

**ESTUDIOS SOBRE MATERIALES GRANULARES DE LA CANTERA DEL
RÍO DE ORO UTILIZADOS COMO BASES GRANULARES PARA
PAVIMENTOS FLEXIBLES**

FREINER JOSE ACOSTA SANCHEZ

JUAN PABLO MACIAS VALENCIA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2006**

**ESTUDIOS SOBRE MATERIALES GRANULARES DE LA CANTERA DEL
RÍO DE ORO UTILIZADOS COMO BASES GRANULARES PARA
PAVIMENTOS FLEXIBLES**

FREINER JOSE ACOSTA SANCHEZ

JUAN PABLO MACIAS VALENCIA

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil

**Director
EDUARDO ALBERTO CASTAÑEDA PINZON
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2006**

*A Dios por ayudarme a guiar mis pasos y me hacerme sentir con
sus bendiciones la paz en los momentos mas difíciles de mi vida*

*A mis padres Hernando y Cecilia por su apoyo incondicional,
paciencia, y amor, por ser siempre el mejor ejemplo de lucha,
perseverancia, superación, sacrificio, trabajo y responsabilidad,*

*A mis Hermanos Freizer, Sandra y Maria Yohanna, por su
colaboración y apoyo*

*A mi esposa Maria de los Angeles por su entera dedicación y
entrega, a lo largo de nuestra vida juntos*

*A mis amigos con los que compartí momentos importantes de mi
vida*

FREINER JOSE

A Dios,

Mi Nona,

Mi Madre,

Mi Tío Wilson Y

A Mi Hija Sofia

Juan Pablo

AGRADECIMIENTOS

Los autores presentan sus agradecimientos a las siguientes personas:

Ing. EDUARDO CASTAÑEDA, Director del proyecto, por su guía y consejo durante la realización para la consecución de este estudio.

Ing. HERNANDO ACEVEDO y los laboratoristas JAIRO HERNANDEZ y GERMAN HERNANDEZ por toda la ayuda brindada en todo el trabajo de laboratorio.

A MARIA DE LOS ANGELES y MYRIAM JOHANNA, por su constante apoyo, empuje y motivación.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. LAS BASES GRANULARES DE UN PAVIMENTO	20
1.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	20
1.1.1 Resistencia de Materiales Granulares	21
1.1.2 Rigidez de los Materiales Granulares	21
1.2.3 Durabilidad de Capas Granulares	21
1.2 PARÁMETROS DE ESPECIFICACIONES	22
2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	24
2.1. SELECCIÓN DE MATERIALES	24
2.2. CAMPAÑA EXPERIMENTAL	25
3. RESULTADOS Y ANALISIS	31
3.1 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE RESULTADOS	31
3.2 ANÁLISIS	38
3.2.1 Cumplimiento de Requerimientos	38
3.2.2 Comparación con Muestras Patrón	39
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	42
ANEXOS	43

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Gradación para bases granulares	25
Tabla 2. Requisitos De Los Materiales Para Bases Granulares	38

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cantera de material granular.	24
Figura 2. Muestra preparada por tamaños para su ajuste a BG-1	26
Figura 3. Máquina de los Ángeles	26
Figura 4. Equipo utilizado para Proctor modificado y CBR	27
Figura 5. Ensayo de CBR de laboratorio	27
Figura 6. Sulfato de Sodio	28
Figura 7. Muestra de Río de Oro para la medición de índices de alargamiento y aplanamiento	29
Figura 8. Aplicación de carga a muestra compactada por medio de la máquina Universal	30
Figura 9. Granulometría original del material de Río de Oro y las muestras patrón ajustadas a la banda BG1	31
Figura 10. Granulometría original del material de Río de Oro y las muestras patrón ajustadas a la banda BG2	32
Figura 11. Granulometría ajustada del material de Río de Oro comparado con la banda BG1	32
Figura 12. Resultados de los ensayos realizados a los materiales de Río de Oro y las muestra patrón	33
Figura 13. Índice de alargamiento y aplanamiento del material granular de las canteras de Río de Oro y Río Chicamocha	34
Figura 14. Variación de la granulometría del material de la cantera del Río de Oro	35
Figura 15. Afectación granulométrica por tamaños del material de la cantera del Río de Oro y Río Chicamocha	36

Figura 16. Afectación detallada del Río de Oro y Río Chicamocha en el tamiz No. 200 (0.075mm) 37

Figura 17. Afectación detallada del Río de Oro y Río Chicamocha en el tamiz 1" (25 mm) 37

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado

ANEXO A1. Cantera del Río de Oro

ANEXO A2. Cantera del Río de Oro con la Granulometría ajustada

ANEXO A3. Cantera de Bocas

ANEXO A4. Cantera del Río Chicamocha

ANEXO A5 Cantera del Río Sogamoso

ANEXO B. Ensayo de Porcentaje de caras fracturadas en los agregados

ANEXO B1. Cantera del Río de Oro

ANEXO B2. Cantera de Bocas

ANEXO B3. Cantera del Río Chicamocha

ANEXO B4. Cantera del Río Sogamoso

ANEXO C. Ensayo de sanidad de los agregados frente a la acción de solución de Sulfato de Sodio

ANEXO C1. Cantera del Río de Oro

ANEXO C2. Cantera de Bocas

ANEXO C3. Cantera del Río Chicamocha

ANEXO C4. Cantera del Río Sogamoso

ANEXO D. Ensayo de Equivalente de arena

ANEXO D1 Cantera de Río de Oro

ANEXO D2. Cantera de Bocas

ANEXO D3. Cantera del Río Chicamocha

ANEXO D4. Cantera del Río Sogamoso

ANEXO E. Ensayo de Peso unitario y porcentaje de vacíos de los materiales gruesos y Ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos del material granular

ANEXO E1 Cantera de Río de Oro

ANEXO E2. Cantera de Bocas

ANEXO E3. Cantera del Río Chicamocha

ANEXO E4. Cantera del Río Sogamoso

ANEXO F. Ensayo de Peso unitario y porcentaje de vacíos de los materiales finos y Ensayo de peso específico y absorción de agregados finos del material granular

ANEXO F1. Cantera de Río de Oro
ANEXO F2. Cantera de Bocas
ANEXO F3. Cantera del Río Chicamocha
ANEXO F4. Cantera del Río Sogamoso

ANEXO G. Ensayo de Índice de aplanamiento y alargamiento

ANEXO G1 Cantera de Río de Oro
ANEXO G2. Cantera de Bocas
ANEXO G3. Cantera del Río Chicamocha
ANEXO G4. Cantera del Río Sogamoso

ANEXO H. Ensayo de Resistencia al desgaste de los agregados por medio de la maquina de los Ángeles del material granular

ANEXO H1 Cantera de Río de Oro
ANEXO H2. Cantera de Bocas
ANEXO H3. Cantera del Río Chicamocha
ANEXO H4. Cantera del Río Sogamoso

ANEXO I. Ensayo de Valoración de elementos arcillosos por medio del Azul de Metileno del material granular

ANEXO I1. Cantera de Río de Oro
ANEXO I2. Cantera de Bocas
ANEXO I3. Cantera del Río Chicamocha
ANEXO I4. Cantera del Río Sogamoso

ANEXO J. Ensayo de Relación de peso unitario – Humedad en los suelos Proctor modificado del material granular

ANEXO J1. Cantera de Río de Oro
ANEXO J2. Cantera de Bocas
ANEXO J3. Cantera del Río Chicamocha
ANEXO J4. Cantera del Río Sogamoso

ANEXO K. Ensayo de Relación de soporte del suelo en el laboratorio

ANEXO K1. Cantera de Río de Oro
ANEXO K2. Cantera de Bocas
ANEXO K3. Cantera del Río Chicamocha
ANEXO K4. Cantera del Río Sogamoso

ANEXO L. Ensayo de Índice de alargamiento y aplanamiento para gravillas del material de la cantera del Río de Oro

ANEXO M. Ensayo de Índice de alargamiento y aplanamiento para gravillas del material de la cantera del Río Chicamocha

ANEXO N. Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado del material de la cantera del Río de Oro después de la compactación sencilla

ANEXO O. Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado del material de la cantera del Río de Oro después de la compactación doble

ANEXO P. Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado del material de la cantera del Río de Oro después de la compactación mas carga

RESUMEN

TITULO:

ESTUDIOS SOBRE MATERIALES GRANULARES DE LA CANTERA DEL RÍO DE ORO UTILIZADOS COMO BASES GRANULARES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.*

AUTOR(ES):

ACOSTA SANCHEZ, Freiner José, MACIAS VALENCIA, Juan Pablo**.

PALABRAS CLAVES: Pavimento; Base Granular; Caracterización de Materiales Granulares

DESCRIPCIÓN

En este documento se presenta el análisis hecho al material granular proveniente de la cantera del Río de Oro, motivado por el bajo desempeño mostrado por los pavimentos constituidos en su capa de base por dicho material. Para definir las características del material y la causa o causas de su comportamiento, se ejecutaron una serie de ensayos propuestos por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS- en su artículo 300, a la muestra objeto de este estudio y así mismo a materiales de las canteras de Bocas y de los Ríos Sogamoso y Chicamocha, los cuales fueron utilizados como patrones de comparación; adicionalmente se realizaron unas pruebas propuestas por los autores, con el fin de detallar la afectación de los especímenes de suelo bajo los efectos de compactación.

De los resultados practicados a la base granular de la cantera del Río de Oro se resalta su resistencia al desgaste, pues esta muy cerca de la exigencia de la norma pero alejada de mostrada por las muestras patrón, debido a esto se concluyó que los pavimentos conformados con estas bases exhiben más baja durabilidad respecto a los constituidos con suelos provenientes de otras canteras; ante este resultado no se recomienda para su utilización para el fin mencionado y además se pone en consideración el límite de aceptación para este parámetro, establecido por el INVIAS.

* Modalidad: Tesis de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. CASTAÑEDA PINZON, Eduardo.

ABSTRACT

TITLE:

STUDIES ON GRANULAR MATERIALS OF THE QUARRY OF THE RÍO DE ORO USED AS GRANULAR BASES FOR FLEXIBLES PAVEMENTS *.

AUTHOR (IT IS):

ACOSTA SANCHEZ, Freiner José, MACIAS VALENCIA, Juan Pablo **.

KEY WORDS: Pavement; Granular base; Characterization of Granular Materials

DESCRIPTION

In this document is presented the analysis done to the granular material that come from the quarry of the Rio de Oro, motivated by the low performance showed by the pavements constituted in its cloak of the base by the mentioned material. To define the characteristics of the material and the reason or reasons of its behavior, there were executed some tests proposed by the Instituto Nacional de Vias – INVIAS – in the article 300, to the sample purpose of this study and likewise to materials of the quarries of Bocas and of the Sogamoso an Chicamocha rivers, these rivers was used like comparison patterns; additionally propose tests by the authors were made, with the purpose of detailing the affectation of the ground specimens under the compaction effects.

From results practiced to the granular base of the quarry of the Rio de Oro its resistance to the wearing down is emphasized, because this is very close of the exigency of the norm, but away of the showed by the samples pattern, on account of this, concluded that the pavements conformed with these bases exhibit less durability than the constituted ones with originating grounds from another quarries; in view of this result it is not recommended to use for the mentioned aim and in addition is put in consideration the acceptance limit for this parameter, established by INVIAS.

* Modality: Thesis of Grade.

** Faculty of Mechanical Engineerings Physical. School of Civil Engineering
CASTAÑEDA PINZON, Eduardo.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Bucaramanga en procura de un proceso de transformación y adaptación que le permita facilitar su crecimiento y proyección futura, se ha planteado una serie de modificaciones en su estructura vial, como parte trascendental en este cambio y dada la importancia de las vías de comunicación en el desarrollo y progreso de una sociedad.

Para la ejecución de dichas modificaciones viales, se replantearán y construirán tramos e incluso calles y carreras enteras; obras de gran magnitud que requerirán de unas grandes cantidades de materiales. En el caso los materiales para base granular para pavimento flexible, actualmente, estos son extraídos de canteras exógenas al área metropolitana, a pesar de tener una cantera de materiales granulares en el municipio de Girón el cual se encuentra dentro del área metropolitana y que su utilización representaría una gran disminución de costos y tiempos debido principalmente al transporte de estos.

Conocidos estos hechos se decidió plantear un estudio comprendido por una serie de ensayos sobre los materiales granulares de la cantera de Río de Oro y su comparación con muestras patrón con el fin de establecer sus propiedades y características para su utilización como base granular para pavimento flexible. Puesto que los suelos de esta cantera se han utilizado, pero el comportamiento de las obras no ha sido el mejor, a pesar de que los controles de las interventorías indicaron el cumplimiento de especificaciones.

1. LAS BASES GRANULARES DE UN PAVIMENTO

Un pavimento es una capa o conjunto de capas de materiales seleccionados comprendidos entre la subrasante y la superficie de rodamiento o rasante. El pavimento tiene como funciones el proporcionar una superficie uniforme, resistente a la acción del tránsito y del clima, así como de transmitir de forma adecuada a la subrasante los esfuerzos generados por las cargas del tránsito. Los pavimentos flexibles comúnmente están conformados por una capa de rodadura, una base, una sub-base y la subrasante.

La base granular es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos, es decir, es estructuralmente la capa más importante de un pavimento flexible por su cercanía con la capa de rodadura¹. Su función principal es resistir los esfuerzos inducidos por los vehículos y dar un soporte homogéneo a la superficie de rodamiento, transmitiendo a las capas inferiores que las soportan (sub-base y subrasante) una mínima porción de la carga. Es una capa semirígida, que puede ser granular, granular estabilizada o asfáltica, este estudio se limita al análisis de la base granular.

Las cualidades que debe poseer un material de base son:

- Presentar una granulometría que impida la segregación y además debe presentar por rozamiento interno una buena resistencia a esfuerzos.
- Estar constituido por partículas duras y resistentes a los esfuerzos a soportar.
- La presencia de finos debe ser mínima y en caso de existir deben cumplir las exigencias a este respecto.
- La estabilidad mecánica debe ser independiente de las condiciones climáticas y del contenido de agua.
- Presentar un alto grado de compactación.

1.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Todas estas cualidades descritas anteriormente deben conllevar a que el material tenga estas principales características: una alta resistencia, rigidez y durabilidad ante las cargas sometidas y factores externos. Para entender su relevancia se describen una a una.

¹ MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. 2a ed. Santa fé de Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 1998.

1.1.1 Resistencia de Materiales Granulares

Una de las principales características que catalogan a un material granular como óptimo para su utilización como base granular para pavimento flexible es su resistencia, precisamente porque la base granular de un pavimento flexible es la capa que proporciona un elemento resistente a la acción de las cargas del tránsito y capaz de transmitir los esfuerzos resultantes con intensidades adecuadas¹.

Para que un material pueda ofrecer una buena resistencia debe presentar una serie de propiedades como una buena composición de partículas, es decir, que la base este conformada con partículas de diversos tamaños y con una forma apropiada para que se genere una trabazón y un gran rozamiento interno, en general que sea un material friccional, ya que esta cualidad garantizará en gran medida la resistencia estructural adecuada. Hay algunas características de los materiales que dependen de procesos de fabricación como la trituración, que define la forma final de las partículas, y el cribado, que permite satisfacer los requisitos granulométricos.

Y así entre otras propiedades tales que todas en su conjunto hagan que el material mediante una buena compactación se llegue a que la base sea competente al momento de soportar las cargas para las cuales se diseñe la vía.

1.1.2. Rigidez de los Materiales Granulares

Cuando un material de base para pavimento flexible va a ser sometido a cargas es necesario que este no se fracture o se rompa, ya que esto va a provocar que la composición de tamaños de las partículas exigida se vea afectada y cambie, haciendo que la estructura se comporte de manera diferente y posiblemente desfavorable ya que no ofrecerá la misma capacidad de soporte inicial, por tales razones el material debe ser rígido.

Es implícito decir que un material es rígido cuando tiene una resistencia al desgaste baja, propiedad que se ve favorecida si las partículas tienen una forma apropiada, es decir, ni muy alargadas ni muy aplanadas, así como por su porosidad y fracturamiento.

1.2.3 Durabilidad de Capas Granulares

La durabilidad de una capa granular esta dada por la conservación de sus propiedades físicas y mecánicas tales como resistencia al desgaste por carga

¹ MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. 2a ed. Santa fé de Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 1998.

abrasiva y ante la acción de sulfatos, así como la preservación de las proporciones en su distribución granulométrica. Pero cuando se estudian los materiales granulares, y se aprueba su utilización mediante las normas vigentes no se está teniendo en cuenta que esos materiales en su vida útil se van a comportar diferente a como se estima que se comportaron en todos los estudios realizados en el laboratorio, sobre todo porque los materiales granulares sufren cambios, como lo discuten muchos autores causados por la acumulación de esfuerzos, en cuya situación se forman cadenas de esfuerzos y las partículas que participan en estas sufren fracturamiento. Todo esto implica que los materiales van a cambiar sus características físicas y mecánicas y que un ensayo común no puede describir de manera real como se comporta el material granular al final de su periodo de servicio, porque no simula lo que realmente le ocurre al aplicarle la carga.

Por dichas razones la estimación de la durabilidad representa una gran variedad de incertidumbres prácticas que limitan su valoración al análisis y consideración de diversas condiciones iniciales que se evalúan mediante el sometimiento de los materiales a una serie de pruebas de laboratorio y adicionalmente a estudios de aspectos climatológicos, sociales y económicos de la vía en particular.

La acción climática se puede entender como la variación estacional y se acepta implícitamente que es de alta importancia y de grandes repercusiones en la vida de la vía terrestre; pero no puede ser visto como una norma de criterio independiente de todo un conjunto de consideraciones igualmente importantes; no se trata de conocer en que clima se desarrollará una vía, sino en qué condición general se encontrará dentro de esa zona y sujeta a la acción de aquel clima y esas condiciones definen una vida futura que parece ser más independiente de los cambios locales de estación de lo que se hubiera juzgado en el pasado¹.

El crecimiento poblacional y económico así como la importancia de la vía a construir son factores para tener en cuenta al hacer el cálculo de las cargas de tránsito que actuarán en la estructura. Se deben hacer los estudios estadísticos y las proyecciones de crecimiento esperadas.

