	0.249	371	0.376
272	0.275	383	0.388
286	0.290	398	0.403



Anexo M. Lectura de Fallas probetas compresión por Estabilización con Cal al 10% de los 3 tipos de muestra Piedecuesta -San Gil -Barichara.

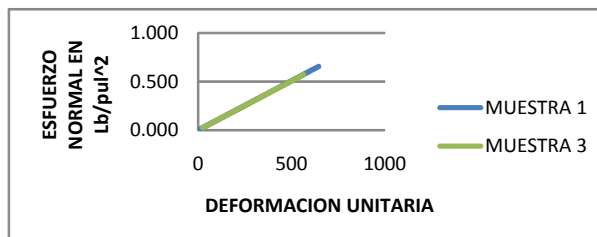


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 27 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA ESTABILIZACION CON CAL AL 10%- PIEDECUESTA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 14.72%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 3	
6	0.006	24	0.024
12	0.012	64	0.065
23	0.023	107	0.108
45	0.046	154	0.156
93	0.094	199	0.201
118	0.119	248	0.251
158	0.160	282	0.286
220	0.223	330	0.334
284	0.288	371	0.376
338	0.342	410	0.415
388	0.393	445	0.451
426	0.431	480	0.486
465	0.471	512	0.518
505	0.511	541	0.548
547	0.554	564	0.571
590	0.597	572	0.579
610	0.618		
645	0.653		

	PIEDRECUESTA	MUESTRA 1	MUESTRA 3
Estabilizacion	P. molde + pro	5360	5236
Con Cal	P. prob humeda	4286	4170
10%	P. prob seca	4016	3866



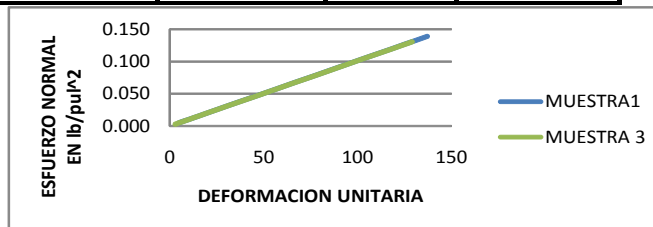


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 27 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA ESTABILIZACION CON CAL AL 10% SAN GIL
AREA 260 Cm²
H.OPTIMA 13.60%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 3	
5	0.005	3	0.003
7	0.007	5	0.005
9	0.009	7	0.007
13	0.013	9	0.009
17	0.017	10	0.010
23	0.023	13	0.013
29	0.029	16	0.016
37	0.037	18	0.018
47	0.048	22	0.022
57	0.058	26	0.026
67	0.068	31	0.031
78	0.079	38	0.038
89	0.090	45	0.046
98	0.099	55	0.056
107	0.108	65	0.066
118	0.119	75	0.076
125	0.127	85	0.086
131	0.133	96	0.097
137	0.139	105	0.106
		114	0.115
		119	0.120
		124	0.126
		127	0.129
		129	0.131

	SAN GIL	MUESTRA 1	MUESTRA 3
Estabilizacion	P.molde + prob	4748	4632
Con Cal	P.prob humeda	3668	3534
10%	P. prob seca	3472	3298



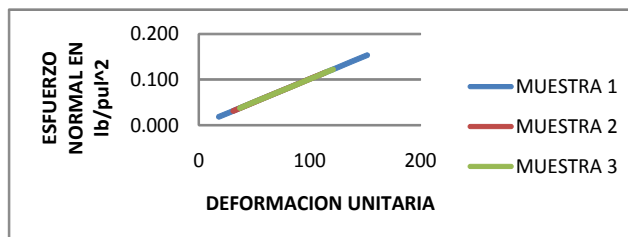


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 27 DE FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA ESTABILIZACION CON CAL AL 10% BARICHARA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.06%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
18	0.018	31	0.031	37	0.037
28	0.028	47	0.048	50	0.051
41	0.042	64	0.065	61	0.062
57	0.058	82	0.083	64	0.065
72	0.073	91	0.092	69	0.070
84	0.085	100	0.101	79	0.080
96	0.097	106	0.107	85	0.086
108	0.109	110	0.111	90	0.091
114	0.115	114	0.115	94	0.095
125	0.127			99	0.100
138	0.140			105	0.106
152	0.154			109	0.110
				115	0.116
				118	0.119
				121	0.123

