



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CÁSCARA DE HUEVO  
PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO  
FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRÚ,  
2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autores:**

Gustavo Eduardo Escobar Blas

Diego Alonso Reyes Asto

**Asesor:**

Mg. Germán Sagastegui Vásquez  
Código ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3182-3352>

Trujillo - Perú

**2022**

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Cintha Alvarado Ruiz</b>	<b>71412783</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Gonzalo Hugo Díaz García</b>	<b>40539624</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Eduard Rodríguez Beltrán</b>	<b>18213588</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme salud, permitirme cumplir y avanzar un escalón más en mi vida profesional, guiarme por el camino del bien y proporcionarme una grandiosa familia. A mis padres por su incondicional apoyo desde muy pequeño, por sus consejos y todo el amor que me han brindado y que me ha ayudado a hoy en día ser una gran persona y un buen profesional.

*Diego Alonso Reyes Asto*

A Dios, porque sin el nada se puede. A mis padres, que sin su apoyo no lo hubiéramos podido lograr, su bendición a diario nos protege y nos lleva por el camino del bien y que gracias a ellos hoy estoy logrando todas mis metas.

*Gustavo Eduardo Escobar Blas*

## AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado vida y por mantenerme con salud. A mis padres Marleny Asto y Ricardo Reyes por su apoyo incondicional y por el sacrificio que tuvieron que realizar todos los días para que yo pudiera estudiar y que nunca me faltara nada para hoy poder culminar mi carrera con éxito, todos mis logros se los debo a ustedes. A mis hermanos Giancarlo y Milagros y a mi familia, por su cariño y cuidado hacia mí, por su apoyo y haberme brindado toda su confianza. Por último, a todos mis profesores, compañeros y a todas las personas que en el camino me fueron brindando su apoyo y facilitaron que hoy en día este a puertas de cumplir con este objetivo tan anhelado.

*Diego Alonso Reyes Asto*

En primera instancia, agradecer a Dios por permitirnos llegar hasta donde estamos ahora. Agradecer a mi madre, Betty Laura Blas Castillo, quien con mucho esfuerzo y sacrificio logro darme la educación, fue mi modelo a seguir, quien me inculco sabiduría y valores que me ayudo a ser una persona de bien. Agradecer a nuestro asesor el ingeniero German Sagástegui, por seguir al pie nuestra investigación y apoyarnos siempre que lo necesitábamos, dedicando su tiempo y conocimientos. Agradecer a la universidad, por permitir convertirme en un ser profesional y gracias a todos los maestros que fueron parte de este proceso integral de formación.

*Gustavo Eduardo Escobar Blas*

## Tabla de contenidos

<b>JURADO CALIFICADOR</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b>	<b>71</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b>	<b>91</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>105</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>143</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>148</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación por AASHTO .....	27
Tabla 2 Sistema unificado de clasificación, símbolo de grupos para suelos arenosos.....	29
Tabla 3 Sistema unificado de clasificación, símbolos de grupos para suelos limosos y arcillosos.....	30
Tabla 4 Métodos de Estabilización.....	32
Tabla 5 Tamices y Aberturas para realizar Granulometría.....	49
Tabla 6 Diámetro Nominal de Partículas y Peso Mínimo de Porción.....	50
Tabla 7 Operacionalización de variables.....	72
Tabla 8 Tasa de crecimiento promedio.....	83
Tabla 9 Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 tn, en el carril de diseño.....	84
Tabla 10 Referido al porcentaje de la Máxima Densidad Seca con una penetración de Carga de 0.1” (2.5 mm) según el tipo de tráfico .....	85
Tabla 11 Parámetros de confiabilidad, desviación estándar e índice de serviciabilidad presente.....	86
Tabla 12 Coeficientes estructurales de capas de las capas de pavimento.....	88
Tabla 13 Espesores mínimos en pulgadas, en función a ejes equivalentes .....	89
Tabla 14 Coeficientes de drenaje en relación con Calidad de drenaje .....	90
Tabla 15 Análisis granulométrico de las muestras .....	91
Tabla 16 Límites de Atterberg de las muestras patrón .....	91
Tabla 17 Contenido de humedad de las muestras patrón .....	92
Tabla 18 Clasificación de suelos por SUCS y AASHTO.....	92
Tabla 19 Máxima Densidad Seca de las muestras analizadas por el ensayo de Proctor .....	93
Tabla 20 Contenido de humedad de las muestras analizadas por el ensayo de Proctor .....	94
Tabla 21 Ensayo CBR para las muestras patrón.....	94
Tabla 22 Ensayo CBR para las muestras con 3% de ceniza de café (CCC) y 2% de cascara de huevo (CH) .....	95
Tabla 23 Ensayo CBR para las muestras con 4% de ceniza de café (CCC) y 2% de cascara de huevo (CH) .....	95

Tabla 24 Ensayo CBR para las muestras con 5% de ceniza de café (CCC) y 2% de cascara de huevo (CH) .....	96
Tabla 25 Ensayo CBR para las muestras con 3% de ceniza de café (CCC) y 3% de cascara de huevo (CH) .....	96
Tabla 26 Ensayo CBR para las muestras con 4% de ceniza de café (CC) y 3% de cascara de huevo (CH) .....	97
Tabla 27 Ensayo CBR para las muestras con 5% de ceniza de café (CC) y 3% de cascara de huevo (CH) .....	97
Tabla 28 Ensayo CBR para las muestras con 3% de ceniza de café (CC) y 4% de cascara de huevo (CH) .....	98
Tabla 29 Ensayo CBR para las muestras con 4% de ceniza de café (CC) y 4% de cascara de huevo (CH) .....	98
Tabla 30 Ensayo CBR para las muestras con 5% de ceniza de café (CC) y 4% de cascara de huevo (CH) .....	99
Tabla 31 Resumen de rangos mínimos de CBR al 95% M.D.S. ....	99
Tabla 32 Ejes Equivalentes y Factor Camión.....	100
Tabla 33 Índice Medio Diario Semanal – Promedio de vehículos diarios .....	101
Tabla 34 Estudio de tráfico – Cargas de Ejes Equivalentes .....	101
Tabla 35 Parámetros de diseño de la metodología ASSTHO 93.....	102
Tabla 36 Coeficientes estructurales, de drenaje de capas de pavimento .....	103
Tabla 37 Espesores de capas de estructura de pavimentos.....	104
Tabla 38 Análisis de clasificación de resultados de suelo por SUCS y AASHTO. ....	117

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Capas de un pavimento .....	36
Figura 2 Tabla de Limite Liquido Fuente: Manual de Pavimentos MTC.....	66
Figura 3 Tabla de Estimación de Precisión. ....	68
Figura 4 Esquema de procedimiento de la investigación. ....	76
Figura 5 Ecuación AASTHO 93 para el cálculo de SN. ....	90
Figura 6 Ecuación ASSTHO 93 para obtención de SN (Número estructural) .....	102
Figura 7 Porcentajes de resultados de granulometría C-1. ....	109
Figura 8 Curva granulométrica C-1.....	109
Figura 9 Porcentajes de resultados de granulometría C-2. ....	110
Figura 10 Curva granulométrica C-2.....	110
Figura 11 Porcentajes de resultados de granulometría C-3. ....	111
Figura 12 Curva granulométrica C3 .....	111
Figura 13 Porcentajes de resultados de granulometría C-4. ....	112
Figura 14 Curva granulométrica C-4.....	112
Figura 15 Porcentajes de resultados de granulometría C-5. ....	113
Figura 16 Curva granulométrica C-5.....	113
Figura 17 Comparación de granulometría de las calicatas. ....	114
Figura 18 Porcentajes de límite líquido.....	115
Figura 19 Porcentajes de límite plástico.....	115
Figura 20 Porcentajes de índice de plasticidad.....	116
Figura 21 Contenido de humedad.....	117
Figura 22 Máxima densidad seca muestras patrón .....	119
Figura 23 Porcentaje de humedad óptima .....	119
Figura 24 Máxima densidad seca C-1. ....	121
Figura 25 Contenido de humedad C-1 (%). ....	122
Figura 26 Máxima densidad seca C-2. ....	122
Figura 27 Contenido de humedad C-2 (%). ....	123
Figura 28 Máxima densidad seca C-3. ....	124
Figura 29 Contenido de humedad C-3 (%). ....	124
Figura 30 Máxima densidad seca C-4. ....	125

Figura 31 Contenido de humedad C-4 (%).....	126
Figura 32 Máxima densidad seca C-5. ....	126
Figura 33 Contenido de humedad C-5 (%).....	127
Figura 34 Resumen de máxima densidad seca de las calicatas .....	128
Figura 35 Resumen de porcentaje de contenido óptimo.....	129
Figura 36 Ensayo de CBR al 0.1”.....	130
Figura 37 Ensayo de CBR al 0.1”.....	131
Figura 38 CBR con 3% de Cáscara de ceniza de café y 2% de cáscara de huevo al 0.1” y 0.2” .....	132
Figura 39 CBR con 4% de Cáscara de ceniza de café y 2% de cáscara de huevo al 0.1” y 0.2” .....	133
Figura 40 CBR con 5% de Cáscara de ceniza de café y 2% de cáscara de huevo al 0.1” y 0.2” .....	134
Figura 41 CBR con 5% de Cáscara de ceniza de café y 2% de cáscara de huevo al 0.1” y 0.2” .....	134
Figura 42 CBR con 4% de Cáscara de ceniza de café y 3% de cáscara de huevo al 0.1” y 0.2. ....	135
Figura 43 CBR con 5% de Cáscara de ceniza de café y 3% de cáscara de huevo al 0.1” y 0.2” .....	136
Figura 44 CBR con 3% de Cáscara de ceniza de café y 4% de cáscara de huevo al 0.1” y 0.2” .....	136
Figura 45 CBR con 4% de Cáscara de ceniza de café y 4% de cáscara de huevo al 0.1” y 0.2” .....	137
Figura 46 CBR con 5% de Cáscara de ceniza de café y 4% de cáscara de huevo al 0.1” y 0.2” .....	138

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Factor Camión .....	38
Ecuación 2 Factor de Equivalencia de Carga .....	39
Ecuación 3 Factor de crecimiento acumulado .....	40
Ecuación 4 Calculo de Trafico de Diseño .....	40
Ecuación 5 Ecuación 5 Calculo de Tasa de crecimiento y Proyección .....	41
Ecuación 6 Diseño de la estructura del pavimento flexible.....	45
Ecuación 7 Correlación de CBR menor del 7.2% con Módulo Resiliente.....	46
Ecuación 8 Correlación de CBR entre el 7.2% y 20% con Módulo Resiliente.....	46
Ecuación 9 Correlación de CBR mayor del 20% con Módulo Resiliente.....	46
Ecuación 10 Número Estructural SN.....	47
Ecuación 11 Porcentaje de Material que pasa el Tamiz de 0,074 mm .....	51
Ecuación 12 Porcentaje Retenido sobre cada Tamiz.....	51
Ecuación 13 Porcentaje que pasa.....	51
Ecuación 14 Porcentaje de Humedad Higroscópica.....	52
Ecuación 15 Densidad Húmeda.....	57
Ecuación 16 Densidad Seca.....	57
Ecuación 17 Peso Unitario Seco.....	58
Ecuación 18 Saturación de Agua.....	58
Ecuación 19 Contenido de Humedad .....	61
Ecuación 20 Limite Liquido .....	65
Ecuación 21 Limite Plástico .....	68
Ecuación 22 Índice de Plasticidad .....	68
Ecuación 23 Índice Medio Diario Semanal.....	82
Ecuación 24 Módulo de resiliencia (Mr).....	85
Ecuación 25 Número estructural propuesto (SN).....	87

## RESUMEN

La presente investigación, se desarrolló en el tramo de las vías Santa Elena y El Carmelo de la provincia de Viru, teniendo como objetivo principal determinar la influencia de la ceniza de café y cascara de huevo para la estabilización de subrasante del tramo Santa Elena – El Carmelo, Viru.

Para la ejecución de la presente tesis según su propósito es aplicada, de diseño experimental – cuasi experimental y para la recolección de datos se realizó la técnica de revisión documental, mediante la recolección de otros artículos e investigaciones científicas afines a nuestra investigación y observación mediante la realización de estudio de suelos para obtener los datos de Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor y CBR. Para el desarrollo de esta investigación, se realizó 5 calicatas para obtener nuestras muestras de estudios, agregando diferentes porcentajes de estabilizantes para lograr obtener el más eficaz. El ensayo con 4%CCC y 2%CH aumento el CBR en un 41.26% y 42.81%, siendo estos los porcentajes óptimos. En el ensayo de Proctor Modificado su densidad seca máxima paso de 1.523 gr/cm<sup>3</sup> a 1.793gr/cm<sup>3</sup>, su contenido de humedad óptimo paso de 14.28% a 20.61% con los porcentajes óptimos. Así mismo el diseño del pavimento flexible por el método AASHTO 93, el espesor de la carpeta asfáltica fue de 8 cm y la base de 18 cm. Se concluye que la cáscara de ceniza de café y la cáscara de huevo como estabilizantes logran aumentar considerablemente la subrasante, siendo los porcentajes óptimos un 4% CCC y 2%CH.

**Palabras clave:** Estabilización, cáscara de huevo, ceniza de café, huevo, CBR, Proctor.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Un suelo se considera estable cuando posee la resistencia suficiente para no sufrir grandes deformaciones ni excesivo desgaste en servicio por acción de las condiciones climáticas variables que se puedan presentar, además debe de conservar estas propiedades a través del tiempo. Un suelo natural puede tener a veces la composición granulométrica, la plasticidad y el grado de humedad adecuada, para que, siendo únicamente compactado, presente las características mecánicas que lo hacen utilizable como cimentación de una vía o camino. No obstante, si no se logra un adecuado equilibrio entre el rozamiento interpartículas y su adhesión, no se tendrá la estabilidad esperada. Por tanto, en lo general la estabilización de un suelo es un proceso que permite mejorar la calidad del suelo natural para obtener unas características físicas, químicas y mecánicas estables en relación con las condiciones medioambientales de servicio. Con estos procesos de estabilización puede alterarse una o más propiedades del suelo: controlarse la expansión, incrementar la resistencia, reducir la plasticidad, disminuir la permeabilidad, prevenir la erosión, entre otras propiedades.

En Ecuador, se realizó una titulación que se guía bajo un método comparativo al comportamiento de las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso extraído en una zona frecuentada de la ciudad de Babahoyo, provincia de los Ríos, con un material como “la ceniza de la cáscara de arroz” de una piladora de la misma ciudad como un producto estabilizante. De acuerdo con los ensayos realizados en laboratorio al suelo natural, se hizo fusiones de la muestra extraída con “la ceniza de cáscara de arroz” a un porcentaje de 20, 30 y 40 (%), logrando así elegir el porcentaje más adecuado que mejore la capacidad portante (CBR) del mismo. Se han realizado ensayos correspondientes a la norma ASTM, y estos

ensayos cumplen las condiciones específicas del “suelo en su estado natural y del suelo mezclado con ceniza de cascarilla de arroz”. Al evaluar los resultados, se encuentra que este tipo de diseño estable es una forma de afirmar el incremento de las cualidades mecánicas del suelo de la superficie de la carretera. (Herrera y Loor, 2021).

En Colombia, el estudio de estabilización de suelos surge como alternativa en la construcción de vías para reemplazar los materiales convencionales usados en las capas granulares y/o mejorar la subrasante de las estructuras del pavimento, a la vez que se aprovechan los residuos de la extracción del petróleo, buscando mitigar los impactos negativos al medio ambiente. Se emplearon suelos de la región de Tunja; un material granular y un suelo arcilloso de subrasante los cuales fueron caracterizados y posteriormente mezclados con diferentes porcentajes de lodo aceitoso, a cada mezcla se le realizó diferentes ensayos para determinar las propiedades y analizar el posible comportamiento en campo, entre ellos el CBR y módulos resilientes. Se determinó que con la adición del 6% de lodo se consiguen los mejores resultados referentes a mejorar las propiedades de resistencia y plasticidad del material granular y 4% para la subrasante, con periodos de curado de 26 días. (Alarcón, Jiménez y Benítez, 2020).

En Uruguay, el crecimiento de la producción agrícola e industrial trae como contrapartida el incremento de residuos, haciendo cada vez más difícil, costoso y ambientalmente insustentable su tratamiento y disposición final. Por ello es creciente en todo el mundo el interés en la utilización de los diversos residuos en distintas áreas, consiguiendo no sólo beneficios ambientales sino económicos. Particularmente en pavimentos se ha procurado utilizar productos residuales como estabilizantes de suelos para la construcción de subrasantes y capas de sub-base y base. Se presenta una investigación de caracterización de una mezcla de suelo arenoso con ceniza de cáscara de arroz (CCA) y cal. El objetivo fue

estudiar las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas, procurando encontrar una solución económica para pavimentos de bajo volumen de tránsito y resolver el problema ambiental de la disposición de la ceniza residual de la quema de la cáscara de arroz. Se observó un importante aumento del CBR de la mezcla de suelo con 20% de CCA y 10% de cal, con 28 días de cura, respecto al del suelo natural. El valor de CBR obtenido para la mezcla fue de 25%, lo que permite afirmar que el material así producido podría ser empleado como capa de subbase de pavimentos. (Behak y Peres, 2008).

En las obras viales peruanas, actualmente se utilizan estabilizadores convencionales como por ejemplo la emulsión asfáltica, el cemento o la cal, mientras que, el grupo de estabilizadores tipo polímero, no se encuentra normado ni definido como alternativa de solución para su uso como estabilizador de suelos. De igual forma, existe la necesidad de comparar, bajo las mismas condiciones de contexto, las características físico – mecánicas de muestras de suelos estabilizados con polímeros tales como resistencia y durabilidad respecto a suelos en estado natural; pero siendo ambas muestras obtenidas de obras viales peruanas.

En el departamento de Pasco, se llevó a cabo un análisis de la cal como una opción de agente estabilizante ya que posee características de absorción de agua y aumenta la resistencia de suelos arcillosos a través del agrupamiento de partículas de arcilla. En otras palabras, al interactuar cal con partículas de arcilla se produce un efecto de floculación, teniendo así una doble capa difusa que disminuye el potencial de hinchamiento y expansión de los suelos finos y mejorando la resistencia a la penetración. Se llevaron a cabo ensayos de granulometría, límites de consistencia, gravedad específica, Proctor modificado y el ensayo de CBR para diferentes testigos en estado natural y con porcentajes de 9 %, 15% y 21% de cal. También, se efectuó la clasificación de suelos por los métodos AASHTO Y SUCS para así completar los cálculos necesarios. El porcentaje óptimo de cal hallado fue

15%, con lo que se termina aumentando el valor del CBR del suelo de 3.3% a 5.9%. (Moale y Rivera, 2019).

En Trujillo, se realizó una investigación que evalúa el impacto que genera la utilización del polímero reciclado EVA en un suelo arenoso. Este polímero se obtuvo de un proceso de reciclaje de calzado de verano o sandalias, para luego ser pulverizado en una máquina rematadora y finalmente tamizado en laboratorio para obtener un polvo como material estabilizante. Con la aplicación del polímero se evalúa incorporar como posible estabilizante de suelos que genere un aumento en la resistencia de los suelos finos arenosos. Se realizaron ensayos de laboratorio como: granulometría, contenido de humedad, Proctor Modificado, CBR empleando un porcentaje de polímero reciclado equivalente al 3% del peso del suelo. En evaluación de resultados se aprecia que el uso del polímero EVA reciclado logra un incremento en la capacidad de soporte del suelo arenoso equivalente al 5%, mejorando sus propiedades y resistencia del estrato en mención. Si bien para ese trabajo se utilizó un 3% de polímero, se recomienda realizar ensayos de laboratorio previo a su utilización como alternativa de estabilización, para determinar el porcentaje óptimo del polímero a emplear para lograr una mayor resistencia deseada en el suelo. (Carranza y Guzmán, 2019).

La Norma CE.0.20 “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y TALUDES”, tiene como finalidad instaurar los requerimientos técnicos mínimos para el incremento necesitado de la resistencia de los suelos y de la estabilidad de taludes, usando procesos químicos, mecánicos o de alteración topográfica. Se debe estabilizar todos los suelos que, al perder su capacidad de carga, o al tener alteraciones excesivas, coloquen en peligro la vida humana, el medio ambiente y recursos materiales, conforme al estudio realizado por el Profesional Responsable.

Huancoillo y Yunior 2017, en su investigación, concluye que Las propiedades mecánicas del suelo natural si mejoran con la adición de Ceniza Volante y Cal en las dosificaciones planteadas, considerándolo apto para su uso en la conformación de afirmados según EG – 2013.

Así mismo, Chavarry, Figueroa y Reynaga (2020), en su artículo aportan que, la incorporación del cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) como estabilizante aumentó la capacidad de soporte del suelo en 64,52%, en relación con su capacidad de resiliencia debido a las características intrínsecas de la base, tales como la granulometría, sales solubles totales y contenido de humedad.

También, Carhuapoma y Tito, (2021), en su investigación concluyen que, el óptimo de contenido de polvo de fibra de vidrio a mezclar con el suelo arcilloso de baja plasticidad es de 10%. Esta dosificación logra mejorar la máxima densidad seca de 1.727  $\text{g/cm}^3$  a 1.782  $\text{g/cm}^3$  y aumenta el valor de CBR al 95% de 3.7% a 12.81%. Con esto se logra recategorizar el suelo estudiado, pasando de ser un suelo no apto como para subrasante de un pavimento, a ser un suelo muy bueno para para subrasante según el Manual de Carreteras del MTC, (2014).

En base a las investigaciones citadas en los 3 párrafos anteriores llegamos a inferir de que el uso de polímeros naturales para la estabilización de suelos inestables (arcillosos), ya que mejora las características mecánicas y físicas del suelo aumentando su resistencia y su capacidad de carga, además el uso de cascara de huevo y ceniza de café ayuda a disminuir la contaminación ambiental, debido a que estas partículas son obtenidas de los residuos sólidos y son recicladas. Asimismo, ambos polímeros se adhieren de una manera fácil y son materiales que mejoran el comportamiento del suelo aumentándoles el valor de su CBR de una manera positiva.

En el rubro de las pavimentaciones y carreteras existen un sin número de empresas a nivel nacional que se encargan de la estabilización de suelos, una de las compañías es el GRUPO TDM S.A.C. ubicada con el RUC: 20601170214, los cuales desde el año 1992 vienen ofreciendo soluciones integrales, basadas en un gran rigor técnico, productos de alta performance y servicios de instalación especializados y de calidad. Han ejecutado diversas obras de estabilizaciones en varias partes del Perú, sobre todo en zonas áridas, en donde mediante técnicas de construcción y aditivos, consiguieron mejorar las características del suelo.

Otra de estas empresas es INCOTEC CIMENTACIONES DEL PERU S.A.C. identificada con RUC: 20601415578, los cuales ofrecen soluciones integrales de obras geotécnicas en el Perú que generen valor a través del diseño de ingeniería haciendo uso de una matriz amplia de tecnologías de vanguardia. Entre uno de sus últimas obras de estabilización tenemos la del mejoramiento del Puerto Salaverry, en la cual usaron una compactación dinámica que consistía en dejar caer repetidamente una gran masa en patrones de rejilla regulares para mejorar los suelos a la profundidad requerida total.

En nuestro país, concretamente en Santa Elena – Carmelo, centros poblados de la provincia de Viru, uno de los problemas más recurrentes que se nos aparece al momento de querer iniciar una construcción es la presencia de suelos arcillosos expansivos o mal compactados debido a que en muchos sectores son zonas áridas o desérticas además de encontrarse cerca al mar, lo cual las lleva a no ser trabajables a primera instancia, ya que a futuro generara consecuencias desfavorables a las infraestructuras viales y viviendas ya que contarían con un mal soporte; es por eso que, nuestro análisis tiene como fin el perfeccionamiento de los suelos para la ejecución de los pavimentos y consecuentemente una mejor calidad de vida para los pobladores de esas localidades.

El problema parte desde la escasez de estudios geotécnicos o una mala realización de estos, ya que estos estudios son de vital importancia para poder conocer sus características físicas, químicas y mecánicas, así como su capacidad de soporte y a partir de ahí evaluar qué medidas se pueden tomar para que cumpla con las normas establecidas sobre pavimentación y poder estabilizarlas para mejorar su resistencia y puedan sacarles provecho.

Los suelos arcillo-arenoso tienden a presentar diferentes características que no son apropiadas para el uso de una pavimentación debido a que la resistencia de su sub-rasante es menor a lo establecido en la norma y trabajar con esos suelos sin ser tratados puede traer diversas consecuencias negativas tales como deformaciones, cangrejeras, desniveles, etc. Es por eso que la estabilización justamente ayuda a mejorar las características del suelo y aumentar su capacidad de soporte de su sub-rasante. Existen diferentes tipos de técnicas y materiales para realizar la estabilización, es así como para usar una diferente a las ya conocidas anteriormente, esta investigación pretende probar de que la adición de cascara de huevo y cenizas de café ayudara a estabilización de la sub-rasante, de esta forma ser considerada como una nueva tecnología y lograr mas adelante su uso y aplicación en el ambiente de la construcción de pavimentos como una alternativa ecológica y natural para la obtención de pavimentos más resistentes y más durables.

La base de esta investigación es realizar una mejora a los suelos, a su vez determinar la influencia del uso de cascara de huevo y ceniza de café como polímeros reciclados en la capacidad de soporte de la sub-rasante para el diseño de un pavimento flexible, ubicado entre los tramos de los poblados Santa Elena – El Carmelo – Viru.

El propósito de esta adición de cascara de huevo y ceniza de café es aumentar el índice de CBR de la sub-rasante del suelo, la cual será analizada mediante diferentes porcentajes de adición con la finalidad de encontrar el porcentaje más óptimo y que de mejores resultados

al suelo, ya con estos resultados se realizara el diseño de un pavimento flexible con el porcentaje que fue más favorable y así crear un patrón para futuras investigaciones.

Por otro lado, el no realizar esta investigación sobre la influencia de los polímeros naturales tales como cascara de huevo y ceniza de café, traería como consecuencia el dejar de lado una opción natural y ecológica de mejorar las características de un suelo arcillo-arenoso y aumentar su CBR a su sub-rasante, así como desaprovechar esta nueva tecnología para la estabilización de suelos, ya que el uso de estos polímeros está demostrado es una buena alternativa para facilitar el desarrollo de la ingeniería civil en el ámbito de transportes y carreteras.

## **1.2. Antecedentes de la investigación**

Figueroa & Reynaga (2019) mejoraron las características del suelo del Malecón Huaycoloro a fin de optimizar el desempeño del pavimento, ubicado en la quebrada Huaycoloro, provincia de Lima, mediante el empleo del estabilizante químico cloruro de calcio (p15). Recolectaron información mediante las acciones de análisis documental, se recopilaron estudios pasados relacionados al empleo de “cloruro de calcio”, los cuales fueron revisados de forma analítica; observación, se registraron los datos obtenidos in-situ y de los resultados de laboratorio; y reconocimiento del tramo a ejecutar, condiciones, visibilidad, clima, accesibilidad, entre otros (p66). Obtuvieron que el CBR de la vía para el diseño será de 49.53%; que en función al manual de Pavimentos determinaron que posee una categoría de “Subrasante excelente” al ser mayor a 30%. Debido a tal porcentaje y por ser tránsito mediano, el proyecto no contempla una subbase. De los ensayos realizados a la subrasante tiene baja plasticidad se determinó que es un suelo poco arcilloso; asimismo, obtuvo un CBR de 49.53% que en función al manual de pavimentos, posee una categoría de “Subrasante excelente” al ser mayor a 30%. Para la base, los ensayos de CBR realizados se obtuvo un

valor promedio de 50.25% y para base estabilizada, 144.77%; en tal sentido, se concluye en que el uso del 40% de cloruro de calcio. Lograron conseguir un incremento considerable de la capacidad de soporte CBR en suelos arenosos y gravosos, obteniendo una mejoría de 64.52%. (p130).

La investigación describe los procesos para realizar ensayos a la subrasante con el uso de cloruro de calcio en el cual se sustenta el gran incremento de porcentaje de CBR con lo cual cumplen su hipótesis y demuestran un buen uso de estabilizantes que deben usarse para algunos tipos de suelos.

Huamán y Troncos (2021). Determinaron si la adición de concha de abanico en el afirmado proveniente de la cantera La Obrilla mejora la estabilización de subbase de pavimentos, Castilla, Piura. Aplicaron un diseño de investigación correlacional donde intervenían la concha de abanico y el material afirmado, los cuales fueron analizados inicialmente por separado y luego en conjunto mediante 2 mezclas (concha de abanico y material afirmado), lo cual les sirvió para identificar la proporción de concha de abanico y material de afirmado. En este contexto se evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas mediante los ensayos de laboratorio de suelos como son: el Análisis granulométrico (MTC E107 - E109), contenido de sales solubles (Norma MTC E 219), Abrasión de los ángeles (Norma ASTM C – 131), equivalente de arena (Norma ASTM D - 2419), Partículas chatas y alargadas (ASTM D 4791), CBR (MTC E132), Proctor Modificado (MTC E 115), límite líquido (ASTM D423-66) y límite plástico (ASTM D424-59). Los resultados fueron bastante alentadores ya que la mezcla 1 cumplió con los estándares requeridos por la EG 2013. Se mejoró el CBR del material afirmado en un valor máximo de 53.8% así mismo se redujo el índice de plasticidad del material en 6%, también en el análisis granulométrico, la curva granulométrica encajó dentro de las envolventes de la

gradación B para material de subbase en zonas menores a 3000 msnm. Por lo tanto, concluyeron que es posible utilizar la mezcla 1, correspondiente a un 35% de concha de abanico y 65% material afirmado de la cantera la obrilla ya que cumple con los requerimientos establecidos en la EG - 2013.

Esta investigación aporta un ejemplo de cómo encontrar el porcentaje óptimo de estabilizante para lograr obtener una mejor resistencia por parte de la subbase mediante ensayos físico – mecánicas realizadas en laboratorios técnicamente normados. Esta investigación nos da a entender de que el uso de estabilizantes bajo una serie de estricto cumplimiento de norma se puede llevar a cabo logrando un mejor afirmado para pavimentos.

Chavéz (2019) comparó el Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Sodio como estabilizante químico para mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa

Rita, Distrito de Pariñas-Talara Piura, 2018. Para la aplicación práctica de las dos estabilizaciones tomó como referencia la calicata 2 tiene un California Bearing Ratio IN SITU (inicial) de 30.39%. Para métodos prácticos y para obtener una misma relación en proporciones y resultados se ha tomado en consideración que tanto para el Cloruro de Sodio (NaCl) y el Cloruro De Magnesio (Mg Cl<sub>2</sub>) o Bischofita, se elaboren las pruebas y ensayos en proporciones del 5%, 10%, 15% y 20%. De los estudios realizados pudo afirmar que el valor óptimo de estabilización para una mezcla de IN SITU + Cloruro De Magnesio (Mg Cl<sub>2</sub>) es de 80% de muestra + 20% de Cloruro De Magnesio (Mg Cl<sub>2</sub>), obteniendo un California Bearing Ratio (CBR) de 81.43%. Y con respecto al Cloruro de Sodio (Na Cl), el valor óptimo de estabilización para una mezcla IN SITU + Cloruro de Sodio (Na Cl) es de 95% de muestra + 5% de Cloruro de Sodio (NaCl), obteniendo un California Bearing Ratio (CBR) de valor de 42.82%. Con respecto a la adición de esta nueva técnica de estabilización, mediante los ensayos realizados a la Calicata 2 tiene un California Bearing Ratio IN SITU

(inicial) de 30.39%. A su vez pudo observar el incremento que ha tenido el uso paulatino de Bischofita (Cloruro de Magnesio) empezando de 5% hasta el 20%, para ello por norma se toma el valor del 95% de la Máxima Densidad Seca a 0.1” de penetración, Así, podemos concluir que al 5% de Bischofita + 95% de Muestra IN SITU, se ha obtenido un California Bearing Ratio (CBR) de 37.11%, Asimismo, al 20% de Bischofita + 80% de Muestra IN SITU, se ha obtenido un California Bearing Ratio (CBR) de 81.43%. Por otro lado, el uso paulatino de Cloruro de Sodio (NaCl), empezando de 5% hasta el 20%. También pudo observar que cuanto más es el porcentaje que se le adiciona de Cloruro de Sodio (NaCl), menor es la resistencia que aporta al suelo. Obteniendo un California Bearing Ratio (CBR) mayor de 52.55% al adicionándole el 5% de Cloruro de Sodio (NaCl), y la menor resistencia fue cuando se le adiciono el 20% de Cloruro de Sodio (NaCl), con un valor de 42.82%. Bajo esta investigación ella puedo afiramr que en comparación con el Cloruro de Sodio (NaCl), el Cloruro De Magnesio (Mg Cl<sub>2</sub>) o Bischofita aporta mayor resistencia al suelo a nivel de laboratorio.

El aporte de esta investigación es que nos brinda dos alternativas de estabilización de subrasante como es el Cloruro de sodio y el Cloruro de magnesio o mejor llamado Bischofita, la cual nos indica que a nivel de laboratorio y la segunda opción aporta una mayor resistencia y mejores características al suelo.