1.2 PARÁMETROS DE ESPECIFICACIONES

En Colombia las especificaciones de pavimentos y materiales utilizados están normalizadas por el Instituto Nacional de Vías, INVIAS, entre los requisitos más importantes que se exigen a los materiales para base para pavimento flexible son²:

¹ RICO RODRIGUEZ, Mario y DEL CASTILLO, Hermilio. La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres II. 11ma. ed. México: Editorial Limusa 1996.

² MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. 2a ed. Santafé de Bogotá: Universidad Católica de Colombia 1998.

- La fracción gruesa debe ser producto de trituración mecánica. La exigencia usual en nuestro medio es que al menos la mitad de las partículas mayores a 4.75 mm. (tamiz No. 4) presenten una cara fracturada mecánicamente.
- El material debe encajar dentro de una franja granulométrica que permita obtener una alta densidad.
- El desgaste del material en la máquina de los Ángeles no puede superar el 40%.
- Las pérdidas de peso en el ensayo de solidez en sulfato de sodio deben ser inferiores a 12% y 18% si el ensayo se hace en sulfato de magnesio.
- El equivalente de arena mínimo aceptable es de 30%.
- El nivel de compactación en el terreno de esta capa debe ser por lo menos igual a la máxima del ensayo Proctor modificado (INV E-142). Para dicha densidad, el CBR del material deber ser de cuando menos 80%.

2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Con el propósito de poder establecer si los materiales de la cantera de Río de Oro son aptos para su utilización se planteó una serie de ensayos para verificar las especificaciones propuestas por el INVIAS y a la vez comparar dichos resultados con los de las mismas pruebas aplicadas a unas muestras patrón; también se propusieron unos ensayos adicionales para observar el comportamiento específico de algunas propiedades, esto para tener un mayor criterio al momento de analizar la muestra problema.

2.1. SELECCIÓN DE MATERIALES

Las muestras de los materiales granulares de la cantera del Río de Oro que se utilizaron para los diferentes ensayos fueron proporcionados por la empresa TECNOPAVIMENTOS S.A.

Las muestras patrón se escogieron por su vecindad con el municipio de Bucaramanga y por su actual utilización en la obras viales de dicho municipio, estas se recolectaron de las canteras de los ríos: Chicamocha, Bocas, y Sogamoso.

Figura 1. Cantera de material granular.



2.2. CAMPAÑA EXPERIMENTAL

Se dispusieron las muestras para su secado natural, para que estuvieran aptas para la iniciación de los ensayos, teniendo la precaución de medir la humedad del material antes de realizar cada una de las pruebas, comprobando que la humedad de la muestra estaba por debajo del 1% dando vía libre a la iniciación de los ensayos propuestos por el INVIAS para el análisis de materiales utilizados como base granular para pavimento flexible.

La ejecución se realizó en dos tandas, primero para las muestras de las canteras de Río de Oro y de Chicamocha y posteriormente para las canteras de Bocas y de Sogamoso. Esto por conveniencia y disponibilidad de espacio y de equipos del laboratorio de suelos y pavimentos, y el laboratorio de materiales de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander.

Se decidió iniciar con el análisis granulométrico pues en base a la información obtenida de este ensayo se puede continuar con la caracterización de los materiales pues sirve para determinar la proporción de las diferentes granulometrías que presenta un suelo, es decir, mediante este análisis sabemos que cantidad de suelo comprende cada intervalo granulométrico. Aquí se encontró que la muestra no satisfacía las bandas de composición granular propuestas por el INVIAS la cuales se presentan a continuación:

Tabla 1. Gradación para bases granulares

Tamiz		Porcentaje que pasa	
Normal	Alternativo	BG-1	BG-2
37.5 mm	1 1/2"	100	-
25.0 mm	1	70-100	100
19.0 mm	3/4"	60-90	70-100
9.5 mm	3/8"	45-75	50-80
4.75 mm	No.4	30-60	35-65
2.0 mm	No.10	20-45	20-45
425 µm	No.40	10-30	10-30
75 µm	No.200	5-15	5-15

Instituto Nacional de Vías artículo 330 Bases granular.

Con el fin de tener unas proporciones granulométricas acordes a la banda BG-1 se agregaron según su tamaño las cantidades de partículas necesarias, para preparar muestras de 5000 grms de suelo con dicha composición para los ensayos de Proctor modificado y CBR.

La forma y geometría de las partículas se observó gracias a los ensayos de Porcentaje de caras fracturadas e Índice de Aplanamiento y Alargamiento; ya que al conocer sus medidas se pudo establecer si podían ser utilizadas.

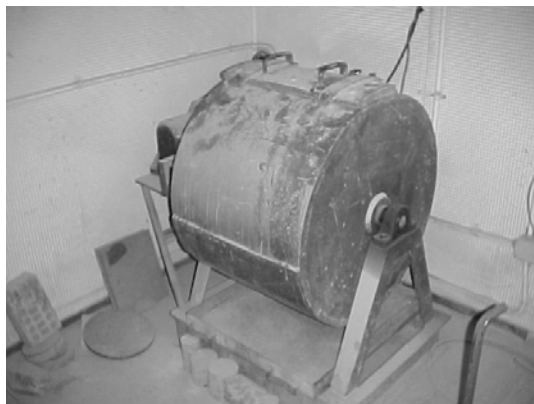
Figura 2. Muestra preparada por tamaños para su ajuste a BG-1



Para apreciar con mayor detalle la composición de los materiales que han de conformar la base se practicaron las pruebas de Equivalente de arena, Peso específico y Absorción de agregados finos, Peso específico y Absorción de agregados gruesos, Peso unitario y Porcentaje de vacíos de los agregados finos y gruesos, y El ensayo de Valoración de elementos arcillosos en los materiales finos por medio del Azul del metileno, que se llevó a cabo en las instalaciones de los laboratorios de la escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander.

La rigidez de las partículas se midió mediante la Resistencia al Desgaste de los agregados por medio de la maquina de los Ángeles, esto fue necesario para saber el comportamiento y el porcentaje de degradación de las partículas al someterlas a cargas abrasivas.

Figura 3. Máquina de los Ángeles



Antes de poder conocer la capacidad de soporte del suelo se debió conocer la humedad óptima del mismo, esto se obtuvo de la Relación de peso unitario – humedad en los suelos, equipo modificado (Proctor modificado), pues con este valor supimos a que humedad se consigue la mejor compactación a la cual se le midió su capacidad de soporte con el CBR de laboratorio. Estos ensayos se realizaron con muestras preparadas ajustadas hacia la banda BG-1 como se describió anteriormente.

Figura 4. Equipo utilizado para Proctor modificado y CBR



Figura 5. Ensayo de CBR de laboratorio



Una vez establecidas las proporciones granulares y simultáneamente a los anteriores ensayos se valoró la Sanidad de los agregados frente a la acción de la solución de Sulfato de Sodio debido al tiempo requerido para la realización del mismo.

Figura 6. Sulfato de Sodio



Debido al bajo nivel de información proporcionado por los ensayos realizados, recomendados por el INVIAS, a la muestra de la cantera del Río de Oro y con el fin de poder describir de una manera más específica su comportamiento, fue necesario plantear y desarrollar ensayos adicionales enfocados hacia la forma y tamaño de las partículas y su conservación bajo la aplicación de carga, que permitieran con un mayor criterio en el análisis de dicha muestra. Estos procedimientos también se aplicaron a una muestra patrón para tener una guía de análisis, la muestra escogida fue la de la cantera del Río Chicamocha por su comportamiento homogéneo mostrado en los ensayos previamente descritos.

Se formulo el ensayo de Índice de Alargamiento y Aplanamiento para gravillas para analizar el comportamiento de las partículas de menor tamaño al propuesto por la norma INVIAS E-230, pues en esta norma se propone un análisis para tamaños superiores al tamiz $\frac{1}{4}$ ", 6.35 mm; en este estudio se verificó la forma de las partículas de tamaños comprendidos entre 6.35 mm y 9.5 mm, y 4.75 mm y 6.35 mm, tomando una muestra representativa de doscientas partículas. El propósito de este ensayo es saber la tendencia de forma de esta proporción granular y su posible incidencia en el desempeño general de la muestra.

Figura 7. Muestra de Río de Oro para la medición de índices de alargamiento y aplanamiento



Influenciados por el resultado del ensayo de resistencia al desgaste por medio de la máquina de los Angeles se desarrollaron ensayos en donde a una muestra preparada con la distribución granulométrica que se ajustara a la curva de especificación BG-1, se compactó con 55 golpes en cinco capas, se desmoldo y se midió la variación de su granulometría posterior, con el fin de establecer la afectación de los materiales en el proceso de compactación en campo.

De la misma manera se efectuaron otras dos pruebas, en una se aplicó una carga de 1.5 Ton/m^2 en la máquina Universal a la muestra compactada, para tratar de simular el efecto de la compactación en campo y la aplicación de cargas sobre la base granular debidas al tránsito. En la otra prueba se repitió la compactación a la muestra previamente compactada y tamizada para establecer el posible desgaste continuo bajo una nueva aplicación de cargas de impacto de gran magnitud como lo son las de la compactación.

Figura 8. Aplicación de carga a muestra compactada por medio de la máquina Universal



3. RESULTADOS Y ANALISIS

A continuación se presentan los resultados obtenidos mediante los ensayos realizados, los recomendados por INVIAS y los propuestos en el estudio; y las graficas comparativas de la muestra problema, materiales granulares de la cantera del Río de Oro y las muestras patrón, materiales granulares de las canteras de Chicamocha, Sogamoso y Bocas.

3.1 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE RESULTADOS

En la figura 9 y la figura 10 se hace una comparación de la granulometría original de la muestra de Río de Oro y de las muestras patrón a la banda BG1 y BG2 respectivamente

Figura 9. Granulometría original del material de Río de Oro y las muestras patrón ajustadas a la banda BG1

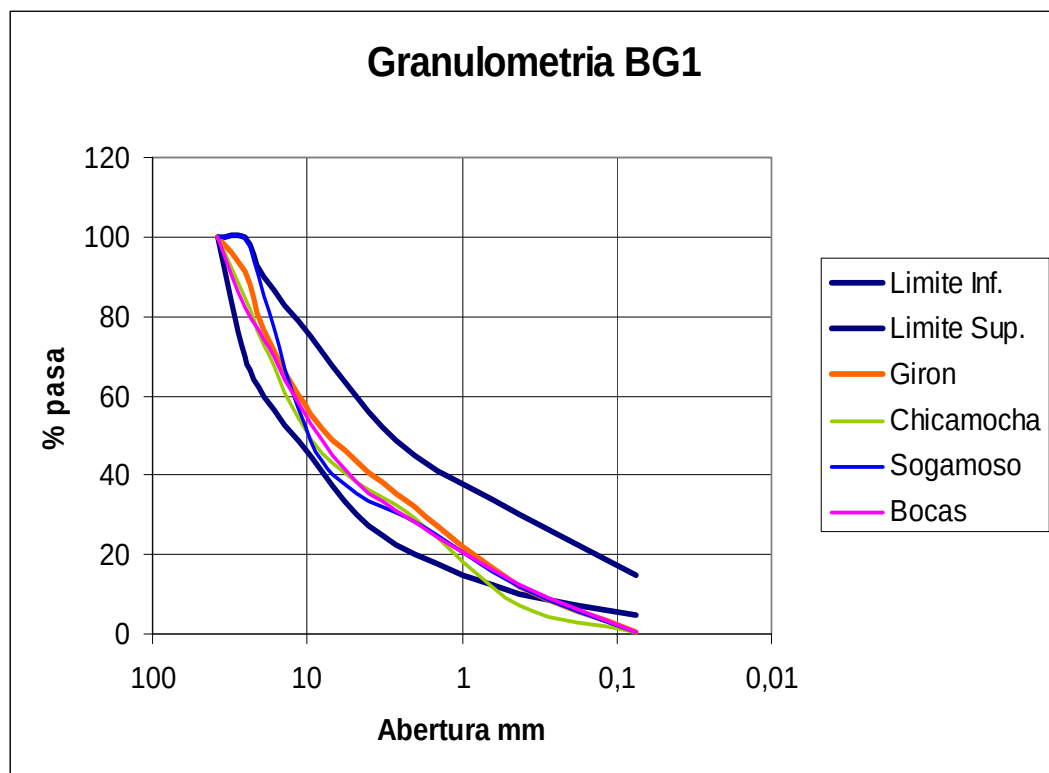
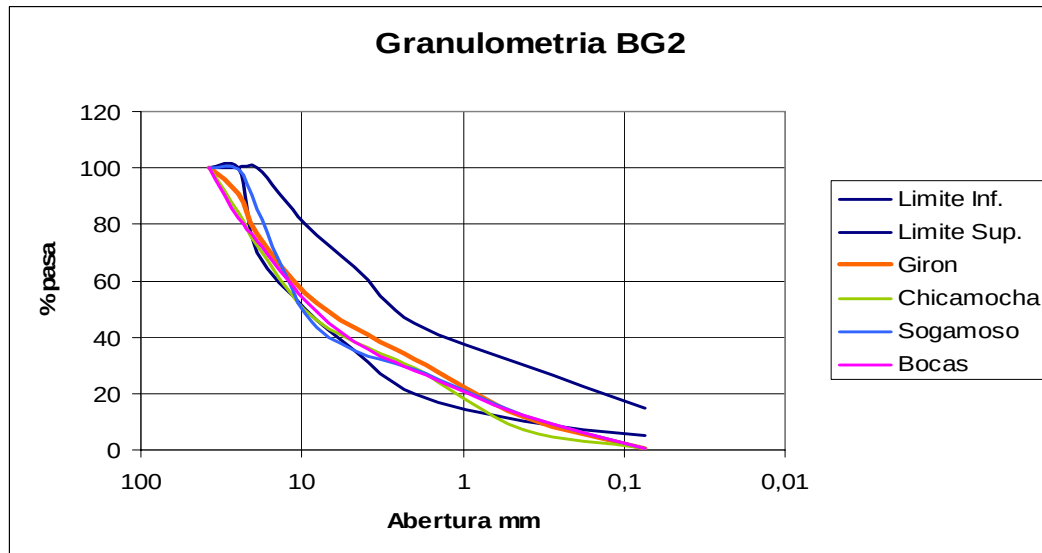


Figura 10. Granulometría original del material de Río de Oro y las muestras patrón ajustadas a la banda BG2



En la siguiente figura se ajusta la granulometría de la muestra del Río de Oro a la banda a la banda BG1 Con la adición de finos

Figura 11. Granulometría ajustada del material de Río de Oro comparado con la banda BG1

El resultado de los principales ensayos exigidos en la norma Invias de la muestra de Río de Oro y las muestras patrón son representados en la siguiente figura,