	BARICHARA	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Estabilizacion	P.molde + prob	5024	4842	4886
Con Cal	P.prob humeda	4008	3768	3868
10%	P. prob seca	3764	3534	3636



**Anexo N. Lectura de Fallas probetas compresión por Humedad
aumentada al 2% con Dosificación de gruesos 50% y finos 50% de los 3
tipos de muestra Piedecuesta -San Gil -Barichara.**

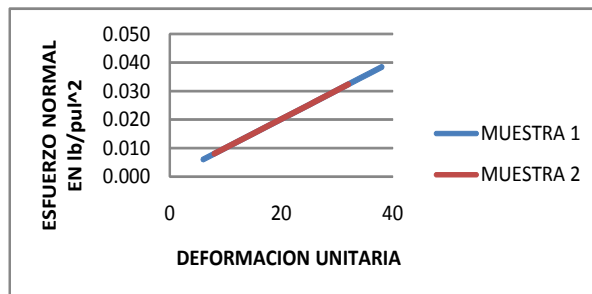


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 4 MARZO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA HUMEDAD MAYOR 16.72% - DOSIFICACIÓN AL 50% FINOS Y 50% GRUESOS-PIEDRECUESTA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 14.72%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2	
6	0.006	8	0.008
10	0.010	12	0.012
16	0.016	15	0.015
21	0.021	18	0.018
25	0.025	20	0.020
29	0.029	25	0.025
32	0.032	26	0.026
34	0.034	29	0.029
36	0.036	32	0.032
38	0.038		

	PIEDRECUESTA	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Humedad >2%	P. molde + pro	5328	5464
H.Mayor 16.72%	P. prob humed	4410	4538
H.Optima 14.72%	P. prob seca	4208	4216



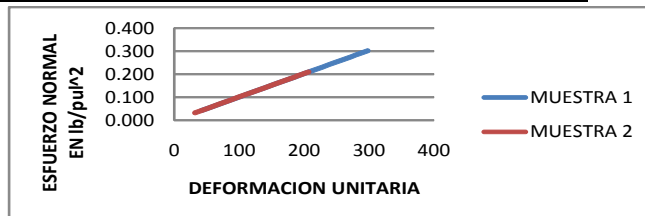


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 4 DE MARZO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA HUMEDAD MAYOR 15.6% - DOSIFICACIÓN AL 50% FINOS Y 50% GRUESOS-SANGIL
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.60%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2	
42	0.043	32	0.032
62	0.063	51	0.052
85	0.086	70	0.071
105	0.106	85	0.086
114	0.115	100	0.101
140	0.142	115	0.116
160	0.162	130	0.132
174	0.176	140	0.142
186	0.188	153	0.155
201	0.204	163	0.165
217	0.220	170	0.172
228	0.231	178	0.180
238	0.241	185	0.187
245	0.248	190	0.192
258	0.261	197	0.199
268	0.271	200	0.203
272	0.275	202	0.205
280	0.284	207	0.210
284	0.288		
290	0.294		
294	0.298		
298	0.302		

	SANGIL	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Humedad >2%	P. molde + pro	5478	5416
H.Mayor 15.6%	P.prob humeda	4470	4416
H.Optima 13.6%	P. prob seca	4168	4124

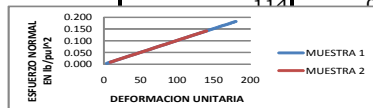




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 4 DE MARZO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA HUMEDAD MAYOR 15.06% - DOSIFICACIÓN AL 50% FINOS Y 50% GRUESOS-BARICHARA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.06%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2	
4	0.004	9	0.009
7	0.007	13	0.013
12	0.012	17	0.017
16	0.016	22	0.022
23	0.023	26	0.026
29	0.029	32	0.032
36	0.036	38	0.038
44	0.045	43	0.044
51	0.052	48	0.049
60	0.061	54	0.055
70	0.071	58	0.059
76	0.077	64	0.065
83	0.084	67	0.068
90	0.091	71	0.072
95	0.096	76	0.077
103	0.104	80	0.081
107	0.108	84	0.085
114	0.115	87	0.088
		92	0.093
		97	0.098
		100	0.101
		105	0.106
		110	0.111
		113	0.114
		115	0.116
		120	0.122
		124	0.126
		125	0.127
		126	0.128
		129	0.131
		131	0.133
		134	0.136
		136	0.138
180	0.182	140	0.142



	BARICHARA	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Humedad >2%	P.molde + prob	5374	5356
H.Mayor 15.06%	P. prob humeda	4436	4408
H.Optima 13.06%	P. prob seca	4104	4106

Anexo O. Lectura de Fallas probetas compresión por Humedad menor al 2% con Dosificación de gruesos 50% y finos 50% de los 3 tipos de muestra Piedecuesta -San Gil -Barichara.