Carnero y Martos, (2019) determinaron la influencia de las partículas granulares de la valva del molusco bivalvo en el CBR de subrasantes arcillosas del pueblo de Chepate, distrito de Cascas, La Libertad. Las ratios de variación de las dimensiones en la trituración del molusco Choro de Mar fueron de entre 35.1mm y 18.4 mm, se realizaron 4 combinaciones granulométricas y se evaluaron para cada muestra extraída en cada kilómetro del tramo de carretera a evaluar cumpliendo con la normatividad ASTM – 1241 así como el

cumplimiento de la Norma Técnica Peruana. Los resultados obtenidos indicaron que la valva del molusco posee propiedades físicas similares a suelos granulares. Con una combinación del 28% de partículas granulares de la valva de dicho molusco se obtuvo un incremento del 45% del CBR del suelo arcilloso. Se concluyó que la valva de molusco bivalvo choro de mar funciona como material estabilizador para suelos arcillosos.

El aporte proporcionado por esta investigación es el uso de una especie natural como es el choro de mar para la estabilización de suelos arcilloso y mejorar su CBR, el cual es demostrado ya que podemos apreciar que si logra incrementar sus características mecánicas de CBR de casi el 50% en un suelo arcilloso.

Guamán, (2016) estudió la respuesta que tiene un suelo de tipo arcilloso con estabilizantes químicos, los cuales son, la cal y el cloruro de sodio. El proceso por el cual se llevó a cabo fue analizar las características físico-mecánicas del suelo en estado natural y con estabilizantes ya mencionados, realizando los respectivos ensayos de laboratorios como, resistencias a la compresión (gúlt y qadm), gravedad específica, densidad de la cal y el cloruro de sodio, límites de atterberg, proctor modificado y CBR (Capacidad de soporte del suelo). También se llevó a cabo el análisis de un estudio bibliográfico para saber más acerca del uso de estabilizadores, y ya que es una investigación descriptiva porque se estudiará las características físico-mecánicas del suelo con el uso de estabilizantes con cal y con cloruro de sodio realizando una comparativa de cuál de los dos es el que mejor se comporta. Los resultados indican que el suelo con Cal como estabilizante tiene un aumento del 26% para un 12.5%, mientras que el cloruro de sodio tiene un 5.8% para el mismo porcentaje de cloruro de sodio (12.5). Podemos concluir que con porcentajes de estabilizantes de 7,5% y 12,5%, el CBR nos da valores que varían entre 20,8% y 26%, usando cal como agente estabilizador (pág. 62)

La contribución de esta investigación es la comparación y descripción de dos componentes que se pueden utilizar para estabilizar suelos arcillosos, de los cuales queda comprobado mediante el análisis del CBR que la que brinda mejores resultados es la cal, ya que esta aumenta cuando se le adiciona un porcentaje de 12.5% de cal a comparación del 5.8% del cloruro de sodio.

Pico (2016) investigó el comportamiento físico y mecánico de suelos empleados en subrasantes usando cal y cloruro de sodio como estabilizantes. Comenzó con el recojo de datos, para seguir con la excavación de 3 calicatas a una separación de 1000 metros, para luego establecer las propiedades del suelo y realizar los ensayos de CBR usando los estabilizantes para poder realizar la comparación de estos. También realizamos el estudio necesario para ejecutar el diseño del pavimento flexible. En los resultados conseguidos para el ensayo de CBR tenemos que, para la calicata 1 en estado natural fue de 11.3% y que al estabilizar con cal este aumento a 27%; para la calicata 2 en estado natural fue de 11.3%, y con cal este aumento a 26.2%; para la calicata 3 en estado natural fue de 11.2%, y con cal este aumento a 26%. En el caso del ensayo de proctor modificado, para el suelo natural en la calicata 1, 2 y 3, se consiguió un contenido de humedad del 7% y una densidad seca de 1.598gr/cm<sup>3</sup>, 1.599gr/cm<sup>3</sup> y 1.589gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, para la muestra estabilizada con cal se consiguió para la calicata 1, 2 y 3 un contenido humedad de 10.2% y una densidad seca de 1.699gr/cm<sup>3</sup>, 1.7gr/cm<sup>3</sup> y 1.699gr/cm<sup>3</sup> respectivamente. Resaltando que se utilizó un porcentaje de cal del 8%. La muestra analizada según su clasificación SUCS es arena bien graduada (SW), donde se concluyó que, al agregarle la cal al suelo en su estado natural, obtuvimos un CBR promedio de 26.4%.

La anterior investigación tiene como aporte la gran importancia de la cal como una buena opción para estabilizar este tipo de suelos de una subrasante ya que esta tiene como

virtud que retiene el agua de una manera más eficiente teniendo el tipo de suelo arenoso graduado, tendremos mayor efectividad de la cal, ya que aumentará su resistencia de CBR hasta más que el doble que a la de su estado natural.

### **1.3. Bases teóricas**

#### **1.3.1. Suelos**

El suelo es definido como un compuesto natural no cementado de partículas minerales y sustancia orgánica en estado de descomposición, con líquido y gas en el área de espacios vacíos que encontramos entre las partículas que lo constituyen. El ingeniero, compara al suelo como un material de construcción que tienen una importante influencia en el diseño y construcción de una obra de ingeniería (Das, 1999).

Los suelos con características semejantes se clasifican en grupos y subgrupos basados en su conducta ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan una forma común para interpretar en forma concisa las propiedades generales de los suelos, que son enormemente variadas sin una descripción específica.

##### **1.3.1.1. Clasificación de suelos:**

###### **1.3.1.1.1. Sistema de clasificación AASHTO**

Hoy en día, dos métodos de clasificación que se emplea para la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos son usados comúnmente por los ingenieros de suelos. Éstos son el Sistema de Clasificación AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

- Tamaño del grano.

- Grava: Fracción que pasa la malla de 75mm y es retenida en la malla N°10 (2mm) de Estados Unidos.
- Arena: Fracción que pasa la malla N°10 (2mm) U.S. y es retenida en la malla N°200 (0.075mm) U.S.
- Limo y arcilla: Fracción que pasa la malla N°200 U.S.
- Plasticidad: El término limoso se aplica cuando las fracciones de finos del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menor. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones de finos tienen un índice de plasticidad de 11 o mayor.

En la tabla 1 encontramos el método de clasificación de suelos según AASHTO, el cual clasifica a los suelos por el tamaño de los granos que pasan por los diferentes tamices,

Tabla 1

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra que pasa la malla N°200)						Materiales limo-arcillosos (más de 35% pasa el tamiz # 200)					
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7		
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Tamizado, % que pasa												
N°10 (2 mm)	50 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N°40 (425 µm)	30 máx.	50 máx.	51 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N°200 (75 µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia												
Límite líquido						B		40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		N.P.			B		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	11 mín.
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena.		Arena fina	Grava y arena limo-arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Clasificación.	Excelente a bueno						Regular a malo					

Fuente: Norma AASHTO 93.

La colocación de A-3 antes de A-2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A-3 sobre A-2. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del grupo A-7-6 es mayor que LL-30.

Si encontramos cantos rodados y boleos (tamaños mayores que 75 mm), descartamos la ración del espécimen del suelo que se está clasificando, aun así, el porcentaje se registra.

Para clasificar el suelo de acuerdo con la tabla 1, los datos de prueba se aplican de izquierda a derecha. Por un proceso de eliminación, el primer grupo desde la izquierda en el que los datos de prueba se ajusten, es la clasificación correcta.

#### **1.3.1.1.2. Sistema de Clasificación SUCS**

La forma original de este sistema fue planteada por Casagrande en 1942 para emplearse en el rubro de la construcción de aeropuertos iniciado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la segunda guerra mundial. En cooperación con la Oficina de Restauración de Estados Unidos, el sistema fue revisado en 1952. En la actualidad, es muy usado por los ingenieros (Prueba D-2487 de la ASTM). El sistema unificado de clasificación se presenta en las tablas 2, 3 y 4; clasifica los suelos en dos grandes categorías.

- Suelos de partículas gruesas que son oriundos de tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla N°200.
- Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por la malla N°200. Las representaciones de grupo comienzan con un prefijo M, que denotan limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos orgánicos. El emblema Pt se usa para turbas, lodos y algún otro suelo muy orgánico.
- Otras representaciones son:
  - W: Bien graduado.
  - P: Mal graduado.
  - L: Baja plasticidad (límite líquido menor que 50).

- H: Alta plasticidad (límite líquido mayor que 50).

*Tabla 2*

*Sistema unificado de clasificación, símbolo de grupos para suelos arenosos.*

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5 % para la malla N°100; $Cu = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual a 6; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3.
SP	Menos de 5% pasa la malla N°200; no cumple ambos criterios para SW.
SM	Más de 12% pasa la malla N° 200; los límites de Atteberg se grafican debajo de la línea A, o índice de plasticidad menor que 4.
SC	Más de 12% pasa la malla N° 200; los límites de Atteberg se grafican arriba de la línea A, o índice de plasticidad menor que 7.
SC-SM	Más de 12% pasa la malla N°200; los límites de Atteberg caen en el área sombreada marcada CL-ML.
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla N°200 está entre 5 y 12; cumple con los criterios para SW y SM.
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla N°200 está entre 5 y 12; cumple con los criterios para SW y SC.
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla N°200 está entre 5 y 12; cumple con los criterios para SP y SM.
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla N°200 está entre 5 y 12; cumple con los criterios para SP y SC.

*Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos (1981).*

Tabla 3

Sistema unificado de clasificación, símbolos de grupos para suelos limosos y arcillosos.

Símbolo de grupo	Criterios
CL	Inorgánico, $LL < 50$ ; $PI > 7$ ; se grafica sobre o arriba de la línea A.
ML	Inorgánico, $LL < 50$ ; $PI > 4$ ; se grafica debajo de la línea A.
OL	Orgánico; $LL - \text{seco en horno}/(LL - \text{sin secar}) < 0.75$ ; $LL < 50$ .
CH	Inorgánico; $LL \geq 50$ ; $PI$ se grafica sobre o arriba de la línea A.
MH	Inorgánico; $LL \geq 50$ ; $PI$ se grafica debajo de la línea A.
OH	Orgánico; $LL - \text{seco en horno}/(LL - \text{sin secar}) < 0.75$ ; $LL \geq 50$ .
CL-ML	Inorgánico.
Pt	Turba, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos (1981).

Para una clasificación apropiada con este sistema, debe conocerse algo o todo de la información siguiente.

- Porcentaje de grava, es decir, la fracción que pasa la malla de 76.2mm y es retenida en la malla N°4 (abertura de 4.75mm).
- Porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa la malla N°4 (abertura de 4.75mm) y es retenida en la malla N°200 (abertura de 0.075mm).
- Porcentaje de limo y arcilla, es decir, la fracción de finos que pasan la malla N°200 (abertura de 0.075mm).
- Coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) y coeficiente de curvatura ( $C_z$ ).

- Límite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla N°40.

Los símbolos de grupo para suelos tipo grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GC, GP-GM y GP-GC. Similarmente, los símbolos de grupo para suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML, y Pt. Damos a continuación un procedimiento paso a paso para la clasificación de suelos:

#### **1.3.1.2. Estabilizantes del suelo**

Cuando un suelo presenta necesaria para no tener alteraciones ni desgastes inadmisibles por el hecho de los agentes climáticos, y conserva además esta condición bajo los efectos climatológicos normales en la localidad, se dice que el suelo es estable.

Para solucionar problemas estructurales y funcionales existen tratamientos que permiten aumentar la estabilidad de los suelos. A esto se le llama ESTABILIZACIÓN.

La estabilización de suelos tiene como finalidad mejorar sus propiedades geotécnicas: Estabilidad volumétrica, resistencia, permeabilidad, compresibilidad, durabilidad.

Los métodos de estabilización más comunes son: mecánicos, físicos, químicos, hidráulicos, térmicos.

Tabla 4

Métodos de Estabilización

Métodos	Físicos	Confinamiento (suelos no cohesivos).
		Preconsolidación (suelos cohesivos).
		Mezclas (suelo con suelo).
		Vibro flotación.
	Químicos (Estabilizaciones).	Con cemento.
		Con asfalto.
		Con sal.
		Con cal.
		Con otras sustancias (Sales como la Bischofita).
	Mecánicos	Compactación

Fuente: Rico y Del Castillo (1974)

#### 1.3.1.2.1. Estabilización de suelos con cal:

La estabilización de suelos con cal parece ser la más antigua de mejoramiento de suelos por este estilo de métodos. Hay evidencia de que la Vía Apía, acceso a la antigua Roma, se construyó utilizando estas técnicas. En términos generales, las técnicas de estabilización con cal hidratada son bastante similares a las de la estabilización con cemento, pero hay 2 aspectos de diferencia que conviene destacar desde un principio. En primer lugar, la cal tiene un espectro de aplicación que se extiende mucho más hacia los materiales más sencillos que el cemento y, y en contrapartida, se extiende algo menos hacia el lado de los materiales granulares de la naturaleza friccionante. En segundo lugar, está el uso cada día más extendido que se hace de la estabilización con cal como un pretratamiento, lo que da una fisonomía especial a muchos de los usos de cal, pues en estos casos, no necesariamente han de satisfacerse todos los requerimientos de una estabilización definitiva. La cal viva se utiliza con frecuencia en pretratamientos con suelos húmedos. La cal se prepara

generalmente calentando carbonatos de calcio, muchas veces bajo la forma de calizas naturales, hasta que se pierden su bióxido de carbono y devienen en óxidos de calcio; el material resultante es cal viva, muy inestable y ávida de agua, lo que hace difícil su manejo y almacenamiento, por lo que suele hidratarse de inmediato.

#### **1.3.1.2.2. Estabilización de suelos con cemento:**

La estabilización de suelos con cemento es una de las más utilizadas en el presente. Las prácticas relativas a ella arrancan en 1917, cuando Amies patentó un primer procedimiento de mejoramiento de suelos a base de mezclas de proporciones variables de cemento tipo Portland; desde entonces, la utilización del suelo-cemento para la mezcla de que se habla, se ha extendido por el mundo entero y crece cada día, sobre todo, pero no únicamente, en casos conectados con las vías terrestres y, muy particularmente, con el proyecto y construcción de pavimentos.

Los fenómenos químicos que ocurren entre suelo y cemento, cuando ambos se mezclan con el apropiado contenido de agua, aún no son comprendidos del todo, pero básicamente parece que consisten en reacciones de cemento con los componentes silicosos de los suelos, que producen conglomerantes que ligan a las gravas, arenas y limos; este es el efecto básico en los suelos gruesos. Además, el hidrato de calcio que se forma como consecuente del contacto del cemento con el agua, libera iones de calcio, muy ávidos de agua, que la toman de la que existe entre las laminillas de arcilla; el resultado de este proceso es la disminución de la porosidad y la plasticidad del suelo arcilloso, así como el aumento en su resistencia y su durabilidad.

#### **1.3.1.2.3. Estabilizante con ceniza de cáscara de arroz:**

Aualmente la producción agrícola, genera una gran cantidad de materiales de desechos como la ceniza de cáscara de arroz, los cuales generan problemas ambientales debido a la disposición de estos.

Se realizaron en laboratorio el estudio de las características físicas, mecánicas y químicas de los materiales obtenidos. Se procedió a realizar las mezclas suelo con ceniza de cáscara de arroz en diferentes porcentajes para evaluar su comportamiento geotécnico como estabilizador primario. Además, se realizaron combinaciones de suelo arcilloso, ceniza de cáscara de arroz y cal para poder incrementar las mejoras de sus propiedades y poder conocer si las cenizas de cáscara de arroz funcionan como agente estabilizador secundario. Los resultados obtenidos muestran una mejora debida la presencia de ceniza de cáscara de arroz. Con las combinaciones de suelo arcilloso, ceniza de cáscara de arroz y cal obtuvimos mejores ventajas que las mezclas de suelo arcilloso y ceniza de cáscara de arroz. Se logró incrementar el valor de soporte de california (CBR) de un valor de 5% hasta 19,4% realizando combinaciones de suelo arcilloso y ceniza de cáscara de arroz, teniendo la mezcla un 20% de ceniza de cáscara de arroz. No obstante, el incremento del valor de soporte de california (CBR) para las combinaciones de suelo arcilloso, ceniza de cáscara de arroz y cal lograron incrementar de 5% hasta 38,5% con un 20% de contenido de ceniza de cáscara de arroz. (Castro y Scipión, 2017).

#### **1.3.1.2.4. Estabilizante con ceniza proveniente de la cáscara de café:**

La Subrasante (afirmado) será estable dependiendo de la resistencia del material del que esté compuesta, las capas de afirmado son utilizadas como cimiento en estructuras de pavimento, en rutas no pavimentadas, y en superficies en contacto

directo con las cargas de tránsito, de un buen resultado dependerá la deformación ante las cargas. Consecuentemente se plantea el uso de la ceniza como un estabilizador y como consecuencia de este se espera el aumento de la resistencia, menor susceptibilidad a la humedad, reducción de la plasticidad y aumento de trabajabilidad entre otros, teniendo en cuenta que nuestro país es uno de los principales productores de café del mundo, aprovecharemos esta materia prima para ayudar a disminuir el proceso de alteración al medio ambiente integrándolo en el sistema constructivo de la estructura de un pavimento.

Los resultados del trabajo permiten utilizar la ceniza de cascarilla de café para estabilizar una muestra de suelo (afirmado) e incorporarla a la estructura de un pavimento flexible. Se considera que su uso puede mejorar el comportamiento de la capa de suelo (afirmado) y permitiría incrementar la capacidad de soporte de la Subrasante y con ello mejorar el desempeño de las diferentes capas estructurales que componen una vía. (Rojas, Gutierrez & Vargas, 2020).

#### **1.3.1.2.5. Estabilizante con cáscara de huevo:**

La justificación del estudio para la presente investigación, debido a las consecuencias que trae los suelos inestables en la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca, es utilizar la cáscara de huevo como estabilizante de suelos ya que ello podría ser una solución al problema que aqueja dicha carretera, pues en casos extremos especialmente en la época de invierno ambas ciudades han salido bastante perjudicadas al no poder movilizarse de una ciudad a otra por deslizamientos de la estructura del pavimento, baches. De igual manera se espera que el presente trabajo de investigación contribuya a minimizar la contaminación ambiental con la utilización y aprovechamiento de las propiedades de las cáscaras de huevo ya que

este es un residuo orgánico que por lo general se desecha. En la tabla 12 se presenta el resumen de los ensayos realizados, es decir de límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR. En forma general por medio de los resultados alcanzados de la presenta investigación se determinó que con la adición de cáscara de huevo (6% y 9% del peso seco del suelo) la influencia en la estabilización suelos arcillosos no es de manera significativa, ya que las propiedades de los suelos arcillosos mejoran en poca magnitud. Sin embargo, con la adición de cal la influencia en la estabilización suelos arcillosos es de manera significativa pues en este caso las propiedades de los suelos arcillosos mejoran en gran magnitud. Cabe mencionar que la pulverización de cáscara de huevo no logra mejoras abismales en comparación con la cal (Vilma, 2020).

### 1.3.2. Pavimento

Está integrado por un conjunto de capas superpuestas, de forma horizontal, que se realizan con materiales que cumplan con un estándar apropiado y adecuadamente compactados.



*Figura 1: Capas de un pavimento.* En la figura podemos observar un corte de una estructura de un pavimento constituido por un conjunto de capas superpuestas.

Para que un pavimento pueda desempeñarse a la medida para el cual fue diseñado, debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario.
- Debe ser económico.
- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos.

Factores considerados para el diseño de pavimentos

- Tráfico.
- Suelos.
- Clima.
- Serviciabilidad.
- Confiabilidad.
- Costos de mantenimiento y operación.

#### **1.3.2.1. Estudio de tráfico**

Uno de los aspectos más importantes, si no el determinante para el diseño es determinar el flujo de vehículos; es decir, qué tipo de vehículos transitan por la zona a analizar, y con qué frecuencia lo hacen. Asimismo, una vez obtenida esta información es necesario estimar una tasa de crecimiento para proyectar cuál será el flujo de vehículos dentro de los años que contemplará el diseño.

El estudio de tráfico tiene por objetivo directo determinar el Índice Medio Diario (IMD) que circulará por las vías alternas materia del presente proyecto y el

número de Ejes de Carga Equivalentes (EAL) que soportará la vía dentro de su periodo de vida, en el caso del IMD de la vía, por su parte la obtención del EAL permite el diseño del pavimento.

Cálculo de los valores de Ejes Equivalentes de carga (EAL-Equivalent Axle Load): Es el número calculado que se asume para la repetición del eje de carga equivalente a 80KN para una etapa establecida, usamos esta carga equivalente porque el tránsito se compone por diferentes vehículos de distintos pesos y número de ejes.

$$EAL = \#Vehículos \times \#Días \times Fac. Crecimiento \times Fac. Camión$$

Para determinar el EAL de diseño, se siguen los siguientes pasos.

#### **1.3.2.1.1. Cálculo del índice medio diario (I.M.D.)**

El IMD representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios, previsibles o existentes en una sección dada en la vía, ya que el conocimiento de este valor da una idea cuantitativa de la importancia de la vía y permite cálculos de factibilidad económica.

#### **1.3.2.1.2. Cálculo de EAL de diseño:**

Para el cálculo del EAL aplicamos la siguiente fórmula:

$$EAL = \#Vehículos \times \#días \times fac. crecimiento \times fac. camión$$

#### **1.3.2.1.3. Factor Camión:**

Se refiere al número de aplicaciones de carga equivalente a 18000 lbs aportado por el pasaje de un vehículo pesado, es decir lo que contribuye en el gasto de deterioro del pavimento cada vez pasa un vehículo pesado. Se determina mediante la siguiente expresión.

$$Factor Camion = \frac{\sum(\#ejes \times factor equivalencia de carga)}{N^{\circ} de vehiculos}$$

*Ecuación 1*

El factor camión se puede determinar de manera individual para cada tipo de vehículo comercial o con promedio de todo el flujo de tránsito pesado.

#### **1.3.2.1.4. Factor de equivalencia de carga**

Factor numérico que relaciona el número de aplicaciones de las cargas por eje de referencia que produce en el pavimento un determinado deterioro y el número requerido de aplicaciones de otra carga por eje para producir el mismo deterioro. El factor de equivalencia de carga por eje (FECE) depende de: Tipo de pavimento, condición estructural del pavimento, sistema de eje vehicular y índice de servicio final de estructura.

$$FECE = \left( \frac{\text{Carga por eje considerada}^n}{\text{carga por eje de referencia}} \right)$$

*Ecuación 2*

Según se determinó en el ensayo AASHTO, el valor de “n” en pavimentos asfálticos oscila en un entorno más o menos restringido (3.8 – 4.2), lo que ha llevado a los diseñadores a adoptar un valor igual a 4.0 en la solución de los problemas rutinarios con estos pavimentos, por este motivo la relación se conoce como “ley de la cuarta potencia”

$$FECE = \left( \frac{\text{Carga por eje considerada}^4}{\text{carga por eje de referencia}} \right)$$

En el mismo ensayo AASHTO, se determinó que, en pavimentos rígidos, la agresividad de una carga por eje respecto de la referencia seguía una ley similar, pero el coeficiente “n” era mayor en el caso de los pavimentos asfálticos, entre 4.0 y 4.4.

#### 1.3.2.1.5. Tasas de crecimiento (R%)

La tasa anual de crecimiento del tránsito se define en correlación con la dinámica de crecimiento socioeconómico. Varían entre 2 %– 6%.

#### 1.3.2.1.6. Factores de crecimiento acumulado (F.C.A.)

La AAHSTO recomienda el uso de un factor total de crecimiento que es equivalente al producto del factor de crecimiento por el periodo de diseño y se calcula con la siguiente formula.

$$(G)(Y) = \frac{(1 + r)^Y - 1}{r}$$

*Ecuación 3*

Donde:

r: La tasa de crecimiento en porcentaje.

Y: Periodo de diseño en años.

#### 1.3.2.1.7. Factor direccional y factor carril:

El factor de distribución carril expresado como una relación, que corresponde al carril que recibe el mayor número de EE, donde el tránsito por dirección mayormente se canaliza por ese carril.

El tráfico para el carril de diseño del pavimento tendrá en cuenta el número de direcciones o sentidos y el número de carriles por calzada de carretera, según el porcentaje o factor ponderado aplicado al IMD.

#### 1.3.2.1.8. Cálculo de tráfico de diseño:

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$TD = EExFcxFd$$

*Ecuación 4*

Donde:

EE: Ejes equivalentes.

Fc: Factor carril.

Fd: Factor direccional.

### **1.3.2.1.9. Cálculo de tasas de crecimiento y proyección:**

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando un formula de progresión geométrica por separado para el componente del tránsito de vehículos de pasajeros y para el componente del tránsito de vehículos de carga.

$$TPD = Td (1 + r)^{n-1}$$

*Ecuación 5*

Donde:

TPD: Tránsito proyectado del año “n” en veh/día.

TD: Transito actual (año base) en veh/día.

n: Número de años del periodo de diseño.

r: Tasa anual de crecimiento de tránsito.

### **1.3.2.2. Clasificación de los pavimentos**

#### **1.3.2.2.1. Pavimentos flexibles:**

El pavimento flexible está conformado por una carpeta bituminosa que se sostiene sobre dos capas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

Funciones de las capas de un pavimento flexible:

LA SUBBASE GRANULAR:

- **Función económica:** Es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cuales frecuentemente la más barata.
- **Capa de transición:** La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales.
- **Disminución de las deformaciones:** Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante.
- **Resistencia:** Se encarga de sostener los esfuerzos que generan las cargas de los vehículos.
- **Drenaje:** En la mayoría de las veces, la subbase se encarga de drenar el agua que se filtre por la carpeta o las bermas.

#### LA BASE GRANULAR:

- **Resistencia:** Se encarga de suministrar un componente resistente que transfiera los esfuerzos producidos por las cargas de los vehículos en una intensidad apropiada, los transmite a la subbase y a la subrasante.
- **Función económica:** La base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base.

#### CARPETA:

- **Superficie de rodamiento:** Debe suministrar un terreno uniforme y sólido al tránsito.
- **Impermeabilidad:** Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.
- **Resistencia:** Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.

#### **1.3.2.2.2. Pavimentos semirrígidos o semiflexibles:**

Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizado fabricado con un aditivo. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no cumplen con los requisitos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción.

#### **1.3.2.2.3. Pavimentos Compuestos:**

Un pavimento compuesto está hecho de HMA y PCC. Un pavimento ideal resulta del uso de PCC como capa de fondo y HMA en la capa superior, reuniendo las características más deseables. El PCC provee una base fuerte y el HMA provee una superficie lisa no reflectante. Sin embargo, este tipo de pavimento es muy caro y es usado rara vez como construcción nueva. En el año 2001, había cerca de 97.000 millas (155.000 km) de pavimentos compuestos en USA, prácticamente todos son pavimentos de concreto rehabilitados usando sobre capas de asfalto.

#### **1.3.2.2.4. Pavimentos Rígidos**

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia.

#### **1.3.2.2.5. Pavimentos Articulados:**

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concretos prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí.

#### **1.3.2.2.6. Pavimentos afirmados:**

El afirmado consiste en una capa compactada de material granular natural o procesada, con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas.

### **1.3.3. Subrasante**

La característica especial que define la propiedad de los materiales que componen la subrasante, se conoce como módulo de Resiliencia ( $M_r$ ). Inicialmente cuando se comenzaron a efectuar los primeros diseños de pavimentos, este concepto estaba basado en las propiedades de la subrasante, tales como:

- Granulometría.
- Plasticidad.
- Clasificación de suelos.
- Resistencia al corte.
- Susceptibilidad a las variaciones de temperatura.
- Drenaje.

Posteriormente se tomaron en cuenta las propiedades básicas de la subrasante y se analizaron otro tipo de ensayos que permitieran conocer en mejor forma el comportamiento de estos suelos. Se efectuaron ensayos utilizando cargas estáticas o de baja velocidad de deformación tales como el CBR, ensayos de

compresión simple. Estos se cambiaron por ensayos dinámicos y de repetición de cargas como el módulo de resiliencia, que son pruebas que demuestran en mejor forma el comportamiento y lo que sucede debajo de los pavimentos en lo que respecta a tensiones y deformaciones. Las propiedades físico-mecánicas son las características utilizadas para la selección de los materiales, las especificaciones de Construcción y control de calidad. La calidad de los suelos en el caso de las subrasantes se puede relacionar con el módulo de resiliencia, módulo de Poisson, valor soporte del suelo (CBR) y el módulo de reacción de la subrasante.

#### 1.3.4. Diseño de Pavimento Flexible por el método de AASHTO 93

El método originalmente conocido como AASHO, fue realizado en los Estados Unidos en la década de los 60, en donde se basó en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el estado de Illinois donde los suelos y climas son típicos para gran parte de Estados Unidos, según afirma (Salamanca Niño & Zuluaga Bautista, 2014). Así mismo, el MCSGGO-MTC se indica que el fin del diseño el cálculo del Número Estructural requerido (SNr), en donde se identifican y determinan los espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto (MCSGGP, 2014).

A continuación, se presenta la fórmula básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible mediante AAHTO-93: (MCSGGP, 2014).

$$(W_{18}) = Z_R S_D + 9.36(SN + 1) - 0.2 + \frac{\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32(M_R) - 8.07$$

*Ecuación 6*

Donde:

**W18:** “Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN) para un periodo de diseño, corresponde al Número de Repeticiones de EE de 8.2t; el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico (MCSGGP, 2014).

**Módulo de Resiliencia (Mr):** Es la medida de la rigidez del suelo, el cual para su cálculo se empleará la ecuación, que correlaciona con el CBR, recomendada por el MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide) (MCSGGP, 2014).

Según la guía AASTHO 93 tenemos la siguientes formulas del Módulo Resiliente en correlación con el porcentaje del CBR

$$CBR < 7.2 \% \rightarrow Mr = 1500 \times CBR$$

*Ecuación 7*

$$7.2\% CBR < 20 \% \rightarrow Mr = 3000 \times CBR^{0.65}$$

*Ecuación 8*

$$CBR > 20 \% \rightarrow Mr = 4326 \times \ln CBR + 241$$

*Ecuación 9*

**Confiabilidad (%R):** Representa la probabilidad en que una determinada estructura se comporta durante su periodo de diseño. Dicha probabilidad está basada en la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento.

**Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr):** representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.

**Desviación Estándar Combinada (So):** Es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento. La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de  $S_o$  comprendidos entre 0.40 y 0.50. Por otro lado, en el presente Manual se recomienda adoptar 0.45 para los diseños recomendados.

**Índice de Serviciabilidad Presente (PSI):** Es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor.

**Variación de Serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ):** Es la disminución entre la Serviciabilidad Inicial y Terminal asumida para el proyecto en desarrollo.

**Numero Estructural Requerido (SNR):** Este valor representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo o que cumpla con cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de subbase, mediante el uso de los coeficientes estructurales.

Irigoin indico que “SN es un indicador necesario para resistir las cargas vehiculares y espesores totales del pavimento” (Irigoin Quesquén, 2018) y según El Manual de Carreteras del MTC se le conoce como: “Número Estructural Requerido (SNR)” (MCSGGP, 2014)

Se determina con la siguiente fórmula:

$$SN = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3 \dots$$

*Ecuación 10*

Donde:

- $a_1, a_2, a_3$ : son los coeficientes estructurales o de capa, adimensionales.
- $m_1, m_2, m_3$ : son los coeficientes de drenaje.
- $D_1, D_2, D_3$  = son los espesores de capas, en pulgadas o cm, en este sentido, el número estructural llevará las unidades de los espesores de las diferentes capas del pavimento.

Así mismo, El Manual de Carreteras, Suelos Geología Geotecnia y Pavimentos-MTC, (2014) afirma que la ecuación SN no tiene una solución única, es decir hay una variedad de combinaciones de espesores de cada capa que dan una solución satisfactoria. El Ingeniero Proyectista, debe realizar un análisis de comportamiento de alternativas de estructuras de pavimento seleccionadas, de tal manera que permita decidir por la alternativa que presente los mejores valores de niveles de servicio, funcionales y estructurales, menores a los admisibles, en relación con el tránsito que debe soportar la calzada.

### **1.3.5. Ensayos de laboratorio**

#### **1.3.5.1. Análisis granulométrico de suelos por tamizado (ASTM D 422):**

Se encarga de determinar cuantitativamente la distribución del material estudiado según los tamaños de partículas del suelo. Este ensayo describe el método para determinar los porcentajes de muestra que pasan por los distintos tamices normados, hasta el de 74 mm (N° 200).

Este modo operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

EQUIPOS

-Dos balanzas. Una con sensibilidad de 0,01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (N° 4). Otra con sensibilidad de 0,1% del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

-Estufa. Capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C.

*Tabla 5*

*Tamices y Aberturas para realizar Granulometría*

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
3/8"	9,500
N°4	4,760
N° 8	2,000
N° 16	0,840
N° 30	0,425
N° 50	0,260
N° 100	0,106
N° 200	0,075

-Envases. Adecuados para el manejo y secado de las muestras.