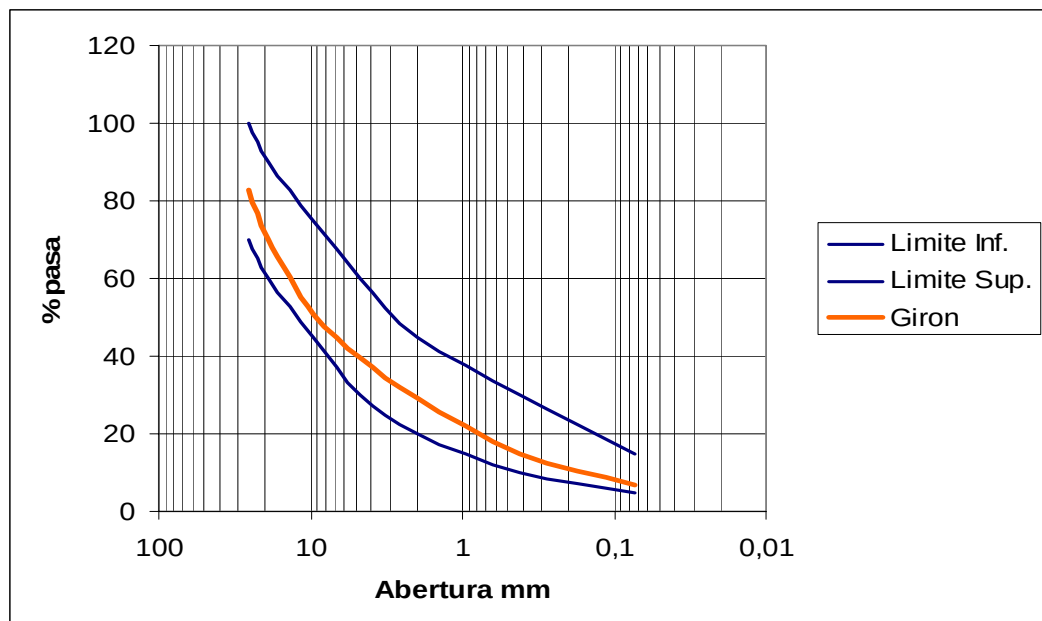
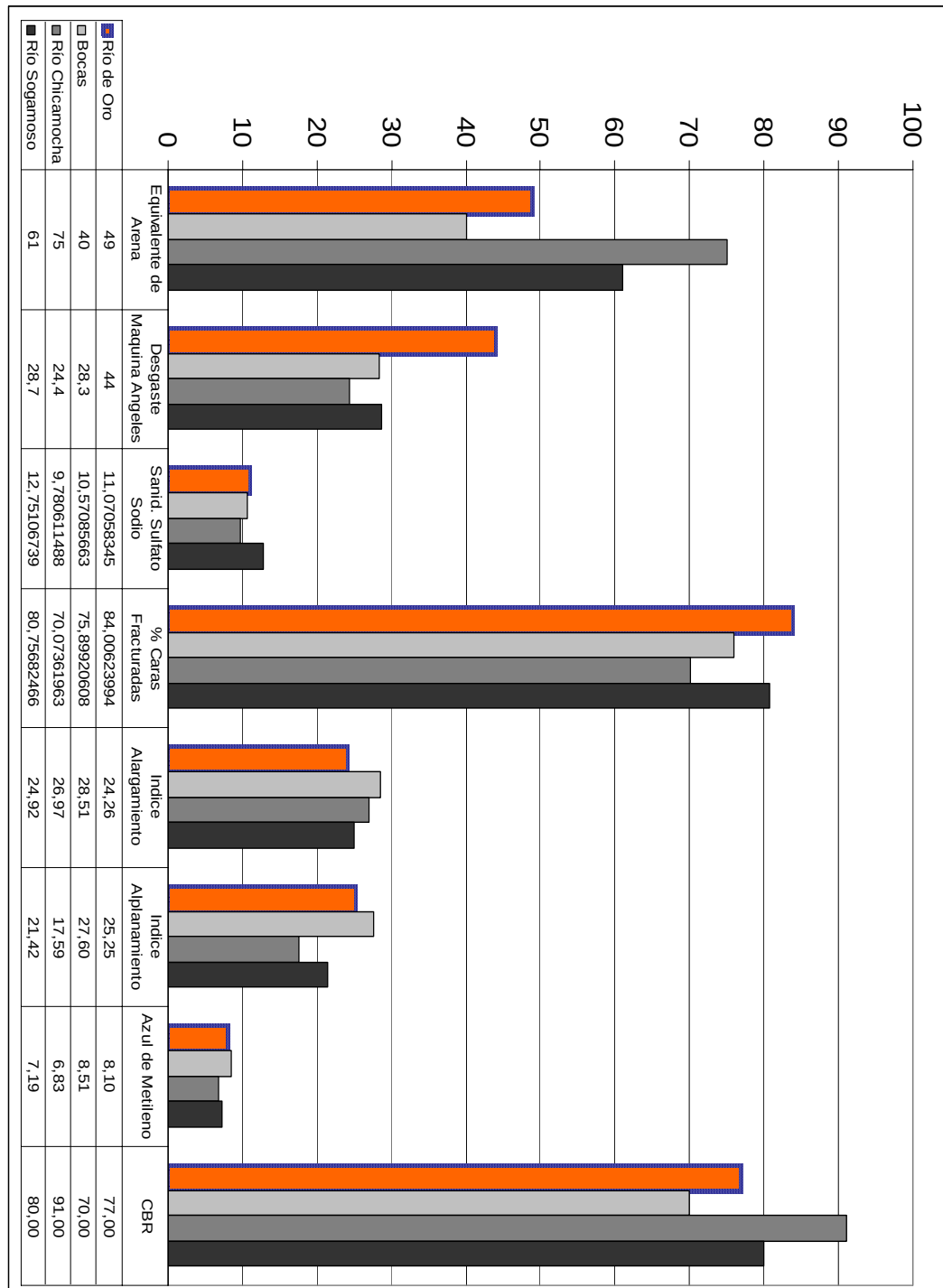
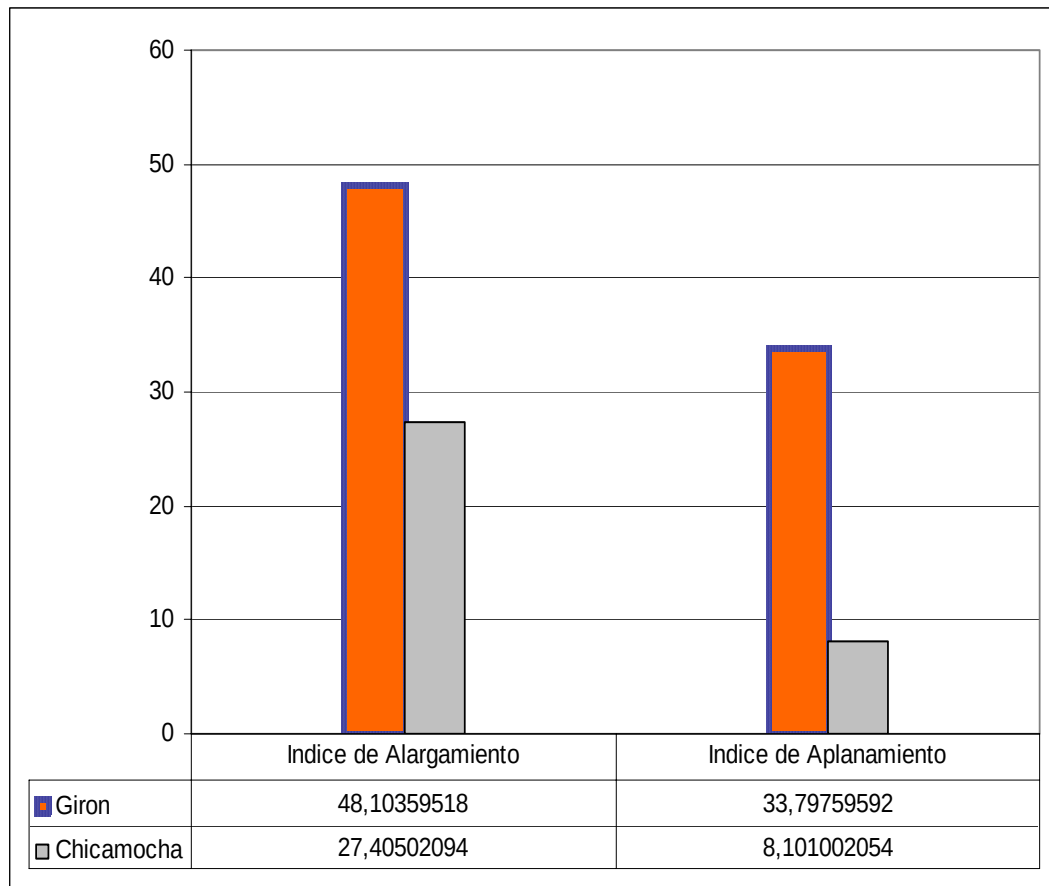


Figura 12. Resultados de los ensayos realizados a los materiales de Río de Oro y las muestra patrón



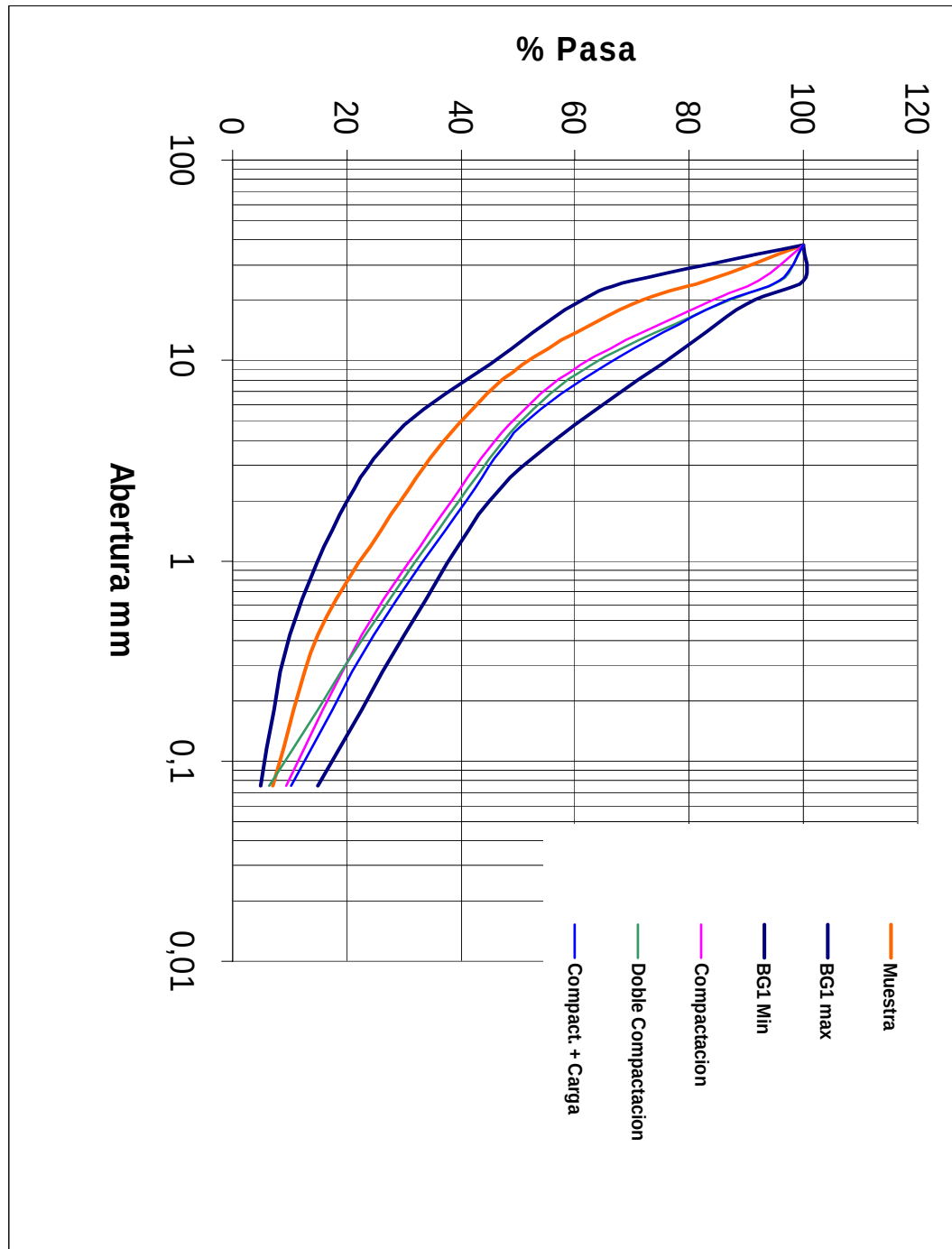
El índice de alargamiento y aplanamiento para las partículas comprendidas entre los tamices $\frac{1}{4}$ " (6.35 mm) y No 4 (4.75 mm) de las muestras del Río de Oro y del Río Chicamocha se muestra en la figura No 13

Figura 13. Índice de alargamiento y aplanamiento del material granular de las canteras de Río de Oro y Río Chicamocha



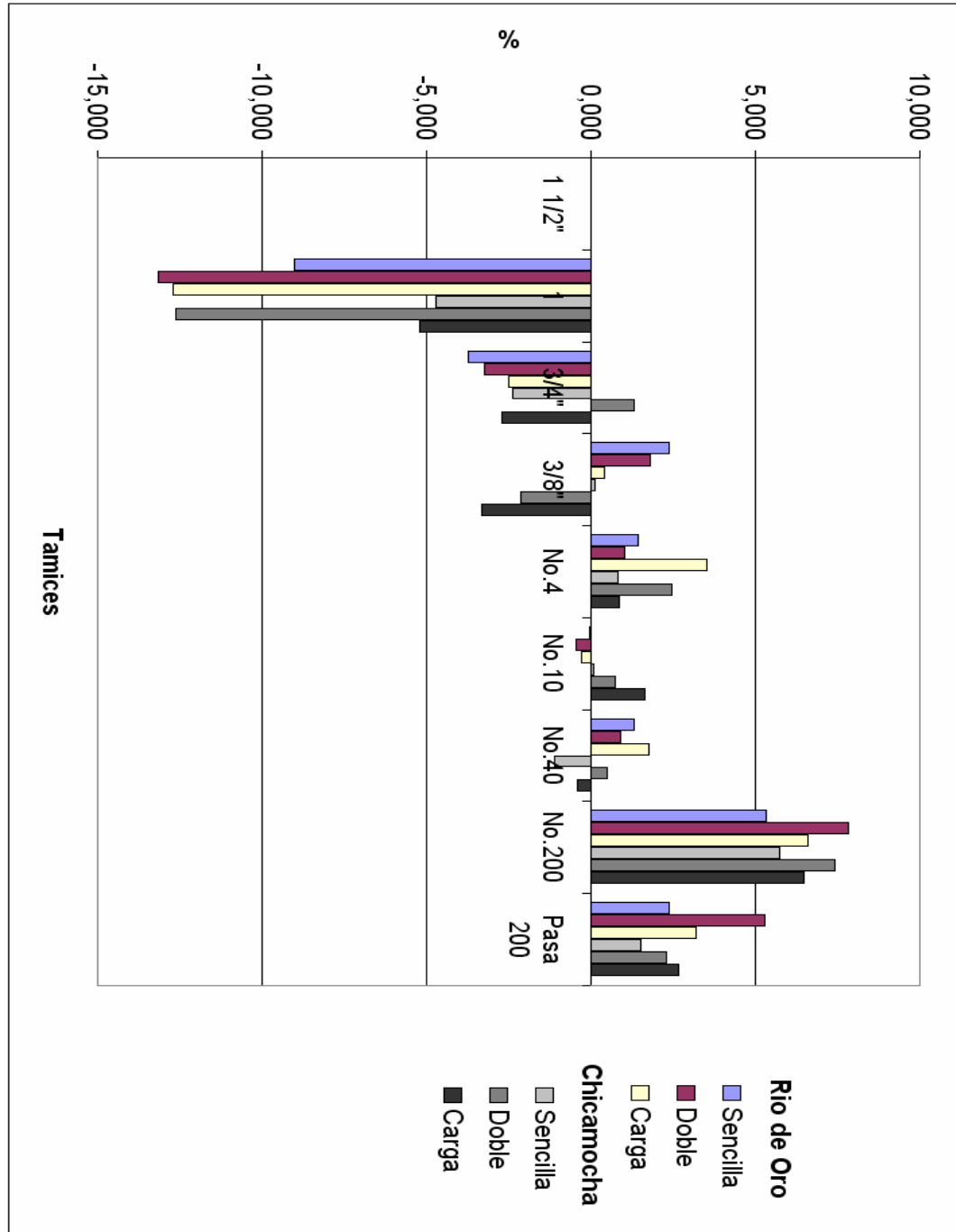
La forma de las partículas de la granulometría ajustada de la muestra del Río de Oro se altera durante el ensayo de compactación sencilla, compactación doble y la compactación más carga, la cual se ilustra en la figura No 14.

Figura 14. Variación de la granulometría del material de la cantera de Río de Oro.



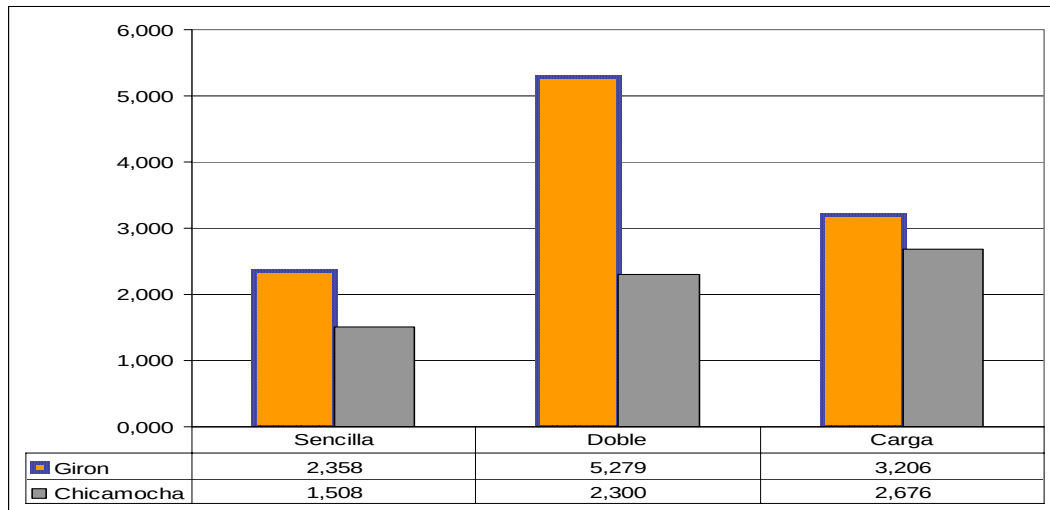
La figura No 15. es una observación grafica de la afectación en porcentaje de las cantidades de material retenido respecto a la granulometría ajustada en cada uno de los tamaños comprendidos, por medio de la compactación sencilla, compactación doble y compactación mas carga (1.5 Ton/m²)

Figura 15. Afectación granulométrica por tamaños del material de la cantera del Río de Oro y Río Chicamocha



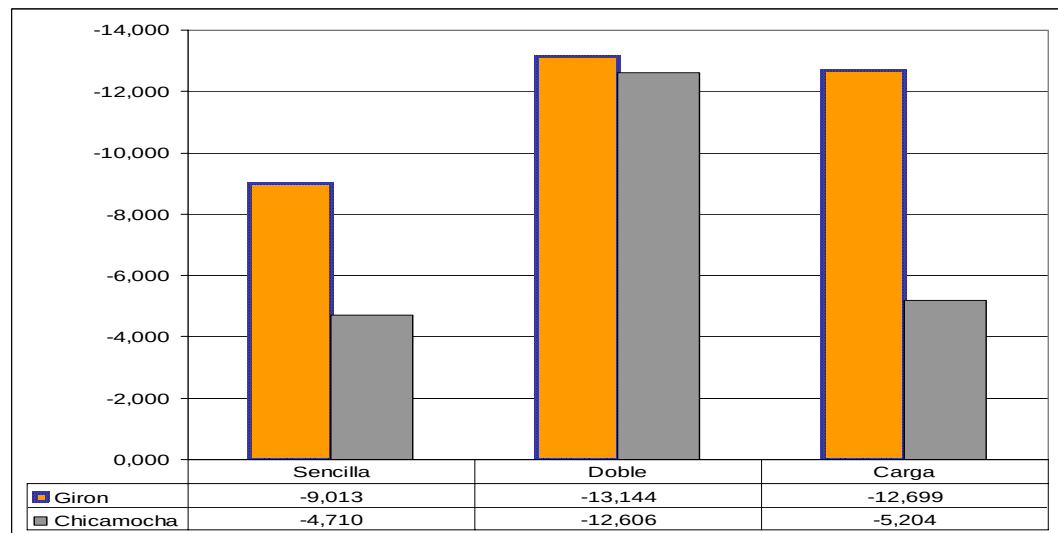
La figura 16 representan de manera detallada la afectación en el tamiz No 200 (0.075 mm), por medio de la compactación sencilla, compactación doble y compactación mas carga (1.5 Ton/m²)

Figura 16. Afectación detallada del Río de Oro y Río Chicamocha en el tamiz No 200(0.075 mm)



La figura No17 representa de manera detallada la afectación en el tamiz No 1 (25 mm), por medio de la compactación sencilla, compactación doble y compactación mas carga (1.5 Ton/m²)

Figura 17. Afectación detallada del Río de Oro y Río Chicamocha en el tamiz No 1 (25 mm)



3.2 ANÁLISIS

Los criterios utilizados para el análisis de los resultados, presentados en la sección previa, de la muestra del Río de Oro y de los materiales utilizados como patrón, son los parámetros específicos según ensayos desarrollados y planteados en la normatividad INVIAS (Ver Tabla 2); y la comparación del comportamiento del material del Río de Oro con el de los materiales de las canteras de Río Chicamocha, Bocas y Río Sogamoso.