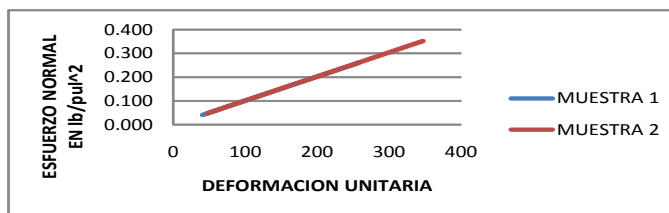


**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE**

FECHA 4 MARZO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA HUMEDAD MENOR 12.72% -DOSIFICACIÓN AL 50% FINOS Y 50% GRUESOS-PIEDECUESTA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 14.72%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2	
41	0.042	48	0.049
62	0.063	71	0.072
77	0.078	95	0.096
92	0.093	121	0.123
105	0.106	145	0.147
120	0.122	165	0.167
130	0.132	187	0.189
144	0.146	211	0.214
152	0.154	235	0.238
159	0.161	340	0.344
167	0.169	347	0.351
175	0.177		
179	0.181		
185	0.187		
188	0.190		
194	0.196		
199	0.201		
205	0.208		
211	0.214		
216	0.219		
221	0.224		
228	0.231		
235	0.238		
241	0.244		
247	0.250		
252	0.255		
257	0.260		

	PIEDECUESTA	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Humedad <2%	P.molde +prob	5654	5656
H.Menor 12.72%	P. prob Humed	4644	4646
H.Optima 14.72%	P.prob seca	4370	4294



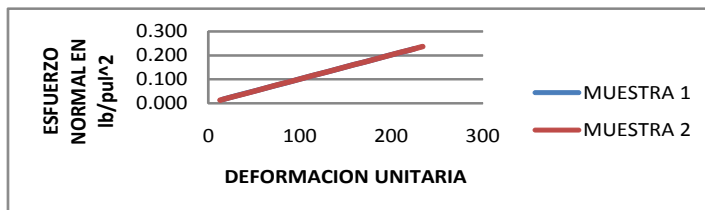


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE

FECHA 5 DE MARZO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA HUMEDAD MENOR 11.6% -DOSIFICACIÓN AL 50% FINOS Y 50% GRUESOS-SANGIL
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.60%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2	
16	0.016	13	0.013
33	0.033	24	0.024
54	0.055	38	0.038
69	0.070	52	0.053
85	0.086	75	0.076
100	0.101	91	0.092
114	0.115	104	0.105
129	0.131	115	0.116
141	0.143	131	0.133
158	0.160	144	0.146
167	0.169	160	0.162
179	0.181	172	0.174
191	0.193	184	0.186
198	0.200	199	0.201
211	0.214	210	0.213
216	0.219	220	0.223
221	0.224	226	0.229
225	0.228	230	0.233
		234	0.237

	SAN GIL	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Humedad <2%	P. molde + pro	5244	5168
H.Menor 11.6%	P. prob humed	4222	4154
H.Optima 13.6%	P. prob seca	3964	3954

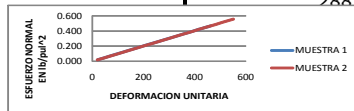




**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 LECTURA DE FALLA PROBETAS COMPRESION SIMPLE**

FECHA 6 DE MARZO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA
MUESTRA HUMEDAD MENOR 11.06% - DOSIFICACIÓN AL 50% FINOS Y 50% GRUESOS-BARICHARA
AREA 260Cm²
H.OPTIMA 13.06%
CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA 0.0001pul*10.125lb*Lect.Def

LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	LECTURA DEFORMIMETRO (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²
Muestra 1		Muestra 2	
22	0.022	20	0.020
47	0.048	40	0.041
68	0.069	67	0.068
95	0.096	98	0.099
118	0.119	133	0.135
153	0.155	163	0.165
184	0.186	198	0.200
210	0.213	230	0.233
235	0.238	267	0.270
262	0.265	298	0.302
288	0.292	335	0.339
		363	0.368
		394	0.399
		417	0.422
		448	0.454
		482	0.488
395	0.400	508	0.514
408	0.413	530	0.537
416	0.421	550	0.557
421	0.426		
426	0.431		
431	0.436		
434	0.439		
438	0.443		
443	0.449		
450	0.456		
454	0.460		
459	0.465		
461	0.467		



	BARICHARA	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Humedad <2%	P. molde + prob	5448	5458
H.Menor 11.06%	P prob humeda	4512	4438
H.Optima 13.06%	P. prob seca	4160	4118

**Anexo P. Lectura de Fallas probetas compresión por Dosificación-
Estabilización-Humedad-Plasticidad de los 3 tipos de muestra
Piedecuesta -San Gil –Barichara.**

TABLA DE RESUMEN DOSIFICACION-ESTABILIZACION-HUMEDAD-PLASTICIDAD

FECHA 26 FEBRERO DEL 2009
PROYECTO INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL MATERIAL TIERRA
LOCALIZACION BUCARAMANGA

MUESTRA SUELO NATURAL PIEDECUETA-SANGIL-BARICHARA

MUESTRA	LECTURA DEFORMIMET (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDECUETA	236	0.239	0.0167
SANGIL	195	0.197	0.0138
BARICHARA	657	0.665	0.0466

MUESTRA DOSIFICACIÓN CON GRUESOS 75% Y FINOS 25% PIEDECUETA-SANGIL-BARICHARA

MUESTRA	LECTURA DEFORMIMET (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDECUETA	63	0.064	0.0045
SANGIL	142	0.144	0.0101
BARICHARA	143	0.145	0.0102

MUESTRA DOSIFICACIÓN CON GRUESOS 50% Y FINOS 50% PIEDECUETA-SANGIL-BARICHARA

MUESTRA	LECTURA DEFORMIMET (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDECUETA	258	0.261	0.0183
SANGIL	242	0.245	0.0172
BARICHARA	273	0.276	0.0193

MUESTRA DOSIFICACIÓN CON ARENA30% Y FINOS 70% PIEDECUETA-SANGIL-BARICHARA

MUESTRA	LECTURA DEFORMIMET (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDECUETA	191	0.193	0.0135
SANGIL	170	0.172	0.0120
BARICHARA	454	0.460	0.0322

MUESTRA ESTABILIZACION CON CEMENTO AL 4% PIEDECUETA-SANGIL-BARICHARA

MUESTRA	LECTURA DEFORMIMET (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDECUETA	265	0.268	0.0188
SANGIL	164	0.166	0.0116
BARICHARA	355	0.359	0.0251

MUESTRA ESTABILIZACION CON CAL AL 10% PIEDECUETA-SANGIL-BARICHARA

MUESTRA	LECTURA DEFORMIMET (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDECUETA	609	0.617	0.0432
SANGIL	133	0.135	0.0095
BARICHARA	129	0.131	0.0092

MUESTRA HUMEDAD MAYOR AL 2% PIEDECUETA-SANGIL-BARICHARA

MUESTRA	LECTURA DEFORMIMET (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDECUETA	35	0.035	0.0025
SANGIL	253	0.256	0.0179
BARICHARA	160	0.162	0.0113

MUESTRA HUMEDAD MENOR AL 2% PIEDECUETA-SANGIL-BARICHARA

MUESTRA	LECTURA DEFORMIMET (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDECUETA	302	0.306	0.0214
SANGIL	230	0.233	0.0163
BARICHARA	506	0.512	0.0358

MUESTRA PLASTICIDAD AL 50% GRUESOS Y 50 % FINOS

MUESTRA	LECTURA DEFORMIMET (PULG)	ESFUERZO Lb/pulg ²	ESFUERZO Kg/Cm ²
PIEDECUETA	258	0.261	0.0183
SANGIL	242	0.245	0.0172
BARICHARA	239	0.241	0.0169

**Anexo Q. Ensayos de clasificación; Granulometría por el método
mecánico de Craterre Francia.**