-Cepillo y brocha. Para limpiar las mallas de los tamices.

Según las características de los materiales finos de la muestra, el análisis se realiza bien con el total de la muestra o con parte de ella, después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se lleva a un horno y se seca una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco desintegrándola con entre los dedos. Si se puede desintegrar fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces se puede proceder a realizar el análisis de tamices sin previo lavado. Se prepara una muestra

para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico (MTC E 106), la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayarán por separado.

El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en el modo operativo MTC E 106, ser· suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue: Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) el peso depender· del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 6:

*Tabla 6*

*Diámetro Nominal de Partículas y Peso Mínimo de Porción*

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

*Fuente: Norma ASTM D 422.*

El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4, 76° mm (N° 4) ser· aproximadamente de 115 g para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

Cálculos e informe: Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (N°4):

-Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4), dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el del suelo originalmente tomado y se multiplica el

resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

-Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9,52 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (N°4), el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (N°4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.

-Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4):

-Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N° 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso retenido en el tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

*Ecuación 11*

-Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

*Ecuación 12*

-Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100% los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{Pasa} = 100 - \% \text{Retenido acumulado}$$

*Ecuación 13*

Porcentaje de humedad higroscópica. La humedad higroscópica como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno,

expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{ Humedad higroscópica} = \frac{w - w_1}{w_1} \times 100$$

*Ecuación 14*

Donde:

w= Peso de la muestra secada al aire.

w<sub>1</sub>= Peso de la muestra secada en el horno.

#### **1.3.5.2. Proctor modificado:**

El ensayo de Proctor modificado abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, con la finalidad de determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 u 152,4 mm (4 u 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)). Este ensayo se aplica solo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm (3/4” pulg).

Existen 3 métodos alternativos. El método para utilizar debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

**METODO A:**

-Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg).

-Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (N° 4).

-Número de capas: 5

-Golpes por capa: 25

-Uso: Cuando el 20 % u menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N° 4).

-Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B o C.

#### METODO B:

Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.

Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm (# pulg).

Número de Capas: 5

Golpes por capa: 25

Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4) y 20% u menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm (# pulg).

Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

#### METODO C:

-Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.

-Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (æ pulg).

-Número de Capas: 5

-Golpes por Capa: 56

-Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (# pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (æ pulg).

El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no ser usado con los métodos A o B.

Los ensayos de Compactación realizados en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje óptimo de compactación y contenido de agua que son importantes para obtener las propiedades requeridas por la ingeniería y para poder realizar el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.

Durante el diseño de los rellenos de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el Optimo contenido de humedad ( $w_o$ ) y el Peso Unitario Seco máximo ( $Y_{dm\acute{a}x}$ ) mediante un ensayo de compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado ( $w$ ), sea del lado húmedo o seco del Optimo ( $w_o$ )  $\hat{U}$  al óptimo ( $w_o$ ) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ( $Y_{dm\acute{a}x}$ ). La selección del contenido de agua ( $w$ ), sea del lado húmedo o seco del óptimo ( $w_o$ )  $\hat{U}$  al óptimo ( $w_o$ ), y el Peso Unitario Seco ( $Y_{dm\acute{a}x}$ ) se debe basar en experiencias pasadas, o se deber· investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

#### **Equipos y materiales:**

-Molde de 4 pulgadas. Un molde que tenga en promedio  $101,6 \pm 0,4$  mm ( $4,000 \pm 0,016$  pulg) de diámetro interior, una altura de  $116,4 \pm 0,5$  mm ( $4,584 \pm 0,018$  pulg) y un volumen de  $944 \pm 14$  cm<sup>3</sup> ( $0,0333 \pm 0,0005$  pie<sup>3</sup>).

-Molde de 6 pulgadas. Un molde que tenga en promedio  $152,4 \pm 0,7$  mm ( $6,000 \pm 0,026$  pulg) de diámetro interior, una altura de:  $116,4 \pm 0,5$ mm ( $4,584 \pm 0,018$  pulg) y un volumen de  $2\ 124 \pm 25$  cm<sup>3</sup> ( $0,075 \pm 0,0009$  pie<sup>3</sup>).

-Pisón o martillo. El pisón debe caer libremente a una distancia de  $457,2 \pm 1,6$  mm ( $18 \pm 0,05$  pulg) de la superficie de espécimen. La masa del pisón ser  $4,54 \pm 0,01$  kg ( $10 \pm 0,02$  lb-m). La cara del pisón que golpea deberá ser plana y circular.

-Pisón manual. El pisón por utilizar debe estar equipado con una guía que tenga el suficiente espacio vacío para que la caída del pisón y la cabeza no sea restringida. La guía deber tener al menos 4 orificios de ventilación en cada extremo (8 orificios en total) localizados con centros de  $19,0 \pm 1,6$  mm ( $\frac{3}{4} \pm 1/16$  pulg) y espaciados a  $90^\circ$ . Los diámetros mínimos de cada orificio de ventilación deben ser 9,5 mm (# pulg). Orificios adicionales Û ranuras pueden ser incorporados en el tubo guía.

-Pisón mecánico circular. El pisón puede ser operado de una manera mecánica de tal forma en que proporcione una cobertura completa y de manera uniforme a la de la superficie del espécimen. Debe haber  $2,5 \pm 0,8$  mm ( $0,10 \pm 0,03$  pulg) de espacio libre entre el pisón y la superficie interna del molde en su diámetro más pequeños. El pisón mecánico debe cumplir los requisitos de calibración requeridos por el Método de Ensayo ASTM D 2168. El pisón mecánico debe estar equipado con medios mecánicos capaz de soportar el pisón cuando no esta en operación.

-Pisón mecánico. Cuando es usado un molde de 152,4mm (6,0 pulg), un sector de la cara del pisón se debe utilizar en lugar del pisón de cara circular. La cara que contacta el espécimen tendrá la forma de un sector circular de radio igual a  $73,7 \pm 0,5$ mm ( $2,90 \pm 0,02$  pulg). El pisón se operar de tal manera que los orificios del sector se ubiquen en el centro del espécimen.

-Balanza. Una balanza de tipo GP5 que reúna los requisitos de la Especificación ASTM D 4753, para una aproximación de 1 gramo.

-Horno de secado. El horno a utilizar debe contar con un control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, con la capacidad de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5$  °C a través de la cámara de secado.

-Regla. Se utilizará una regla recta metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 254 mm (10 pulgadas). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de  $\pm 0,1$  mm ( $\pm 0,005$  pulg).

-Tamices o mallas. De 19,0 mm ( $\approx$  pulg), 9,5 mm (# pulg) y 4,75mm (Nº 4), conforme a los requisitos de las especificaciones ASTM E11.

-Herramientas de mezclas. Diversas herramientas tales como cucharas, morteros, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. Ú un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

La masa de la muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 16 kg (35 lbm) y para el Método C es aproximadamente 29 kg (65 lbm) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener un peso húmedo de al menos 23 kg (50 lbm) y 45 kg (100 lbm) respectivamente.

Calcule el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado, plotee los valores y dibuje la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos. Plotee el Peso Unitario Seco con aproximación  $0,2$  kN/m<sup>3</sup> ( $0,1$  lbf/pie<sup>3</sup>) y contenido de agua aproximado a  $0,1\%$ . En base a la curva de compactación, determine el óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo. Si más de  $5\%$  en peso del material sobredimensionado (tamaño mayor) fue removido de la muestra, calcular el Peso unitario seco máximo y Óptimo contenido de Humedad corregido del material total usando la Norma ASTM D 4718. Esta corrección debe realizarse en el espécimen de ensayo de densidad de campo, más que al espécimen de ensayo de laboratorio.

La curva de saturación al 100% es una ayuda al diseñar la curva de compactación. Para suelos que contienen más de 10% de finos a contenidos de agua que superan el óptimo, las dos curvas generalmente llegan a ser aproximadamente paralelas con el lado húmedo de la curva de compactación entre 92 - 95% de saturación. Teóricamente, la curva de compactación no puede ser plotada o trazarse a la derecha de la curva de 100% de saturación. Si esto ocurre, hay un error en la gravedad específica, en las mediciones, en los cálculos, en procedimientos de ensayo o en el ploteo. La curva de 100% de saturación se denomina algunas veces como curva de relación de vacíos cero o la curva de saturación completa.

Peso unitario seco: calcular la densidad húmeda, densidad seca y luego el peso unitario seco como sigue:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{M_t - M_{md}}{V}$$

*Ecuación 15*

Donde:

$\rho_m$  = Densidad húmeda del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)

$M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (kg).

$M_{md}$  = Masa del molde de compactación (kg).

$V$  = Volumen del molde de compactación (m<sup>3</sup>).

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

*Ecuación 16*

Donde:

$\rho_d$  =Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m3).

$w$  =Contenido de agua (%).

$$\gamma_d = 62,43\rho_d \cdot \left(\frac{lbf}{pie^3}\right)$$

$$\gamma_d = 9.807\rho_d \cdot \left(\frac{KN}{m^3}\right)$$

*Ecuación 17*

Donde:

$\gamma_d$  =Peso unitario seco del espécimen compactado.

En el cálculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{\gamma_d(G_s)} \times 100$$

*Ecuación 18*

Donde:

$W_{sat}$  = Contenido de agua para una saturación completa (%).

$\gamma_w$  = Peso unitario de agua 9,807 KN/m3 ó (62,43 lbf/pie3).

$\gamma_d$  = Peso unitario seco del suelo.

$G_s$  = Gravedad específica del suelo.

La gravedad específica puede ser calculada para los especímenes de prueba en base de datos de ensayos de otras muestras de la misma clasificación de suelo y origen. De otro modo sería necesario el ensayo de Gravedad Específica NTP 339.131.

### 1.3.5.3. Contenido de humedad (ASTMD 2216):

Este ensayo se encarga de establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

El contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. Este ensayo determina el peso de agua desechada, enviando a secar la muestra del suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a  $110 \pm 5$  °C. El peso del suelo que queda después del secado en horno es usado como el peso de la muestra de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua.

Nota 1. (\*) El secado en horno siguiendo en método (a 110 ° C) no da resultados confiables cuando el suelo contiene yeso u otros minerales que contienen gran cantidad de agua de hidratación o cuando el suelo contiene cantidades significativas de material orgánico. Se pueden obtener valores confiables del contenido de humedad para los suelos, secándose en un horno a una temperatura de 60 °C o en un desecador a temperatura ambiente.

#### EQUIPOS

-Horno de secado: Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C. 4.1.2

-Balanzas: De 0,01 g para muestras de menos de 200 g. De 0,1 g para muestras de más de 200 g.

## MATERIALES

-Recipientes: Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.

Nota 2. Los recipientes y sus tapas deben ser herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmosfera después del secado y antes de la pesada final. Se usa un recipiente para cada determinación.

-Desecador (opcional): Un desecador de tamaño apropiado que contenga sílica gel o fosfato de calcio anhidro. Es preferible usar un desecante cuyos cambios de color indiquen la necesidad de su restitución.

Nota 3. El sulfato de calcio anhidro se vende bajo el nombre comercial Drier hite.

-Utensilios para manipulación de recipientes: Se requiere el uso de guantes, tenazas, o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.

-Otros utensilios: Se requieren el empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.

Las muestras serán preservadas y transportadas de acuerdo a la Norma ASTM D 4220-89 (Practices for Preserving and Transporting Soil Sample), Grupos de suelos B, C o D. Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corrosibles a una temperatura entre aproximadamente 3 y 30 °C y en un área que prevenga el contacto directo con la luz solar. Las muestras

alteradas se almacenarán en recipientes de tal manera que se prevenga  $\hat{U}$  minimice la condensación de humedad en el interior del contenedor.

La determinación del contenido de humedad se realizará tan pronto como sea posible después del muestreo, especialmente si se utilizan contenedores corrosibles: (tales como: tubos de acero de pared delgada, latas de pintura, etc.) o bolsas plásticas.

### CALCULOS

Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$
$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100$$

*Ecuación 19*

Donde:

$M_{CWS}$  = Es el peso del contenedor más el suelo húmedo.

$M_{CS}$  = Es el peso del contenedor más el suelo secado en horno.

$M_C$  = Es el peso del contenedor.

$M_W$  = Es el peso del agua.

$M_S$  = Es el peso de las partículas sólidas.

$w$  = Es el contenido de humedad (%).

### INFORME

El informe deberá incluir lo siguiente:

-La identificación de la muestra (material) ensayada, tal como el número de la perforación, número de muestra, número de ensayo, número de contenedor, etc.

-El contenido de agua del espécimen con aproximación al 1 % u al 0,1 %, como sea apropiado dependiendo de la mínima muestra usada. Si se usa este método juntamente

con algún otro método, el contenido de agua del espécimen deberá reportarse al valor requerido por el método de ensayo para el cual se determinó el contenido de humedad.

-Indicar si el espécimen de ensayo tenía un peso menor que el indicado.

-Indicar si el espécimen de ensayo contenía más de un tipo de material (estratificado, etc.).

-Indicar el método de secado si es diferente del secado en horno a  $110 \pm 5$  °C.

-Indicar si se excluyó algún material del espécimen de ensayo.

#### **1.3.5.4. Límite líquido (NTP 339.123):**

El límite líquido es equivalente al contenido de humedad expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como contenido de límite líquido al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa de Casa Grande 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

Discusión: Se tomará como dato que la resistencia al corte no drenado del suelo en el límite líquido es de 2 kPa (0,28 psi).

El valor calculado deber· aproximarse al centésimo.

Este tipo de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación que se encargan de caracterizar las fracciones de grano fino de suelos véase anexos de clasificación de este manual. (SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (ASTM D1241). Los ensayos para determinar el límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos son extensamente usados, tanto de manera individual como en conjunto. Existen ensayos

en los que son utilizados, tales como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.

Los límites líquido y plástico de un suelo pueden utilizarse con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que  $2\mu\text{m}$  para determinar su número de actividad.

Normalmente son utilizados tres métodos para evaluar las características de intemperización de materiales compuestos por arcilla-lutita. Cuando se someten a ciclos repetidos de humedecimiento y secado, los límites de estos materiales tienden a incrementarse. La magnitud del incremento se considera ser una medida de la susceptibilidad de las lutitas a la intemperización.

## EQUIPOS

- Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm ( $4\frac{1}{2}$ "') de diámetro aproximadamente.
- Aparato del límite líquido (o de Casagrande). De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos, construido de acuerdo con las dimensiones señaladas en la Figura 1. De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes. Figura 1. El aparato debe dar los mismos valores para el límite líquido que los obtenidos con el aparato de operación manual.
- Acanalador. Conforme con las dimensiones críticas indicadas en la figura 1.
- Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una

barra de metal de  $10,00 \pm 0,2$  mm ( $0,394 \pm 0,008$ " ) de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.

- Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  para secar la muestra.

#### MATERIALES

- Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3" a 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.

#### INSUMOS

- Pureza del agua: Cuando este método de ensayo sea referida agua destilada, puede emplearse agua destilada o agua desmineralizada.
- Se separa una pequeña proporción de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz  $425 \mu\text{m}$  (N° 40). Las muestras que fluyen libremente pueden ser divididas por los métodos de cuarteo o división de muestras. Las muestras cohesivas deben ser mezcladas totalmente en un recipiente con una espátula, o cuchara y se obtendrá una porción representativa de la masa total extrayéndola dos veces con la cuchara.

## CÁLCULOS

### **Multipunto**

Representar la relación entre el contenido de humedad,  $W_n$ , y el número de golpes correspondientes,  $N$ , de la copa sobre un gráfico semilogarítmico con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa en escala logarítmica. Trazar la mejor línea recta que pase por los tres puntos o más puntos graficados.

Tomar el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo. El método gráfico puede sustituir los métodos de ajuste para encontrar una línea recta con los datos, para encontrar el límite líquido.

### **Un punto**

Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

$$LL = kW^n$$

*Ecuación 20*

Donde:

$N$  = Número de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad.

$W^n$  = Contenido de humedad del suelo

$K$  = Factor dado en la siguiente tabla.

**Tabla A -1**

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

**Tabla 1**  
**Tabla de estimados de precisión.**

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
<b>Precisión de un operador simple</b>		
Límite Líquido	0,8	2,4
<b>Precisión Multilaboratorio</b>		
Límite Líquido	3,5	9,9

Figura 2 Tabla de Limite Liquido Fuente: Manual de Pavimentos MTC.

### 1.3.5.5. Límite plástico (NTP 339.129):

Se encarga de determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo.

Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de muestra de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodándolas entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.

Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (véase anexos de clasificación SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (ASTM D1241).

Lo plástico de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que  $2\mu\text{m}$  para determinar su número de actividad.

Equipos:

- Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" ñ 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
- Recipiente para Almacenaje, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.
- Balanza, con aproximación a 0,01 g.
- Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a  $110 \pm 5$  °C.
- Tamiz, de 426  $\mu\text{m}$  (N° 40).
- Agua destilada.
- Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

Si se quiere determinar sólo el L.P., se reservan aproximadamente 20 g de la muestra de suelo que pase por el tamiz de 426  $\mu\text{m}$  (N° 40), que se utilizara para el ensayo de límite líquido. Luego se amasa con agua destilada hasta que pueda obtenerse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera como muestra para el ensayo. El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.

Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse

en una etapa del proceso de amasado en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

Cálculos:

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 1 para la precisión de un operador.

**Tabla 1**  
**Tabla de estimados de precisión.**

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
<b>Precisión de un operador simple</b>		
Límite Plástico	0,9	2,6
<b>Precisión Multilaboratorio</b>		
Límite Plástico	3,7	10,6

*Figura 3 Tabla de Estimación de Precisión. Fuente: Manual de Suelos del MTC*

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

*Ecuación 21*

## CÁLCULOS DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

*Ecuación 22*

Donde:

L.L.= Límite líquido.

P.L.= Límite plástico.

L.L. y L.P., son números enteros.

Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).

Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál es la influencia de la ceniza de café y cáscara de huevo para la estabilización de subrasante de un pavimento flexible del tramo Santa Elena – El Carmelo, Virú, 2022?

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de la ceniza de café y cáscara de huevo para la estabilización de subrasante de un pavimento flexible del tramo Santa Elena – El Carmelo, Virú, 2022.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

OE1: Determinar las características físicas del terreno natural mediante los ensayos de granulometría, límites de Atterberg y contenido de humedad.

OE2: Determinar el tipo de suelo del tramo Santa Elena – El Carmelo, Virú, según la clasificación SUCS y AASHTO

OE3: Determinar la resistencia del suelo mediante el ensayo de CBR, Proctor Modificado y Compresión no Confinada de los suelos estabilizados con cascara de huevo y ceniza de café.

OE4: Obtener el porcentaje óptimo de la adición de cascara de huevo y cenizas de café para el diseño del pavimento flexible de la via Santa Elena – El Carmelo, Viru.

OE5: Determinar el diseño de un pavimento flexible para la via Santa Elena – El Carmelo, Viru.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

#### **2.1.1. Por el propósito:**

El proyecto de investigación en mención según su propósito es aplicada debido a que respeta y se basa en normativas y parámetros ya establecidos, compendios, especificaciones técnicas y teorías ya existentes donde el propósito es poner en práctica estos conocimientos para solucionar la problemática existente, ya que busca incrementar las características del suelo areno-arcilloso con cascara de huevo y ceniza de café reciclado en la sub-rasante. (Hernández, 2014)

#### **2.1.2. Según el diseño de investigación:**

Por el diseño de la investigación será experimental ya que existe una manipulación de la variable independiente de una manera intencional, para analizar el impacto que va a generar sobre la variable dependiente. La idea inicial es analizar que tanto podría mejorar las características del suelo de la sub-rasante con la adición de polímeros naturales tales como ceniza de café y cascara de huevo, para estudiar la influencia en la resistencia del CBR de los suelos para poder diseñar pavimentos flexibles en Santa Elena – El Carmelo, ciudad de Viru, 2021. (Hernández, 2014).

#### **2.1.3. Operacionalización de variables:**

Tabla 7

Operacionalización de variables.

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
V. Dependiente	Estabilización de suelos	La estabilización consiste en mezclar al suelo cohesivo una cantidad suficiente de aditivo para reducir reacciones químicas que cementan las partículas del suelo, de tal manera que la resistencia del suelo aumenta de forma significativa. (Montejo A., Montejo P. & Montejo P., 2018).	Las muestras trabajadas en el laboratorio de nuestra subrasante del tramo el Carmelo, Virú.	Propiedades físico - mecánicas de la muestra.	Ensayo de granulometría. Límites de Atterberg Contenido de humedad. Proctor modificado. CBR.	Intervalos
V. Independiente	Porcentaje de cáscara de huevo	El término cáscara de huevo es empleado para designar a la parte dura externa de un huevo. Su estructura suele variar según las especies, se puede decir que es una matriz de proteína alineada con cristales minerales, por regla general calcio en compuestos químicos como el carbonato de calcio, que se encuentra presente al 94%. (Caravaca, 2003)	Las muestras trabajadas en el laboratorio agregadas los porcentajes de cáscara de huevo y ceniza de café de nuestra subrasante del tramo el Carmelo, Virú.	Dosificación de cáscara de huevo.	Porcentaje (%).	Intervalos
	Porcentaje de ceniza de café	La cascarilla de café es la parte que envuelve los granos de café inmediatamente después de la capa de mucílago, que representa aproximadamente el 12%, y el grosor modificado entre 7 y 11 mm. Esto es para separar la parte extraída por el proceso de trilla. Una fuente de lignina, celulosa, pentosano, sílice y cenizas, y otros compuestos en proporciones más pequeñas (Coffea, 2005).	Las muestras trabajadas en el laboratorio agregadas los porcentajes de cáscara de huevo y ceniza de café de nuestra subrasante del tramo el Carmelo, Virú.	Dosificación de ceniza de café.	Porcentaje (%).	Intervalos

## **2.2. Diseño de investigación:**

Según su diseño de investigación es una investigación experimental – cuasi experimental, ya que si bien es cierto puede manipular de manera deliberada a la o las variables independientes, se diferencia del diseño experimental puro en el grado de seguridad. Por otro lado, en los diseños cuasiexperimentales, los sujetos actuantes no son asignados al azar a sus grupos, sino que ya están armados antes de realizar el experimento en base a sus características y la razón por la que fueron incluidas en la investigación. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p.151)

## **2.3. Variables**

### **2.3.1. Variable dependiente:**

- **Estabilización de suelos**

La estabilización de suelos tiende a mejorar propiedades físicas, mecánicas y de resistencia, con permanencia en el tiempo. El diseño de una estabilización con aditivo incluye clasificar el suelo, determinar el tipo y cantidad de estabilizante y el procedimiento para efectuar la estabilización. El método de diseño depende del uso que se pretenda dar al suelo estabilizado. Es difícil establecer patrones de estabilización de materiales, sobre todo cuando se tiene una gran diversidad de métodos de diseño de pavimentos. (Bada, 2016).

### **2.3.2. Variable independiente:**

- **Porcentaje de Cascara de Huevo:**

La cáscara de huevo sirve para proteger la parte interna del huevo, ya que el interior del huevo llega a ser un ovulo de la gallina no fecundado y este se deriva para el consumo humano. Una parte de su estructura que no se aprovecha es la

cáscara de huevo debido a que es un residuo orgánico, pero lo que no se sabe es que en sus propiedades presenta carbonatos y fosfatos es un material mineralógico. Es por ello que este residuo que la mayoría de la población tira se debería de reutilizar, ya que también aportaríamos con el cuidado del medio ambiente. (Caravaca, 2003)

- **Porcentaje de Ceniza de Café:**

El residuo de la cascarilla de café conocido coloquialmente como “Cisco”, es un producto de desecho agroindustrial, Usado en ámbitos como el Biocombustible, y ultimadamente en el sector constructivo, bien sea como un aditivo para los concretos estructurales o estabilizador de suelos finos para diseños de mezclas para pavimentos, Por el cual según la Federación Nacional de Cafeteros “ Para el proceso de secado del café, el principal factor es el uso de energía solar combinando casos de secado mecánico empleando algunos derivados del petróleo, como combustible, Diesel, ACPM o productos naturales carbón cisco de café. (CAFETEROS, 2011).

## **2.4. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

### **2.4.1. Población:**

Obras de pavimento flexible utilizando cascara de huevo y ceniza de cascara de café de la provincia de Virú.

### **2.4.2. Muestra:**

Obras de pavimento flexible utilizando cascara de huevo y ceniza de cascara de café del tramo Santa Elena – El Carmelo.

## **2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

La técnica de recolección de datos será mediante la revisión documental y la observación. Para ello en la revisión documental se recolectará información de diversas normas tales como investigaciones y artículos científicos relacionados con nuestras variables de estudios, los manuales de carreteras que están accesibles en internet gracias al Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Para la observación, luego de haber obtenido nuestra muestra de las calicatas realizadas, recolectaremos información a través de los estudios de mecánica de suelos realizados, los cuales son la granulometría, contenido de humedad, CBR, Proctor modificado, límites de Atterberg; también realizaremos un diseño de pavimento a partir de un estudio de tráfico realizado en el terreno ubicado en el tramo el Carmelo, Virú.

## **2.6. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

Los instrumentos realizados para la revisión documental fueron tablas de Excel, en las cuales registramos nuestras investigaciones seleccionadas por nuestras categorías específicas, fichas técnicas y tablas citadas por los respectivos autores; así mismo, los instrumentos para la recolección de información de la observación fueron tablas de estudio de tráfico – MTC, tablas de registros de los ensayos de mecánica de suelos establecidos por los manuales del MTC.

## **2.7. Procedimiento**

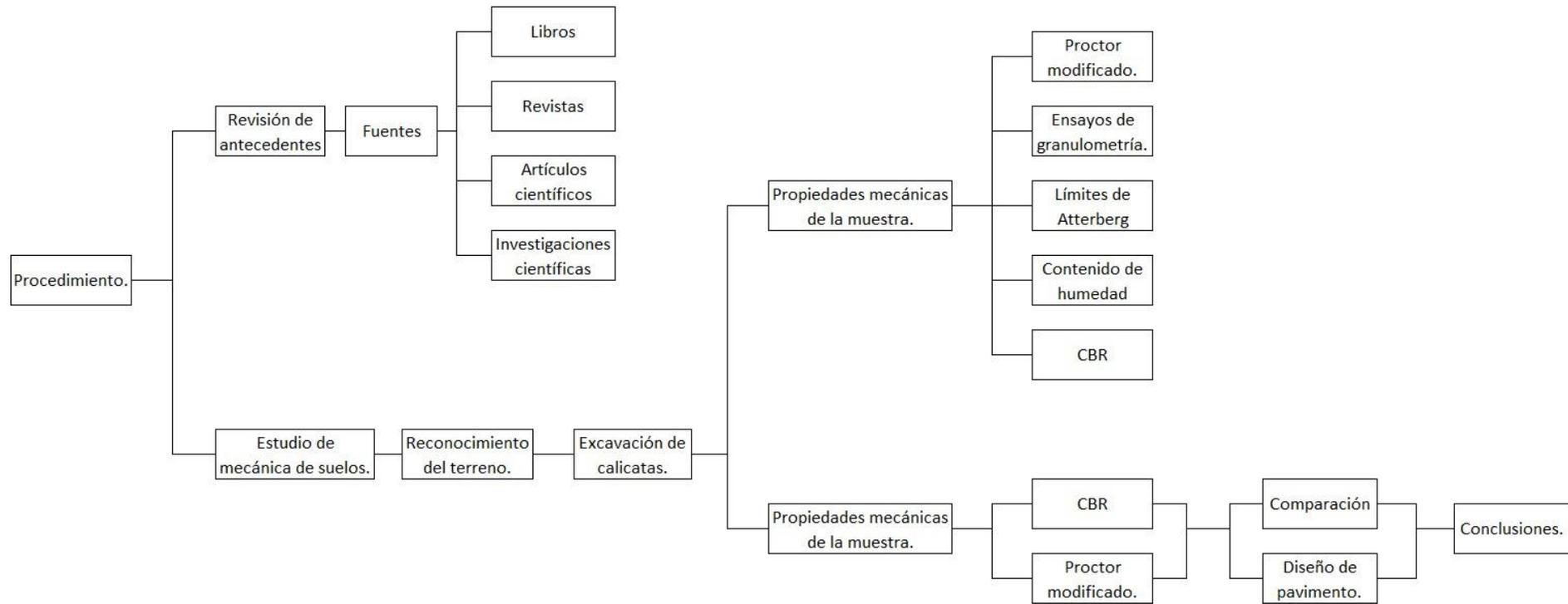


Figura 4 Esquema de procedimiento de la investigación. En la siguiente figura, podemos observar esquematizado en un mapa conceptual, los pasos que seguimos para realizar nuestra investigación, comenzando con la revisión de antecedentes hasta llegar a las conclusiones.

Para la presente investigación se desarrolló mediante un proceso de diferentes etapas, iniciando con la revisión de antecedentes y extracción de muestras, realizamos la excavación de las calicatas para luego poder obtener la muestra necesaria y así llevarlas al laboratorio de suelos para poder obtener las características físico – mecánicas del material de la subrasante. Primero realizamos los ensayos de granulometría, para poder determinar el porcentaje de finos que tiene nuestro material, con esto también pasamos a determinar el tipo de suelo con los métodos SUCS y AASHTO, también realizamos el contenido de humedad para poder encontrar el porcentaje de humedad óptimo del suelo. Luego pasamos a realizar los ensayos de CBR y Proctor Modificado, realizamos distintos ensayos para muestras en estado natural y muestras con diferentes porcentajes de estabilizantes para así poder realizar una comparación entre todas ellas y así ver qué porcentaje de estabilizante es el que más se adecua a nuestra investigación.

#### **Obtención de Material:**

Nuestra investigación se llevó a cabo en el tramo del centro poblado El Carmelo, Virú. Para la obtención de nuestro material y realizar su respectivo estudio de suelos, se realizó la excavación de 5 calicatas en la subrasante de nuestra vía a diseño. Nuestro tramo tiene una longitud de 2.5 km. Las calicatas tuvieron una dimensión de 1m x 1m x 1.5 de profundidad. Una vez llegando a la profundidad establecida, pasamos a tomar el material en sacos impermeables para llevarlas inmediatamente al laboratorio para que las muestra no pierdan sus propiedades.

#### **Ensayo de Granulometría:**

Para este estudio realizamos un ensayo para cada calicata que hicimos, para el ensayo se debe realizar con la muestra seca. El proceso fue poner el material de arriba hacia abajo en los tamices y ponerlos en la máquina vibradora, pasamos a tomar las muestras retenidas

en cada tamiz y a pesarlas en las balanzas con una sensibilidad de 0.01g para así lograr sacar los porcentajes que retuvieron cada tamiz.

### **Ensayos de los límites de Atterberg:**

#### **Límite líquido:**

Para realizar este ensayo, tomamos una muestra de material fino y le agregamos agua en un recipiente, mezclándola con una espátula hasta obtener una mezcla uniforme. Cuando ya tengamos la mezcla uniforme, pasamos a ponerlo en la cuchara de casa grande a ras, para después, hacerle una ranura justo en el medio, de arriba hacia abajo con un acanalador, paso siguiente, comenzamos a hacer girar la cuchara de una forma rápida y constante, cuando la ranura apenas se junte en la parte inferior, finalizaremos y utilizaremos la muestra. Siempre debemos registrar el número de muestra, si excede o no llega a los golpes que necesitamos, el ensayo se debe volver a hacer. Nosotros para nuestra investigación, realizamos el ensayo para 10, 15 y 25 golpes. Cuando obtuvimos las muestras, pasamos a hacer un corte justo en el medio de la cuchara de casa grande, para poner obtener nuestras muestras, pesarlas en un recipiente y ponerlas en el horno para registrar su peso seco al pasar las 24 horas.

#### **Límite Plástico:**

Para la realización de este ensayo, utilizamos muestra que pase haya pasado por la malla N°40. Pasamos a humedecer la muestra con una espátula hasta obtener una pequeña maza circular, con la mano, en una base de vidrio, pasamos a darle la forma de un cilindro de unos 3,2 mm de diámetro, cuando nuestra muestra se rompa o raje a este diámetro, podremos usar la muestra, si se desmorona mucho antes o mucho después, la muestra no sirve y se debe volver a realizar el ensayo. Luego pasamos a pasar la muestra a un recipiente para pesarlo y colocarla al horno por 24 horas, luego pesarlas y así calcular su contenido de humedad de la muestra.

**Ensayo de contenido de humedad:**

Para realizar este ensayo, realizamos 3 muestras diferentes para cada calicata realizada, utilizamos 110, 120 y 140g aproximadamente. El trabajo consistió en poner la muestra tal cual, en su estado natural en un recipiente, registrar el peso y ponerla en el horno por un tiempo de 24 horas, para sacarlo al día siguiente y así obtener el peso seco para así lograr obtener el porcentaje de humedad de nuestra muestra natural.

**Clasificación de suelo según SUCS y AASHTO:****Clasificación SUCS:**

Para clasificar nuestra muestra según este método, utilizamos los datos obtenidos en los ensayos anteriores, de granulometría y los límites de Atterberg. Este ensayo básicamente lo realizamos observando la tabla de la cuchara de casa grande y con los resultados de los límites de Atterberg reemplazar los valores para así obtener la clasificación de nuestra muestra.