Tabla 2. Requisitos De Los Materiales Para Bases Granulares

Ensayo		Norma INVIAS	Requerimiento
Partículas fracturadas mecánicamente		E – 227	50 % mín.
Desgaste Los Ángeles		E – 218 y 219	40 % máx.
Perdidas por ensayo de Solidez en:	Sulfato de Sodio	E - 220	12 % máx.
	Sulfato de Magnesio	E - 220	18 % máx.
Índices de Aplanamiento y alargamiento		E - 230	35 % máx.
C.B.R.		E - 148	80 % mín.
Equivalente de arena		E – 133	30 % mín.

Instituto Nacional de Vías artículo 300 Bases granular, tabla 300.1

3.2.1 Cumplimiento de Requerimientos

Este análisis inicia con la verificación del cumplimiento por parte de los materiales de la cantera de Río de Oro de los requisitos descritos en la anterior tabla.

El material presenta una granulometría que no se ajusta correctamente a alguna de las bandas granulométricas propuestas por el INVIAS, aunque esto no quiere decir que no se pueda usar como base granular para pavimentos flexibles. A un material de este tipo se le debe modificar su composición granular para llevarlo a cumplir con tales requerimientos; en este caso se consiguió mediante la adición de finos de tamaño menor del tamiz No 200, logrando un material más trabajable y estable.

El Equivalente de Arena del material de Río de Oro es aceptable como lo muestra el resultado del ensayo, con la salvedad que sus finos tienen un contenido de arcillas válido según el ensayo de Valoración de elementos arcillosos en los materiales finos por medio de Azul de Metileno, por lo que no presentarán mayor expansibilidad y favorecerán la función drenante de la capa. Para el parámetro de admisibilidad de este ensayo se utilizó el criterio del Instituto de Desarrollo Urbano de Santafé de Bogotá, IDU cuyo valor límite es del 8%.

En lo que respecta a la forma, el porcentaje de caras fracturadas medido por observación, como lo propone la norma E – 227 esta por encima de los valores admisibles lo cual hace esperar que una base para pavimento construida con los materiales de la cantera de Río de Oro tenga una buena acomodación gracias a la trabazón entre partículas que da esta propiedad. Los índices de alargamiento y aplanamiento que se obtuvieron se ubican dentro de la especificación para los tamaños indicados en el ensayo E – 230 pero cuando se verificaron de manera adicional estos índices para las partículas comprendidas entre los tamices $\frac{1}{4}$ " (6.35 mm) y No 4 (4.75 mm); Sobrepasan el promedio mostrado en las fracciones mas grandes e incluso del valor máximo en el caso del alargamiento de esta porción granular, permitiendo pronosticar que el material en general tendrá un comportamiento frágil ante la aplicación de cargas.

Una de las características de la durabilidad es la resistencia ante condiciones atmosféricas adversas, como efectos de hielo y deshielo, observada en la muestra de Río de Oro mediante el ensayo de Sanidad de los agregados frente a la acción de la Solución del Sulfato de Sodio, donde este material mantiene una buena disposición.

Como aspecto importante para definir la posible utilización de un material granular como base para pavimento flexible es su capacidad de soporte, para valorar esta propiedad se aplicó a la muestra el ensayo de Relación de Soporte del suelo en el laboratorio (CBR de laboratorio), en donde el material esta muy cerca del requerimiento de la norma INVIAS, permitiendo asumirlo como aceptable.

La principal deficiencia mostrada durante este estudio por el material proveniente de la cantera de Río de Oro, es su resistencia al desgaste mecánico, obtenida del ensayo de Resistencia al desgaste de los Agregados de tamaños mayores de 19 mm ($\frac{3}{4}$ "), el cual arrojó un porcentaje de desgaste obviamente superior a la especificación, evidenciando a la muestra como un material deficiente y vulnerable bajo cargas abrasivas, como las producidas por el paso de los vehículos sobre la vía.

3.2.2 Comparación con Muestras Patrón

Con el fin de no limitar el análisis del material granular de interés, se compararon sus resultados con los obtenidos para los materiales de las canteras de Río Chicamocha, Bocas y Río Sogamoso en las mismas pruebas; en donde se encontró:

Las distribuciones de partículas de todos los materiales analizados tienen la misma dificultad para ajustarse a las bandas de granulometría nombradas

anteriormente. Por lo tanto las muestras patrón se ajustaron de la misma manera a la banda BG1.

Los finos provenientes del Río de Oro contienen una mayor cantidad de arcillas que los de las canteras de los Ríos Chicamocha y Sogamoso, puesto que el valor de equivalente de arena es mas bajo y por el contrario la valoración de arcillas por Azul de Metileno es más alta.

Los materiales son muy similares en su forma, con la excepción encontrada al analizar una fracción de tamaños más pequeños, en donde la muestra del Río Chicamocha, utilizada como patrón, tiene índices de alargamiento y aplanamiento más favorables y acordes a sus otras fracciones, que la muestra del Río de Oro.

Una capa granular conformada con materiales provenientes de la cantera del Río de Oro tendrá una menor durabilidad que las que contengan las muestras patrón porque estas tienen menor desgaste por cargas abrasivas y mayor sanidad bajo acciones climáticas.

Como se explicó anteriormente la capacidad de soporte del material del Río de Oro es aceptable pero es claramente superada por la muestra del Río Chicamocha, la cual se muestra como la más óptima en este aspecto.

De los ensayos realizados adicionalmente se observa que en cuanto a la afectación de la granulometría en el momento de desarrollar los ensayos de compactación sencilla, compactación doble y compactación más carga (1.5 Ton/m²), se nota que el mayor desgaste se establece en las partículas de mayor tamaño en los tamices No 1 y No ¾" (25 mm y 19 mm respectivamente), y se distribuye el material ascendentemente hasta el tamiz No 200 (0.075 mm), en la muestra de Río de oro la mayor afectación se manifiesta en la compactación doble y en la compactación más carga en el tamiz No1 y en menor proporción en el tamiz de ¾", mientras en esta misma fracción la muestra de Río Chicamocha se afecta mucho mas en la compactación doble, en el tamiz de 3/8" (9.5mm) la muestra patrón aumenta la tendencia de desgaste por la compactación doble y en la compactación más carga en mayor porcentaje. En los siguientes tamices se nota un incremento debido a la desintegración de partículas de mayor tamaño, hasta el tamiz No 200 (0.075 mm) donde se incrementa en una gran proporción.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los materiales de la cantera del Río de Oro tienen una serie de propiedades que se encuentran dentro de las exigencias definidas por el INVIAS, pero su resistencia al desgaste bajo la acción de cargas abrasivas no es congruente con un buen material constituyente de una capa tan importante en la composición de un pavimento, por tal motivo, de este estudio se concluye que los suelos provenientes de la cantera analizada no se recomiendan para su utilización como base granular para pavimento flexible. Aunque bajo las actuales especificaciones los materiales del Río de Oro en algunas ocasiones cumplen con este parámetro con valores cercanos al límite de exigencia, permitiendo su aprobación para el fin descrito.

Sería conveniente revisar el valor máximo permisible por las especificaciones en el ensayo de Resistencia al Desgaste por medio de la Máquina de los Ángeles (E-219), el cual es del 40% máx. para que se disminuya a un límite del 35%, esto con el fin de seleccionar materiales mucho más competentes, pues esta propiedad como se describió a lo largo de este estudio, define la resistencia y durabilidad de una capa granular.

En vista del inminente beneficio económico que tendría en las obras viales del área metropolitana de la ciudad de Bucaramanga el poder utilizar los materiales de la cantera del Río de Oro como base granular para pavimentos flexibles, se recomienda desarrollar futuros estudios sobre este material enfocados hacia el mejoramiento de las propiedades que lo hagan apto. Un posible inicio para estos estudios sería mediante la mezcla de materiales de la cantera Río de Oro con alguno proveniente de otra cantera.

BIBLIOGRAFÍA

RICO RODRIGUEZ, Mario y DEL CASTILLO, Hermilio. La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres II. 11ma. ed. México: Editorial Limusa 1996.

MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. 2a ed. Santafé de Bogotá: Universidad Católica de Colombia 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Normas de ensayos de materiales para carreteras.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Especificaciones generales para la construcción, rehabilitación, rectificación, mejoramiento y conservación de carreteras y puentes.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Normas Colombianas para la Presentación de Tesis de Grado, NTC 1486 5a actualización.

ANEXOS

Anexo A1. Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado original del material de la cantera del Río de Oro

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA**

FECHA : _____
 PROYECTO : _____
 LOCALIZACION : _____
 MUESTRA : _____

PESO TARA (gr)	370
TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	10915
TARA+MUESTRA SECA (gr)	9715
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	9345
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr : _____
 PESO DESPUES DE LAVADO gr : _____
 PORCENTAJE DE ERROR %: _____

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50,8				10	2	1035	11,093	32,208
1 1/2"	36,1				20	0,84			
1"	25,4	830	8,896	91,104	40	0,42	1905	20,418	11,790
3/4"	19,05	1350	14,469	76,635	60	0,25			
1/2"	12,7				100	0,149			
3/8"	9,52	1960	21,008	55,627	200	0,074	1060	11,361	0,429
No 4	4,75	1150	12,326	43,301	PASA 200	*****	40	0,429	0,000
SUMA	****	5290	56,699	43,301	SUMA	****	4040	43,301	
					TOTAL		9330	100,000	

D10= _____ CU=(D60 / D10) = _____ GRAVAS _____ %
 D30= _____ CC=(D30)²/D10*D60 = _____ ARENAS _____ %
 D60= _____ FINOS _____ %

Anexo A2. Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado ajustado del material de la cantera del Río de Oro

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA**

FECHA : _____
PROYECTO : _____
LOCALIZACION : _____
MUESTRA : _____

PESO TARA (gr)	370
TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	10915
TARA+MUESTRA SECA (gr)	9715
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	9345
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr : _____
PESO DESPUES DE LAVADO gr : _____
PORCENTAJE DE ERROR %: _____

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50,8				10	2	505,242809	10,105	29,338
1 1/2"	36,1				20	0,84			
1"	25,4	850,6629176	17,013	82,987	40	0,42	716,912698	14,338	15,000
3/4"	19,05	659,0123601	13,180	69,806	60	0,25			
1/2"	12,7				100	0,149			
3/8"	9,52	956,7883155	19,136	50,671	200	0,074	400	8,000	7,000
No 4	4,75	561,3808994	11,228	39,443	PASA 200	*****	350	7,000	0,000
SUMA	****	3027,84449	60,557	39,443	SUMA	****	1972,1555	39,443	
					TOTAL		5000	100,000	

D10= _____ CU=(D60 / D10) = _____ GRAVAS _____ %
D30= _____ CC=(D30)*2/D10*D60 = _____ ARENAS _____ %
D60= _____ FINOS _____ %

Anexo A3. Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado original del material de la cantera de Bocas

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA**

FECHA : _____
 PROYECTO : _____
 LOCALIZACION : _____
 MUESTRA : _____

PESO TARA (gr)	370
TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	10915
TARA+MUESTRA SECA (gr)	9715
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	9345
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr : _____
 PESO DESPUES DE LAVADO gr : _____
 PORCENTAJE DE ERROR %: _____

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50,8				10	2	917,24	10,097	28,302
1 1/2"	36,1				20	0,84			
1"	25,4	1595,94	17,568	82,432	40	0,42	1439,04	15,841	12,461
3/4"	19,05	752,74	8,286	74,146	60	0,25			
1/2"	12,7				100	0,149			
3/8"	9,52	1933,44	21,283	52,863	200	0,074	1100,94	12,119	0,342
No 4	4,75	1313,94	14,464	38,399	PASA 200	*****	31,1	0,342	0,000
SUMA	****	5596,06	61,601	38,399	SUMA	****	3488,32	38,399	
					TOTAL		9084,38	100,000	

D10= _____ CU=(D60 / D10) = _____ GRAVAS _____ %
 D30= _____ CC=(D30)²/D10*D60 = _____ ARENAS _____ %
 D60= _____ FINOS _____ %

Anexo A4. Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado original del material de la cantera de Chicamocha

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

FECHA : _____
PROYECTO : _____
LOCALIZACION : _____
MUESTRA : _____

PESO TARA (gr)	370
TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	10915
TARA+MUESTRA SECA (gr)	9715
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	9345
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr : _____
PESO DESPUES DE LAVADO gr : _____
PORCENTAJE DE ERROR %: _____

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50,8				10	2	915	9,472	28,934
1 1/2"	36,1				20	0,84			
1"	25,4	1500	15,528	84,472	40	0,42	2090	21,636	7,298
3/4"	19,05	1135	11,749	72,723	60	0,25			
1/2"	12,7				100	0,149			
3/8"	9,52	2255	23,344	49,379	200	0,074	680	7,039	0,259
No 4	4,75	1060	10,973	38,406	PASA 200	****	25	0,259	0,000
SUMA	****	5950	61,594	38,406	SUMA	****	3710	38,406	
					TOTAL		9660	100,000	

D10= _____ CU=(D60 / D10) = _____ GRAVAS _____ %
D30= _____ CC=(D30)*2/D10*D60 = _____ ARENAS _____ %
D60= _____ FINOS _____ %

Anexo A5. Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado original del material de la cantera del Río Sogamoso

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

FECHA : _____
 PROYECTO : _____
 LOCALIZACION : _____
 MUESTRA : _____

PESO TARA (gr)	370
TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	10915
TARA+MUESTRA SECA (gr)	9715
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	9345
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr : _____
 PESO DESPUES DE LAVADO gr : _____
 PORCENTAJE DE ERROR % : _____

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50,8				10	2	1208,61	11,681	35,902
1 1/2"	36,1				20	0,84			
1"	25,4	59,84	0,578	99,422	40	0,42	2045,21	19,766	16,136
3/4"	19,05	1292,04	12,487	86,935	60	0,25			
1/2"	12,7				100	0,149			
3/8"	9,52	2293,08	22,162	64,773	200	0,074	1643,61	15,885	0,251
No 4	4,75	1778,61	17,190	47,583	PASA 200	*****	25,96	0,251	0,000
SUMA	****	5423,57	52,417	47,583	SUMA	****	4923,39	47,583	
					TOTAL		10346,96	100,000	

D10= _____ CU=(D60 / D10) = _____ GRAVAS _____ %
 D30= _____ CC=(D30)²/D10*D60 = _____ ARENAS _____ %
 D60= _____ FINOS _____ %

Clasificación _____
 Observaciones _____

Anexo B1. Ensayo de porcentaje de caras fracturadas del material de la cantera del Río de Oro



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS

FECHA:
PROYECTO:
LOCALIZACION:
MUESTRA:

TAMAÑO	A	B	C	D	E
	PESO MUESTRA gr	PESO CARAS FRACTURADAS (gr)	% CARAS FRACTURADAS	GRANULOMETRIA GRADACION Orig.	C X D
1 1/2" - 1"	2000	1595	79,75	8,896034298	709,458735
1" - 3/4"	1500	1265	84,33333333	14,46945338	1220,25723
3/4" - 1/2"	1200	1045	87,08333333	12,60450161	1097,64202
1/2" - 3/8"	300	250	83,33333333	8,403001072	700,250089
SUMA		4155	334,5	44,37299035	3727,60807

% Caras Fracturadas = 84,00623994

Anexo B2. Ensayo de porcentaje de caras fracturadas del material de la cantera de Bocas



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS

FECHA:

PROYECTO:

LOCALIZACION:

MUESTRA:

TAMAÑO	A	B	C	D	E
	PESO MUESTRA gr	PESO CARAS FRACTURADAS (gr)	% CARAS FRACTURADAS	GRANULOMETRIA GRADACION Orig.	CXD
1 1/2" - 1"	2000	1395	69,75	17,56795731	1225,36502
1" - 3/4"	1500	1160	77,33333333	8,286	640,791043
3/4" - 1/2"	1200	955	79,58333333	12,76987532	1016,26924
1/2" - 3/8"	300	245	81,66666667	8,513250216	695,248768
SUMA		3755	308,3333333	47,13717392	3577,67408

% Caras Fracturadas = 75,89920608

Anexo B3. Ensayo de porcentaje de caras fracturadas del material de la cantera del Río Chicamocha



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS

FECHA:

PROYECTO:

LOCALIZACION:

MUESTRA:

TAMAÑO	A	B	C	D	E
	PESO MUESTRA gr	PESO CARAS FRACTURADAS (gr)	% CARAS FRACTURADAS	GRANULOMETRIA GRADACION Orig.	CXD
1 1/2" - 1"	2000	1555	77,75	15,52795031	1207,29814
1" - 3/4"	1500	1070	71,33333333	11,7494824	838,129745
3/4" - 1/2"	1200	820	68,33333333	14,00621118	957,091097
1/2" - 3/8"	300	175	58,33333333	9,33747412	544,68599
SUMA		3620	275,75	50,62111801	3547,20497

% Caras Fracturadas = 70,07361963

Anexo B4. Ensayo de porcentaje de caras fracturadas del material de la cantera del Río de Sogamoso



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS**

FECHA:

PROYECTO:

LOCALIZACION:

MUESTRA:

TAMAÑO	A	B	C	D	E
	PESO MUESTRA gr	PESO CARAS FRACTURADAS (gr)	% CARAS FRACTURADAS	GRANULOMETRIA GRADACION Orig.	C X D
1 1/2" - 1"	2000	990	49,5	0,578334119	28,6275389
1" - 3/4"	1500	1065	71	12,48714598	886,587365
3/4" - 1/2"	1200	1035	86,25	13,29712302	1146,87686
1/2" - 3/8"	300	264,9	88,3	8,86474868	782,757308
SUMA		3354,9	295,05	35,2273518	2844,84907

% Caras Fracturadas = 80,75682466

Anexo C1. Ensayo de Sanidad de sulfato de sodio del material de la cantera del Río de Oro

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

ENSAYO DE SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO SEGÚN NORMA INVIAS E-220

FECHA _____
PROYECTO _____
LOCALIZACION _____
DESCRIPCION _____

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO
SUMA		

TAMAÑO TAMICES		GRADACION MUESTRA ORIGINAL %	PESO FRACCION ANTES DEL ENSAYO P1(Gr)	PESO FRACCION DESPUES DEL ENSAYO P1(Gr)	PERDIDA Gr	% QUE PASA EL TAMIZ DESPUES DEL ENSAYO. % PERDIDA REAL	GRADACION ORIGINAL * % PERDIDA REAL
PASANTE	RETENIDO						
1"	3/4"	60	1500	1475,6	24,4	1,626666667	58,37333333
3/4"	1/2"	26,8	670	652,57	17,43	2,601492537	24,19850746
1/2"	3/8"	13,2	330	307,42	22,58	6,842424242	6,357575758
SUMA		100	2500	2435,59	64,41	11,07058345	88,92941655

PERDIDAS DEL ENSAYO DE SOLIDEZ UTILIZANDO EL SULFATO DE SODIO = 11,071 %

EXAMEN CUALITATIVO	#	%
PARTICULAS ANTES DEL ENSAYO	73	100
PARTICULAS DESPUES DEL ENSAYO	73	100
PARTICULAS DESCASCARADAS	8	10,96
PARTICULAS DESINTEGRADAS	0	0
PARTICULAS AGRIETADAS	0	0
PARTICULAS PARTIDAS	0	0
PARTICULAS LAJADAS	0	0
PARTICULAS RESQUEBRAJADAS	0	0

OBSERVACIONES _____

Anexo C2. Ensayo de Sanidad de sulfato de sodio del material de la cantera de Bocas

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

ENSAYO DE SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO SEGÚN NORMA INVIAS E-220

FECHA _____
PROYECTO _____
LOCALIZACION _____
DESCRIPCION _____

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO
SUMA		

TAMAÑO TAMICES		GRADACION MUESTRA	PESO FRACCION ANTES	PESO FRACCION DESPUES	PERDIDA	% QUE PASA EL TAMIZ DESPUES	GRADACION ORIGINAL *
PASANTE	RETENIDO	ORIGINAL %	DEL ENSAYO P1 (Gr)	DEL ENSAYO P1 (Gr)	Gr	DEL ENSAYO. % PERDIDA REAL	% PERDIDA REAL
1"	3/4"	60	1500	1494,14	5,86	0,390666667	59,60933333
3/4"	1/2"	26,8	670	647,84	22,16	3,307462687	23,49253731
1/2"	3/8"	13,2	330	307,32	22,68	6,872727273	6,327272727
SUMA		100	2500	2449,3	50,7	10,57085663	89,42914337

PERDIDAS DEL ENSAYO DE SOLIDEZ UTILIZANDO EL SULFATO DE SODIO = 10,571 %

EXAMEN CUALITATIVO	#	%
PARTICULAS ANTES DEL ENSAYO	76	100
PARTICULAS DESPUES DEL ENSAYO	76	100
PARTICULAS DESCASCARADAS	15	19,74
PARTICULAS DESINTEGRADAS	0	0
PARTICULAS AGRIETADAS	0	0
PARTICULAS PARTIDAS	0	0
PARTICULAS LAJADAS	0	0
PARTICULAS RESQUEBRAJADAS	0	0

OBSERVACIONES _____

Anexo C3. Ensayo de Sanidad de sulfato de sodio del material de la cantera del Río Chicamocha

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

ENSAYO DE SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO SEGÚN NORMA INVIAS E-220

FECHA _____
PROYECTO _____
LOCALIZACION _____
DESCRIPCION _____

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO
SUMA		

TAMAÑO TAMICES		GRADACION MUESTRA	PESO FRACCION ANTES	PESO FRACCION DESPUES	PERDIDA	% QUE PASA EL TAMIZ DESPUES	GRADACION ORIGINAL *
PASANTE	RETENIDO	ORIGINAL %	DEL ENSAYO P1(Gr)	DEL ENSAYO P1(Gr)	Gr	DEL ENSAYO. % PERDIDA REAL	% PERDIDA REAL
1"	3/4"	60	1500	1435,32	64,68	4,312	55,688
3/4"	1/2"	26,8	670	666,17	3,83	0,571641791	26,22835821
1/2"	3/8"	13,2	330	313,84	16,16	4,896969697	8,303030303
SUMA		100	2500	2415,33	84,67	9,780611488	90,21938851

PERDIDAS DEL ENSAYO DE SOLIDEZ UTILIZANDO EL SULFATO DE SODIO = 9,7806 %

EXAMEN CUALITATIVO	#	%
PARTICULAS ANTES DEL ENSAYO	75	100
PARTICULAS DESPUES DEL ENSAYO	75	100
PARTICULAS DESCASCARADAS	7	9,33
PARTICULAS DESINTEGRADAS	0	0
PARTICULAS AGRIETADAS	0	0
PARTICULAS PARTIDAS	0	0
PARTICULAS LAJADAS	0	0
PARTICULAS RESQUEBRAJADAS	0	0

OBSERVACIONES _____

Anexo C4. Ensayo de Sanidad de sulfato de sodio del material de la cantera del Río de Sogamoso

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

ENSAYO DE SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO SEGÚN NORMA INVIAS E-220

FECHA _____
PROYECTO _____
LOCALIZACION _____
DESCRIPCION _____

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO
SUMA		

TAMAÑO TAMICES		GRADACION MUESTRA ORIGINAL %	PESO FRACCION ANTES DEL ENSAYO P1(Gr)	PESO FRACCION DESPUES DEL ENSAYO P1(Gr)	PERDIDA Gr	% QUE PASA EL TAMIZ DESPUES DEL ENSAYO. % PERDIDA REAL	GRADACION ORIGINAL * % PERDIDA REAL
PASANTE	RETENIDO						
1"	3/4"	60	1500	1492,35	7,65	0,51	59,49
3/4"	1/2"	26,8	670	630,54	39,46	5,889552239	20,91044776
1/2"	3/8"	13,2	330	309,04	20,96	6,351515152	6,848484848
SUMA		100	2500	2431,93	68,07	12,75106739	87,24893261

PERDIDAS DEL ENSAYO DE SOLIDEZ UTILIZANDO EL SULFATO DE SODIO = 12,751 %

EXAMEN CUALITATIVO	#	%
PARTICULAS ANTES DEL ENSAYO	74	100
PARTICULAS DESPUES DEL ENSAYO	74	100
PARTICULAS DESCASCARADAS	12	16,22
PARTICULAS DESINTEGRADAS	0	0
PARTICULAS AGRIETADAS	0	0
PARTICULAS PARTIDAS	0	0
PARTICULAS LAJADAS	0	0
PARTICULAS RESQUEBRAJADAS	0	0

OBSERVACIONES _____

Anexo D1. Ensayo de Equivalente de arena del material de la cantera del Río de Oro



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
EQUIVALENTE DE ARENA**

FECHA: _____
PROYECTO: _____
LOCALIZACION: RIO DE ORO _____
ENSAYO No: _____

MODO DE PREPARACION MUESTRA: MATERIAL PASA No4	1	2	3
TEMPERATURA: 25 GRADOS			
ALTURA DE LA ARCILLA H1	4,45	5,3	5,7
ALTURA DE LA ARENA H2	2,5	2,4	2,4
EQUIVALENTE DE ARENA % (H2/H1)	56,17977528	45,28301887	42,10526316
EQUIVALENTE DE ARENA % (H2/H1) Valor Equivalente Redondeado	57	46	43
ESPECIFICACION PARA HORMIGONES	DEBE SER MAYOR DE 75%		

Promedio	Promedio Redondeado
48,6666667	49

Anexo D2. Ensayo de Equivalente de arena del material de la cantera de Bocas



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
EQUIVALENTE DE ARENA

FECHA: _____
PROYECTO: _____
LOCALIZACION: BOCAS _____
ENSAYO No: _____

MODO DE PREPARACION MUESTRA: MATERIAL PASA No4	1	2	3
TEMPERATURA: 25 GRADOS			
ALTURA DE LA ARCILLA H1	5,2	5,1	5,5
ALTURA DE LA ARENA H2	1,9	2,2	2,1
EQUIVALENTE DE ARENA % (H2/H1)	36,53846154	43,1372549	38,18181818
EQUIVALENTE DE ARENA % (H2/H1) Valor Equivalente Redondeado	37	44	39
ESPECIFICACION PARA HORMIGONES	DEBE SER MAYOR DE 75%		

Promedio	Promedio Redondeado
40	40

Anexo D3. Ensayo de Equivalente de arena del material de la cantera del Río Chicamocha



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
EQUIVALENTE DE ARENA

FECHA: _____
PROYECTO: _____
LOCALIZACION: CHICAMOCHA
ENSAYO No: _____

MODO DE PREPARACION MUESTRA: MATERIAL PASA No4	1	2	3
TEMPERATURA: 25 GRADOS			
ALTURA DE LA ARCILLA H1	3,3	3,2	3,4
ALTURA DE LA ARENA H2	2,5	2,4	2,5
EQUIVALENTE DE ARENA % (H2/H1)	75,75757576	75	73,52941176
EQUIVALENTE DE ARENA % (H2/H1) Valor Equivalente Redondeado	76	75	74
ESPECIFICACION PARA HORMIGONES	DEBE SER MAYOR DE 75%		

Promedio	Promedio Redondeado
75	75

Anexo D4. Ensayo de Equivalente de arena del material de la cantera del Río Sogamoso



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
EQUIVALENTE DE ARENA**

FECHA: _____
 PROYECTO: _____
 LOCALIZACION: SOGAMOSO
 ENSAYO No: _____

MODO DE PREPARACION MUESTRA: MATERIAL PASA No4	1	2	3
TEMPERATURA: 25 GRADOS			
ALTURA DE LA ARCILLA H1	4,1	3,95	3,85
ALTURA DE LA ARENA H2	2,4	2,3	2,4
EQUIVALENTE DE ARENA % (H2/H1)	58,53658537	58,2278481	62,33766234
EQUIVALENTE DE ARENA % (H2/H1) Valor Equivalente Redondeado	59	59	63
ESPECIFICACION PARA HORMIGONES	DEBE SER MAYOR DE 75%		

Promedio	Promedio Redondeado
60,3333333	61

Anexo E1. Ensayo de Peso unitario y porcentaje de vacíos de los materiales gruesos y Ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos del material de la cantera del Río de Oro



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS DESUELOS Y PAVIMENTOS**

AGREGADO GRUESO										
SOLICITANTE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center; background-color: #f2f2f2;">FECHA</th> </tr> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">D</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">M</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">A</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	FECHA			D	M	A			
FECHA										
D	M	A								
PROCEDENCIA:	MUESTRA #									
MATERIAL:										
DESCRIPCION:										
NORMA (NTC):										
GRAVEDADES ESPECIFICAS										
DATOS:										
A= peso de la muestra en condicion S.S.S., en el aire.....	5000 Gramos									
Pa= peso de la canasta sumergida en el agua.....	1810 Gramos									
Pb= peso de la canasta + muestra S.S.S., sumergida en el agua.....	4842 Gramos									
B= peso de la muestra en agua = Pb-Pa.....	3032 Gramos									
C= peso de la muestra secada en el horno.....	4685 Gramos									
CÁLCULOS:										
Gravedad especifica real.....	$\frac{C}{(C-B)} = 2,8342408$									
Gravedad especifica aparente.....	$\frac{C}{(A-B)} = 2,3805894$									
Gravedad especifica aparente S.S.S.....	$\frac{A}{(A-B)} = 2,5406504 \quad (D)^{**}$									
PESO UNITARIO										
CALIBRADOR DEL MEDIDOR										
P1= Peso del medidor + vidrio.....	3040 Gramos									
P2= Peso del medidor + vidrio + agua.....	5870 Gramos									
V= Volumen del medidor.....	$\frac{(P2-P1)}{1000} = 2,83 \text{ Gramos}$									
DATOS:										
Pm= Peso del medidor vacio.....	2560 Gramos									
Pc= Peso del medidor + material S.S.S compactado.....	7014 Gramos									
Ps = Peso del medidor + material S.S.S suelto.....	6376 Gramos									
Peso unitario del agregado S.S.S compactado										
Peso unitario del agregado S.S.S compactado.....	$\frac{(Pc-Pm)}{V} = 1573,8516 \text{ Kg/m}^3 (E^{**})$									
Peso unitario del agregado S.S.S suelto										
Peso unitario del agregado S.S.S suelto	$\frac{(Ps-Pm)}{V} = 1348,4099 \text{ Kg/m}^3$									
% de absorción.....	$\frac{(A-C) \cdot 100}{C} = 6,7235859 \%$									
% de vacios.....	$\frac{(D \cdot 1000 - E)}{(D \cdot 10)} = 38,053201 \%$									
OBSERVACIONES:										
LABORATORISTA	Vo.Bo									
JAIRO HERNANDEZ SALAZAR	DIRECTOR ESCUELA ING. CIVIL									

Anexo E2. Ensayo de Peso unitario y porcentaje de vacíos de los materiales gruesos y Ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos del material de la cantera de Bocas



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS DESUELOS Y PAVIMENTOS**

AGREGADO GRUESO

SOLICITANTE		FECHA		
		D	M	A
PROCEDENCIA:		MUESTRA #		
MATERIAL:				
DESCRIPCION:				
NORMA (NTC):				
GRAVEDADES ESPECIFICAS				
DATOS:				
A= peso de la muestra en condicion S.S.S., en el aire.....	5000	Gramos		
Pa= peso de la canasta sumergida en el agua.....	1800	Gramos		
Pb = peso de la canasta + muestra S.S.S., sumergida en el agua.....	4770	Gramos		
B= peso de la muestra en agua = Pb-Pa.....	2970	Gramos		
C= peso de la muestra secada en el horno.....	4345	Gramos		
CÁLCULOS:				
Gravedad específica real.....	$\frac{C}{(C-B)}$	=	3,16	
Gravedad específica aparente.....	$\frac{C}{(A-B)}$	=	2,1403941	
Gravedad específica aparente S.S.S.....	$\frac{A}{(A-B)}$	=	2,4630542	(D)**
PESO UNITARIO				
CALIBRADOR DEL MEDIDOR				
P1= Peso del medidor + vidrio.....	3040	Gramos		
P2= Peso del medidor + vidrio + agua.....	5870	Gramos		
V= Volumen del medidor.....	$\frac{(P2-P1)}{1000}$	=	2,83	Gramos
DATOS:				
Pm= Peso del medidor vacío.....	2550	Gramos		
Pc= Peso del medidor + material S.S.S compactado.....	7211,66	Gramos		
Ps = Peso del medidor + material S.S.S suelto.....	6603,33	Gramos		
Peso unitario del agregado S.S.S compactado	$\frac{(Pc-Pm)}{V}$	=	1647,2297	Ka/m ³ (E**)
Peso unitario del agregado S.S.S suelto	$\frac{(Ps-Pm)}{V}$	=	1432,2721	Ka/m ³
% de absorción.....	$\frac{(A-C)*100}{C}$	=	15,074799	%
% de vacíos.....	$\frac{(D*1000-E)}{(D*10)}$	=	33,122475	%
OBSERVACIONES:				
LABORATORISTA		Vo.Bo		
JAIRO HERNANDEZ SALAZAR		DIRECTOR ESCUELA ING. CIVIL		

Anexo E3. Ensayo de Peso unitario y porcentaje de vacíos de los materiales gruesos y Ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos del material de la cantera del Río Chicamocha



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS DESUELOS Y PAVIMENTOS**

AGREGADO GRUESO

SOLICITANTE		FECHA		
		D	M	A
PROCEDENCIA:		MUESTRA #		
MATERIAL: DESCRIPCION: NORMA (NTC):				
GRAVEDADES ESPECIFICAS				
DATOS:				
A= peso de la muestra en condicion S.S.S., en el aire.....	5000	Gramos		
Pa= peso de la canasta sumergida en el agua.....	1810	Gramos		
Pb = peso de la canasta + muestra S.S.S., sumergida en el agua.....	4921	Gramos		
B= peso de la muestra en agua = Pb-Pa.....	3111	Gramos		
C= peso de la muestra secada en el horno.....	4670	Gramos		
CÁLCULOS:				
Gravedad específica real.....	$\frac{C}{(C-B)}$	=	2,9955099	
Gravedad específica aparente.....	$\frac{C}{(A-B)}$	=	2,4722075	
Gravedad específica aparente S.S.S.....	$\frac{A}{(A-B)}$	=	2,6469031	(D)**
PESO UNITARIO				
CALIBRADOR DEL MEDIDOR				
P1= Peso del medidor + vidrio.....	3040	Gramos		
P2= Peso del medidor + vidrio + agua.....	5870	Gramos		
V= Volumen del medidor.....	$\frac{(P2-P1)}{1000}$	=	2,83	Gramos
DATOS:				
Pm= Peso del medidor vacío.....	2560	Gramos		
Pc= Peso del medidor + material S.S.S compactado.....	7292	Gramos		
Ps = Peso del medidor + material S.S.S suelto.....	6726	Gramos		
Peso unitario del agregado S.S.S compactado				
Peso unitario del agregado S.S.S compactado.....	$\frac{(Pc-Pm)}{V}$	=	1672,0848	Ka/m ³ (E**)
Peso unitario del agregado S.S.S suelto	$\frac{(Ps-Pm)}{V}$	=	1472,0848	Ka/m ³
% de absorción.....	$\frac{(A-C)*100}{C}$	=	7,0663812	%
% de vacíos.....	$\frac{(D*1000-E)}{(D*10)}$	=	36,828636	%
OBSERVACIONES:				
LABORATORISTA		Vo.Bo		
JAIRO HERNANDEZ SALAZAR		DIRECTOR ESCUELA ING. CIVIL		

Anexo E4. Ensayo de Peso unitario y porcentaje de vacíos de los materiales gruesos y Ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos del material de la cantera del Río Sogamoso