**Clasificación AASHTO:**

Para la clasificar nuestra muestra según este método, necesitaremos los datos de granulometría obtenidos anteriormente. Pasamos a observar la tabla de clasificación de materiales para subrasantes de carreteras, que clasifica a los suelos según los porcentajes que pasen la malla N°10, N°40 y N°200. Con nuestros datos de granulometría pasamos a obtener nuestra clasificación de todas nuestras muestras.

**Ensayo de CBR, Proctor Modificado y Compresión no confinada:****Ensayo de Proctor Modificado:**

Para este ensayo, separamos una muestra que haya pasado por la malla N°4. En un recipiente grande, pasamos a colocar nuestra muestra, aproximadamente entre 30 a 40 kg la humedecemos con su cantidad de agua determinada y pasamos a realizar nuestro cuarteo.

Debemos registrar el peso del molde sin su collarín, una vez pesado y para comenzar a meter la muestra, lo colocamos. Pasamos a colocar nuestra muestra en el molde, la cantidad la tenemos que ir midiendo nosotros para que nos alcance en un total de 5 capas, cada capa será compactada sucesivamente y distribuidas uniformemente por 56 golpes de nuestro martillo. Nuestra última capa debe quedar un par de centímetros por encima del collarín. Una vez terminada la quinta tapa, pasamos a quitar el collarín y con una regla metálica enrasamos la parte superior hasta que quede al nivel del molde. Pasamos a pesar el molde con nuestra muestra. Una vez pesado, pasamos a extraer una muestra para poder determinar nuestra humedad. Nosotros realizamos este ensayo para nuestra muestra al natural y con los distintos porcentajes de estabilizantes para así poder realizar los cálculos respectivos y tener una mejor comparación de nuestra investigación.

### **Ensayo de CBR:**

Para realizar este ensayo, debemos realizar los procesos del punto anterior nuevamente, con la diferencia de que, cuando terminamos de colocar la última capa, pasamos a quitarle el collar y con la regla metálica enrasar el molde, para que después, coloquemos el molde en la prensa de CBR, colocamos el molde en tal forma de que quede exactamente en el medio del pistón de la prensa, pasamos a encender la prensa y a tomar apunte de las lecturas de la curva presión penetración. Una vez obtenidos los datos, pasamos a presentar los resultados mediante una gráfica densidad seca – índice CBR. Este ensayo lo realizamos para todas nuestras calicatas con la muestra en estado natural y también para nuestra muestra con los porcentajes de estabilizantes establecidos para así lograr hacer una mejor comparación para nuestra investigación.

### **Porcentaje Óptimo de estabilizante:**

Para lograr encontrar el porcentaje óptimo de cáscara de huevo y cáscara de ceniza de café tuvimos que analizar los resultados del ensayo de CBR ubicados en los puntos 3.3.2. Ensayo de CBR del Capítulo III de Resultados. Luego de revisar todos los datos obtenidos, pasamos a poner en una tabla resumen todos los valores mínimos de la muestra natural y las muestras con porcentajes de estabilizantes agregados para poder hacer una mejor comparación; decidimos tomar los valores mínimos, puesto que, vemos conveniente tener estos referenciados para ser más estrictos en los estándares y obtener mejores resultados. Como vemos que mientras mayor porcentaje de estabilizante le agreguemos, más aumenta la resistencia del suelo, pasamos a tomar una decisión basándonos en el Manual de Diseño de Carreteras, que nos dice que el porcentaje máximo de aumento es del 30%, si no, el suelo pasa a ser un tipo excelente y ya no necesitaría la base.

### **Estudio de Tráfico**

El estudio de tráfico se realizó en la vía principal del tramo Santa Elena – El Carmelo, dando inicio del tramo en el desvío de la carretera evitamiento panamericana norte km 502, y como fin del tramo de estudio en el desvío de la carretera hacia Puerto Morin. Para la presente tesis de investigación se realizó el conteo vehicular durante una semana, empezando el lunes hasta el domingo de 7:00 am hasta las 21:00 pm. Una vez obtenido los datos del contenido vehicular, se procedió a realizar el siguiente procedimiento para encontrar el ESAL de diseño.

**a) Índice medio diario semanal (IMDS)**

Primeramente, se realizó la sumatoria de cada tipo de medio transporte que paso por la zona de análisis durante los 7 días de la semana y así obtener un promedio diario.

$$IMDS = \sum \frac{V_i}{7}; (\text{promedio de los 7 días})$$

*Ecuación 23*

Donde:

$V_i$  = Volumen vehicular diario

Para esta investigación el IMDS fue de 800 veh/diario

**b) Índice medio diario anual (IDMA)**

Una vez obtenido los resultados del volumen semanal de vehículos que pasaron por el tramo en estudio, se multiplico por 365 días, que equivalen a un año, para poder sacar un promedio aproximado de la cantidad de vehículos que pasaran al año. (Ver tabla de 33)

**c) Factor carril y factor dirección**

Los datos de estos factores se obtuvieron del manual de suelos y pavimentos del MTC, sientio el tipo de carretera de una calzada con 2 sentidos, obteniendo como factor carril de 1 y factor dirección de 0.5.

**d) Factor camión**

Para el F.C se tuvieron en cuenta los pesos máximos de ejes de cada tipo de vehículos, que lo indica el reglamento nacional de vehículos, ya que con ello se obtiene los ejes equivalentes y de acuerdo a la cantidad de ejes por vehículos, se hizo la sumatoria de sus ejes para obtener el factor camión. (Ver tabla 32)

**e) Tasa de crecimiento**

Para poder determinar la tasa de crecimiento, nos guiamos de una tesis recién presentada por unos compañeros, los cuales lo obtuvieron a partir del historial del PBI (Producto Bruto Interno) del país y de la tasa de crecimiento poblacional del departamento de la Libertad, datos que fueron extraídos del INEI (Instituto Nacional de Estadística Informática). En donde relacionaron la tasa de crecimiento del PBI con los vehículos pesados y la tasa de crecimiento poblacional con los vehículos livianos, de lo que realizaron un promedio de ambas tasas de crecimiento tanto del PBI y del crecimiento poblacional como lo indica la siguiente tabla.

*Tabla 8*

*Tasa de crecimiento promedio*

<b>PBI - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD</b>			<b>CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO</b>
<b>Años</b>	2015	2020	2015-2020
<b>Valores de precios corrientes (miles de soles)</b>	27260397	32943843	<b>3.86%</b>
<b>POBLACIÓN CENSADA - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD</b>			<b>CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO</b>
<b>Años</b>	2007	2017	2007-2017
<b>Población censada</b>	1617050	1778080	<b>0.95%</b>
<b>Para vehículos Pesados y livianos</b>		<b>PROMEDIO</b>	<b>2.41%</b>

Fuente: Cueva, Tarrillo (2021)

**Diseño de pavimento flexible con Método ASSTHO 93**

Con respecto al desarrollo del diseño de pavimento mediante el método de AASHTO 93, se ha tomado información proveniente del manual de suelos geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos R.D N°10 – 2014 que detalla paso a paso el procedimiento y parámetros del diseño que debemos seguir para el dimensionamiento de la

estructura del pavimento. De donde lo más importante, se basa en el porcentaje del CBR y la sumatoria de los ejes equivalentes realizadas por un estudio de tráfico, todo esto con la intención hallar el número estructural de diseño.

### Parámetros de diseño

#### A. Tipo de tráfico.

En base al número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 t, en el carril de diseño, para nuestra tesis de investigación el tipo de tráfico es Tp5, ya que ESAL que se encontró se encuentra en los parámetros de 1'000,00 EE y 1'500,000 EE que han sido obtenido de la tabla 10 de la presente investigación.

*Tabla 9*

*Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 tn, en el carril de diseño*

<b>Tipo de tráfico pesado expresado en E.E</b>	<b>Rango de tráfico pesado expresado en E.E</b>
TP0	> 75,000 EE y $\leq$ 150,000 EE
TP1	>150,000 EE y $\leq$ 300,000 EE
TP2	> 300,000 EE y $\leq$ 500,000 EE
TP3	>500,000 EE y $\leq$ 750,000 EE
TP4	> 750,000 EE y $\leq$ 1'000,000 EE
TP5	>1'000,000 EE y $\leq$ 1'500,000 EE
TP6	> 1'500,000 EE y $\leq$ 3'000,000 EE
TP7	>3'000,000 EE y $\leq$ 5'000,000 EE
TP8	> 5'000,000 EE y $\leq$ 7'500,000 EE
TP9	>7'500,000 EE y $\leq$ 10'000,000 EE
TP10	> 10'000,000 EE y $\leq$ 12'500,000 EE
TP11	>12'500,000 EE y $\leq$ 15'000,000 EE
TP12	> 15'000,000 EE y $\leq$ 20'000,000 EE
TP13	>20'000,000 EE y $\leq$ 25'000,000 EE
TP14	> 25'000,000 EE y $\leq$ 30'000,000 EE

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos.

## B. Periodo de diseño.

El periodo de diseño puede ser elegido según las condiciones específicas del proyecto o lo requerido por la entidad. Para la presente investigación se hará con un periodo de 20 años.

## C. Módulo de resiliencia (MR).

Para el módulo de resiliencia se utilizó la ecuación de correlación entre los valores del CBR y el Mr para obtener el valor requerido en PSI en el diseño de pavimentos flexibles según guía ASSTHO 93.

Para la tesis de investigación se utilizó el CBR más desfavorable de las tres calicatas a una densidad máxima seca del 100% ya que el material de la base granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que se indican en la siguiente tabla:

*Tabla 10*

*Referido al porcentaje de la Máxima Densidad Seca con una penetración de Carga de 0.1" (2.5 mm) según el tipo de tráfico*

Valor Relativo de Soporte, CBR	Tráfico en ejes equivalentes ( $<10^6$ )	Mín. 80%
	tráfico en ejes equivalentes ( $\leq 10^6$ )	Mín. 100%

**Fuente:** Manual del MTC EG-2013 – cuadro 403-02

Para la presente tesis el CBR de diseño fue del 42% y por ello se utilizó la siguiente formula

$$Mr = 2555 \times CBR^{0.64}$$

$$Mr = 27942.8340 \text{ PSI}$$

*Ecuación 24*

**D. Confiabilidad (%R), Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Zr), Índice de serviciabilidad presente.**

Para el diseño el porcentaje de confiabilidad %R, desviación estándar normal (Zr) y índice de serviciabilidad inicial y final se obtuvieron de acuerdo con el tipo de tráfico, en nuestra investigación el tipo de tráfico es TP5.

Tabla 11

Parámetros de confiabilidad, desviación estándar e índice de serviciabilidad presente

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	NIVEL DE CONFIABILIDAD	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Tp0	75,000	150,000	65%	-0.385	3.8	2
	Tp1	150,000	300,000	70%	0.524	3.8	2
	Tp2	300,001	500,000	75%	-0.674	3.8	2
	Tp3	500,001	750,000	80%	-0.842	3.8	2
	Tp4	750,001	1,000,000	80%	-0.842	3.8	2
	Tp5	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036	4	2.5
	Tp6	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036	4	2.5
	Tp7	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036	4	2.5
	Tp8	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282	4	2.5
Resto de Caminos	Tp9	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282	4	2.5
	Tp10	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282	4	2.5
	Tp11	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282	4	2.5
	Tp12	15'000,001	20'000,000	95%	-1.645	4.2	3
	Tp13	20'000,001	25'000,000	95%	-1.645	4.2	3
	Tp14	25'000,001	30'000,000	95%	-1.645	4.2	3
	Tp15	>30'000,000		95%	-1.645	4.2	3

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y

Pavimentos (2014).

**E. Desviación estándar combinada (So).**

El manual AASTHO da como una recomendación en cuanto al diseño de pavimentos flexibles, utilizar como valores de desviación estándar combinada (So) valores comprendidos entre 0.40 y 0.50. El manual recomienda el valor de 0.45 para carreteras nuevas y 0.50 para carreteras en mejoramiento y reparación.

Para el trabajo se considerará un valor de 0.45 ya que el diseño se realizará para carretera nueva.

#### **F. Número estructural propuesto (SN).**

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASTHO y se obtiene el número estructural, que representa el espesor total del pavimento y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirá, esta conversión se obtiene aplicando la siguiente ecuación.

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

*Ecuación 25*

Donde:

- $a_1, a_2, a_3$ : Coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

Tabla 12

Coefficientes estructurales de capas de las capas de pavimento

Comportamiento del pavimento	Coefficiente	Valor Coeficiente Estructural ai (cm)	Observación
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Carpeta asfáltica en caliente, módulo 2,965 Mpa (430,00 PSI) a 20 °C (68 °F)	a1	0.170/cm	Capa superficial recomendada para todos los tipos de tráfico
Carpeta asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión	a1	0.125/cm	Capa superficial recomendada para tráficos $\leq 1'000,000$ EE
Micropavimento 25 mm	a1	0.130/cm	Capa superficial recomendada para tráficos $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento Superficial bicapa	a1	(*)	Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 500,000$ EE. No aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos.
Lechada asfáltica (Slurry seal) de 12mm	a1	(*)	Capa superficial recomendada para tráficos de $\leq 500,000$ EE. No aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) no se considera por no tener aporte estructural.			
<b>BASE</b>			
Base granular CBR 80%, compactada al 100% de las MDS	a2	0.052/cm	Capa de base recomendada para tráfico $\leq 10'000,000$ EE
Base granular CBR 100%, compactada al 100% de las MDS	a2	0.054/cm	Capa de base recomendada para tráfico $> 10'000,000$ EE
Base granular tratada con asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a2	0.115/cm	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráfico.
Base granular tratada con cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35kg/cm <sup>2</sup> )	a2	0.070/cm	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráfico.
Base granular tratada con cal (resistencia a la compresión 7 días = 12kg/cm <sup>2</sup> )	a2	0.080/cm	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráfico.
<b>SUBBASE</b>			
Subbase granular CBR 40%, compactada al 100% de las MDS	a3	0.047/cm	Capa de subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de tráfico.

Fuente: Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" Sección: Suelos y Pavimentos (2014).

Se obtuvo los valores de coeficientes estructurales de siendo a1 de 0.017 cm, a2 de 0.052 cm y a3 no consideramos porque al tener un CBR excelente nuestra propuesta no comprende una subbase.

- d1, d2, d3: Espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

Para los espesores mínimos se tomaron como referencia de la siguiente tabla

*Tabla 13*

*Espesores mínimos en pulgadas, en función a ejes equivalentes*

<b>Tránsito (ESAL) En ejes equivalentes</b>	<b>Carpeta Asfáltica</b>	<b>Bases Granulares</b>
Menos de 50,000	1,0 ó T.S	4,0
50,001 - 150,000	2,0	4,1
150,001 - 500,000	2,5	4,2
500,001 - 2'000,000	3,0	6,0
2'000,001 - 7'000,000	3,5	6,1
Mayor de 7'000,000	4,0	6,2

*Fuente: Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" Sección: Suelos y Pavimentos (2014).*

- m2, m3: Coeficientes de drenaje para las capas: superficial, base y subbase

La calidad de drenaje en la vía principal de Santa Elena – El Carmelo es excelente, ya que la precipitación anual de Viru es de 14 mm anuales con clima cálido seco y semihúmedo. Para nuestro diseño la calidad de drenaje es excelente y para la definición de la estructura del pavimento los coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase serán  $m2 = 1.4$  y  $m3 = 1.35$

Tabla 14

Coefficientes de drenaje en relación con Calidad de drenaje

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACION			
		MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
<b>Excelente</b>	2 horas	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
<b>Bueno</b>	1 día	1.35- 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
<b>Regular</b>	1 semana	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
<b>Pobre</b>	1 mes	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
<b>Muy pobre</b>	El agua no evacua	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

**Fuente:** Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos (2014).

Por último, para hallar el valor del SN (Número estructural) se pudo obtener de una manera más fácil mediante la utilización del programa de la ecuación AASHTO 93. Luego de ello se pasó a calcular los espesores de capas de la estructura del pavimento mediante el método del tanteo ya que el SN no solo tiene una única solución.

Figura 5 Ecuación AASTHO 93 para el cálculo de SN. Programa que se encarga de resolver la ecuación de la metodología de AASHTO 93 para pavimentos rígidos y flexibles, se usa para hallar el número estructural (SN) para las distintas bases.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Ensayos de laboratorio

#### 3.1.1. Análisis Granulométrico del suelo estudiado por tamizado:

En la tabla 15 se aprecian los resultados de los análisis de los ensayos de granulometría realizados en el laboratorio para la distribución en porcentajes de agregado grueso y fino contenido en las cinco calicatas.

*Tabla 15*

*Análisis granulométrico de las muestras*

MUESTRA	PORCENTAJE		
	GRAVA	ARENA	FINOS
C1	0	7.7	92.3
C2	0	12.8	87.2
C3	0	13.9	86.1
C4	0	14.2	85.8
C5	0	15	85

#### 3.1.2. Límites de Atterberg

En la tabla 16 se aprecian los resultados de los ensayos de límites de Atterberg para las cinco calicatas realizadas.

*Tabla 16*

*Límites de Atterberg de las muestras patrón*

MUESTRA	PORCENTAJE		
	LÍMITE LIQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
C1	25.3	14.5	10.9
C2	26.5	12.9	13.6
C3	27.5	16.6	11
C4	26.7	16.5	10.1
C5	29	16.7	12.3

### 3.1.3. Contenido de humedad

En la tabla 17 se aprecian los resultados del contenido de humedad para las cinco calicatas realizadas.

*Tabla 17*

*Contenido de humedad de las muestras patrón*

MUESTRA	PORCENTAJE
	HUMEDAD (%)
C1	5.8
C2	10.1
C3	5.1
C4	6.2
C5	6.2

### 3.2. Clasificación del suelo según SUCS y AASHTO

En la tabla 18 se aprecian los resultados de la clasificación del suelo por ambas denominaciones SUCS y AASHTO para las cinco calicatas realizadas.

*Tabla 18*

*Clasificación de suelos por SUCS y AASHTO*

MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
	SUCS	AASHTO
C1	CL	A-7-6
C2	CL	A-7-6
C3	CL	A-7-6
C4	CL	A-7-6
C5	CL	A-7-6

### 3.3. Ensayos de compactación:

#### 3.3.1. Ensayo de Proctor Modificado

En la tabla 19 se aprecian los resultados de la máxima densidad seca de cada una de las muestras analizadas con sus respectivos porcentajes de adiciones para las cinco calicatas realizadas.

*Tabla 19*

*Máxima Densidad Seca de las muestras analizadas por el ensayo de Proctor*

MUESTRA	Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )				
	C1	C2	C3	C4	C5
SUELO	1.463	1.545	1.574	1.549	1.523
SUELO + 3%CCC + 2%CH	1.801	1.839	1.549	1.837	1.794
SUELO + 4%CCC + 2%CH	1.662	1.708	1.783	1.788	1.793
SUELO + 5%CCC + 2%CH	1.711	1.769	1.802	1.741	1.713
SUELO + 3%CCC + 3%CH	1.853	1.916	1.856	1.916	1.873
SUELO + 4%CCC + 3%CH	1.862	1.921	1.962	1.892	1.851
SUELO + 5%CCC + 3%CH	1.928	1.976	2.128	2.037	1.995
SUELO + 3%CCC + 4%CH	1.867	1.922	1.96	1.954	1.917
SUELO + 4%CCC + 4%CH	1.859	1.931	1.928	1.884	1.709
SUELO + 5%CCC + 4%CH	1.931	1.963	2.011	1.986	1.974

En la tabla 20 se aprecian los resultados del contenido de humedad de cada una de las muestras analizadas con sus respectivos porcentajes de adiciones para las cinco calicatas realizadas.

*Tabla 20*

*Contenido de humedad de las muestras analizadas por el ensayo de Proctor*

MUESTRA	Contenido de Humedad (%)				
	C1	C2	C3	C4	C5
SUELO	2.47	5.89	7.8	10.49	14.28
SUELO + 3%CCC + 2%CH	3.87	7.47	10.65	13.8	17.17
SUELO + 4%CCC + 2%CH	3.67	7.14	11.83	16.72	20.61
SUELO + 5%CCC + 2%CH	2.58	6.42	10.33	14.27	16.8
SUELO + 3%CCC + 3%CH	3.68	6.92	9.16	12.24	14.37
SUELO + 4%CCC + 3%CH	3.18	6.62	9.64	13.65	15.74
SUELO + 5%CCC + 3%CH	1.84	6.21	9.95	12.75	15.27
SUELO + 3%CCC + 4%CH	2.41	6.44	9.5	12.62	14.93
SUELO + 4%CCC + 4%CH	2.83	5.94	10.14	14.19	16.76
SUELO + 5%CCC + 4%CH	3.68	6.92	9.16	12.24	14.37

### 3.3.2. Ensayo de CBR

En la tabla 21 se aprecian los resultados de los ensayos de CBR para las muestras patrón para una penetración de 0.1” y 0.2”.

*Tabla 21*

*Ensayo CBR para las muestras patrón*

MUESTRA	CBR al 95% M.D.S.	
	0.1"	0.2"
C1	6.20	6.60
C2	7.70	8.10
C3	8.80	9.20
C4	7.59	7.80
C5	6.50	7.00

En la tabla 22 se aprecian los resultados de los ensayos de CBR para las muestras con 3% de CCC y 2% de CH para una penetración de 0.1” y 0.2”.

*Tabla 22*

*Ensayo CBR para las muestras con 3% de ceniza de café (CCC) y 2% de cascara de huevo (CH)*

CBR al 95% M.D.S.		
MUESTRA	0.1"	0.2"
C1+3%CCC+2%CH	25.58	27.94
C2+3%CCC+2%CH	25.00	27.50
C3+3%CCC+2%CH	25.70	27.55
C4+3%CCC+2%CH	25.88	27.89
C5+3%CCC+2%CH	25.80	27.70

En la tabla 23 se aprecia los resultados de los ensayos de CBR para las muestras con 4% de CCC y 2% de CH para una penetración de 0.1” y 0.2”.

*Tabla 23*

*Ensayo CBR para las muestras con 4% de ceniza de café (CCC) y 2% de cascara de huevo (CH).*

CBR al 95% M.D.S.		
MUESTRA	0.1"	0.2"
C1+4%CCC+2%CH	41.26	43.72
C2+4%CCC+2%CH	41.30	43.50
C3+4%CCC+2%CH	41.41	43.87
C4+4%CCC+2%CH	41.41	42.81
C5+4%CCC+2%CH	41.41	43.12

En la tabla 24 se aprecian los resultados de los ensayos de CBR para las muestras con 5% de CCC y 2% de CH para una penetración de 0.1” y 0.2”. Fuente: Elaboración propia.

*Tabla 24*

*Ensayo CBR para las muestras con 5% de ceniza de café (CCC) y 2% de cascara de huevo (CH).*

MUESTRA	CBR al 95% M.D.S.	
	0.1"	0.2"
C1+5%CCC+2%CH	50.00	53.00
C2+5%CCC+2%CH	51.00	54.50
C3+5%CCC+2%CH	49.70	53.50
C4+5%CCC+2%CH	48.45	50.75
C5+5%CCC+2%CH	48.46	50.81

En la tabla 25 se aprecian los resultados de los ensayos de CBR para las muestras con 3% de CCC y 3% de CH para una penetración de 0.1” y 0.2”.

*Tabla 25*

*Ensayo CBR para las muestras con 3% de ceniza de café (CCC) y 3% de cascara de huevo (CH).*

MUESTRA	CBR al 95% M.D.S.	
	0.1"	0.2"
C1+3%CCC+3%CH	63.46	65.31
C2+3%CCC+3%CH	63.39	64.42
C3+3%CCC+3%CH	63.46	65.96
C4+3%CCC+3%CH	63.61	64.88
C5+3%CCC+3%CH	63.54	64.52

En la tabla 26 se aprecian los resultados de los ensayos de CBR para las muestras con 4% de CCC y 3% de CH para una penetración de 0.1” y 0.2

Tabla 26

*Ensayo CBR para las muestras con 4% de ceniza de café (CC) y 3% de cascara de huevo (CH).*

CBR al 95% M.D.S.		
MUESTRA	0.1"	0.2"
C1+4%CCC+3%CH	68.54	71.11
C2+4%CCC+3%CH	68.56	70.50
C3+4%CCC+3%CH	68.71	70.50
C4+4%CCC+3%CH	68.70	70.55
C5+4%CCC+3%CH	68.71	70.60

En la tabla 27 se aprecian los resultados de los ensayos de CBR para las muestras con 5% de CCC y 3% de CH para una penetración de 0.1” y 0.2”.

Tabla 27

*Ensayo CBR para las muestras con 5% de ceniza de café (CC) y 3% de cascara de huevo (CH).*

CBR al 95% M.D.S.		
MUESTRA	0.1"	0.2"
C1+5%CCC+3%CH	76.44	77.99
C2+5%CCC+3%CH	72.31	78.95
C3+5%CCC+3%CH	76.51	78.09
C4+5%CCC+3%CH	77.11	78.09
C5+5%CCC+3%CH	76.59	78.14

En la tabla 28 se aprecia los resultados de los ensayos de CBR para las muestras con 3% de CCC y 4% de CH para una penetración de 0.1” y 0.2”.

*Tabla 28*

*Ensayo CBR para las muestras con 3% de ceniza de café (CC) y 4% de cascara de huevo (CH).*

MUESTRA	CBR al 95% M.D.S.	
	0.1"	0.2"
C1+3%CCC+4%CH	76.85	77.60
C2+3%CCC+4%CH	76.76	77.69
C3+3%CCC+4%CH	76.80	77.70
C4+3%CCC+4%CH	77.42	77.69
C5+3%CCC+4%CH	76.81	77.64

En la tabla 29 se aprecian los resultados de los ensayos de CBR para las muestras con 4% de CCC y 4% de CH para una penetración de 0.1” y 0.2”.

*Tabla 29*

*Ensayo CBR para las muestras con 4% de ceniza de café (CC) y 4% de cascara de huevo (CH).*

MUESTRA	CBR al 95% M.D.S.	
	0.1"	0.2"
C1+4%CCC+4%CH	79.00	82.50
C2+4%CCC+4%CH	80.01	82.61
C3+4%CCC+4%CH	79.14	82.90
C4+4%CCC+4%CH	79.79	83.86
C5+4%CCC+4%CH	79.22	83.20

En la tabla 30 se aprecian los resultados de los ensayos de CBR para las muestras con 5% de CCC y 4% de CH para una penetración de 0.1” y 0.2”.

Tabla 30

Ensayo CBR para las muestras con 5% de ceniza de café (CC) y 4% de cascara de huevo (CH).

MUESTRA	CBR al 95% M.D.S.	
	0.1"	0.2"
C1+5%CCC+4%CH	86.87	88.04
C2+5%CCC+4%CH	86.72	88.14
C3+5%CCC+4%CH	86.79	88.09
C4+5%CCC+4%CH	87.32	88.83
C5+5%CCC+4%CH	86.94	88.60

### 3.4. Porcentaje Óptimo:

En la tabla 31 observamos los rangos mínimos de todos nuestros ensayos, obteniendo como resultado que nuestro porcentaje óptimo es de 4% de Cáscara de ceniza de café y 2% de cáscara de huevo.

Tabla 31 Resumen de rangos mínimos de CBR al 95% M.D.S.

Rangos mínimos del CBR al 95% M.D.S.		
MUESTRA	0.1"	0.2"
Muestra natural	6.2	6.6
C+3%CCC+2%CH	25	27.5
<b>C+4%CCC+2%CH</b>	<b>41.26</b>	<b>42.81</b>
C+5%CCC+2%CH	48.45	50.75
C+3%CCC+3%CH	63.39	64.42
C+4%CCC+3%CH	68.54	70.5
C+5%CCC+3%CH	72.31	77.99
C+3%CCC+4%CH	76.76	77.6
C+4%CCC+4%CH	79	82.5
C+5%CCC+4%CH	86.72	88.04

### 3.5. Diseño de Pavimento Flexible por AASHTO 93

En la tabla 32 observamos todos los ejes equivalentes y factor camión de los vehículos contabilizados para poder posteriormente hallar el ESAL.

Tabla 32

*Ejes Equivalentes y Factor Camión*

VEHICULOS	TIPO DE EJE	Nomenclatura	N° de Neumáticos	N° de Ejes	Tipo de rueda	Peso Máx. (tn)	Factor E.E	F.C
Autos	EJE SIMPLE	RS	2	E1	RS	1.00	0.00052702	0.001
			2	E2	RS	1.00	0.00052702	
Station Wagon	EJE SIMPLE	RS	2	E1	RS	1.00	0.00052702	0.001
			2	E2	RS	1.00	0.00052702	
Pick up	EJE SIMPLE	RS	2	E1	RS	1.00	0.00052702	0.001
			2	E2	RS	1.00	0.00052702	
C2	EJE SIMPLE	RS	2	E1	RS	7.00	1.26536675	3.4772
		RD	4	E2	RD	10.00	2.21179357	
C3	EJE TANDEM	RS	2	E1	RS	7.00	1.26536675	2.5260
		2RD	8	E2	RD	8.00	1.26058502	
				E3	RD	8.00		
C4	EJE TRIDEM	RS	2	E1	RS	7.00	1.26536675	2.971393
		3RD	12	E2	RD	8.00	1.70602625	
				E3	RD	8.00		
				E4	RD	8.00		

En la tabla 33 podemos observar el Índice Medio Diario Semanal de los vehículos contabilizados, para luego sacar un promedio.

Tabla 33

Índice Medio Diario Semanal – Promedio de vehículos diarios

VEHICULOS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	TOTAL SEMANAL
Autos	25	40	32	28	44	27	36	232
Station Wagon	50	43	34	24	48	39	29	267
Pick up	23	28	23	23	32	29	28	186
C2	3	5	5	5	9	6	7	40
C3	7	7	9	9	10	5	0	47
C4	2	3	5	3	2	3	0	18
<b>TOTAL IMD</b>	<b>113</b>	<b>126</b>	<b>108</b>	<b>92</b>	<b>148</b>	<b>111</b>	<b>101</b>	<b>799</b>

En la tabla 34 podemos observar el total de ejes equivalentes de los vehículos contabilizados, para posteriormente hallar el tráfico de diseño que nos servirá para poder realizar nuestro diseño de pavimento flexible.

Tabla 34

Estudio de tráfico – Cargas de Ejes Equivalentes

VEHICULO	IMD	IMDA	F.C.	r %	Fc.a.	ESAL
Auto	232	84,680.00	0.0010	2.41	25.31	2143.2508
Station Wagon	267	97,455.00	0.0010	2.41	25.31	2466.5861
Pick up	186	67,890.00	0.0010	2.41	25.31	1718.2959
C2	40	14,600.00	3.4772	2.41	25.31	1,284915.807
C3	47	17,155.00	2.5260	2.41	25.31	1,096771.644
C4	18	6,570.00	2.9714	2.41	25.31	507641.4045
<b># Total E.E. =</b>						<b>2,895,656.98</b>
<b>Factor dirección (Fd) :</b>	0.5					
<b>Factor carril (Fc):</b>	1.00		<b>TRÁFICO DE DISEÑO. = 1,447,828.50</b>			
<b>Tasa de crecimiento (r%):</b>	2.41					
<b>Periodo de diseño (n):</b>	20		<b>TRÁFICO PROYECTADO DE DISEÑO<sub>20</sub> = 3,120,964.22</b>			

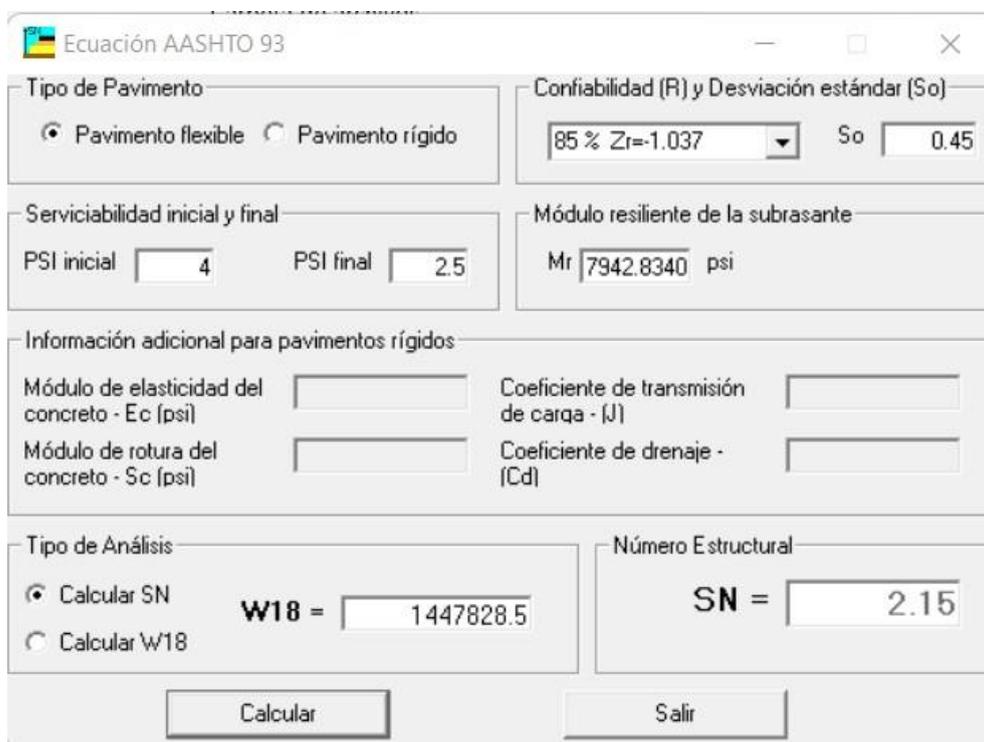
En la tabla 35 podemos observar los parámetros obtenidos para poder realizar el diseño de pavimento flexible por la ecuación del método de AASHTO 93.