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS DESUELOS Y PAVIMENTOS**

AGREGADO GRUESO										
SOLICITANTE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center; padding: 2px;">FECHA</th> </tr> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center; padding: 2px;">D</td> <td style="width: 33%; text-align: center; padding: 2px;">M</td> <td style="width: 33%; text-align: center; padding: 2px;">A</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	FECHA			D	M	A			
FECHA										
D	M	A								
PROCEDENCIA:	MUESTRA #									
MATERIAL:										
DESCRIPCION:										
NORMA (NTC):										
GRAVEDADES ESPECIFICAS										
DATOS: A= peso de la muestra en condicion S.S.S., en el aire..... 5000 Gramos Pa= peso de la canasta sumergida en el agua..... 1800 Gramos Pb= peso de la canasta + muestra S.S.S., sumergida en el agua..... 4730 Gramos B= peso de la muestra en agua = Pb-Pa..... 2930 Gramos C= peso de la muestra secada en el horno..... 4325 Gramos										
CÁLCULOS: Gravedad especifica real..... $\frac{C}{(C-B)} = \frac{4325}{(4325-2930)} = 3,1003584$ Gravedad especifica aparente..... $\frac{C}{(A-B)} = \frac{4325}{(5000-2930)} = 2,089372$ Gravedad especifica aparente S.S.S..... $\frac{A}{(A-B)} = \frac{5000}{(5000-2930)} = 2,4154589 \text{ (D)**}$										
PESO UNITARIO										
CALIBRADOR DEL MEDIDOR P1= Peso del medidor + vidrio..... 3040 Gramos P2= Peso del medidor + vidrio + agua..... 5870 Gramos V= Volumen del medidor..... $\frac{(P2-P1)}{1000} = \frac{5870-3040}{1000} = 2,83 \text{ Gramos}$										
DATOS: Pm= Peso del medidor vacio..... 2550 Gramos Pc= Peso del medidor + material S.S.S compactado..... 6956,66 Gramos Ps = Peso del medidor + material S.S.S suelto..... 6414,66 Gramos Peso unitario del agregado S.S.S compactado..... $\frac{(Pc-Pm)}{V} = \frac{6956,66-2550}{2,83} = 1557,1237 \text{ Kg/m}^3 \text{ (E**)}$ Peso unitario del agregado S.S.S suelto..... $\frac{(Ps-Pm)}{V} = \frac{6414,66-2550}{2,83} = 1365,6042 \text{ Kg/m}^3$										
% de absorción..... $\frac{(A-C)*100}{C} = \frac{(5000-4325)*100}{4325} = 15,606936 \%$										
% de vacios..... $\frac{(D*1000-E)}{(D*10)} = \frac{(2,4154589*1000-1557,1237)}{(2,4154589*10)} = 35,53508 \%$										
OBSERVACIONES:										
LABORATORISTA	Vo.Bo									
JAIRO HERNANDEZ SALAZAR	DIRECTOR ESCUELA ING. CIVIL									

Anexo F1. Ensayo de Peso unitario y porcentaje de vacíos de los materiales finos y Ensayo de peso específico y absorción de agregados finos del material de la cantera del Río de Oro



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS DESUELOS Y PAVIMENTOS**

AGREGADO GRUESO

SOLICITANTE		FECHA	
		D	M
		A	A
PROCEDENCIA:		MUESTRA #	
MATERIAL:			
DESCRIPCION:			
NORMA (NTC):			
GRAVEDADES ESPECIFICAS			
DATOS:			
A= Peso de la frasco + Agua hasta la marca, en el aire.....	658	Gramos	
B= Peso de la muestra en condicion S:S:S en el aire.....	500	Gramos	
C= Peso de la muestra. Frasco y agua agregada hasta la marca, en el aire.....	962,7	Gramos	
D= Peso de la muestra secada al horno.....	486,7	Gramos	
CÁLCULOS:			
Gravedad especifica real.....	$\frac{D}{(A-C+D)}$	=	2,6741758
Gravedad especifica aparente.....	$\frac{D}{(A+B-C)}$	=	2,4920635
Gravedad especifica aparente S.S.S.....	$\frac{B}{(A+B-C)}$	=	2,5601639 (E)**
PESO UNITARIO			
CALIBRADOR DEL MEDIDOR			
P1= Peso del medidor + vidrio.....		Gramos	
P2= Peso del medidor + vidrio + agua.....		Gramos	
V= Volumen del medidor.....	$\frac{(P2-P1)}{1000}$	=	2,835 Gramos
DATOS:			
Pm= Peso del medidor vacio.....	2560		
Pc= Peso del medidor + material S.S.S compactado.....	7187		
Ps = Peso del medidor + material S.S.S suelto.....	6593		
Peso unitario del agregado S.S.S compactado.....	$\frac{(Pc-Pm)}{V}$	=	1632,0988 K/m ³ (F**)
Peso unitario del agregado S.S.S suelto.....	$\frac{(Ps-Pm)}{V}$	=	1422,575 K/m ³
% de absorción.....	$\frac{(B-D)*100}{C}$	=	1,3815311 %
% de vacios.....	$\frac{(E*1000-F)}{(E*10)}$	=	36,250222 %
OBSERVACIONES:			
LABORATORISTA		Vo.Bo	
JAIR HERNANDEZ SALAZAR		DIRECTOR ESCUELA ING. CIVIL	

Anexo F2. Ensayo de Peso unitario y porcentaje de vacíos de los materiales finos y Ensayo de peso específico y absorción de agregados finos del material de la cantera de Bocas



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS DESUELOS Y PAVIMENTOS**

AGREGADO GRUESO

SOLICITANTE		FECHA		
		D	M	A
PROCEDENCIA:		MUESTRA #		
MATERIAL:				
DESCRIPCION:				
NORMA (NTC):				
GRAVEDADES ESPECIFICAS				
DATOS:				
A= Peso de la frasco + Agua hasta la marca, en el aire.....	665,5	Gramos		
B= Peso de la muestra en condicion S.S.S en el aire.....	500	Gramos		
C= Peso de la muestra. Frasco y agua agregada hasta la marca, en el aire.....	971,7	Gramos		
D= Peso de la muestra secada al horno.....	489,2	Gramos		
CÁLCULOS:				
Gravedad especifica real.....	$\frac{D}{(A-C+D)}$	=	2,673224	
Gravedad especifica aparente.....	$\frac{D}{(A+B-C)}$	=	2,5242518	
Gravedad especifica aparente S.S.S.....	$\frac{B}{(A+B-C)}$	=	2,5799794	(E)**
PESO UNITARIO				
CALIBRADOR DEL MEDIDOR				
P1= Peso del medidor + vidrio.....	3040	Gramos		
P2= Peso del medidor + vidrio + agua.....	5870	Gramos		
V= Volumen del medidor.....	$\frac{(P2-P1)}{1000}$	=	2,830	Gramos Gramos
DATOS:				
Pm= Peso del medidor vacio.....	2560			
Pc= Peso del medidor + material S.S.S compactado.....	7150			
Ps = Peso del medidor + material S.S.S suelto.....	6473,33			
Peso unitario del agregado S.S.S compactado.....	$\frac{(Pc-Pm)}{V}$	=	1621,9081	Ka/m ³ (F**)
Peso unitario del agregado S.S.S suelto	$\frac{(Ps-Pm)}{V}$	=	1382,8021	Ka/m ³
% de absorción.....	$\frac{(B-D)*100}{C}$	=	1,1114542	%
% de vacios.....	$\frac{(E*1000-F)}{(E*10)}$	=	37,134841	%
OBSERVACIONES:				
LABORATORISTA		Vo.Bo		
JAIRO HERNANDEZ SALAZAR		DIRECTOR ESCUELA ING. CIVIL		

Anexo F3. Ensayo de Peso unitario y porcentaje de vacíos de los materiales finos y Ensayo de peso específico y absorción de agregados finos del material de la cantera del Río Chicamocha



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS DESUELOS Y PAVIMENTOS**

AGREGADO GRUESO	
SOLICITANTE	FECHA
	D M A
PROCEDENCIA:	MUESTRA #
MATERIAL:	
DESCRIPCION:	
NORMA (NTC):	
GRAVEDADES ESPECIFICAS	
DATOS:	
A= Peso de la frasco + Agua hasta la marca, en el aire.....	655 Gramos
B= Peso de la muestra en condicion S.S.S en el aire.....	500 Gramos
C= Peso de la muestra. Frasco y agua agregada hasta la marca, en el aire.....	970 Gramos
D= Peso de la muestra secada al horno.....	493,6 Gramos
CÁLCULOS:	
Gravedad especifica real.....	$\frac{D}{(A-C+D)} = 2,7637178$
Gravedad especifica aparente.....	$\frac{D}{(A+B-C)} = 2,6681081$
Gravedad especifica aparente S.S.S.....	$\frac{B}{(A+B-C)} = 2,7027027 \text{ (E)**}$
PESO UNITARIO	
CALIBRADOR DEL MEDIDOR	
P1= Peso del medidor + vidrio.....	Gramos
P2= Peso del medidor + vidrio + agua.....	Gramos
V= Volumen del medidor.....	$\frac{(P2-P1)}{1000} = 2,835 \text{ Gramos}$
DATOS:	
Pm= Peso del medidor vacio.....	2560
Pc= Peso del medidor + material S.S.S compactado.....	7390
Ps = Peso del medidor + material S.S.S suelto.....	6728,33
Peso unitario del agregado S.S.S compactado.....	$\frac{(Pc-Pm)}{V} = 1703,7037 \text{ Kalm}^3(F'')$
Peso unitario del agregado S.S.S suelto.....	$\frac{(Ps-Pm)}{V} = 1470,3104 \text{ Kalm}^3$
% de absorción.....	$\frac{(B-D)*100}{C} = 0,6597938 \%$
% de vacios.....	$\frac{(E*1000-F)}{(E*10)} = 36,962963 \%$
OBSERVACIONES:	
LABORATORISTA	Vo.Bo
JAIRO HERNANDEZ SALAZAR	DIRECTOR ESCUELA ING. CIVIL

Anexo F4. Ensayo de Peso unitario y porcentaje de vacíos de los materiales finos y Ensayo de peso específico y absorción de agregados finos del material de la cantera del Río Sogamoso



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS DESUELOS Y PAVIMENTOS**

AGREGADO GRUESO

SOLICITANTE		FECHA		
		D	M	A
PROCEDENCIA:		MUESTRA #		
MATERIAL:				
DESCRIPCION:				
NORMA (NTC):				
GRAVEDADES ESPECIFICAS				
DATOS:				
A= Peso de la frasco + Agua hasta la marca, en el aire.....	665,4	Gramos		
B= Peso de la muestra en condicion S.S.S en el aire.....	500	Gramos		
C= Peso de la muestra. Frasco y agua agregada hasta la marca, en el aire.....	970,1	Gramos		
D= Peso de la muestra secada al horno.....	484,6	Gramos		
CÁLCULOS:				
Gravedad específica real.....	$\frac{D}{(A-C+D)}$	=	2,6937187	
Gravedad específica aparente.....	$\frac{D}{(A+B-C)}$	=	2,4813108	
Gravedad específica aparente S.S.S.....	$\frac{B}{(A+B-C)}$	=	2,5601639	(E)**
PESO UNITARIO				
CALIBRADOR DEL MEDIDOR				
P1= Peso del medidor + vidrio.....	3040	Gramos		
P2= Peso del medidor + vidrio + agua.....	5870	Gramos		
V= Volumen del medidor.....	$\frac{(P2-P1)}{1000}$	=	2,830	Gramos
DATOS:				
Pm= Peso del medidor vacío.....	2550			
Pc= Peso del medidor + material S.S.S compactado.....	7111,66			
Ps = Peso del medidor + material S.S.S suelto.....	6484			
Peso unitario del agregado S.S.S compactado.....	$\frac{(Pc-Pm)}{V}$	=	1611,894	Ka/m ³ (F**)
Peso unitario del agregado S.S.S suelto.....	$\frac{(Ps-Pm)}{V}$	=	1390,106	Ka/m ³
% de absorción.....	$\frac{(B-D)*100}{C}$	=	1,5874652	%
% de vacíos.....	$\frac{(E*1000-F)}{(E*10)}$	=	37,039421	%
OBSERVACIONES:				
LABORATORISTA		Vo.Bo		
JAIRO HERNANDEZ SALAZAR		DIRECTOR ESCUELA ING. CIVIL		

Anexo G1. Ensayo de Índice de aplanamiento y alargamiento de los agregados del material de la cantera del Río de Oro



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS DESUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO SEGÚN NORMA INVIAS 230

Fecha: _____
Proyecto: _____
Localización: _____
Descripción: _____

INDICE DE ALARGAMIENTO

TAMANO TAMICES PASANTE	RETENIDO	PESO MUESTRA GRAMOS	PESO MATERIAL RETE. EN EL CALIBRADOR	% RETENIDO EN EL CALIBRADOR	% RETENIDO GRADACION ORIGINAL	% RETENIDO CALIBRADOR * RETENIDO GRAD. ORI.
1 1/2"	1"	830	90	10,84337349	8,896034298	96,46302251
1"	3/4"	1350	320	23,7037037	14,46945338	342,9796356
3/4"	1/2"	590	121,1	20,52542373	12,60450161	258,7127364
1/2"	3/8"	200	90	45	8,403001072	378,1350482
SUMA =		2970	621,1	100,0725009	44,37299035	1076,290443

INDICE DE APLANAMIENTO

TAMANO TAMICES PASANTE	RETENIDO	PESO MUESTRA GRAMOS	PESO MATERIAL PASA. EN EL CALIBRADOR	% PASA EN EL CALIBRADOR	% RETENIDO GRADACION ORIGINAL	% RETENIDO CALIBRADOR * RETENIDO GRAD. ORI.
1 1/2"	1"	830	250	30,12048193	8,896034298	267,9528403
1"	3/4"	1350	360	26,66666667	14,46945338	385,85209
3/4"	1/2"	590	120	20,33898305	12,60450161	256,3627446
1/2"	3/8"	200	50	25	8,403001072	210,0750268
SUMA =		2970	780	102,1261316	44,37299035	1120,242702

Indice de Alargamiento = 24,25553099 %

Indice de Aplanamiento : 25,24604929 %

observaciones = _____

Anexo G2. Ensayo de Índice de aplanamiento y alargamiento de los agregados del material de la cantera de Bocas



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS DESUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO SEGÚN NORMA INVIAS 230

Fecha: _____
Proyecto: _____
Localización: _____
Descripción: _____

INDICE DE ALARGAMIENTO

TAMANO TAMICES		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL RETE.	% RETENIDO	% RETENIDO GRADACION	% RETENIDO CALIBRADOR
PASANTE	RETENIDO	GRAMOS	EN EL CALIBRADOR	EN EL CALIBRADOR	ORIGINAL	* RETENIDO GRAD. ORI.
1 1/2"	1"	594	47,29	7,961279461	17,56795731	139,8634177
1"	3/4"	1447,3	373,27	25,79078284	8,286	213,7047754
3/4"	1/2"	694,4	332,4	47,86866359	12,76987532	611,276866
1/2"	3/8"	217,9	97	44,51583295	8,513250216	378,9744245
SUMA =		2953,6	849,96	126,1365588	47,13717392	1343,819484

INDICE DE APLANAMIENTO

TAMANO TAMICES		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL PASA.	% PASA	% RETENIDO GRADACION	% RETENIDO CALIBRADOR
PASANTE	RETENIDO	GRAMOS	EN EL CALIBRADOR	EN EL CALIBRADOR	ORIGINAL	* RETENIDO GRAD. ORI.
1 1/2"	1"	594	277,84	46,77441077	17,56795731	821,7308515
1"	3/4"	1447,3	262,8	18,15794928	8,286	150,4584214
3/4"	1/2"	694,4	88,4	12,73041475	12,76987532	162,5658091
1/2"	3/8"	217,9	42,52	19,51353832	8,513250216	166,1236343
SUMA =		2953,6	671,56	97,17631313	47,13717392	1300,878716

Índice de Alargamiento = $\frac{28,50869859}{27,59772401} \%$

Índice de Aplanamiento = $\frac{28,50869859}{27,59772401} \%$

observaciones = _____

Anexo G3. Ensayo de Índice de aplanamiento y alargamiento de los agregados del material de la cantera del Río Chicamocha



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS DESUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO SEGÚN NORMA INVIAS 230

Fecha: _____
Proyecto: _____
Localización: _____
Descripción: _____

INDICE DE ALARGAMIENTO

TAMANO TAMICES		PESO MUESTRA GRAMOS	PESO MATERIAL RETE. EN EL CALIBRADOR	% RETENIDO EN EL CALIBRADOR	% RETENIDO GRADACION ORIGINAL	% RETENIDO CALIBRADOR * RETENIDO GRAD. ORI.
PASANTE	RETENIDO					
1 1/2"	1"	1500	359,34	23,956	15,52795031	371,9875776
1"	3/4"	1135	195	17,18061674	11,7494824	201,863354
3/4"	1/2"	700	249,66	35,66571429	14,00621118	499,5415262
1/2"	3/8"	240	75	31,25	9,33747412	291,7960663
SUMA =		3575	879	108,052331	50,62111801	1365,188524

INDICE DE APLANAMIENTO

TAMANO TAMICES		PESO MUESTRA GRAMOS	PESO MATERIAL PASA. EN EL CALIBRADOR	% PASA EN EL CALIBRADOR	% RETENIDO GRADACION ORIGINAL	% RETENIDO CALIBRADOR * RETENIDO GRAD. ORI.
PASANTE	RETENIDO					
1 1/2"	1"	1500	295	19,66666667	15,52795031	305,3830228
1"	3/4"	1135	135	11,89427313	11,7494824	139,7515528
3/4"	1/2"	700	135	19,28571429	14,00621118	270,119787
1/2"	3/8"	240	45	18,75	9,33747412	175,0776398
SUMA =		3575	610	69,59665408	50,62111801	890,3320024

Indice de Alargamiento = 26,96875489 %
Indice de Aplanamiento = 17,58815367 %

observaciones = _____

Anexo G4. Ensayo de Índice de aplanamiento y alargamiento de los agregados del material de la cantera del Río Sogamoso



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS DESUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO SEGÚN NORMA INVIAS 230

Fecha: _____ 0
Proyecto: _____
Localización: _____
Descripción: _____

INDICE DE ALARGAMIENTO

TAMAÑO TAMICES		PESO MUESTRA GRAMOS	PESO MATERIAL RETE. EN EL CALIBRADOR	% RETENIDO EN EL CALIBRADOR	% RETENIDO GRADACION ORIGINAL	% RETENIDO CALIBRADOR * RETENIDO GRAD. ORI.
PASANTE	RETENIDO					
1 1/2"	1"	2000	393,44	19,672	0,578334119	11,3769888
1"	3/4"	1666,5	441,4	26,54654392	12,48714598	332,7392838
3/4"	1/2"	594,4	142,66	24,00067295	13,29712302	319,1399007
1/2"	3/8"	183,64	44,49	24,22674799	8,86474868	214,7640322
SUMA =		4434,54	1021,99	94,54596485	35,2273518	878,0202056