Tabla 35

Parámetros de diseño de la metodología ASSTHO 93

Parámetros		
Número de repeticiones de Eje Equivalentes	W18	1,447,828.50
Período de diseño	n (años)	20
Suelo de la subrasante	CBR%	42%
Tipo de tráfico	TIPO	TP5
Módulo de resiliencia	Mr (psi)	27942.8340
Nivel de confiabilidad	%R	85%
Coefficiente estadístico de Desviación Normal	Zr	-1.036
Desviación estándar combinada	So	0.45
Índice de serviciabilidad inicial	Pi	4
Índice de serviciabilidad final	Pt	2.5
Número estructural requerido	SN	2.15

Figura 6 Ecuación ASSTHO 93 para obtención de SN (Número estructural). Observamos la imagen para calcular nuestro SN con nuestros datos propios de investigación.



The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is configured for flexible pavement design. The 'Tipo de Pavimento' is set to 'Pavimento flexible'. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' section shows '85 % Zr=-1.037' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' section shows 'PSI inicial = 4' and 'PSI final = 2.5'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section shows 'Mr = 7942.8340 psi'. The 'Tipo de Análisis' section shows 'Calcular SN' selected, resulting in 'W18 = 1447828.5' and 'Número Estructural = SN = 2.15'. There are 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

En la tabla 36 podemos observar los coeficientes estructurales de drenaje para poder definir las capas del pavimento tales como capa superficial (a1), base (a2) y subbase (a3).

*Tabla 36*

*Coeficientes estructurales, de drenaje de capas de pavimento*

<b>Número estructural requerido</b>	<b>SN</b>	<b>2.58</b>
<b>Coeficientes estructurales de las capas del pavimento</b>		
Capa Superficial <b>a1</b>	Base <b>a2</b>	Sub base <b>a3</b>
Capa Superficial recomendada para todos los tipo de tráfico	Base Granular 80% compactada al 100% del MDS	No se considero
<b>0.17</b>	<b>0.052</b>	<b>0.00</b>
<b>Coeficientes de drenaje para base y sub base del pavimento flexible</b>		
Calidad de drenaje	CD%	0.023 %
Excelente	2 horas	0.0833 días
<b>Coefficiente de drenajes</b>	<b>m1</b>	<b>1.40</b>
	<b>m2</b>	<b>1.35</b>
<b>Espesores mínimos en función a ejes equivalentes según guía ASSTHO 93</b>		
ESAL	Tp5	1'000.001 - 1'500,000
Carpeta Asfáltica (d1)	3.5 in	8.89 cm
Base granular (d2)	6 in	15.24 cm
<b>Espesores mínimos de capas: Capa de superficial, base y sub base</b>		
<b>d1</b>	<b>d2</b>	<b>d3</b>
8 cm	18 cm	0 cm

En la tabla 37 podemos observar el cálculo final de los espesores definidos en base a los parámetros y coeficientes estructurales en base al SN requerido.

*Tabla 37*

*Espesores de capas de estructura de pavimentos*

<b>Cálculo de espesores de capas</b>		
<b>d1</b>	<b>d2</b>	<b>d3</b>
<b>8 cm</b>	<b>18 cm</b>	<b>0 cm</b>
<b>Capa superficial</b>	<b>Base</b>	<b>Sub base</b>
SN (Requerido)	2.15	SN RES. > SN REQ.
SN (Resultado)	<b>2.30</b>	<b>SI CUMPLE</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

En esta tabla podemos observar el cálculo final de los espesores definidos en base a los parámetros y coeficientes estructurales en base al SN requerido.

## **CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

### **4.1. Discusión**

#### **4.1.1. Limitaciones**

La principal limitación fue que no pudo tener acceso al laboratorio de la Universidad debido a la coyuntura que viene atravesando el mundo con la pandemia por lo que tuvimos que recurrir al alquiler de laboratorios particulares.

En la investigación realizada solo se consideró un tipo de suelo como es el arcillo-arenoso, por lo que los resultados no pueden ser los mismos en otras condiciones.

#### **4.1.2. Interpretación comparativa**

Figueroa y Reynaga (2019). Determinaron que la utilización de cloruro de sodio ayuda a absorber su propio peso cuando se presentan altas condiciones de humedad en el medio ambiente, lo cual es muy eficaz para la mitigación de emisión de polvo generado por los vehículos, que a su vez generan grandes deterioros; por lo que se puede demostrarse de que su uso es efectivo y beneficioso para la estabilización de afirmados en carreteras ya que mejora sus características. Por otro lado, obtuvieron como resultado de CBR de su sub-rasante un 49.53% con adición de cloruro de calcio, lo cual es considerada en la categoría de “Sub-rasante excelente” al ser mayor a un 30%, lo cual pasa también en nuestra investigación ya que a partir de una adición de 4% de cascara de ceniza de café y 2% de cascara de huevo se obtiene un CBR de subrasante mayor al 40%, por lo cual en ambas investigaciones se opta por no considerar una sub-base en su estructura.

Además, Huamán y Troncos (2021). En su tesis concluyeron luego de realizar su investigación que la clasificación de su material según SUCS es una grava arcillosa (GC) y según AASHTO es una grava con arcilla A-2-4 (0), diferente a nuestra

investigación que según SUCS nuestro material es una arcilla de baja plasticidad (CL) y por AASHTO es una grava y arena limo arcillosa A-2-6. Por otro lado, determinaron que el porcentaje óptimo en su investigación es la adición de 35% de concha de abanico y 65% de material de afirmado a comparación de nuestra investigación que se determinó que con una adición de 4% de cascara de ceniza de café y 2% de cascara de huevo ya se cumple con el CBR requerido que es de mínimo 30% para considerarse un material excelente y que ya no requiere una subbase.

Chavez (2019). En su tesis concluyo luego de realizar los ensayos para determinar las características físicas y mecánicas del terreno, que mediante la clasificación SUCS su material es una arena limosa (SM) y por la clasificación AASTHO es una A-1-B, diferente a nuestra investigación que según SUCS nuestro material es una arcilla de baja plasticidad (CL) y por AASHTO es una grava y arena limo arcillosa A-2-6. Por otro lado, demostraron que entre sus dos alternativas de estabilización de suelo, la de Cloruro de magnesio (Bischofita) es mucho mejor ya que con un 5% de Bischofita + material INSITU logran un CBR de 37.11%, el cual ya cumple como un material “excelente” para subrasante, de igual manera que nuestra investigación que se determinó que con una adición de 4% de cascara de ceniza de café y 2% de cascara de huevo ya se cumple con el CBR requerido que es de mínimo 30% para considerarse un material excelente.

De acuerdo con Carnero y Martos (2019). En su tesis concluyeron luego de realizar los ensayos de caracterización de propiedades físicas y mecánicas del suelo que su clasificación de material por SUCS es de una arcilla de baja plasticidad (CL), mientras que por la clasificación AASHTO es una arcilla A-6; en nuestra investigación hay cierta similitud ya que nuestros resultados arrojaron que tenemos una arcilla de

baja plasticidad (CL) pero con la diferencia de que por AASHTO nuestro material es una grava y arena limo arcillosa (A-2-6). Por otro lado, al realizar las calicatas la investigación de Carnero y Martos nos dice que el CBR más crítico de su terreno natural fue de 4.6% lo cual lo considera como una subrasante pobre o inadecuada, mientras que en nuestra investigación 6.20% el cual también es considerada pobre o inadecuada ya que el mínimo es de 7%. A partir de la adición de 45% de choro de mar a la mezcla de suelo es que se obtuvo un CBR excelente mientras que en nuestra investigación logramos ese porcentaje óptimo con 4% de cascara de ceniza de café y 2% de cascara de huevo.

Guamán (2016). En su tesis concluye de que el uso de Cloruro de sodio es muy beneficioso para la estabilización porque demostró que mientras mayor sea el porcentaje que sea adicionado mayor va ser la resistencia y mejora del CBR, de igual forma en nuestra investigación, se demostró que mientras mayor cantidad de adición de cascara de huevo y ceniza de cascara de café sea agregada, mejor características tendrá el suelo, es ahí donde entran a tallar otros criterios para elegir el más adecuado como son los costos, logística, material, etc. Por otro lado, determinó que, al aplicarle cal a un suelo tipo CH, este experimento mostro un incremento notorio en cuanto a su CBR, teniendo un valor de 20.8% al 95% de MDS, teniendo como máxima densidad seca de 1.369gr/cm<sup>3</sup>, a diferencia de lo obtenido del suelo natural que fue de 4.85% al 95% con una máxima densidad seca de 1.424gr/cm<sup>3</sup>, este incremento se logró debido a que el autor añadió 7.5% de cal.

Por último, Pico (2016). En su tesis determino mediante el ensayo de CBR para el ensayo de CBR fueron para la calicata 1 en estado natural de 11.3% al estabilizar con cal este aumento a 27%, para la segunda calicata en estado natural se obtuvo

11.3%, ya con cal este aumentó a 26.2% y para la última calicata se tuvo un CBR con suelo natural de 11.2%, aumentando hasta 26%. Mientras que en nuestra investigación donde se realizaron 5 calicatas, en donde se determinó que el porcentaje óptimo era el de la adición de 4% CCC + 2% CH, la C1 paso de 6.20% a 41.26%, la C2 paso de 7.0% a 41.30%, mientras que, en la C3, C4 y C5 se pasó de 8.80%, 7.59%, 6.5% a 41.41%. Por otro lado, en la investigación de Pico se determinó que el suelo analizado por SUCS es una arena bien graduada (SW), mientras que nuestro material es una arcilla de baja plasticidad (CL).

#### **4.1.3. Ensayos de Laboratorio**

##### **4.1.3.1. Análisis Granulométrico de los Suelos por Tamizado**

El análisis realizado fue para las 5 calicatas con la finalidad de conocer y demostrar los porcentajes que pasan y son retenidos en cada tamiz. La calicata C-1 presenta un porcentaje de arena de 7.70%, de grava 0% y finos 92.30% (Ver figura 5) y su curva granulométrica la podemos apreciar en la **figura 6**. La calicata C-2 presenta un porcentaje de arena de 12.80%, de grava 0% y finos 87.2% (Ver figura 7) y su curva granulométrica la podemos apreciar en la **figura 8**. La calicata C-3 presenta un porcentaje de arena de 13.90%, de grava 0% y finos 86.10% (Ver figura 9) y su curva granulométrica la podemos apreciar en la **figura 10**. La calicata C-4 presenta un porcentaje de arena de 14.20%, de grava 0% y finos 85.80% (Ver figura 11) y su curva granulométrica la podemos apreciar en la **figura 12**. La calicata C-5 presenta un porcentaje de arena de 15%, de grava 0% y finos 85% (Ver figura 13) y su curva granulométrica la podemos apreciar en la **figura 14**.

En la **figura 15** podemos apreciar la comparación de los porcentajes de las granulometrías de las 5 calicatas analizadas, en las que se determina que ninguna

calicata tiene un porcentaje de grava, el porcentaje de arena va de 7% - 15% y que el porcentaje de finos va de 85% - 93%.

En la figura 7 podemos la gran diferencia entre los porcentajes de nuestro material, en cual el más del 90% pertenece al porcentaje de finos.

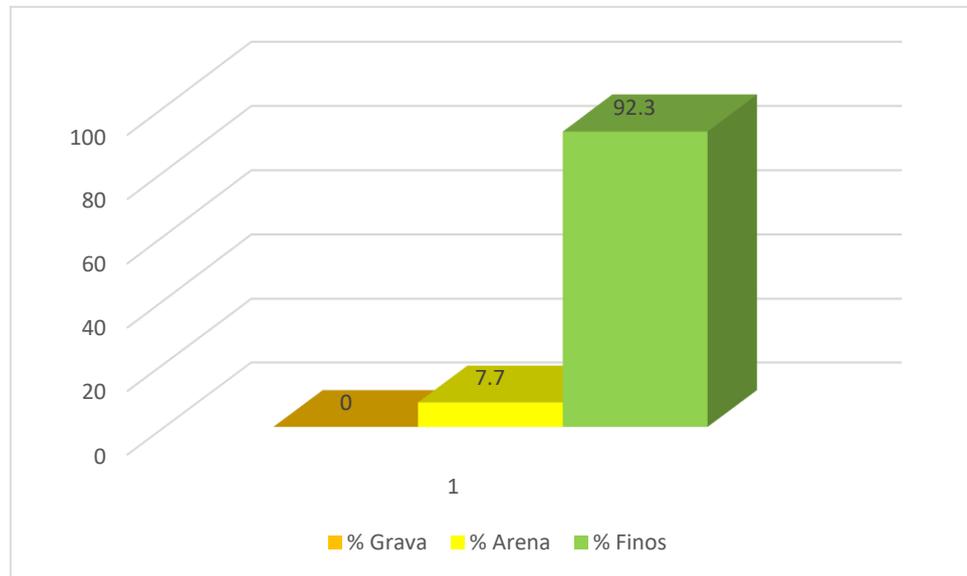


Figura 7 Porcentajes de resultados de granulometría C-1.

En la figura 8 podemos observar la curva granulométrica usando los datos de “% acumulado que pasa” vs “diámetro de las partículas” para analizar la estructura del suelo usando los resultados del ensayo de laboratorio de la calicata 1.

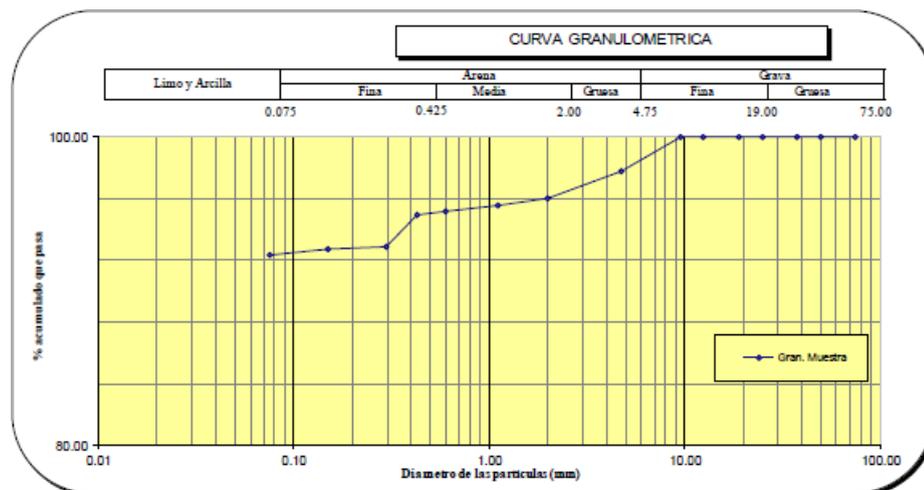


Figura 8 Curva granulométrica C-1.

En la figura 9 podemos observar la gran diferencia entre los porcentajes de nuestro material, en cual el más del 90% pertenece al porcentaje de finos

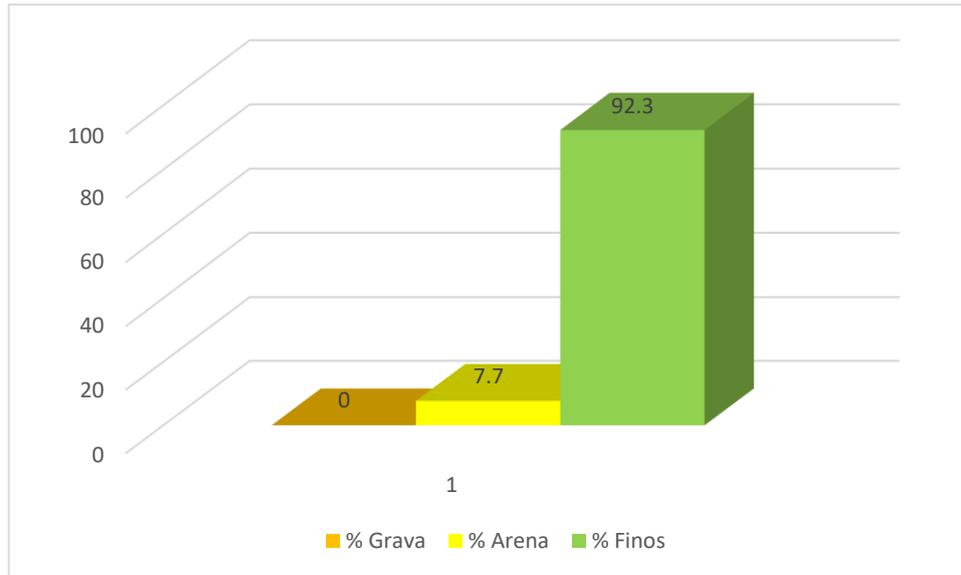


Figura 9 Porcentajes de resultados de granulometría C-2.

En la figura 10 podemos observar la curva granulométrica usando los datos de “% acumulado que pasa” vs “diámetro de las partículas” para analizar la estructura del suelo usando los resultados del ensayo de laboratorio de la calicata2

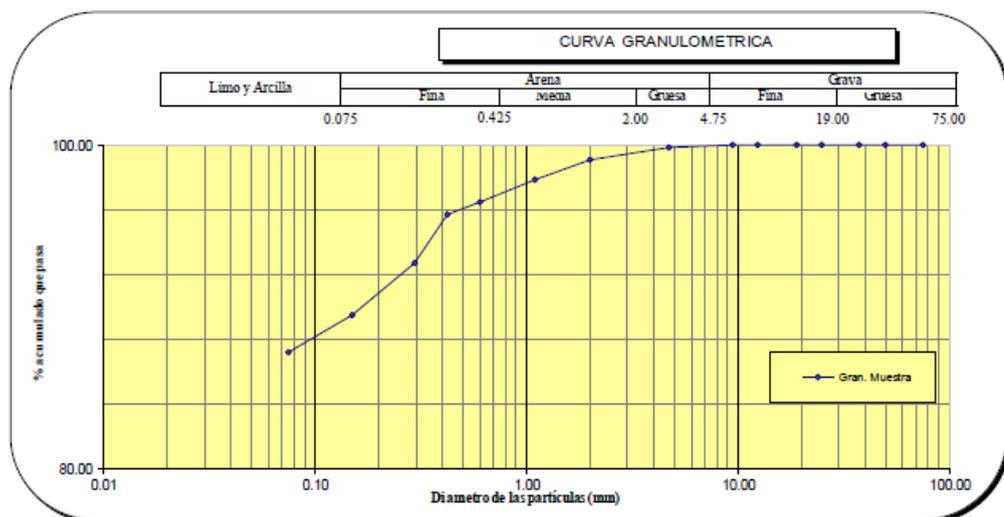


Figura 10 Curva granulométrica C-2.

En la figura 11 podemos observar la gran diferencia entre los porcentajes de nuestro material, en cual el más del 90% pertenece al porcentaje de finos.

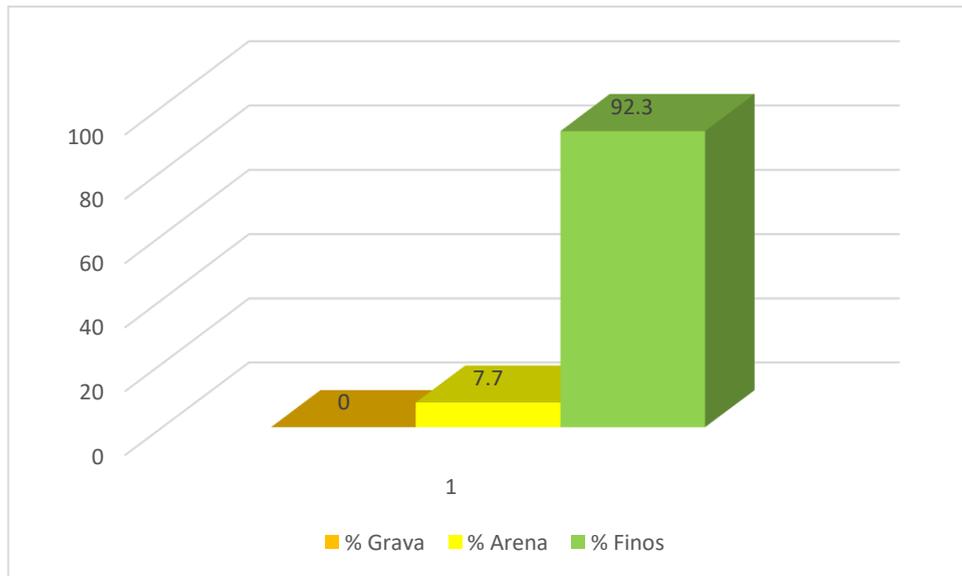


Figura 11 Porcentajes de resultados de granulometría C-3.

En la figura 12, podemos observar la curva granulométrica usando los datos de “% acumulado que pasa” vs “diámetro de las partículas” para analizar la estructura del suelo usando los resultados del ensayo de laboratorio de la calicata 3.

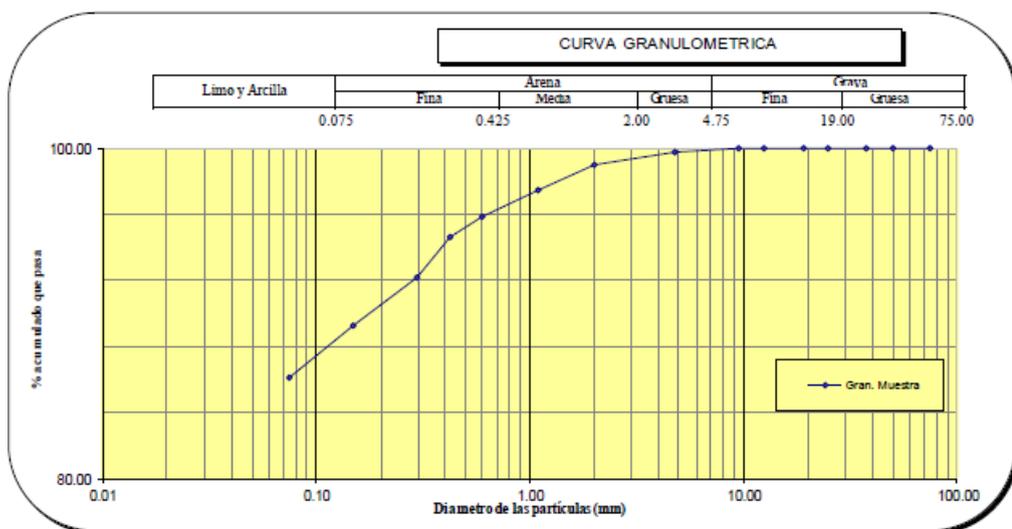


Figura 12 Curva granulométrica C3.

En la figura 13 podemos observar la gran diferencia entre los porcentajes de nuestro material, en cual el más del 90% pertenece al porcentaje de finos.

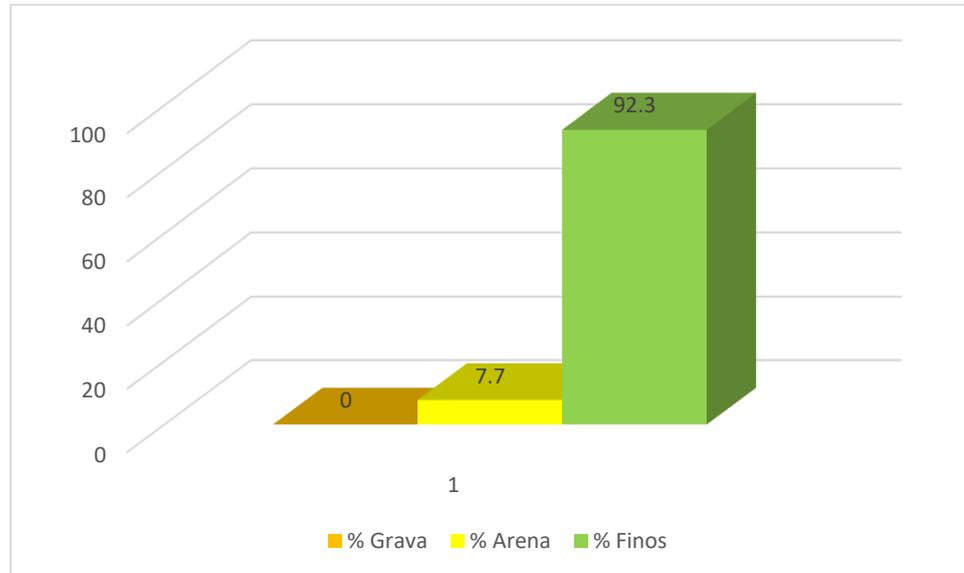


Figura 13 Porcentajes de resultados de granulometría C-4.

En la figura 14 podemos observar la curva granulométrica usando los datos de “% acumulado que pasa” vs “diámetro de las partículas” para analizar la estructura del suelo usando los resultados del ensayo de laboratorio de la calicata 4.

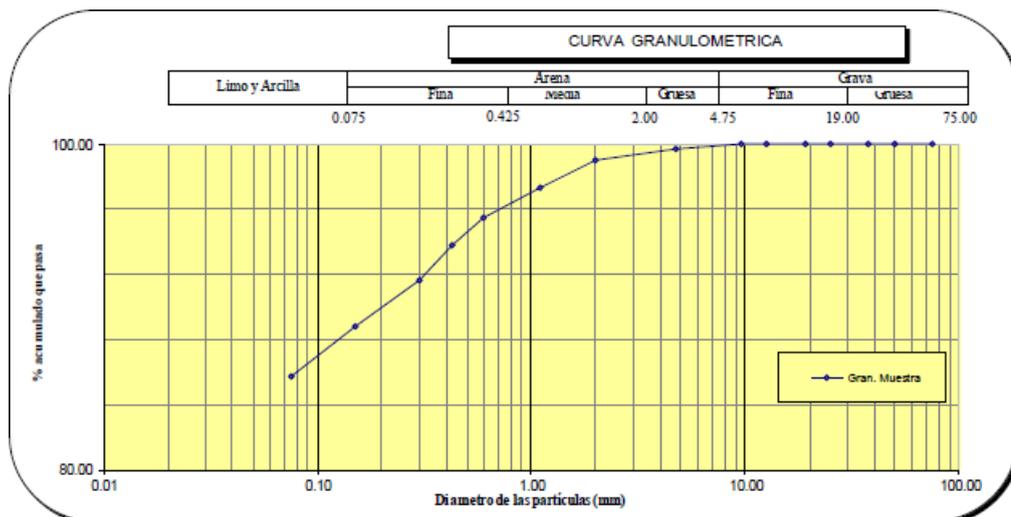


Figura 14 Curva granulométrica C-4.

En la figura 15 gráfico podemos observar la gran diferencia entre los porcentajes de nuestro material, en cual el más del 90% pertenece al porcentaje de finos.

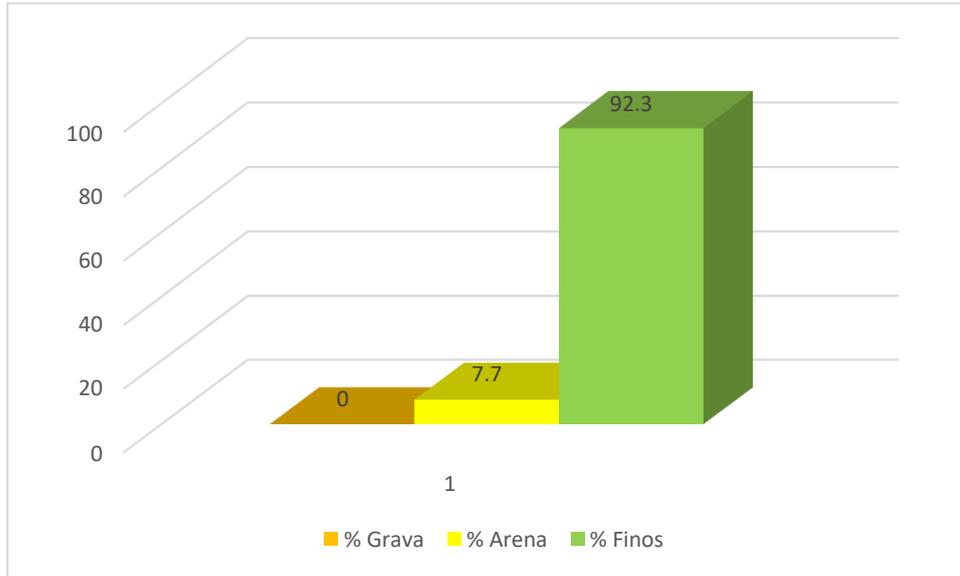


Figura 15 Porcentajes de resultados de granulometría C-5.

En la figura 16, podemos observar la curva granulométrica usando los datos de “% acumulado que pasa” vs “diámetro de las partículas” para analizar la estructura del suelo usando los resultados del ensayo de laboratorio de la calicata 5.

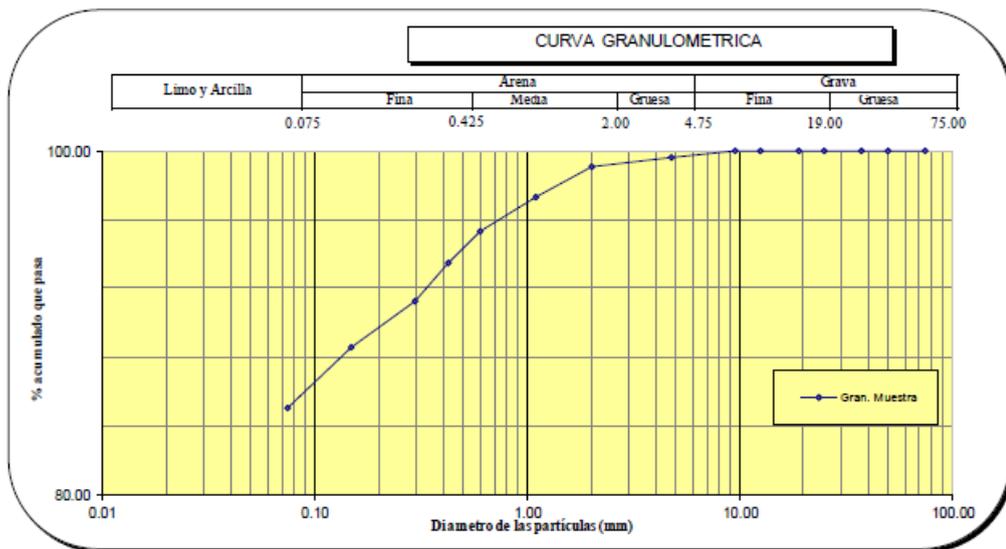


Figura 16 Curva granulométrica C-5.

En la figura 17 observamos un resumen de todos los porcentajes de nuestras calicatas, siendo el mayor el porcentaje de finos.

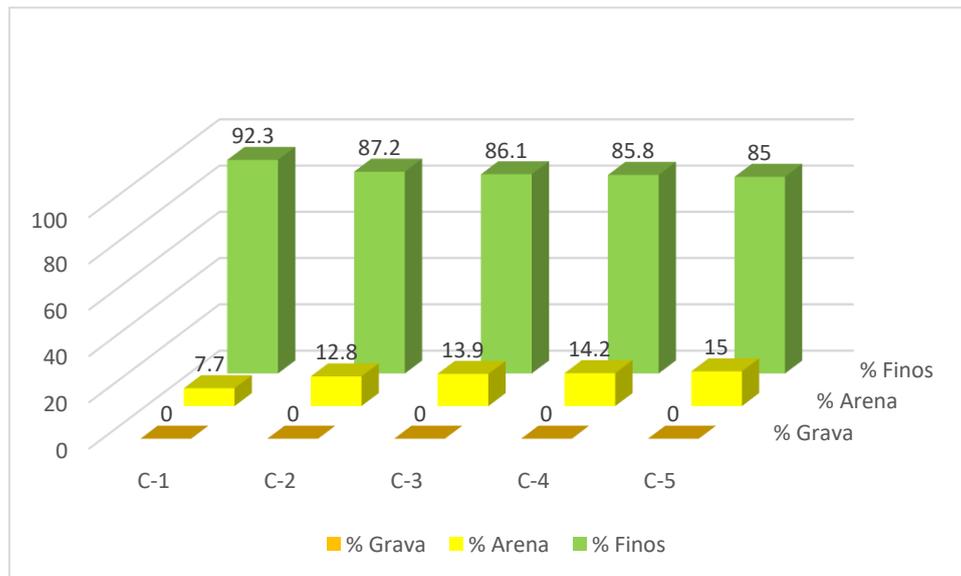


Figura 17 Comparación de granulometría de las calicatas.