INDICE DE APLANAMIENTO

TAMAÑO TAMICES		PESO MUESTRA GRAMOS	PESO MATERIAL PASA. EN EL CALIBRADOR	% PASA EN EL CALIBRADOR	% RETENIDO GRADACION ORIGINAL	% RETENIDO CALIBRADOR * RETENIDO GRAD. ORI.
PASANTE	RETENIDO					
1 1/2"	1"	2000	1326,2	66,31	0,578334119	38,34933546
1"	3/4"	1666,5	261,48	15,78508904	12,48714598	197,1107112
3/4"	1/2"	594,4	130	21,87079408	13,29712302	290,8186394
1/2"	3/8"	183,64	47,32	25,76780658	8,86474868	228,4251293
SUMA =		4434,54	1765	129,7336897	35,2273518	754,7038154

Índice de Alargamiento = 24,9243886 %
Índice de Aplanamiento = 21,42380215 %

observaciones = _____

Anexo H1. Ensayo de Resistencia al desgaste de los agregados por medio de la maquina de los Ángeles del material de la cantera del Río de Oro



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

ABRASION DE AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES

FECHA: _____
PROYECTO: _____
LOCALIZACION: _____
ENSAYO No: _____

DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES

TAMAÑO		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA						
PESO	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	1/4"			2500				
1/4"	No 4			2500				
No 4	No 8				5000			
No esferas		12	11	8	6	12	12	12

PRUEBAS	1	2	3	4	5
Gradación usada	A				
No de esferas	12				
No de revoluciones	500				
Pa = muestra seca antes del ensayo (Gr)	5000				
Pb = peso muestra seca despues del ensayo y despues de lavar sobre el tamiz No 12 (Gr)	2800				
Perdida de material (Pa - Pb)	2200				
% Desgaste = ((Pa - Pb) / Pa) *100	44				
Especificación					

OBSERVACIONES
VoBo

Anexo H2. Ensayo de Resistencia al desgaste de los agregados por medio de la maquina de los Ángeles del material de la cantera de Bocas



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

ABRASION DE AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES

FECHA: _____
 PROYECTO: _____
 LOCALIZACION: _____
 ENSAYO No: _____

DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES

TAMANO		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA						
PESO	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	1/4"			2500				
1/4"	No 4			2500				
No 4	No 8				5000			
No esferas		12	11	8	6	12	12	12

PRUEBAS	1	2	3	4	5
Gradación usada	A				
No de esferas	12				
No de revoluciones	500				
Pa = muestra seca antes del ensayo (Gr)	5000				
Pb = peso muestra seca despues del ensayo y despues de lavar sobre el tamiz No 12 (Gr)	3585				
Perdida de material (Pa - Pb)	1415				
% Desgaste = ((Pa - Pb) / Pa) *100	28,3				
Especificación					

OBSERVACIONES

VoBo

Anexo H3. Ensayo de Resistencia al desgaste de los agregados por medio de la maquina de los Ángeles del material de la cantera del Río Chicamocha



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ABRASION DE AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES

FECHA: _____
PROYECTO: _____
LOCALIZACION: _____
ENSAYO No: _____

DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES

TAMAÑO		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA						
PESO	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	1/4"			2500				
1/4"	No 4			2500				
No 4	No 8				5000			
No esferas		12	11	8	6	12	12	12

PRUEBAS	1	2	3	4	5
Gradación usada	A				
No de esferas	12				
No de revoluciones	500				
Pa = muestra seca antes del ensayo (Gr)	5000				
Pb = peso muestra seca despues del ensayo y despues de lavar sobre el tamiz No 12 (Gr)	3780				
Perdida de material (Pa - Pb)	1220				
% Desgaste = $((Pa - Pb) / Pa) * 100$	24,4				
Especificación					

OBSERVACIONES

VoBo

Anexo H4. Ensayo de Resistencia al desgaste de los agregados por medio de la maquina de los Ángeles del material de la cantera del Río Sogamoso



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

ABRASION DE AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES

FECHA: _____
PROYECTO: _____
LOCALIZACION: _____
ENSAYO No: _____

DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES

TAMAÑO		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA						
PESO	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	1/4"			2500				
1/4"	No 4			2500				
No 4	No 8				5000			
No esferas		12	11	8	6	12	12	12

PRUEBAS	1	2	3	4	5
Gradación usada	A				
No de esferas	12				
No de revoluciones	500				
Pa = muestra seca antes del ensayo (Gr)	5000				
Pb = peso muestra seca despues del ensayo y despues de lavar sobre el tamiz No 12 (Gr)	3565				
Perdida de material (Pa - Pb)	1435				
% Desgaste = $((Pa - Pb) / Pa) * 100$	28,7				
Especificación					

OBSERVACIONES

VoBo

Anexo I1. Ensayo de Valoración de elementos arcillosos por medio del Azul de Metileno del material de la cantera del Río de Oro

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

VALORACIÓN DE ELEMENTOS ARCILLOSOS EN LOS MATERIALES FINOS POR MEDIO DEL AZUL DE METILENO. SEGÚN NORMA INVIAS E-235

FECHA	_____
PROYECTO	_____
LOCALIZACION	_____
DESCRIPCION	_____

Azul metileno (gr)	2
Muestra (gr)	24,7
Agua destilada (cc)	250

Indice de azul de metileno 8,09716599

Anexo I2. Ensayo de Valoración de elementos arcillosos por medio del Azul de Metileno del material de la cantera de Bocas

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

VALORACIÓN DE ELEMENTOS ARCILLOSOS EN LOS MATERIALES FINOS POR MEDIO DEL AZUL DE METILENO. SEGÚN NORMA INVIAS E-235

FECHA	_____
PROYECTO	_____
LOCALIZACION	_____
DESCRIPCION	_____

Muestra (gr)	23,5
Azul metileno (gr)	2
Agua destilada (cc)	250

Indice de azul de metileno 8,510638298

Anexo I3. Ensayo de Valoración de elementos arcillosos por medio del Azul de Metileno del material de la cantera del Río Chicamocha

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

VALORACIÓN DE ELEMENTOS ARCILLOSOS EN LOS MATERIALES FINOS POR MEDIO DEL AZUL DE METILENO. SEGÚN NORMA INVIAS E-235

FECHA	_____
PROYECTO	_____
LOCALIZACION	_____
DESCRIPCION	_____

Azul metileno (gr)	2
Muestra (gr)	29,3
Agua destilada (cc)	250

Indice de azul de metileno: 6,82593857

Anexo I4. Ensayo de Valoración de elementos arcillosos por medio del Azul de Metileno del material de la cantera del Río Sogamoso

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

VALORACIÓN DE ELEMENTOS ARCILLOSOS EN LOS MATERIALES FINOS POR MEDIO DEL AZUL DE METILENO. SEGÚN NORMA INVIAS E-235

FECHA	_____
PROYECTO	_____
LOCALIZACION	_____
DESCRIPCION	_____

Azul metileno (gr)	2
Muestra (gr)	27,8
Agua destilada (cc)	250

Indice de azul de metileno: 7,1942446

Anexo J1. Ensayo de Relación de peso unitario – Humedad en los suelos Proctor modificado del material de la cantera del Río de Oro



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

RELACIÓN DE PESO UNITARIO – HUMEDAD EN LOS SUELOS PROCTOR MODIFICADO

FECHA: _____
PROYECTO: _____
LOCALIZACIÓN: _____
ENSAYO No: _____

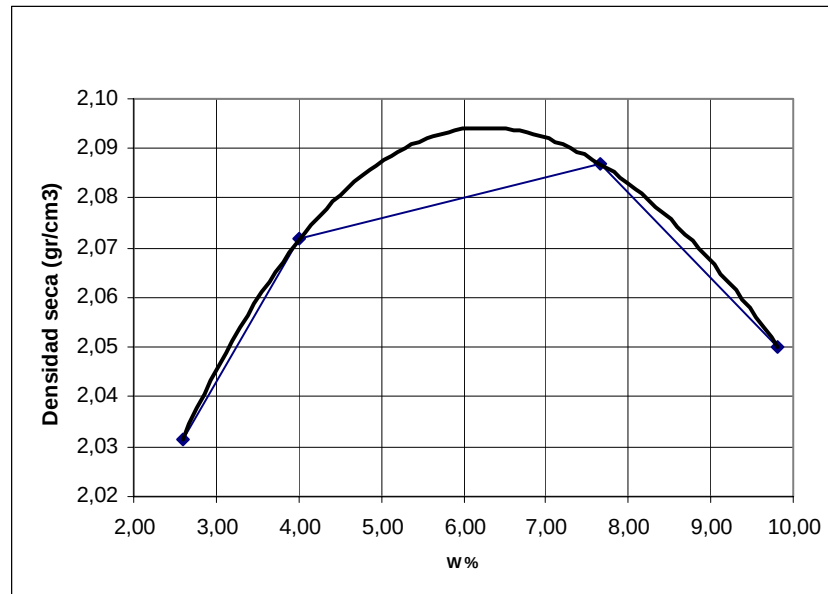
	C	A	B	W	W			r'1	r'
	Muestras	Peso tara	Peso Hum. + Tara	Peso Seco + Tara	% Humedad	Humedad	Peso Muestra + molde	Peso Muestra - molde	Densidad
1 / 50		7,10	51,03	49,92	2,59	0,025922	10955	4425	2,08
1 / 100		6,79	45,65	44,15	4,01	0,04015	11105	4575	2,15
2 / 100		7,48	52,86	49,63	7,66	0,076631	11300	4770	2,25
3 / 100		7,03	39,8	36,87	9,82	0,09819	11310	4780	2,25

$$W = \frac{A - B}{B - C} \times 100$$

Vol molde 2123,0632
Peso Molde
RIO DE ORO 6530
BOCAS 6525

$$r' = \frac{r'1}{w + 100} \times 100$$

Woptima 6,8 %
Den. Max 2,09 gr/cm³



Anexo J2. Ensayo de Relación de peso unitario – Humedad en los suelos Proctor modificado del material de la cantera de Bocas



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

RELACIÓN DE PESO UNITARIO – HUMEDAD EN LOS SUELOS PROCTOR MODIFICADO

FECHA: _____
PROYECTO: _____
LOCALIZACIÓN: _____
ENSAYO No: _____

	C	A	B	W			r'	r'
Muestras	Peso tara (gr)	W tara+ Wh (gr)	Peso Seco (gr)	% Humedad	Peso Muestra + molde (gr)	Peso Muestra (gr)	Densidad humeda (gr/cm ³)	Densidad seca (gr/cm ³)
1	6,95	40,88	40,06	2,5	11100	4575	2,15	2,10
2	7,34	40,57	39,1	4,6	11285	4760	2,24	2,14
3	7,37	32,06	30,38	7,3	11435	4910	2,31	2,16
4	6,75	35,63	33,08	9,7	11460	4935	2,32	2,12

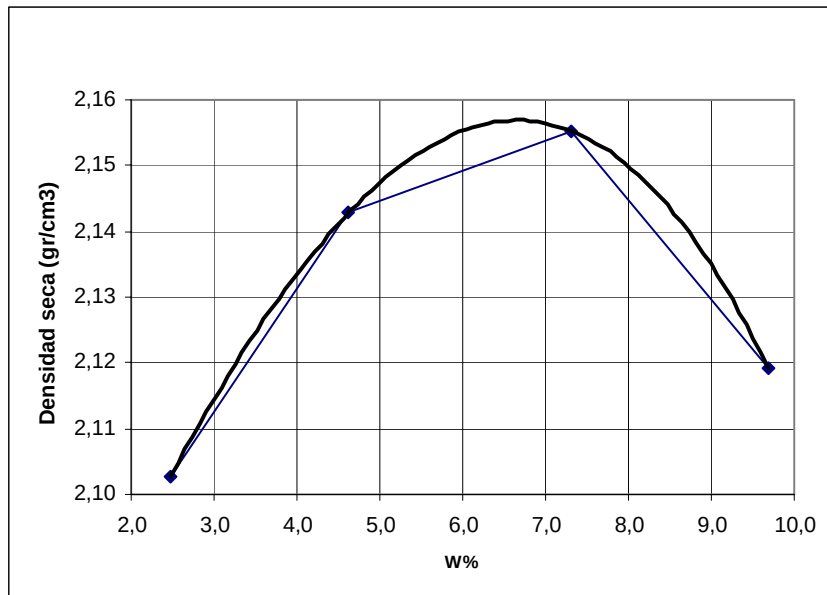
W optima

$$W = \frac{A - B}{B - C} \times 100$$

Vol molde 2123
Peso Molde

BOCAS 6525

$$r' = X \times 100$$



Anexo J3. Ensayo de Relación de peso unitario – Humedad en los suelos Proctor modificado del material de la cantera del Río Chicamocha



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

RELACIÓN DE PESO UNITARIO – HUMEDAD EN LOS SUELOS PROCTOR MODIFICADO

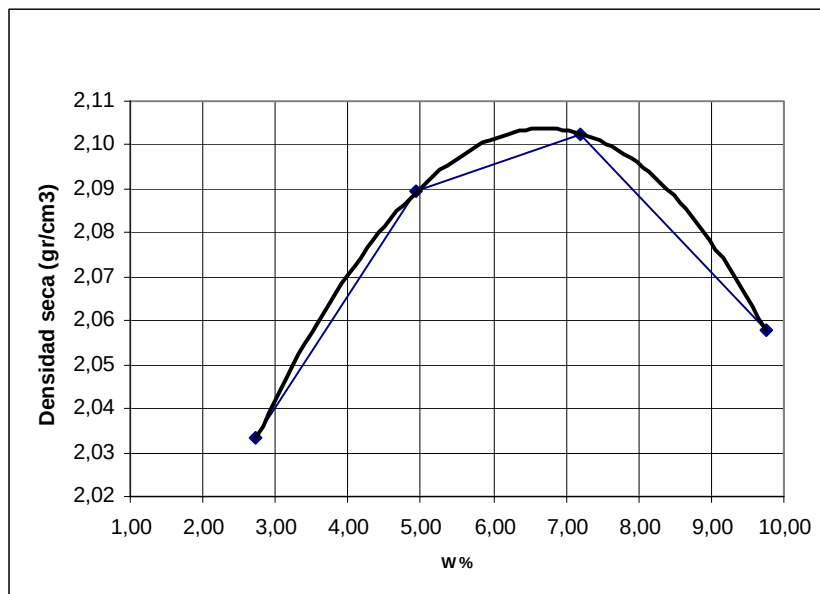
FECHA: _____
PROYECTO: _____
LOCALIZACIÓN: _____
ENSAYO No: _____

	C	A	B	W	W			r'1	r'
Muestras	Peso tara	Peso Hum. + Tara	Peso Seco + Tara	% Humedad	Humedad	Peso Muestra + molde	Peso Muestra - molde	Densidad	
1 / 50	7,10	46,53	45,48	2,74	0,03	10940	4435	2,09	2,03
1 / 100	6,45	50,22	48,16	4,94	0,05	11160	4655	2,19	2,09
2 / 100	7,14	31,29	29,67	7,19	0,07	11290	4785	2,25	2,10
3 / 100	6,74	58,77	54,15	9,74	0,10	11300	4795	2,26	2,06

$W = \frac{A - B}{B - C} \times 100$

Vol molde 2123,0632
 Peso Molde Chicamocha 6505

$r' = \frac{r'1}{w + 100} \times 100$



Anexo J4. Ensayo de Relación de peso unitario – Humedad en los suelos Proctor modificado del material de la cantera del Río Sogamoso



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

RELACIÓN DE PESO UNITARIO – HUMEDAD EN LOS SUELOS PROCTOR MODIFICADO

FECHA: _____
PROYECTO: _____
LOCALIZACIÓN: _____
ENSAYO No: _____

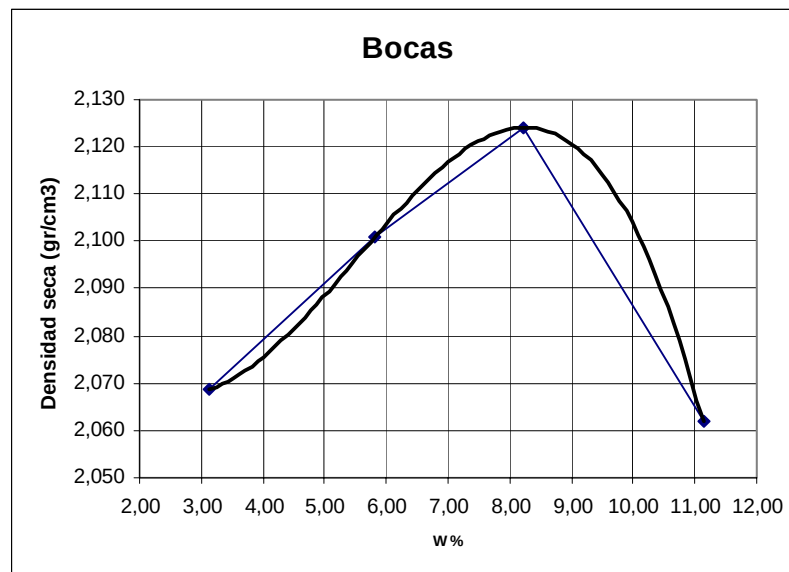
C	A	B	W	W				r' ¹	r'
Muestras	Peso tara	Peso Hum. + Tara	Peso Seco + Tara	% Humedad	Humedad	Peso Muestra + molde	Peso Muestra - molde	Densidad	
1 / 50	6,95	31,9	31,14	3,14	0,031418	11070	4530	2,134	2,069
1 / 100	6,82	29,74	28,48	5,82	0,058172	11260	4720	2,223	2,101
2 / 100	7,40	36,38	34,18	8,22	0,082151	11420	4880	2,299	2,124
3 / 100	7,60	29,66	27,45	11,13	0,111335	11405	4865	2,292	2,062

$$W = \frac{A - B}{B - C} \times 100$$

Vol molde 2123,0632
Peso Molde

$$r' = \frac{r'^1}{w + 100} \times 100$$

Sogamoso 6540



Anexo K1. Ensayo de Relación de soporte del suelo en el laboratorio del material de la cantera del Río de Oro



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

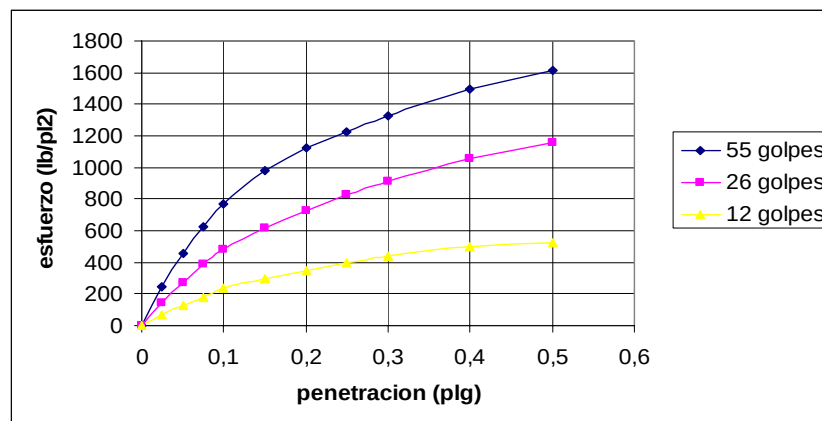
REIACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR)

FECHA: _____
PROYECTO: _____
LOCALIZACION: _____
ENSAYO No: _____

	C	A	B	W	W		r'1	r'
Muestras	Peso tara	Peso Hum. + Tara	Peso Seco + Tara	% Humedad	Humedad	Peso Muestra + molde	Peso Muestra - molde	Densidad
55	6,96	24,49	23,39	6,695	0,0669507	12275	5140	2,2481
26	6,29	28,28	26,92	6,592	0,065923413	11990	5115	2,1906
12	7,29	41,54	39,53	6,234	0,062344913	12005	4870	2,0857

	55			26			12		
penetracion pulg	lec carga	carga (lb)	presion (lb/pl2)	lec carga	carga (lb)	presion (lb/pl2)	lec carga	carga (lb)	presion (lb/pl2)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,025	170	1721,3	242,4	100	1012,5	142,6	50	506,3	71,3
0,05	320	3240,0	456,3	190	1923,8	271,0	90	911,3	128,3
0,075	440	4455,0	627,5	270	2733,8	385,0	125	1265,6	178,3
0,1	540	5467,5	770,1	340	3442,5	484,9	165	1670,6	235,3
0,15	690	6986,3	984,0	430	4353,8	613,2	210	2126,3	299,5
0,2	790	7998,8	1126,6	510	5163,8	727,3	245	2480,6	349,4
0,25	860	8707,5	1226,4	580	5872,5	827,1	280	2835,0	399,3
0,3	930	9416,3	1326,2	640	6480,0	912,7	310	3138,8	442,1
0,4	1050	10631,3	1497,4	740	7492,5	1055,3	350	3543,8	499,1
0,5	1130	11441,3	1611,4	810	8201,3	1155,1	370	3746,3	527,6

cbr % 0,1	77	48	24
cbr % 0,2	75	48	23



Anexo K2. Ensayo de Relación de soporte del suelo en el laboratorio del material de la cantera de Bocas



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

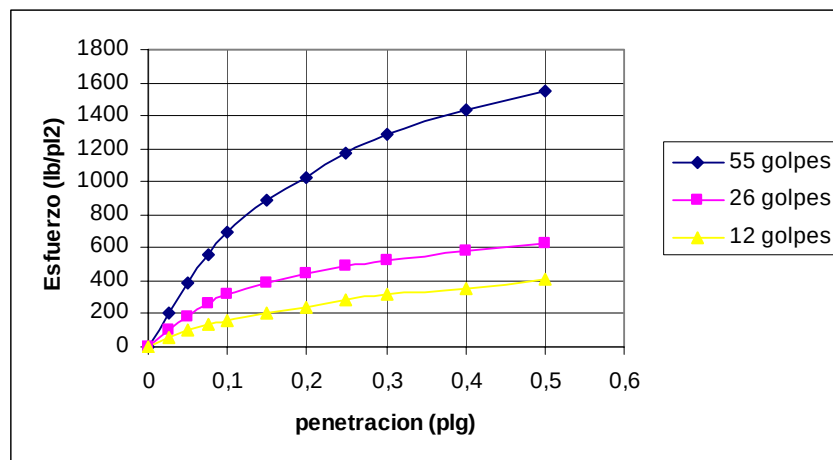
REIACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR)

FECHA: _____
PROYECTO: _____
LOCALIZACION: _____
ENSAYO No: _____

	C	A	B	W					r' ¹	r'
Nº golpes	Peso tara (gr)	W tara+ Wh (gr)	Peso Seco (gr)	% Humedad	Peso Muestra + molde (gr)	Vol molde (cm ³)	peso molde (gr)	Peso Muestra (gr)	Densidad humeda (gr/cm ³)	Densidad seca (gr/cm ³)
55	7,23	26,98	25,76	6,58	12325	2304,52	7075	5250	2,28	2,14
26	7,15	37,04	35,26	6,33	12180	2286,38	7090	5090	2,23	2,09
12	7,36	32,83	31,29	6,44	12100	2304,52	7125	4975	2,16	2,03

	55			26			12		
penetracion pulg	lec carga	carga(lb)	presion (lb/pl2)	lec carga	carga(lb)	presion (lb/pl2)	lec carga	carga(lb)	presion (lb/pl2)
0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0
0,025	140	1417,5	199,6	70	708,8	99,8	40	405,0	57,0
0,05	270	2733,8	385,0	130	1316,3	185,4	70	708,8	99,8
0,075	390	3948,8	556,2	180	1822,5	256,7	95	961,9	135,5
0,1	490	4961,3	698,8	220	2227,5	313,7	115	1164,4	164,0
0,15	620	6277,5	884,2	270	2733,8	385,0	145	1468,1	206,8
0,2	720	7290,0	1026,8	310	3138,8	442,1	170	1721,3	242,4
0,25	820	8302,5	1169,4	340	3442,5	484,9	200	2025,0	285,2
0,3	900	9112,5	1283,5	370	3746,3	527,6	220	2227,5	313,7
0,4	1010	10226,3	1440,3	410	4151,3	584,7	250	2531,3	356,5
0,5	1090	11036,3	1554,4	440	4455,0	627,5	290	2936,3	413,6

cbr % 0,1	70	31	16
cbr % 0,2	68	29	16



Anexo K3. Ensayo de Relación de soporte del suelo en el laboratorio del material de la cantera del Río Chicamocha



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

REIACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR)

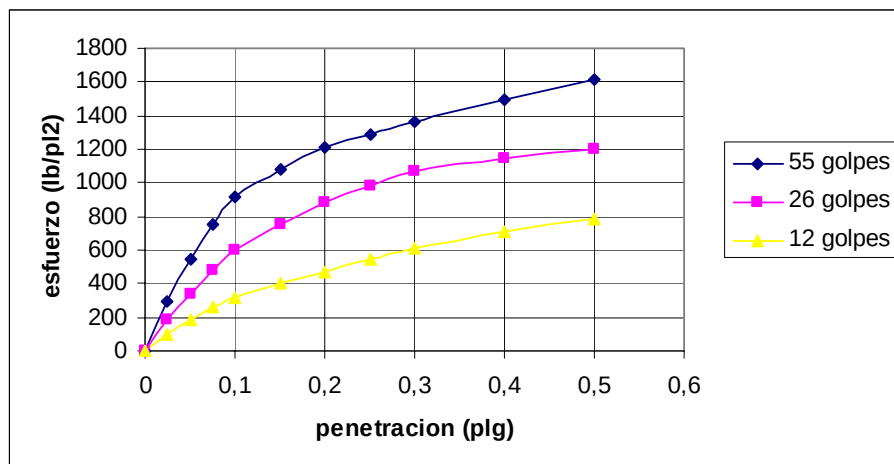
FECHA: _____
PROYECTO: _____
LOCALIZACION: _____
ENSAYO No: _____

	C	A	B	W	W		r'¹	r'
Muestras	Peso tara	Peso Hum. + Tara	Peso Seco + Tara	% Humedad	Humedad	Peso Muestra + molde	Peso Muestra - molde	Densidad

55	7,03	39,36	37,39	6,49	0,06	12205	5130	2,23	2,09
26	7,19	48,84	46,25	6,63	0,07	12125	5035	2,20	2,07
12	7,04	45,07	42,77	6,44	0,06	12130	5005	2,17	2,04

penetracion pulg	55			26			12		
	lec carga	carga (lb)	presion (lb/pl2)	lec carga	carga (lb)	presion (lb/pl2)	lec carga	carga (lb)	presion (lb/pl2)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,025	210	2126,3	299,5	130	1316,3	185	70	708,8	100
0,05	380	3847,5	541,9	240	2430,0	342	130	1316,3	185
0,075	530	5366,3	755,8	340	3442,5	485	180	1822,5	257
0,1	640	6480,0	912,7	420	4252,5	599	220	2227,5	314
0,15	760	7695,0	1083,8	530	5366,3	756	280	2835,0	399
0,2	850	8606,3	1212,1	620	6277,5	884	330	3341,3	471
0,25	900	9112,5	1283,5	690	6986,3	984	380	3847,5	542
0,3	960	9720,0	1369,0	750	7593,8	1070	430	4353,8	613
0,4	1050	10631,3	1497,4	800	8100,0	1141	500	5062,5	713
0,5	1130	11441,3	1611,4	840	8506,0	1198	550	5568,8	784

cbr % 0,1	91	60	31
cbr % 0,2	81	59	31



Anexo K4. Ensayo de Relación de soporte del suelo en el laboratorio del material de la cantera del Río Sogamoso



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

REIACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR)

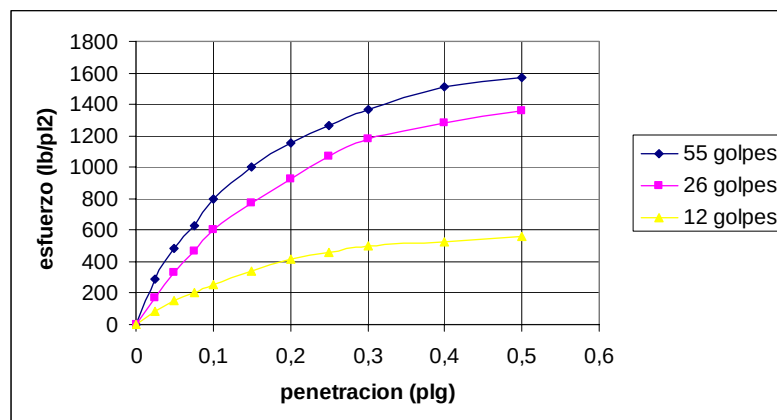
FECHA: _____
PROYECTO: _____
LOCALIZACION: _____
ENSAYO No: _____

	C	A	B	W	W	r'1	r'
Muestras	Peso tara	Peso Hum. + Tara	Peso Seco + Tara	% Humedad	Humedad	Peso Muestra + molde	Peso Muestra - molde

55	7,44	33,2	31,3	7,96	0,08	12810	5370	2,282	2,114
26	6,44	29,06	27,35	8,18	0,08	12200	5190	2,223	2,055
12	7,07	49,37	46,2	8,10	0,08	11950	5090	2,180	2,017

	55			26			12		
penetración n pulg	lec carga	carga (lb)	presión (lb/pl2)	lec carga	carga (lb)	presión (lb/pl2)	lec carga	carga (lb)	presión (lb/pl2)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,025	200	2025,0	285,2	120	1215,0	171,1	60	607,5	85,6
0,05	340	3442,5	484,9	230	2328,8	328,0	110	1113,8	156,9
0,075	440	4455,0	627,5	330	3341,3	470,6	140	1417,5	199,6
0,1	560	5670,0	798,6	420	4252,5	598,9	180	1822,5	256,7
0,15	700	7087,5	998,2	540	5467,5	770,1	240	2430,0	342,3
0,2	810	8201,3	1155,1	650	6581,3	926,9	290	2936,3	413,6
0,25	890	9011,3	1269,2	750	7593,8	1069,5	320	3240,0	456,3
0,3	960	9720,0	1369,0	830	8403,8	1183,6	350	3543,8	499,1
0,4	1060	10732,5	1511,6	900	9112,5	1283,5	370	3746,3	527,6
0,5	1100	11137,5	1568,7	950	9618,8	1354,8	390	3948,8	556,2

cbr % 0,1	80	60	26
cbr % 0,2	77	62	28



Anexo L. Ensayo de Índice de alargamiento y aplanamiento para gravillas del material de la cantera del Río de Oro



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS DESUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO SEGÚN NORMA INVIAS 230

Fecha: _____
Proyecto: _____
Localización: _____
Descripción: _____

INDICE DE ALARGAMIENTO

TAMAÑO TAMICES		PESO MUESTRA GRAMOS	PESO MATERIAL RETE. EN EL CALIBRADOR	% RETENIDO EN EL CALIBRADOR	% RETENIDO GRADACION ORIGINAL	% RETENIDO CALIBRADOR * RETENIDO GRAD. ORI.
PASANTE	RETENIDO					
3/8"	1/4"	140,7	72,02	51,18692253	6,737	344,8462971
1/4"	No 4	50,6	22	43,47826087	4,491	195,2608696
SUMA =		191,3	94,02	94,6651834	11,228	540,1071667

INDICE DE APLANAMIENTO

TAMAÑO TAMICES		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL PASA.	% PASA	% RETENIDO GRADACION	% RETENIDO CALIBRADOR
PASANTE RETENIDO		GRAMOS	EN EL CALIBRADOR	EN EL CALIBRADOR	ORIGINAL	* RETENIDO GRAD. ORI.
3/8"	1/4"	140,7	50,04	35,56503198	6,737	239,6016205
1/4"	No 4	50,6	15,76	31,14624506	4,491	139,8777866
SUMA =		191,3	65,8	66,71127704	11,228	379,479407

Indice de Alargamiento = 48,10359518 %

Indice de Aplanamiento : 33,79759592 %

observaciones = _____

Anexo M. Ensayo de Índice de alargamiento y aplanamiento para gravillas del material de la cantera del Río Chicamocha



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS DESUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO SEGÚN NORMA INVIAS 230

Fecha: _____
Proyecto: _____
Localizacion: _____
Descripcion: _____

INDICE DE ALARGAMIENTO

TAMAÑO TAMICES		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL RETE.	% RETENIDO	% RETENIDO GRADACION	% RETENIDO CALIBRADOR
PASANTE	RETENIDO	GRAMOS	EN EL CALIBRADOR	EN EL CALIBRADOR	ORIGINAL	* RETENIDO GRAD. ORI.
3/8"	1/4"	161,1	42,72	26,51769088	5,8554	155,2716872
1/4"	No 4	59,89	17,21	28,73601603	3,9036	112,1739122
SUMA =		220,99	59,93	55,2537069	9,759	267,4455993

INDICE DE APLANAMIENTO

TAMAÑO TAMICES		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL PASA.	% PASA	% RETENIDO GRADACION	% RETENIDO CALIBRADOR
PASANTE	RETENIDO	GRAMOS	EN EL CALIBRADOR	EN EL CALIBRADOR	ORIGINAL	* RETENIDO GRAD. ORI.
3/8"	1/4"	161,1	13,52	8,392302917	5,8554	49,1402905
1/4"	No 4	59,89	4,59	7,66405076	3,9036	29,91738855
SUMA =		220,99	18,11	16,05635368	9,759	79,05767905

Indice de Alargamiento = 27,40502094 %
Indice de Aplanamiento : 8,101002054 %

observaciones = _____

Anexo N. Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado del material de la cantera del Río de Oro después de la compactación sencilla

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA**

FECHA : _____
 PROYECTO : _____
 LOCALIZACION : _____
 MUESTRA : _____

PESO TARA (gr)	370
TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	10915
TARA+MUESTRA SECA (gr)	9715
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	9345
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LAMUESTRA gr : _____
 PESO DESPUES DE LAVADO gr : _____
 PORCENTAJE DE ERROR %: _____

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50,8				10	2	502,6	10,052	38,344
1 1/2"	36,1				20	0,84			
1"	25,4	400	8,000	92,000	40	0,42	782,7	15,654	22,690
3/4"	19,05	472,5	9,450	82,550	60	0,25			
1/2"	12,7				100	0,149			
3/8"	9,52	1075,6	21,512	61,038	200	0,074	666,6	13,332	9,358
No 4	4,75	632,1	12,642	48,396	PASA 200	*****	467,9	9,358	0,000
SUMA	****	2580,2	51,604	48,396	SUMA	****	2419,8	48,396	
					TOTAL		5000	100,000	

Anexo O. Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado del material de la cantera del Río de Oro después de la compactación Doble

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA**

FECHA : _____
PROYECTO : _____
LOCALIZACION : _____
MUESTRA : _____

PESO TARA (gr)	370
TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	10915
TARA+MUESTRA SECA (gr)	9715
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	9345
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr : _____
PESO DESPUES DE LAVADO gr : _____
PORCENTAJE DE ERROR %: _____

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50,8				10	2	483,6	9,672	43,327
1 1/2"	36,1				20	0,84			
1"	25,4	193,46	3,869	96,131	40	0,42	761,3	15,226	28,101
3/4"	19,05	496,3	9,926	86,205	60	0,25			
1/2"	12,7				100	0,149			
3/8"	9,52	1047,6	20,952	65,253	200	0,074	791,1	15,822	12,279
No 4	4,75	612,7	12,254	52,999	PASA 200	*****	613,94	12,279	0,000
SUMA	****	2350,06	47,001	52,999	SUMA	****	2649,94	52,999	
					TOTAL		5000	100,000	

Anexo P. Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado del material de la cantera del Río de Oro después de la compactación mas carga

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA**

FECHA : _____
PROYECTO : _____
LOCALIZACION : _____
MUESTRA : _____

PESO TARA (gr)	370
TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	10915
TARA+MUESTRA SECA (gr)	9715
PESO AGUA (gr)	
PESO MUEST. SECA (gr)	9345
HUMEDAD (%)	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr : _____
PESO DESPUES DE LAVADO gr : _____
PORCENTAJE DE ERROR %: _____

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50,8				10	2	490,6	9,812	40,926
1 1/2"	36,1				20	0,84			
1"	25,4	215,7	4,314	95,686	40	0,42	805,6	16,112	24,814
3/4"	19,05	533	10,660	85,026	60	0,25			
1/2"	12,7				100	0,149			
3/8"	9,52	976,5	19,530	65,496	200	0,074	730,4	14,608	10,206
No 4	4,75	737,9	14,758	50,738	PASA 200	*****	510,3	10,206	0,000
SUMA	****	2463,1	49,262	50,738	SUMA	****	2536,9	50,738	
					TOTAL		5000	100,000	