#### 4.1.3.2. Límites de Atterberg

La realización del ensayo de límite líquido para las 5 calicatas nos dio como resultados que el intervalo de golpes fue de 18 a 35 golpes. El valor más bajo que se obtuvo fue el de la C-1 con un 25.3% de humedad promedio, mientras que el máximo valor se obtuvo fue el de la C-5 con una humedad promedio de 29%. (Ver figura 16)

En el caso del límite plástico realizado para las calicatas se obtuvo como resultado que para la C-1 fue de 14.5%, mientras que para la C-2 fue de 12.9%, además para la C-3 fue de 16.6%, así mismo la C-4 obtuvo un valor de 16.5% y por último la C-5 un valor de 16.7%. (Ver figura 17)

Por otro lado, con respecto al índice de plasticidad, la C-1 obtuvo un valor de 10.9%, la C-2 un valor de 13.6%, mientras que la C-3 obtuvo un valor de 11%,

así mismo la C-4 un valor de 101% y por último la C-5 un valor de 12.3%. (Ver figura 18)

En la figura 18 gráfico observamos los resultados del límite líquido de las 5 calicatas.

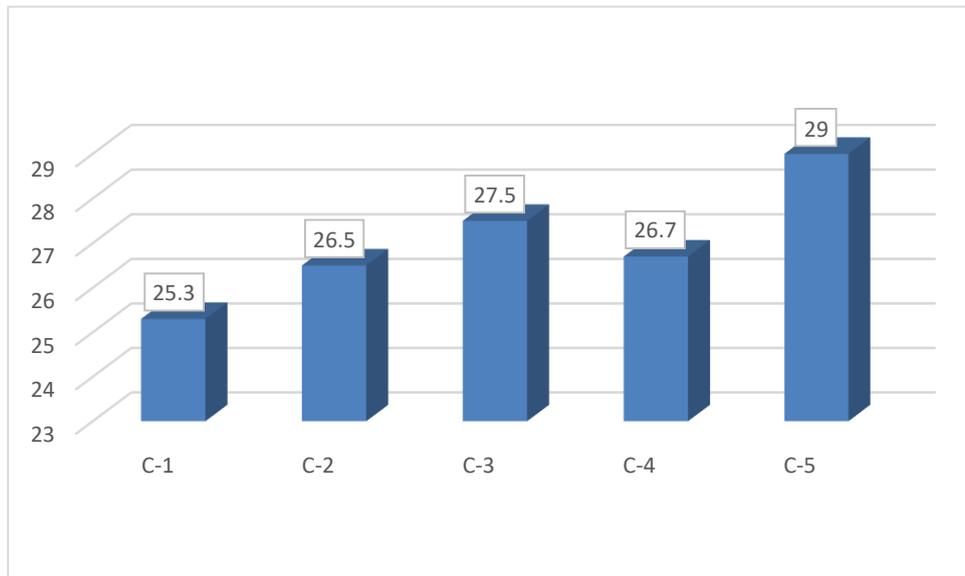


Figura 18 Porcentajes de límite líquido.

En la figura 19 observamos los resultados del límite plástico de las 5 calicatas.

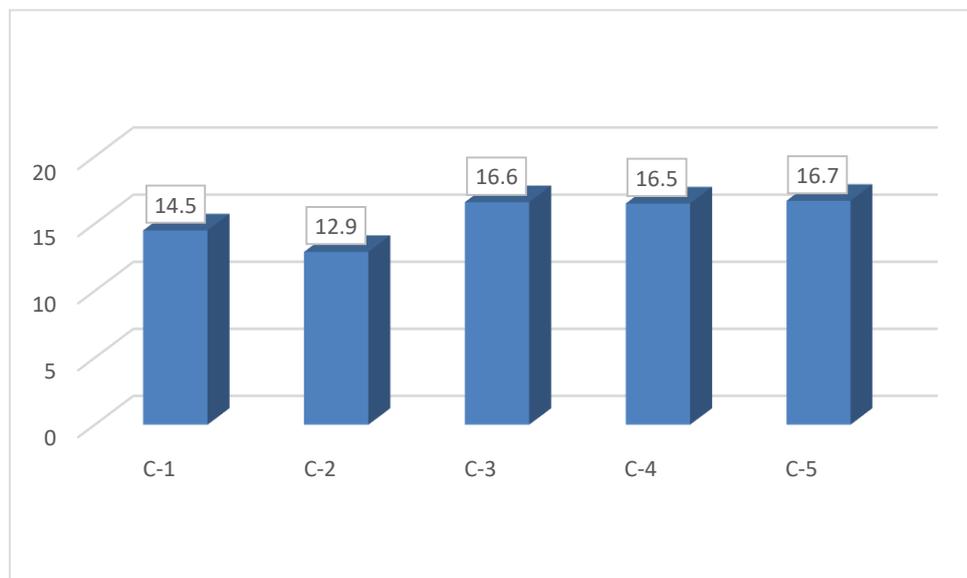


Figura 19 Porcentajes de límite plástico

En la figura 20 observamos los resultados del límite plástico de las 5 calicatas.

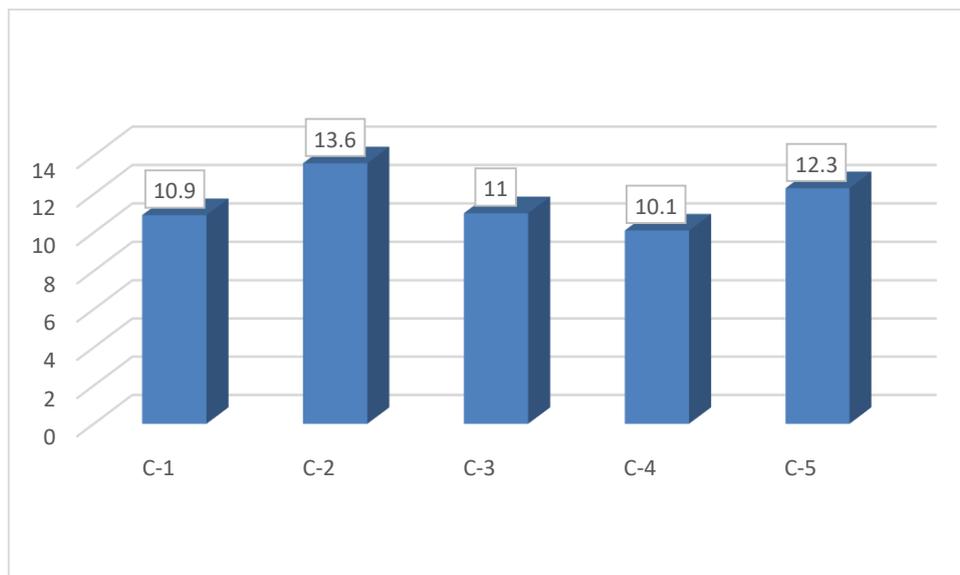


Figura 20 Porcentajes de índice de plasticidad.

#### 4.1.3.3. Contenido de Humedad

Los resultados obtenidos luego de los ensayos de contenido de humedad de las 5 calicatas en porcentajes son los siguientes. La C-1 tuvo una humedad del 5.8%, la C-2 obtuvo 10.1%, así mismo la C-3 un valor de 5.1, además la C-4 obtuvo un valor de 6.2% y por último la C-5 un valor de 6.2%. (Ver figura 19). Tenemos como interpretación del gráfico que quien tuvo un mayor porcentaje de humedad fue la calicata C-2, mientras la que obtuvo un menor valor fue la C-3.

En la figura 21 observamos un resumen de los porcentajes de humedad de todas nuestras calicatas, observando que la C-2 es la mayor con 10.1% y la menor es la C-3 con 5.1%.

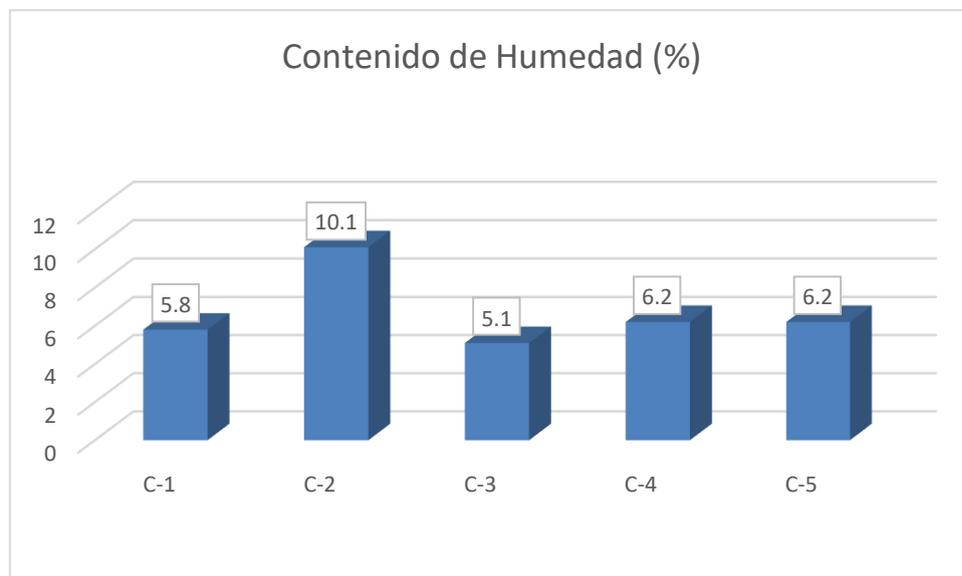


Figura 21 Contenido de humedad.

#### 4.1.4. Clasificación de los suelos por SUCS y AASHTO

El análisis de las 5 calicatas, con respecto a la clasificación o tipo de material por medio del sistema SUCS y AASHTO, dio como resultado de que tanto la C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5 tienen la misma clasificación por el sistema AASHTO siendo A-7-6, mientras que por SUCS son una arcilla de baja plasticidad (CL). (Ver tabla 26).

Tabla 38

Análisis de clasificación de resultados de suelo por SUCS y AASHTO.

MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
	SUCS	AASHTO
C1	CL	A-7-6
C2	CL	A-7-6
C3	CL	A-7-6
C4	CL	A-7-6
C5	CL	A-7-6

#### **4.1.5. Ensayo de Proctor Modificado y CBR**

##### **4.1.5.1. Proctor Modificado**

###### **Muestras Patrón**

En la realización de este ensayo para nuestra investigación se usó el método A, debido a que menos del 20% del peso de nuestro material es retenido en el tamiz N° 4 (4.75 mm). Los resultados obtenidos en este ensayo se muestran en las figuras 20 y 21, donde se observa el resultado del ensayo de 2 muestras hechas para cada una de las calicatas en estado natural, donde la máxima densidad seca fue de 1.463 g/cm<sup>3</sup> para la C-1, mientras que su humedad óptima fue de 2.47%, de igual forma para la C-2 obtuvo una densidad máxima seca de 1.545 g/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 5.89%, la C-3 obtuvo una máxima densidad seca de 1.574 g/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 7.80%, así mismo la C-4 obtuvo como máxima densidad seca 1.549 g/cm<sup>3</sup> y como humedad óptima 10.49%, por último la C-5 obtuvo una máxima densidad seca de 1.523 g/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 14.28%.

En la figura 22 observamos un resumen de la máxima densidad seca de todas nuestras calicatas, observando que la C-3 es la mayor con 1.574g/cm<sup>3</sup> y la menor es la C-1 con 1.463 g/cm<sup>3</sup>.

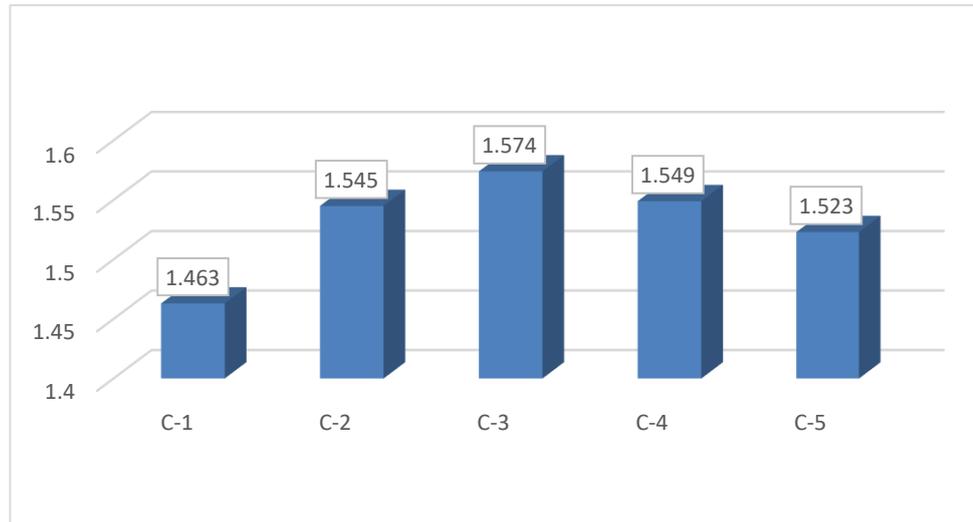


Figura 22 Máxima densidad seca muestras patrón.

En la figura 23 observamos un resumen de los porcentajes de humedad óptima de todas nuestras calicatas, observando que la C-5 es la mayor con 14.28% y la menor es la C-1 con 2.47%.

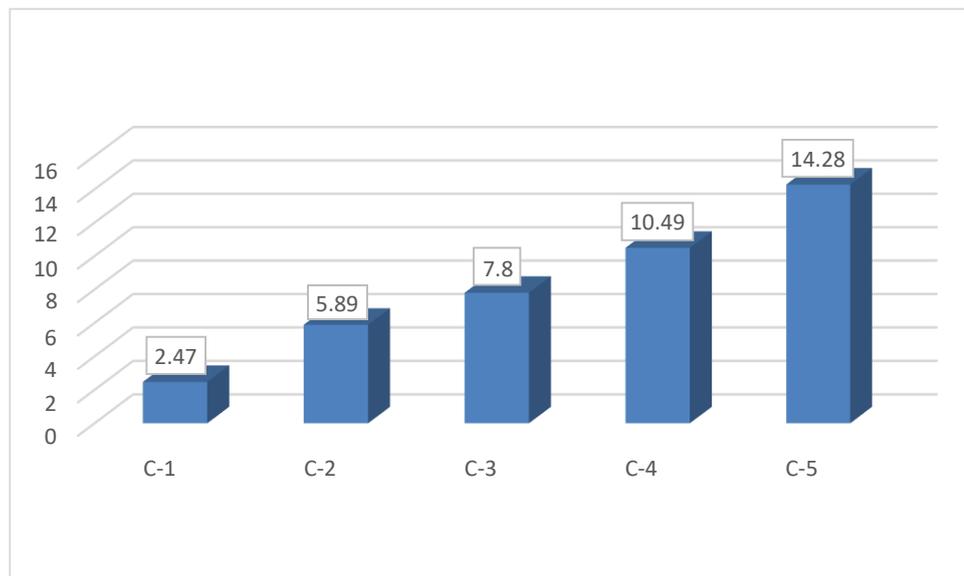


Figura 23 Porcentaje de humedad óptima

## **Muestras Estabilizadas con Cascara de Ceniza de Café y Cascara de Huevo**

Para la realización de este ensayo con adición de estabilizantes, se consideraron 9 dotaciones para ser añadidas a cada muestra, tales como: 3% CCC + 2% CH, 4% CCC + 2% CH, 5% CCC + 2% CH, 3% CCC + 3% CH, 4% CCC + 3% CH, 5% CCC + 3% CH, 3% CCC + 4% CH, 4% CCC + 4% CH y 5% CCC + 4% CH, de donde como resultados más relevantes tenemos que para la C-1 la máxima densidad seca fue de 1.931 g/cm<sup>3</sup> perteneciente a la combinación de 5% CCC + 4% CH y un contenido de humedad 3.87% perteneciente a la combinación 3% CCC + 2% CH (Ver figura 22 y 23), mientras que para la C-2 su máximo valor obtenido fue de 1.976 g/cm<sup>3</sup> perteneciente a la combinación de 5% CCC + 3% CH y un contenido de humedad de 7.47% perteneciente a la combinación 3% CCC + 2% CH. (Ver figura 24 y 25). Por otro lado, para la C-3 el valor obtenido para la máxima densidad seca fue de 2.128 g/cm<sup>3</sup> perteneciente a la combinación 5% CCC + 3% CH y para el caso del contenido de humedad el valor fue de 11.83% perteneciente a 4% CCC + 2% CH (Ver figura 26 y 27). Así mismo en la C-4 la densidad máxima seca fue de 1.986 g/cm<sup>3</sup> perteneciente a la combinación 5% CCC + 4% CH y un contenido de humedad de 16.72% perteneciente a la combinación 5% CCC + 2% CH (Ver figura 28 y 29). Por último, para la C-5 la máxima densidad seca es de 1.995 g/cm<sup>3</sup> perteneciente a la combinación 5% CCC + 3% CH y un contenido de humedad de 20.61%. (Ver figura 30 y 31)

En la figura 32 y 33, se puede apreciar la comparación de la máxima densidad seca y contenido de humedad respectivamente de todas las calicatas analizadas.

En la figura 24 observamos un resumen la máxima densidad seca de nuestra calicata 1 con todos los porcentajes de estabilizantes que utilizamos para realizar nuestra comparación y tener nuestro análisis, obteniendo que la máxima densidad seca fue de 1.913 g/cm<sup>3</sup> perteneciente a la combinación 3%CCC+2%CH.

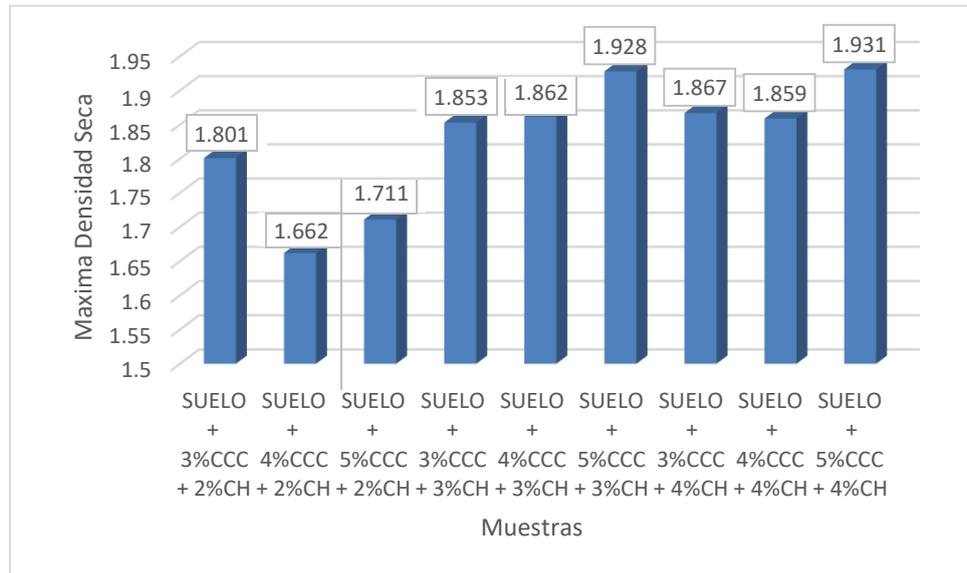


Figura 24 Máxima densidad seca C-1.

En la figura 25 observamos un resumen la máxima densidad seca de nuestra calicata 1 con todos los porcentajes de estabilizantes que utilizamos para realizar nuestra comparación y tener nuestro análisis, obteniendo que el contenido de humedad máximo fue de 3.87% perteneciente a la combinación 3%CCC+2%CH.

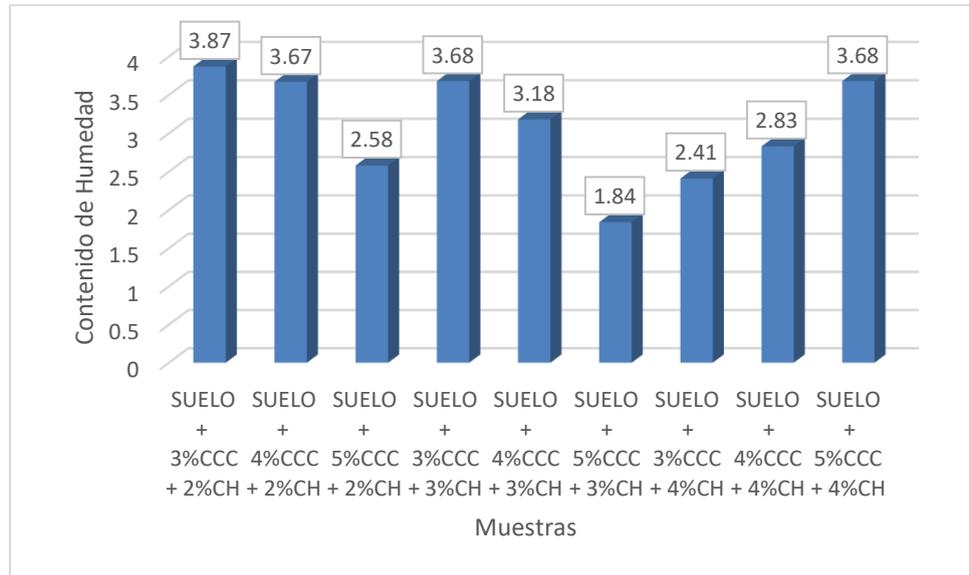


Figura 25 Contenido de humedad C-1 (%).

En la figura 26, observamos un resumen la máxima densidad seca de nuestra calicata 2 con todos los porcentajes de estabilizantes que utilizamos para realizar nuestra comparación y tener nuestro análisis, obteniendo que la máxima densidad seca fue de 1.976 g/cm<sup>3</sup> perteneciente a la combinación 5% CCC+3% CH.

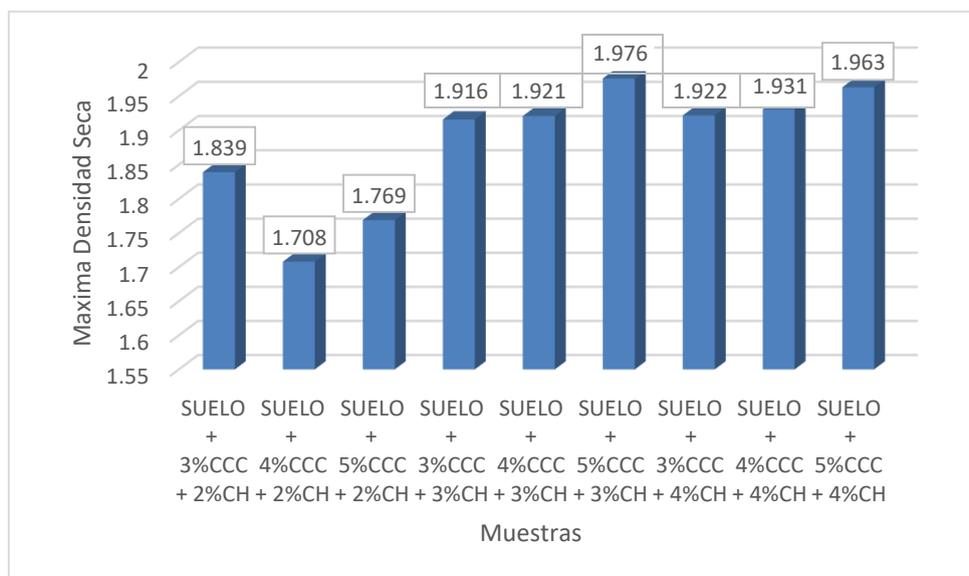


Figura 26 Máxima densidad seca C-2.

En la figura 27, observamos un resumen la máxima densidad seca de nuestra calicata 2 con todos los porcentajes de estabilizantes que utilizamos para realizar nuestra comparación y tener nuestro análisis, obteniendo que el contenido de humedad máximo fue de 7.47% perteneciente a la combinación 3%CCC+2%CH.

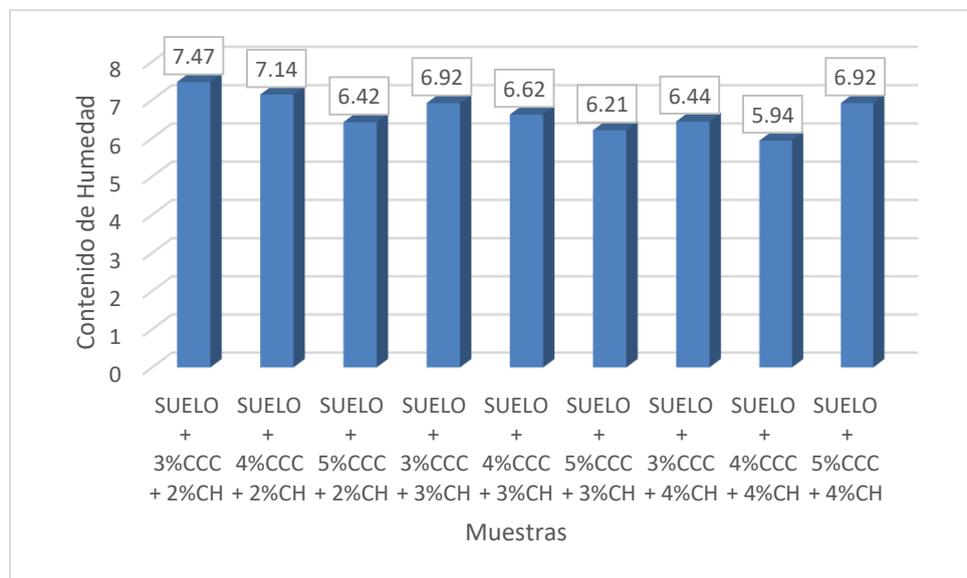


Figura 27 Contenido de humedad C-2 (%).

En la figura 28, observamos un resumen la máxima densidad seca de nuestra calicata 3 con todos los porcentajes de estabilizantes que utilizamos para realizar nuestra comparación y tener nuestro análisis, obteniendo que la máxima densidad seca fue de 2.128 g/cm<sup>3</sup> perteneciente a la combinación 5%CCC+3%CH.

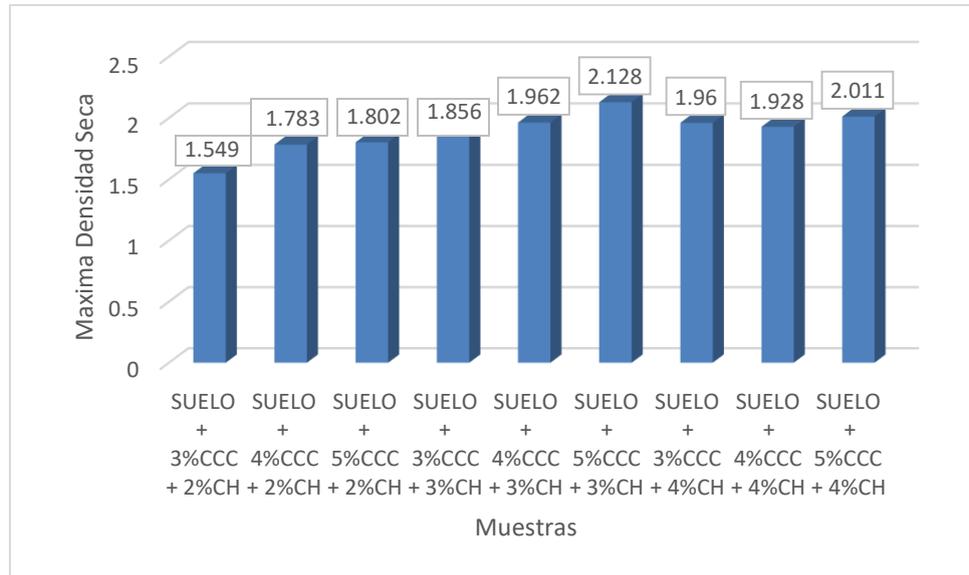


Figura 28 Máxima densidad seca C-3.

En la figura 29 observamos un resumen la máxima densidad seca de nuestra calicata 3 con todos los porcentajes de estabilizantes que utilizamos para realizar nuestra comparación y tener nuestro análisis, obteniendo que el contenido de humedad máximo fue de 11.83% perteneciente a la combinación 4%CCC+2%CH.

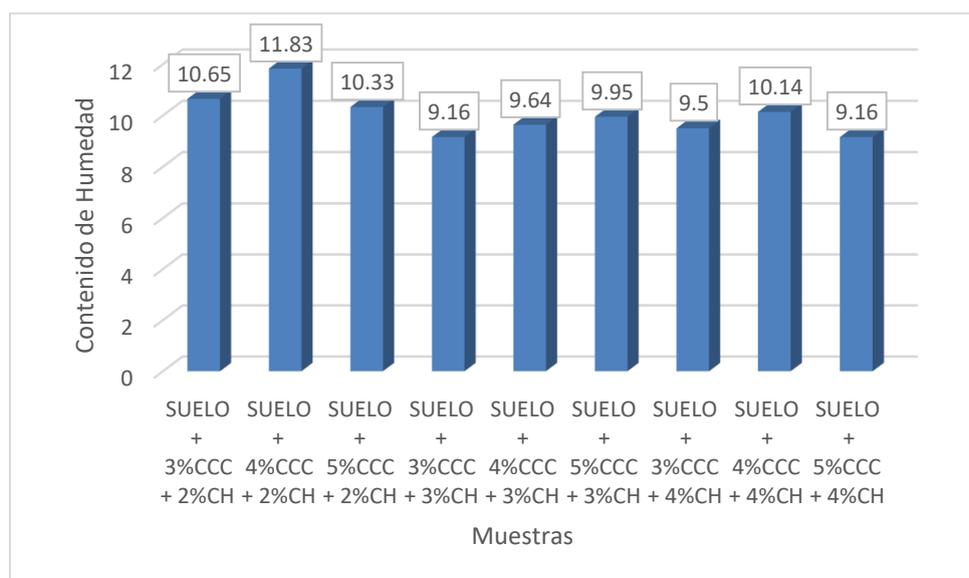


Figura 29 Contenido de humedad C-3 (%).

En la figura 30, observamos un resumen la máxima densidad seca de nuestra calicata 4 con todos los porcentajes de estabilizantes que utilizamos para realizar nuestra comparación y tener nuestro análisis, obteniendo que la máxima densidad seca fue de 2.037g/cm<sup>3</sup> perteneciente a la combinación 5%CCC+3%CH.

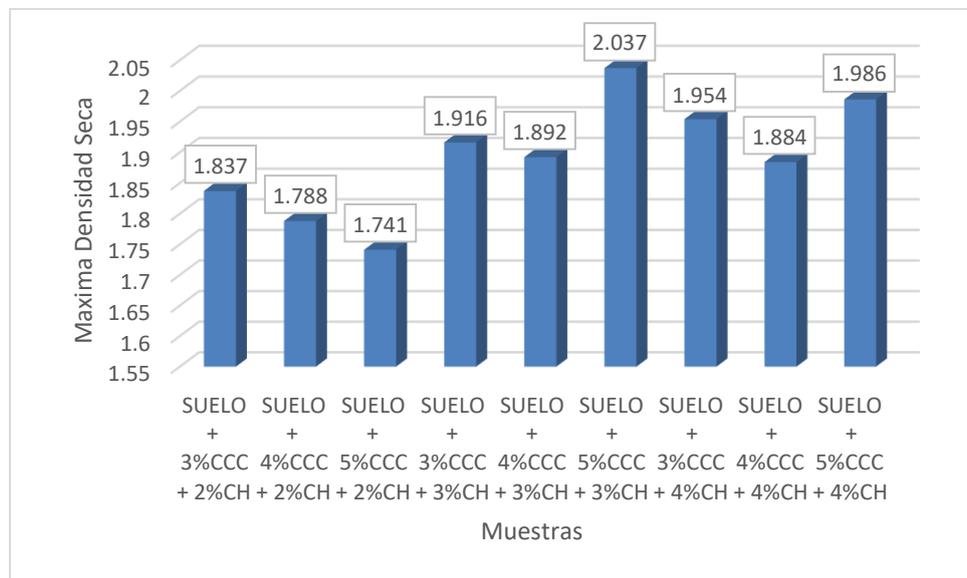


Figura 30 Máxima densidad seca C-4.

En la figura 31, observamos un resumen la máxima densidad seca de nuestra calicata 4 con todos los porcentajes de estabilizantes que utilizamos para realizar nuestra comparación y tener nuestro análisis, obteniendo que el contenido de humedad máximo fue de 16.72% perteneciente a la combinación 4%CCC+2%CH

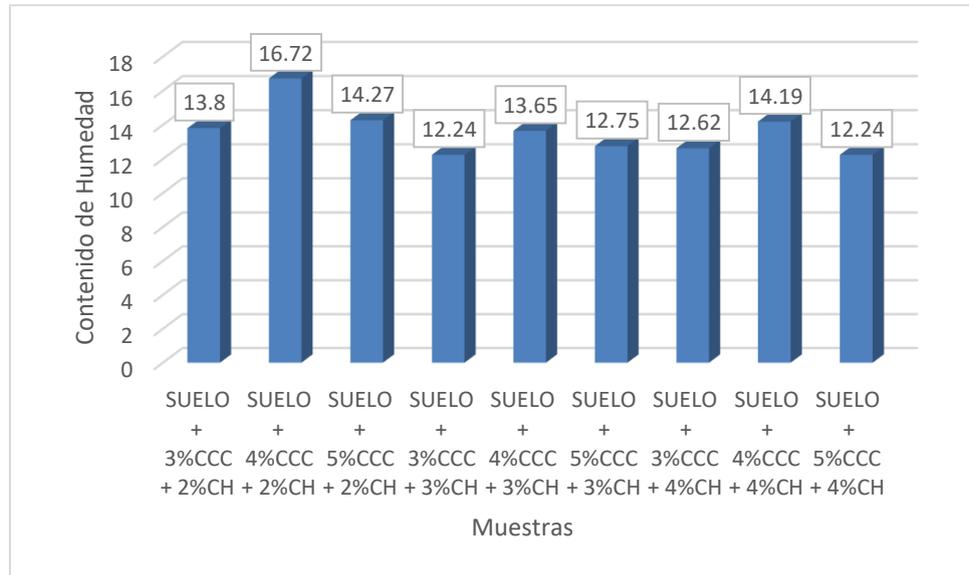


Figura 31 Contenido de humedad C-4 (%).

En la figura 32 observamos un resumen la máxima densidad seca de nuestra calicata 5 con todos los porcentajes de estabilizantes que utilizamos para realizar nuestra comparación y tener nuestro análisis, obteniendo que la máxima densidad seca fue de 1.995g/cm<sup>3</sup> perteneciente a la combinación 5%CCC+3%CH.

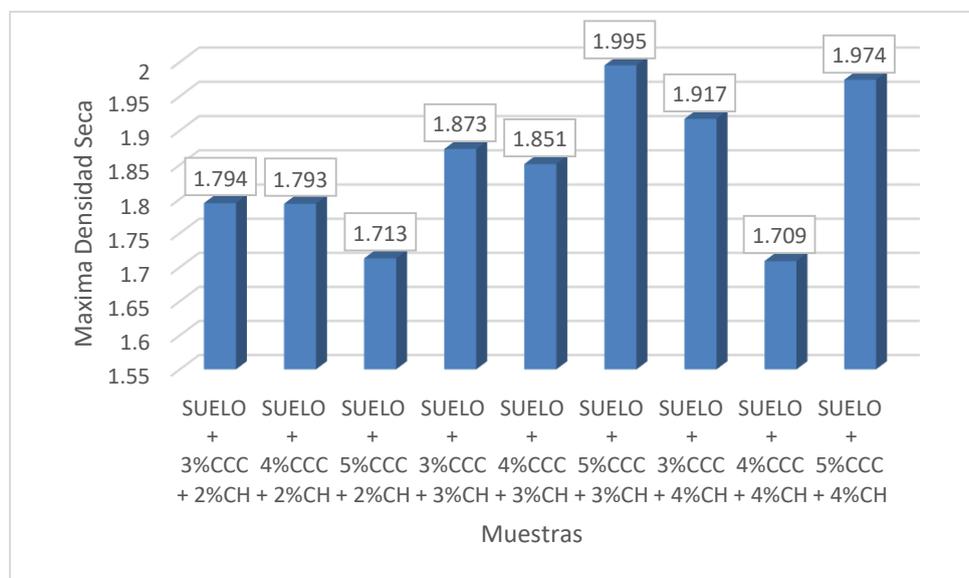


Figura 32 Máxima densidad seca C-5.

En la figura 33 observamos un resumen la máxima densidad seca de nuestra calicata 5 con todos los porcentajes de estabilizantes que utilizamos para realizar nuestra comparación y tener nuestro análisis, obteniendo que el contenido de humedad máximo fue de 20.61% perteneciente a la combinación 4%CCC+2%CH.

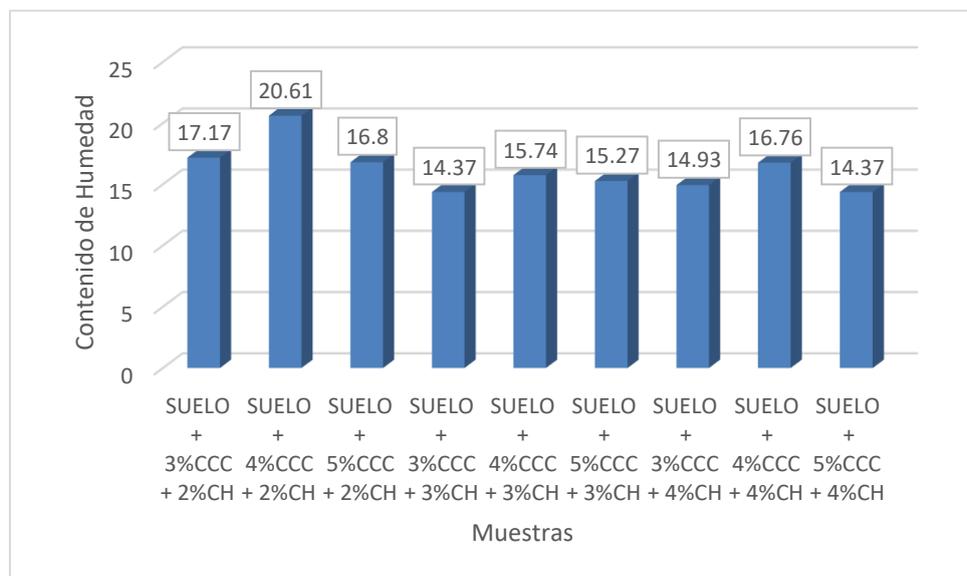


Figura 33 Contenido de humedad C-5 (%).

En la figura 34, agrupamos un resumen de todas las máximas densidades secas de nuestro estudio.

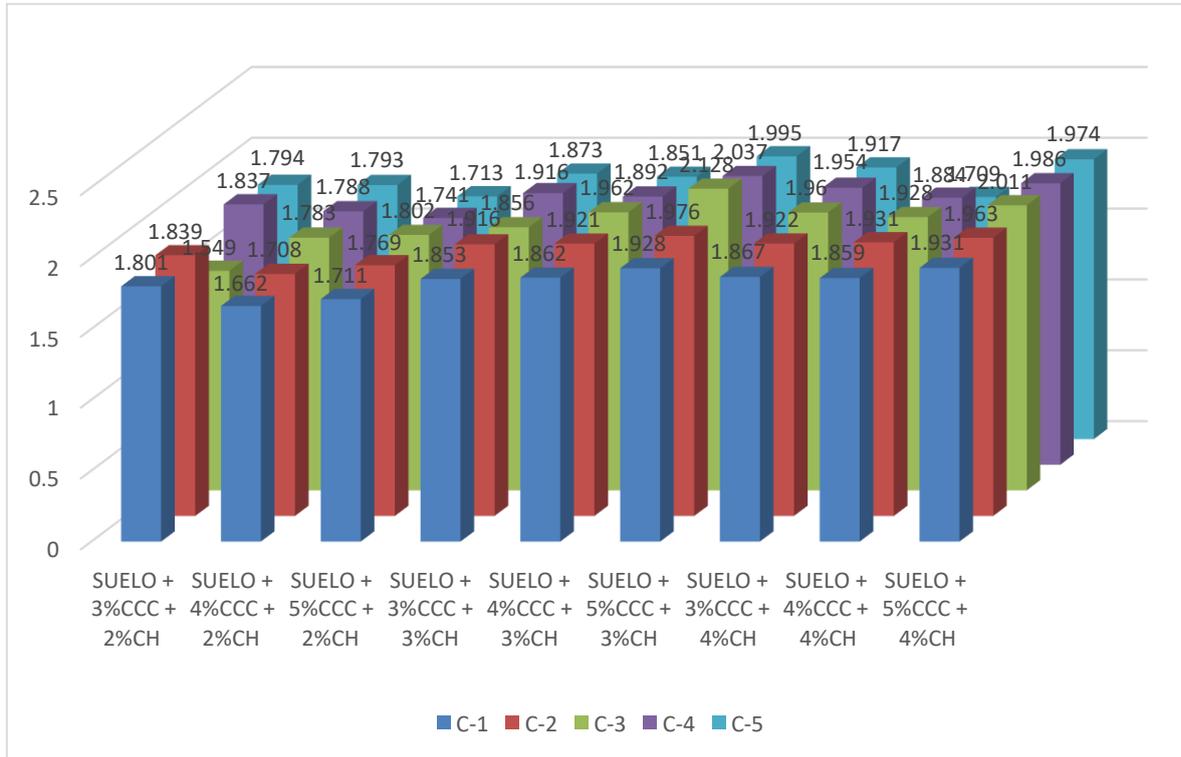


Figura 34 Resumen de máxima densidad seca de las calicatas.

En la figura 35, agrupamos un resumen de todos los porcentajes de contenido óptimos de nuestras muestras de estudio con estabilizantes.

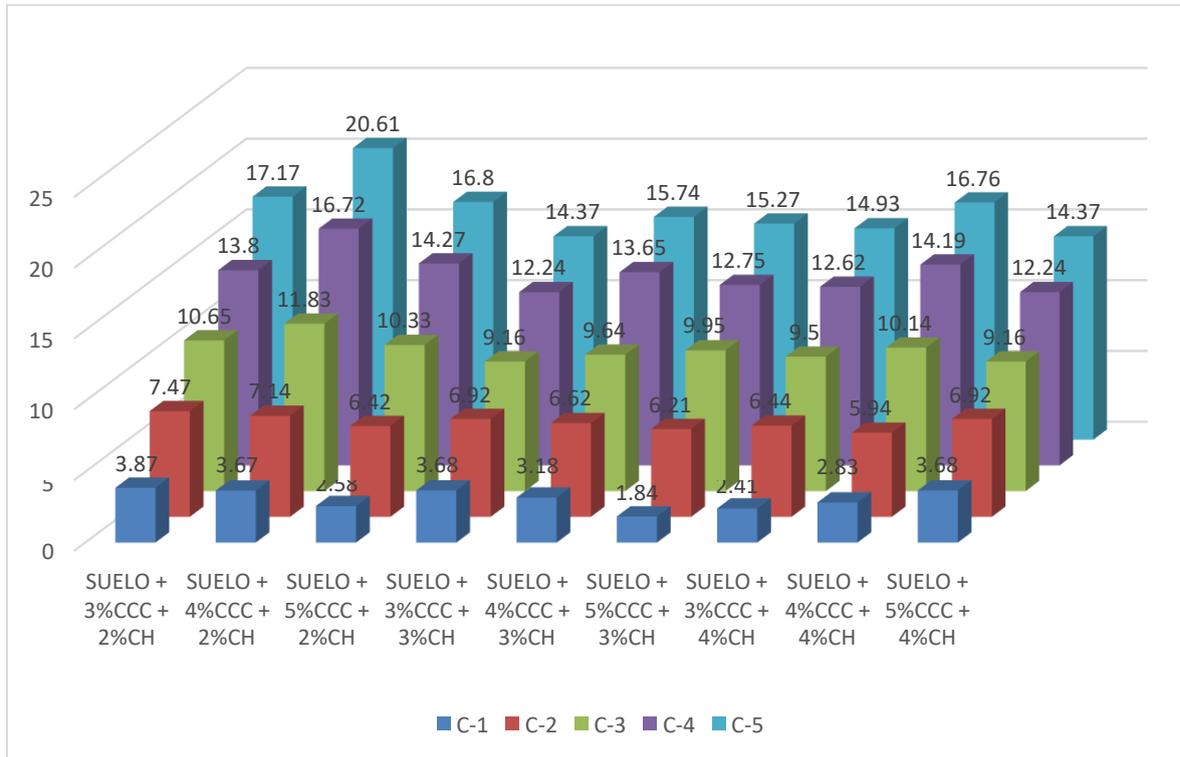


Figura 35 Resumen de porcentaje de contenido óptimo.

#### 4.1.5.2.CBR (California Bearing Ratio)

##### Muestras Patrón

En base a el análisis del CBR del suelo natural extraído se obtuvieron los resultados que se pueden observar, la C-1 obtuvo un valor promedio de 6.2% para una penetración del 0.1”, mientras que para una penetración de 0.2” tuvo un CBR de 6.6%, dichos valores fueron obtenidos con una M.D.S al 95% de 1.49 g/cm<sup>3</sup>. La calicata C-2 obtuvo un valor promedio de 7.7% para una penetración del 0.1”, mientras que para una penetración de 0.2” tuvo un CBR de 8.1%, dichos valores fueron obtenidos con una M.D.S al 95% de 1.4915 g/cm<sup>3</sup>. Además, la C-3 obtuvo un valor promedio de 8.8% para una penetración del 0.1”, mientras que para una

penetración de 0.2” tuvo un CBR de 9.2%, dichos valores fueron obtenidos con una M.D.S al 95% de 1.492 g/cm<sup>3</sup>. Por otro lado, la C-4 obtuvo un valor promedio de 7.59% para una penetración del 0.1”, mientras que para una penetración de 0.2” tuvo un CBR de 7.8%, dichos valores fueron obtenidos con una M.D.S al 95% de 1.4915 g/cm<sup>3</sup>. Por último, la C-5 obtuvo un valor promedio de 6.5% para una penetración del 0.1”, mientras que para una penetración de 0.2” tuvo un CBR de 7%, dichos valores fueron obtenidos con una M.D.S al 95% de 1.492 g/cm<sup>3</sup>. (Ver figura 34 y 35)

En la figura 36, tenemos el promedio de todos los resultados de ensayo de CBR al 0.1” realizado para cada calicata.

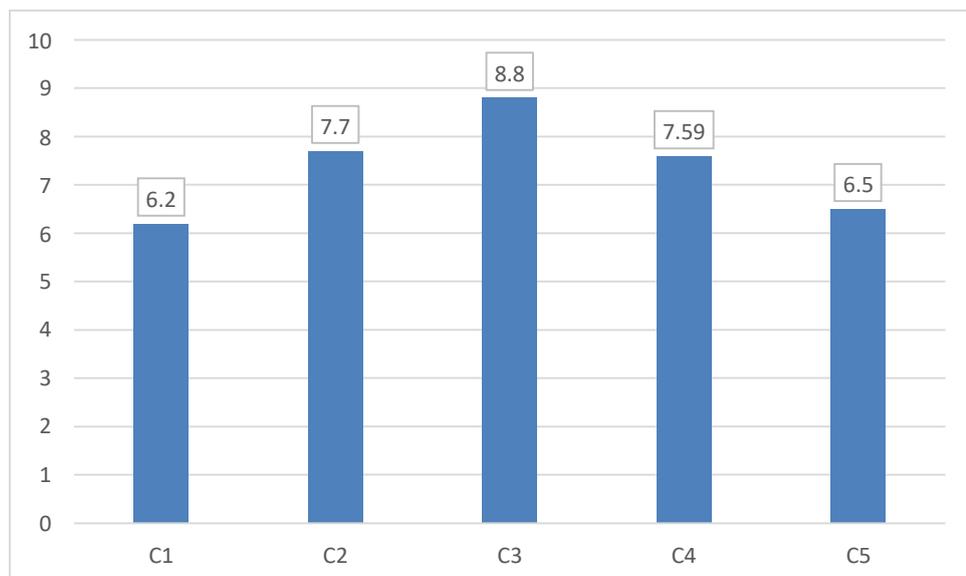


Figura 36 Ensayo de CBR al 0.1”.

En la figura 37 tenemos el promedio de todos los resultados de ensayo de CBR al 0.1” realizado para cada calicata.

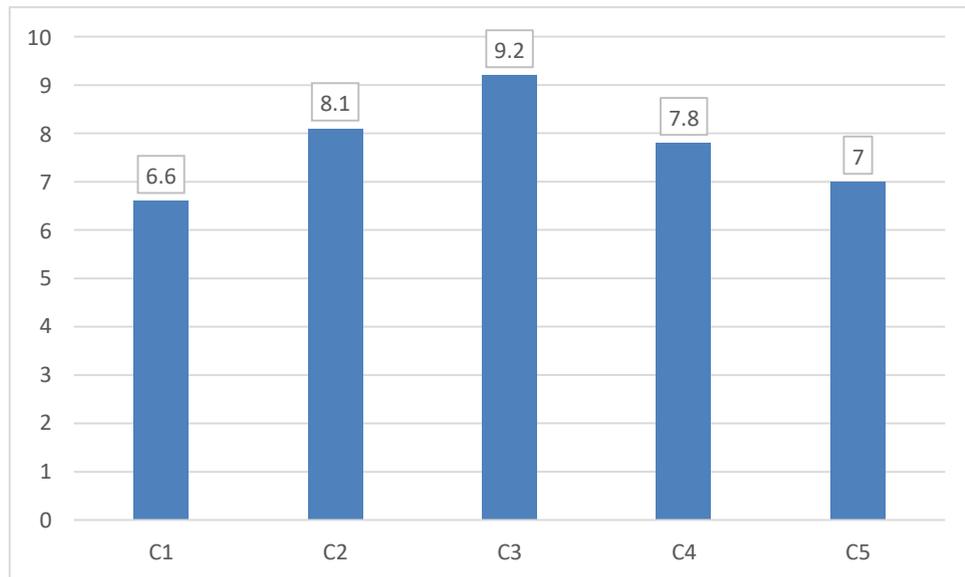


Figura 37 Ensayo de CBR al 0.1”.

### Muestras Estabilizadas con Cascara de Ceniza de Café y Cascara de Huevo

Luego de analizar los resultados obtenidos al realizar el ensayo de CBR para las muestras patrón sin ninguna adición, pudimos observar que los valores obtenidos están por debajo del mínimo que establece el MTC-2018 con respecto al porcentaje de CBR de la subrasante. Es por eso por lo que se procedió a realizar diferentes combinaciones en porcentajes pequeños de Cascara de Ceniza de Café y Cascara de huevo, en total fueron 9 las combinaciones tales como: 3% CCC + 2% CH, 4% CCC + 2% CH, 5% CCC + 2% CH, 3% CCC + 3% CH, 4% CCC + 3% CH, 5% CCC + 3% CH, 3% CCC + 4% CH, 4% CCC + 4% CH y 5% CCC + 4% CH, de donde se obtuvieron como resultados más relevantes los siguientes datos. Con la combinación de 3% CCC + 2% CH se pasó de tener resultados de CBR al 95% menores al 10% a pasar tener hasta 25.88% de CBR a un 0.1” y a 27.94% de CBR a un 0.2” (Ver figura 36). Así mismo la combinación 4% CCC + 2% CH se

obtuvieron resultados de CBR a un 0.1” de 43.12% y a un 0.2” de 44.61% (Ver figura 37). Además 5% CCC + 2% CH se obtuvieron resultados de CBR a un 0.1” de 51% y a un 0.2” de 54.5%(Ver figura 38). La combinación 3% CCC + 3% CH obtuvo un CBR de 63.54% a un 0.1” y de 65.96% a un 0.2” (Ver figura 39). Por otro lado, la combinación 4% CCC + 3% CH obtuvo un CBR de 68.56% a un 0.1” y de 71.11% a un 0.2” (Ver figura 40). Consiguientemente la combinación 5% CCC + 3% CH obtuvo un CBR de 77.11% a un 0.1” y de 78.95% a un 0.2” (Ver figura 41). La combinación 3% CCC + 4% CH obtuvo un CBR de 77.42% a un 0.1” y 77.7% a un 0.2” (Ver figura 42). Además, la combinación 4% CCC + 4% CH obtuvo un CBR de 80.01% a un 0.1” y de 83.86% a un 0.2” (Ver figura 3). Por último, la combinación 5% CCC + 4% CH obtuvo un CBR de 87.32% a un 0.1” y de 88.83% a un 0.2”. (Ver figura 44)

En la figura 38 podemos observar los resultados del ensayo de CBR al 0.1” y 0.2” agregándole la dosificación de 3% de cáscara de ceniza de café y 2% de cáscara de huevo como estabilizantes.

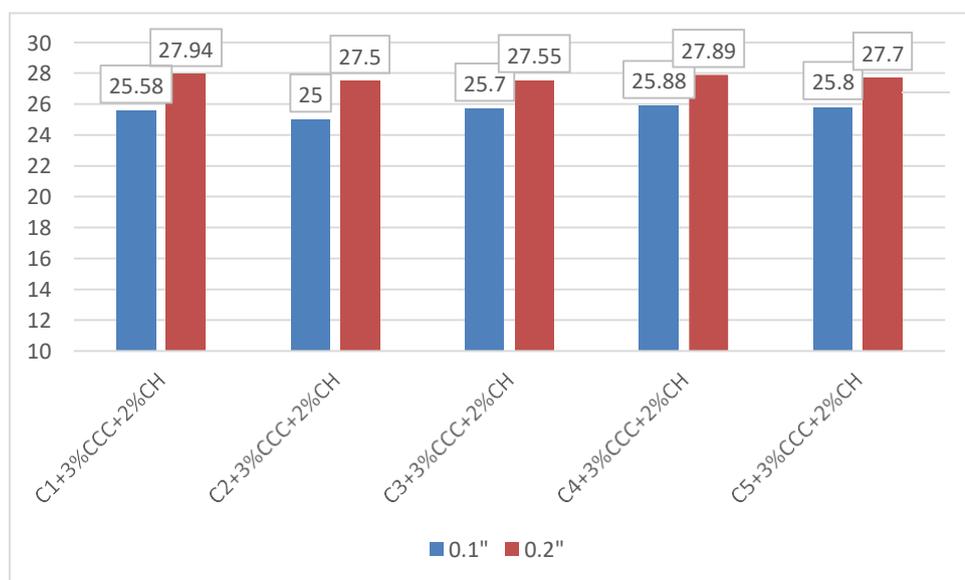


Figura 38 CBR con 3% de Cáscara de ceniza de café y 2% de cáscara de huevo al 0.1” y 0.2”.

En la figura 39 podemos observar los resultados del ensayo de CBR al 0.1” y 0.2” agregándole la dosificación de 4% de cáscara de ceniza de café y 2% de cáscara de huevo como estabilizantes.

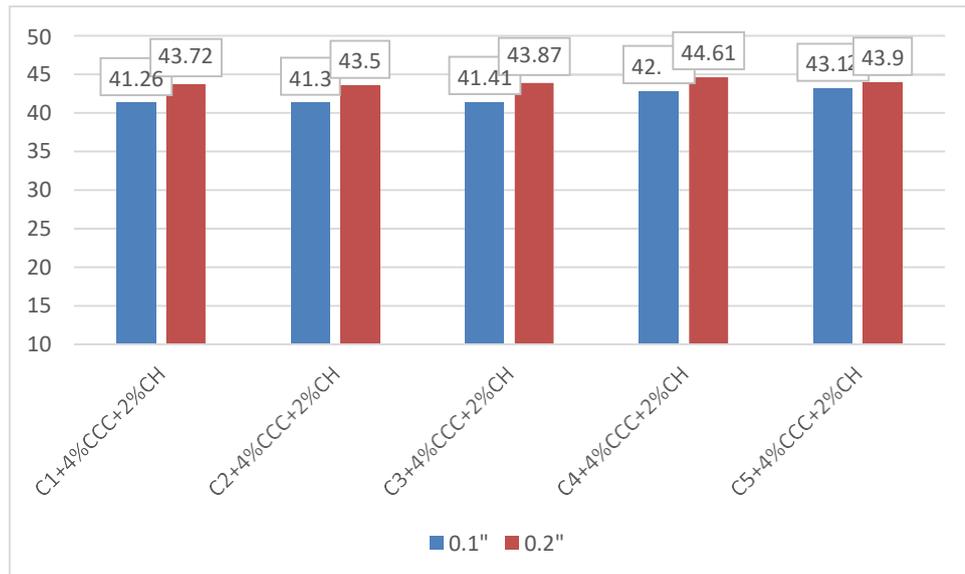


Figura 39 CBR con 4% de Cáscara de ceniza de café y 2% de cáscara de huevo al 0.1” y 0.2”.

En la figura 40 podemos observar los resultados del ensayo de CBR al 0.1” y 0.2” agregándole la dosificación de 5% de cáscara de ceniza de café y 2% de cáscara de huevo como estabilizantes.

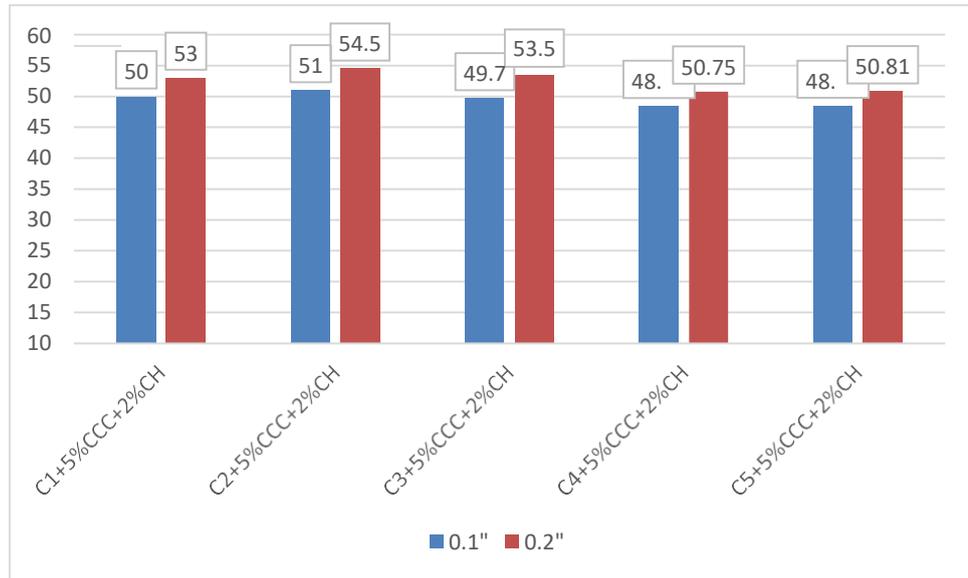


Figura 40 CBR con 5% de Cáscara de ceniza de café y 2% de cáscara de huevo al 0.1" y 0.2".

En la figura 41 dosificación de 3% de cáscara de ceniza de café y 3% de cáscara de huevo como estabilizantes.

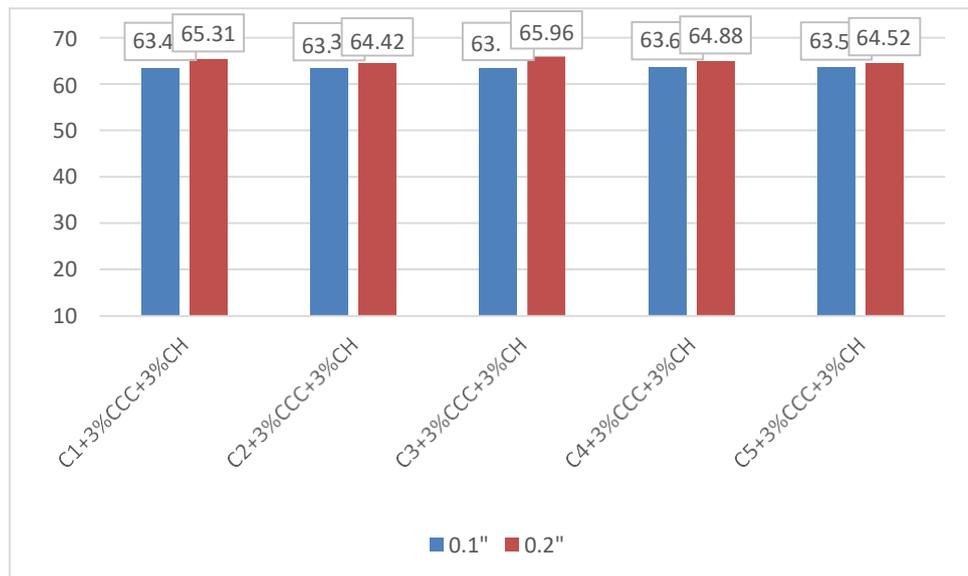


Figura 41 CBR con 3% de Cáscara de ceniza de café y 3% de cáscara de huevo al 0.1" y 0.2".

En la figura 42 podemos observar los resultados del ensayo de CBR al 0.1” y 0.2” agregándole la dosificación de 4% de cáscara de ceniza de café y 3% de cáscara de huevo como estabilizantes.

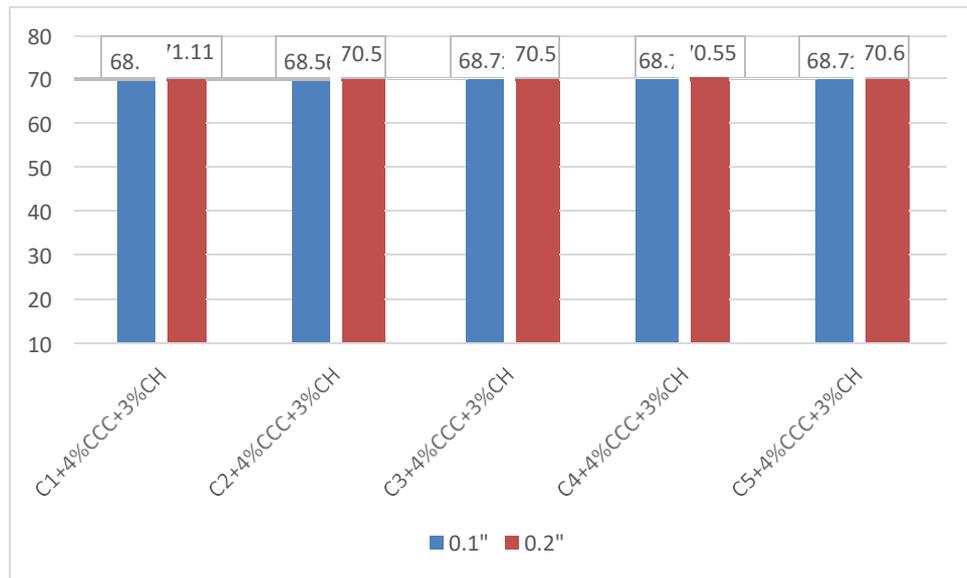


Figura 42 CBR con 4% de Cáscara de ceniza de café y 3% de cáscara de huevo al 0.1” y 0.2.

En la figura 43 podemos observar los resultados del ensayo de CBR al 0.1” y 0.2” agregándole la dosificación de 5% de cáscara de ceniza de café y 3% de cáscara de huevo como estabilizantes.

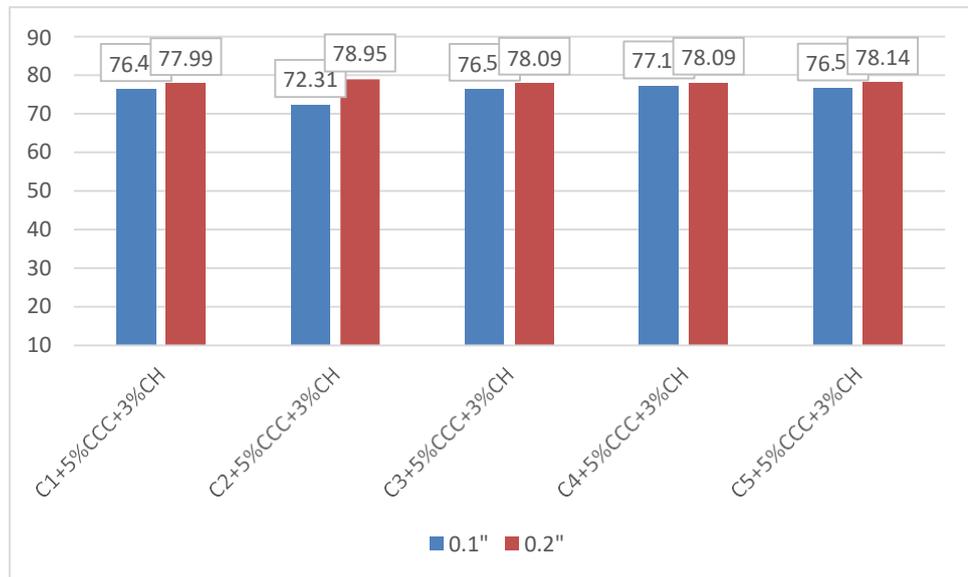


Figura 43 CBR con 5% de Cáscara de ceniza de café y 3% de cáscara de huevo al 0.1" y 0.2".

En la figura 44 podemos observar los resultados del ensayo de CBR al 0.1" y 0.2" agregándole la dosificación de 3% de cáscara de ceniza de café y 4% de cáscara de huevo como estabilizantes.

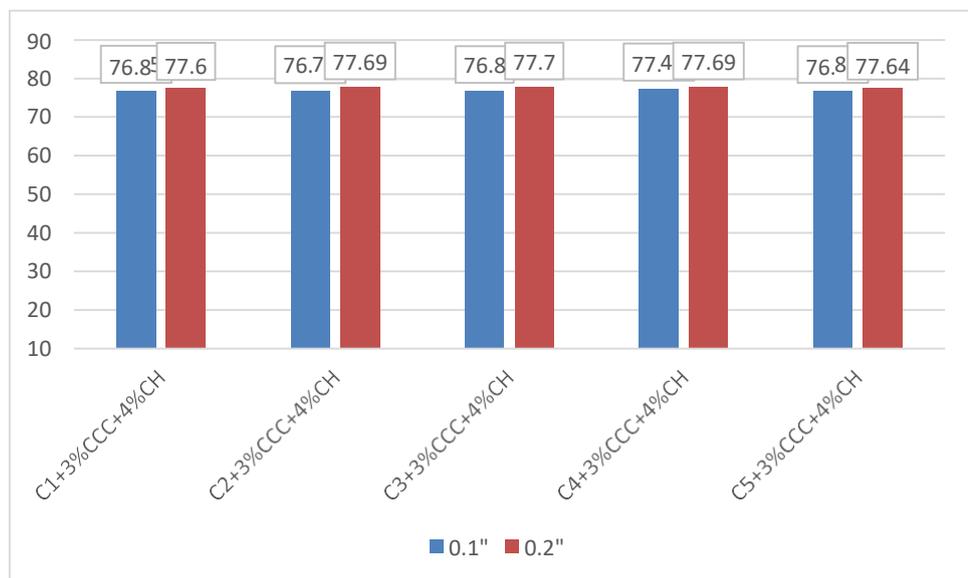


Figura 44 CBR con 3% de Cáscara de ceniza de café y 4% de cáscara de huevo al 0.1" y 0.2".

En la figura 45 podemos observar los resultados del ensayo de CBR al 0.1” y 0.2” agregándole la dosificación de 4% de cáscara de ceniza de café y 4% de cáscara de huevo como estabilizantes.

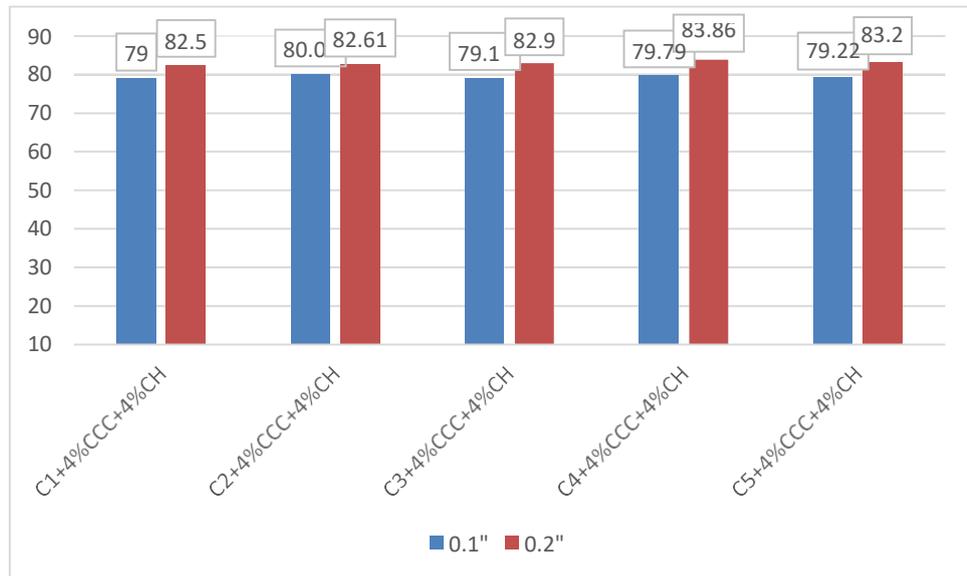


Figura 45 CBR con 4% de Cáscara de ceniza de café y 4% de cáscara de huevo al 0.1” y 0.2”.

En la figura 46 podemos observar los resultados del ensayo de CBR al 0.1” y 0.2” agregándole la dosificación de 5% de cáscara de ceniza de café y 4% de cáscara de huevo como estabilizantes.

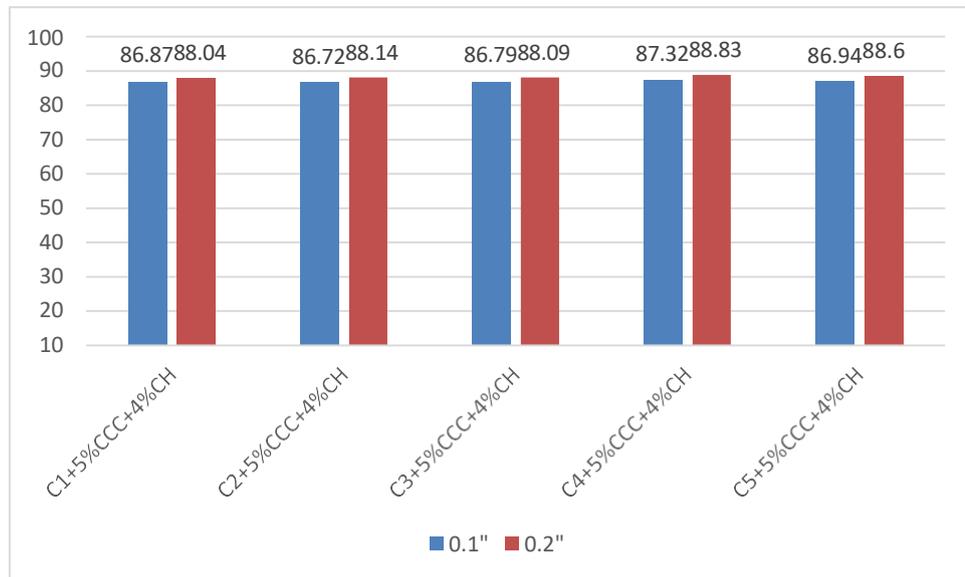


Figura 46 CBR con 5% de Cáscara de ceniza de café y 4% de cáscara de huevo al 0.1" y 0.2".

#### 4.1.6. Porcentaje Óptimo de Cascara de Ceniza de Café y Cascara de Huevo

Sabiendo que el CBR del terreno natural obtenido luego de realizar los ensayos de laboratorio está por debajo del mínimo normado por el MTC – 2018, se procedió a realizar diferentes adiciones con combinaciones de cascara de ceniza de café y cascara de huevo, de lo que luego realizar el análisis, obtuvimos que a excepción de la combinación de 3%CCC + 2%CH, todas las semanas cumplen con la denominación de una subrasante “excelente” debido a que pasan del 30%. Bajo esa base para nuestra investigación consideramos como porcentaje optimo a la combinación 4%CCC + 2%CH, porque cumple con los requisitos mínimos y además es considerada como “excelente” porque su CBR en todas las muestras son mayores al 30% y no tendría sentido utilizar otras combinaciones con mayor porcentaje ya que si este proyecto se hiciera realidad, eso significaría mayores costos y mayor logística, ya que se necesitara conseguir más material, se utilizara una mayor carpeta asfáltica, etc. Si bien es cierto se realizó varias combinaciones, pero fue porque se sabía que el material utilizado de

manera teórica podría brindar ciertos beneficios de estabilización, no tendríamos unos datos exactos, es por eso que se termina realizando varias combinaciones porque esperábamos que llegue hasta cierto tope máximo y luego la curva de desempeño disminuya, pero en este caso, podemos apreciar, que mientras más porcentaje de un u otro material, el CBR sigue aumentando de manera positiva. (Ver tabla 25)

#### **4.1.7. Diseño de Pavimento Flexible**

Luego de realizado el estudio de trafico de donde se obtuvo el ESAL de diseño, se procedió a continuar con el diseño del pavimento, iniciando por determinar el tipo de Tp en base al total de ejes equivalentes del ESAL, en este caso en base a nuestra investigación, nos dio un TP5, entonces se fue recolectando los datos necesarios para la ecuación de AASHTO 93 de las tablas del Manual de Carreteras: Sección Suelos geología, geotecnia y Pavimentos.

Luego de obtener todos los datos, se procedió a solucionar la ECUACIÓN AASHTO 93 mediante un programa, el cual nos dio como resultado un número estructural de 2.15, lo que nos indica que el número estructural del pavimento diseñado no puede ser menor a este número calculado.

Para la determinación de las capas del pavimento, se realiza antes una verificación en base a una tabla donde se determina los valores de las 3 capas, ya sea capa superficial, base y subbase, la cual debe ser mayor que el SNrequerido. En nuestro caso por tener un CBR mayor al 40%, no necesitamos de una subbase, es por eso que nuestra propuesta solo contara con una capa superficial y una base.

A partir de los datos obtenidos, se calculó los espesores del pavimento flexible; para su correcto diseño de los espesores, se corrobora que el número estructural (SN), superará el número estructural requerido (SNreq) de 2.15, teniendo como resultados

los siguientes valores para los espesores, capa asfáltica de 8 cm y capa base de 18 cm, y un número estructural (SN) de 2.58, el cual es superior al número estructural requerido (SNreq).

#### 4.2. Conclusiones

- Se determinó que la cascara de ceniza de café y la cascara de huevo mejora de una manera bastante considerable el CBR del terreno natural en estudio, luego de realizar un total de 9 combinaciones con diferentes porcentajes se pudieron obtener resultados de CBR que bordean el 90% de CBR, que para ser usadas en una Sub-Rasante son bastante altos.
- Se determinó las características físicas del terreno de las 5 calicatas realizadas de donde obtuvimos los resultados de su granulometría, límites atterberg y contenido de humedad, la cual presentó una arena arcillo-limosa con una cantidad de finos que va del 85% al 92.3% y una cantidad de arena de 7.7% al 15%, un índice de plasticidad que va del 10.1% al 13.6% y un contenido de humedad que va de 5.1% al 10.1%.
- Se determinó la clasificación del material del terreno natural del tramo Santa Elena – El Carmelo de las 5 calicatas realizadas, teniendo como resultado de la clasificación de acuerdo con el sistema SUCS, un suelo de arcillas limosas de baja plasticidad (CL) y mediante la clasificación AASHTO se determinó que es un suelo limo arcilloso (A-7-6).
- Se determinó la resistencia del suelo con la realización de los ensayos de CBR, se realizaron 9 combinaciones 3% CCC + 2% CH, 4% CCC + 2% CH, 5% CCC + 2% CH, 3% CCC + 3% CH, 4% CCC + 3% CH, 5% CCC + 3% CH, 3% CCC + 4% CH, 4% CCC + 4% CH y 5% CCC + 4% CH, de las

cuales a partir de la combinación 4% CCC + 2% CH en adelante, los resultados superaban el 30% de CBR, lo cual lo convertía en un CBR excelente para una subrasante. Con respecto al Proctor se obtuvieron resultados de densidad seca tanto del terreno natural como con las diferentes combinaciones de estabilizantes que iban en promedio desde 1.40 gr/cm<sup>3</sup> a 2.20 gr/cm<sup>3</sup>, y un contenido de humedad que va de 1.80% a 20.70%, de donde se tuvo como dato relevante que el terreno no cada cierta distancia iba siendo relativamente más húmedo dado que desde el km 0 de donde se realizó la C1 hasta el km 2.5 donde se encuentra nuestra C5, esta última muestra una mayor humedad.

- Se determino el porcentaje óptimo de adición de estabilizante, si bien es cierto casi todos nuestros resultados de nuestras combinaciones arrojan porcentajes mayores del 30% de CBR, optamos por tomar como combinación optima la del 4% CCC + 2%CH dado que era la primera que superaba el 30% y que no significaba una adición de bastante porcentaje de adición, lo cual implica un ahorro de costos y de logística en el caso de que esta propuesta se hiciera realidad, además de que al momento de realizar el diseño, nos da la opción, que fue la que estamos adoptando, que fue la de no usar una subbase y por ende un menor costo en su construcción.
- Se determino el diseño de pavimento flexible, de donde definimos un SN de 2.58 y unos espesores de carpeta asfáltica de 8 cm y una base granular de 18 cm. Así mismo no se optó por colocar una subbase, debido a excelente CBR de nuestra subrasante.

### 4.3. Recomendaciones

- Se recomienda realizar más estudios del suelo con otros porcentajes de ceniza de cascara de café y cascara de huevo, o tal vez usando cada una por separado para determinar y conocer que porcentajes llegan a alcanzar de CBR y hacer una comparación más detallada.
- Se recomienda el uso de la ceniza de cascara de café y cascara de huevo como estabilizantes naturales, ya que además de que ayudamos al medio ambiente reciclando estos materiales, está demostrado de que tienen características físicas y químicas que mejoran las características de los suelos.
- Se recomienda realizar esta investigación en otras regiones con la finalidad de saber si este método de estabilización puede servir en todo tipo de zona y tipo de suelo o solo es aplicable para algunos suelos en específico.

## REFERENCIAS

*Alarcón J., Jiménez M., y Benítez R. (2020) Estabilización de suelos de lodos aceitoso, Colombia*

*American Association of state Highway Transportation Officials – AASHTO-93. Guide for design of pavement Structures. Washington D.C.*

*Behak L. y Peres W. (2008) Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación, Uruguay*

*Chamba L. (2021) Análisis comparativo de estabilización para el mejoramiento de subrasante entre el uso del cloruro de sodio y el sistema Consolid en zonas urbanas no pavimentadas de la urbanización el Parral del distrito de la Victoria, 2020. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil Ambiental]. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.*

*Capuñay C. y Pastor C. (2020) Estabilización de suelos con cenizas de bagazo de caña de azúcar para uso como subrasante mejorada en los pavimentos de Chimbote. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil]. Universidad Nacional del Santa.*

*Caravaca F. (2003) Bases de la producción animal. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2003. 517 pp.*

*Cardoso, C., Sergio, R, y Machado J. (2003) Influência do tratamento térmico do resíduo sólido industrial (Grits) na resistência mecânica de um latossolo para pavimentos de estradas florestais, Brasil.*

*Carhuapoma, C. y Jaime T. (2021) Propuesta de mejora del comportamiento mecánico de Pavimentos Flexibles mediante la aplicación de polvo de fibra de vidrio reciclado sobre subrasante arcillosa de baja plasticidad aplicada al tramo I de la carretera Rodríguez de Mendoza, Amazonas – Perú. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.*

Carnero D. y Martos J. (2019) *Influencia de las partículas granulares de la valva del molusco bivalvo en el CBR de subrasantes arcillosas del pueblo chepate, distrito de cascás, la libertad*. [Línea de investigación: Transportes]. Universidad Privada Antenor Orrego.

Carranza J. y Guzmán V. (2019) *Influencia del polímero eva reciclado en el porcentaje del CBR en la subrasante para la carretera en el centro poblado pampas de san Juan - Laredo - Perú*. [Proyecto de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Privada Antenor Orrego.

Castro, A. y Cruzado, T. (2021) *Influencia de la adición de fibras de polímeros reciclados en la capacidad de soporte de la subrasante, para el diseño del pavimento flexible, Alto Trujillo – barrio I, 2021, Perú*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Civil]. Universidad Privada del Norte.

Castro A. y Scipión E. (2017) *Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil]. Universidad Nacional de Ingeniería.

Chavarry C., Figueroa R., Reynaga Rossy (2020) *Estabilización química de capas granulares con cloruro de calcio para vías no pavimentadas, Lima*

Chávez E. (2019). *Comparación del cloruro de magnesio (Bischofita) frente al cloruro de sodio como estabilizante químico para mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, distrito de Pariñas - Talara - Piura, 2018*. [Tesis para optar el título profesional de Maestro en Transportes y Conservación Vial]. Universidad Privada Antenor Orrego.

Figueroa R y Reynaga R. (2019) *Mejoramiento del cloruro de calcio para la estabilización de capas granulares en el Malecón Huaycoloro – distrito de Lurigancho – Lima – Perú*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil]. Universidad Ricardo Palma.

Guamán I. y Moreira F. (2016) *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil]. Universidad Técnica de Ambato.

Herrera L. y Loor L. (2021) *Diseño control y cuidado en la Estabilización de suelos para pavimento de Vías, Ecuador*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil Vías]. Universidad de Guayaquil.

Huamán K. y Troncos M. (2021) *Influencia de la adición de concha de abanico en el afirmado proveniente de la cantera la obrilla para estabilización de subbase de pavimentos, castilla, Piura*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil]. Universidad Privada Antenor Orrego.

Huancoillo Y. (2017) *Mejoramiento de suelo arcilloso con ceniza volante y cal para su uso como pavimento a nivel de afirmado en la carretera desvío Huancané – Chupa – Puno*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil]. Universidad Nacional del Altiplano.

Irigoin R. (2018) *Comparación entre los métodos AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para optimizar el diseño del pavimento flexible en el AH San Lorenzo – José Leonardo Ortiz – Chiclayo – Perú*.

Joseph E. (1981) *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería civil*. <https://stehven.files.wordpress.com/2015/08/josephe-e-bowles-manual-de-laboratorio-de-suelos.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018) *MANUAL DE SUELOS Y PAVIMENTOS DEL PERÚ*

Ministerio de Transportes y comunicaciones (2013). *Manual de carreteras – especificaciones técnicas generales para la construcción –EG 2013. Tomo I. [Versión*

*electrónica]. Recuperado el 4 de octubre del 2021 de, [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4955.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4955.pdf)*

*Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de ensayo de materiales. Perú. [Versión electrónica]. Recuperado el 4 de octubre del 2021 de, [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)*

*MTC (2018). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018. [Versión electrónica]. Recuperado el 4 de octubre del 2021 de, [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf)*

*Moale A. y Rivera E. (2005) Estabilización química de suelos arcillosos con cal para uso como subrasante en vías terrestre de localidad de Villa Rica, Lima, Perú. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.*

*Moreno E. y Rodriguez S. (2017) Estabilización de suelos para atenuar efectos de plasticidad del material de sub rasante de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa – Ancash – 2017. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil]. Universidad Nacional del Santa.*

*Nesterenko D., (2019) Desempeño de suelos estabilizados con polímeros del Perú, Lima, Perú. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil]. Universidad de Piura.*

*Norma CE.020 Estabilización de suelos y Taludes*

*Paredes V. y Pico J. (2016) Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benítez cantón San Pedro de Pelileo, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño de pavimentos de la misma. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil]. Universidad Técnica de Ambato.*

Ramos J. y Lozano J. (2019) *Estabilización de suelos mediante aditivos alternativos, Bogotá*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil]. Universidad Católica de Colombia.

Rivera J., Aguirre A., Mejía R. (2020) *Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión)*

Rodríguez A. y Del Castillo H. (1974) *La ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas*. Editorial Lumusa, 1981.

Rojas J., Vargas Y y Gutierrez Y. (2020) *Estabilización de afirmado con ceniza proveniente de desechos de cascarilla de café para aplicar en suelos de construcción de vías*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil]. Universidad Cooperativa de Colombia.

Tang, W. (2019). *Propuesta de diseño de pavimento flexible con subrasante mejorada con aditivo, prolongación recreo cuadra del 12 al 16, banda de shilcayo – San Martin - San Martin; 2019, Perú*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil]. Universidad Científica del Perú.

Torres S. y Landa J. (2020) *Mejoramiento de suelos arcillosos en subrasante mediante el uso de cenizas volantes de bagazo de caña de azúcar y cal en el tramo de la carretera Tingo María - Monzón en la provincia de Leoncio Prado*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Vilma M. (2020) *Estabilización de suelos arcillosos aplicando cáscara de huevo y cal, carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca, 2020*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil]. Universidad Cesar Vallejo.

# ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES
“Influencia de la ceniza de café y cascara de huevo para la estabilización de la subrasante de un pavimento flexible del tramo santa elena – El Carmelo, Virú, 2021”	¿Cuál es la influencia de la ceniza de café y cascara de huevo para la estabilización de la sub-rasante de un pavimento flexible del tramo Santa Elena – El Carmelo, Virú, 2021?	<p><b>GENERAL</b> Determinar la influencia de la ceniza de café y cascara de huevo para la estabilización de la sub-rasante de un pavimento flexible del tramo Santa Elena – El Carmelo, Virú, 2021.</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b> OE1: Determinar las características físicas del terreno natural mediante los ensayos de granulometría, límites de Atterberg y contenido de humedad. OE2: Determinar el tipo de suelo del tramo Santa Elena – El Carmelo, Viru, según la clasificación SUCS y AASHTO. OE3: Determinar la resistencia del suelo mediante el ensayo de CBR, Proctor Modificado y Compresión no Confinada de los suelos estabilizados con cascara de huevo y ceniza de café. OE4: Obtener el porcentaje óptimo de la adición de cascara de huevo y cenizas de café para el diseño del pavimento flexible de la vía Santa Elena – El Carmelo, Viru. OE5: Determinar el diseño de un pavimento flexible para la vía Santa Elena – El Carmelo, Viru.</p>	La influencia de la ceniza de café y cascara de huevo mejora la estabilización de la subrasante de un pavimento flexible del tramo Santa Elena – El Carmelo, Virú, 2021.	<p>Variable Independiente</p> <p>Influencia de la ceniza de café y cascara de huevo</p> <p>Variabes dependiente</p> <p>Estabilización de la subrasante de un pavimento flexible</p>	<p>Dosificaciones</p> <p>Comportamiento de la subrasante mejorada</p>	<p>Porcentajes 3%CC + 2%CH</p> <p>Porcentajes 4%CC + 2%CH</p> <p>Porcentajes 5%CC + 2%CH</p> <p>Porcentajes 3%CC + 3%CH</p> <p>Porcentajes 4%CC + 3%CH</p> <p>Porcentajes 5%CC + 3%CH</p> <p>Porcentajes 3%CC + 4%CH</p> <p>Porcentajes 4%CC + 4%CH</p> <p>Porcentajes 5%CC + 4%CH</p> <p>CBR 1” (%)</p> <p>CBR 2” (%)</p> <p>PROCTOR (%)</p> <p>LIMITES DE CONSISTENCIA</p>

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2: RECONOCIMIENTO DE TERRENO DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3: EXCAVACIÓN DE CALICATAS.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

#### ANEXO 4: CONTEO VEHICULAR.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: elaboración propia

#### ANEXO 4: TRABAJOS EN LABORATORIO.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4: REGISTRO DE CONTEO VEHICULAR.

FORMULARIO N° 1

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	VIA PRINCIPAL	ESTACION	
SENTIDO	E ← S →	DIA	LUNES
UBICACIÓN	SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU	FECHA	18 / 10 / 21

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL		
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
0-1		24	50	23	0	0	0	0	0	2	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2		23	46	24	0	0	0	0	0	3	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3		27	53	22	0	0	0	0	0	4	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4		25	49	23	0	0	0	0	0	3	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5		23	50	25	0	0	0	0	0	1	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6		27	52	23	0	0	0	0	0	4	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7		22	46	24	0	0	0	0	0	1	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8		25	54	20	0	0	0	0	0	3	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-9		24	52	25	0	0	0	0	0	4	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-10		23	53	23	0	0	0	0	0	3	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-11		25	51	22	0	0	0	0	0	3	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12		23	51	21	0	0	0	0	0	4	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-13		28	53	21	0	0	0	0	0	3	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-14		24	51	23	0	0	0	0	0	2	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15		27	45	21	0	0	0	0	0	4	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-16		25	52	23	0	0	0	0	0	3	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-17		24	53	24	0	0	0	0	0	2	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-18		26	46	25	0	0	0	0	0	4	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19		27	50	26	0	0	0	0	0	3	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20		23	45	23	0	0	0	0	0	2	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21		24	51	24	0	0	0	0	0	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22		27	52	20	0	0	0	0	0	2	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23		26	45	24	0	0	0	0	0	3	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24		28	50	23	0	0	0	0	0	4	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES		600	1200	552	0	0	0	0	0	72	168	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR : \_\_\_\_\_ JEFE DE BRIGADA : \_\_\_\_\_ ING. RESPONS: \_\_\_\_\_ SUPERV. MTCC : \_\_\_\_\_

FORMULARIO N° 1

**ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR**

TRAMO DE LA CARRETERA	VIA PRINCIPAL
SENTIDO	E ← S →
UBICACIÓN	SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU

ESTACION	
DIA	MARTES
FECHA	19 / 10 / 21

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1		42	45	25	0	0	0	0	0	4	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2		42	46	30	0	0	0	0	0	5	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3		40	42	28	0	0	0	0	0	5	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4		41	41	29	0	0	0	0	0	6	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5		43	40	26	0	0	0	0	0	6	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6		42	43	28	0	0	0	0	0	6	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7		41	41	26	0	0	0	0	0	4	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8		38	43	27	0	0	0	0	0	8	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-9		39	45	26	0	0	0	0	0	5	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-10		40	43	30	0	0	0	0	0	5	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-11		38	41	25	0	0	0	0	0	6	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12		39	42	30	0	0	0	0	0	6	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-13		38	45	29	0	0	0	0	0	5	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-14		37	46	29	0	0	0	0	0	5	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15		40	43	26	0	0	0	0	0	4	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-16		41	40	29	0	0	0	0	0	5	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-17		40	46	29	0	0	0	0	0	5	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-18		42	45	27	0	0	0	0	0	6	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19		39	44	30	0	0	0	0	0	4	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20		40	48	29	0	0	0	0	0	5	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21		41	44	27	0	0	0	0	0	4	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22		38	42	28	0	0	0	0	0	6	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23		39	44	29	0	0	0	0	0	5	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24		40	40	30	0	0	0	0	0	4	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES		960	1032	672	0	0	0	0	0	120	168	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR : DIEGO REYES

JEFE DE BRIGADA : \_\_\_\_\_

ING.RESPONS: \_\_\_\_\_

SUPERV.MTCC : \_\_\_\_\_

FORMULARIO N° 1

**ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR**

TRAMO DE LA CARRETERA	VIA PRINCIPAL
SENTIDO	E ← S →
UBICACIÓN	SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU

ESTACION	
DIA	MIERCOLES
FECHA	20 / 10 / 21

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1		31	32	25	0	0	0	0	0	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2		29	34	23	0	0	0	0	0	5	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3		31	34	24	0	0	0	0	0	6	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4		34	35	25	0	0	0	0	0	5	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5		33	36	22	0	0	0	0	0	4	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6		31	32	22	0	0	0	0	0	6	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7		29	33	25	0	0	0	0	0	6	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8		33	34	24	0	0	0	0	0	6	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-9		34	37	22	0	0	0	0	0	5	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-10		34	33	22	0	0	0	0	0	4	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-11		32	34	21	0	0	0	0	0	3	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12		30	35	25	0	0	0	0	0	4	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-13		33	33	23	0	0	0	0	0	3	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-14		34	33	23	0	0	0	0	0	6	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15		30	36	21	0	0	0	0	0	4	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-16		31	33	23	0	0	0	0	0	5	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-17		32	34	21	0	0	0	0	0	5	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-18		32	32	25	0	0	0	0	0	6	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19		34	32	25	0	0	0	0	0	6	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20		33	35	21	0	0	0	0	0	6	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21		34	37	25	0	0	0	0	0	5	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22		29	35	24	0	0	0	0	0	4	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23		33	34	21	0	0	0	0	0	5	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24		32	33	20	0	0	0	0	0	6	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES		768	816	552	0	0	0	0	0	120	216	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR: GUSTAVO ESCOBAR

JEFE DE BRIGADA: \_\_\_\_\_

ING.RESPONS: \_\_\_\_\_

SUPERV.MTCC: \_\_\_\_\_

FORMULARIO N° 1

**ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR**

TRAMO DE LA CARRETERA	VIA PRINCIPAL	ESTACION	
SENTIDO	E ← S →	DIA	JUEVES
UBICACIÓN	SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU	FECHA	21/10/21

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
0-1		30	26	21	0	0	0	0	0	5	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2		28	25	25	0	0	0	0	0	6	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3		30	24	25	0	0	0	0	0	4	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4		27	26	25	0	0	0	0	0	6	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5		28	25	21	0	0	0	0	0	6	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6		27	25	22	0	0	0	0	0	5	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7		26	23	21	0	0	0	0	0	5	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8		29	22	22	0	0	0	0	0	6	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-9		26	24	22	0	0	0	0	0	5	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-10		28	24	23	0	0	0	0	0	3	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-11		30	23	22	0	0	0	0	0	4	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12		26	26	23	0	0	0	0	0	6	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-13		27	23	25	0	0	0	0	0	4	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-14		26	23	25	0	0	0	0	0	5	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15		30	25	21	0	0	0	0	0	5	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-16		29	23	21	0	0	0	0	0	6	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-17		28	26	24	0	0	0	0	0	3	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-18		26	23	25	0	0	0	0	0	6	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19		30	22	23	0	0	0	0	0	5	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20		28	23	24	0	0	0	0	0	4	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21		27	24	24	0	0	0	0	0	5	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22		29	23	23	0	0	0	0	0	5	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23		27	22	23	0	0	0	0	0	6	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24		30	26	24	0	0	0	0	0	5	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES		672	576	582	0	0	0	0	0	120	216	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR : DIEGO REYES

JEFE DE BRIGADA : \_\_\_\_\_

ING.RESPONS: \_\_\_\_\_

SUPERV.MTCC : \_\_\_\_\_

FORMULARIO N° 1

**ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR**

TRAMO DE LA CARRETERA	VIA PRINCIPAL	ESTACION	
SENTIDO	E ← S →	DIA	VIERNES
UBICACIÓN	SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU	FECHA	22 / 10 / 21

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL		
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
0-1		46	46	31	0	0	0	0	0	10	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2		43	46	33	0	0	0	0	0	8	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3		45	47	31	0	0	0	0	0	9	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4		43	49	30	0	0	0	0	0	11	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5		46	47	31	0	0	0	0	0	8	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6		46	46	34	0	0	0	0	0	10	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7		43	50	33	0	0	0	0	0	8	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8		41	51	34	0	0	0	0	0	9	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-9		45	46	32	0	0	0	0	0	10	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-10		45	46	33	0	0	0	0	0	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-11		44	49	34	0	0	0	0	0	9	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12		46	47	21	0	0	0	0	0	10	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-13		45	51	34	0	0	0	0	0	7	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-14		46	50	31	0	0	0	0	0	9	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15		45	48	32	0	0	0	0	0	8	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-16		42	47	31	0	0	0	0	0	10	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-17		41	49	31	0	0	0	0	0	8	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-18		44	48	32	0	0	0	0	0	10	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19		43	49	31	0	0	0	0	0	9	12	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20		44	47	32	0	0	0	0	0	10	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21		43	48	31	0	0	0	0	0	9	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22		41	50	31	0	0	0	0	0	7	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23		44	49	33	0	0	0	0	0	10	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24		45	46	32	0	0	0	0	0	9	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES		1056	1157	768	0	0	0	0	0	216	240	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR: GUSTAVO ESCOBAR

JEFE DE BRIGADA: \_\_\_\_\_

ING.RESPONS: \_\_\_\_\_

SUPERV.MTCC: \_\_\_\_\_

FORMULARIO N° 1

**ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR**

TRAMO DE LA CARRETERA	VIA PRINCIPAL
SENTIDO	E ← S →
UBICACIÓN	SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU

ESTACION	
DIA	SABADO
FECHA	23 / 10 / 21

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1		27	42	0	0	0	0	0	0	6	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1-2		29	39	0	0	0	0	0	0	8	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2-3		28	37	0	0	0	0	0	0	5	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3-4		29	41	0	0	0	0	0	0	5	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4-5		28	37	0	0	0	0	0	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5-6		29	41	0	0	0	0	0	0	5	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6-7		27	41	0	0	0	0	0	0	8	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7-8		25	29	0	0	0	0	0	0	4	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8-9		25	37	0	0	0	0	0	0	5	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9-10		28	38	0	0	0	0	0	0	8	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10-11		27	37	0	0	0	0	0	0	8	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11-12		26	40	0	0	0	0	0	0	4	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12-13		27	41	0	0	0	0	0	0	8	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13-14		28	38	0	0	0	0	0	0	6	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14-15		26	40	0	0	0	0	0	0	8	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-16		27	37	0	0	0	0	0	0	7	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16-17		25	40	0	0	0	0	0	0	5	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17-18		26	39	0	0	0	0	0	0	5	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18-19		26	39	0	0	0	0	0	0	6	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19-20		27	41	0	0	0	0	0	0	7	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20-21		26	37	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21-22		27	39	0	0	0	0	0	0	5	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22-23		28	40	0	0	0	0	0	0	4	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23-24		27	38	0	0	0	0	0	0	7	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTALES		648	936	0	0	0	0	0	0	144	120	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

ENCUESTADOR : DIEGO REYES

JEFE DE BRIGADA : \_\_\_\_\_

ING.RESPONS: \_\_\_\_\_

SUPERV.MTCC : \_\_\_\_\_

FORMULARIO N° 1

**ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR**

TRAMO DE LA CARRETERA	VIA PRINCIPAL
SENTIDO	P ← S →
UBICACIÓN	SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU

ESTACION	
DIA	DOMINGO
FECHA	24 / 10 / 21

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E		3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
0-1		35	22	28	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2		36	27	27	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3		37	28	29	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4		38	29	30	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5		34	27	28	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6		35	28	27	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7		34	30	28	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8		35	29	27	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-9		37	28	27	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-10		34	30	26	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-11		36	29	28	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12		37	28	30	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-13		36	29	28	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-14		37	27	30	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15		36	28	28	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-16		37	31	27	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-17		38	31	28	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-18		35	27	27	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19		35	32	28	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20		39	31	26	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21		34	27	28	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22		38	29	29	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23		36	29	30	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24		35	30	28	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES		864	696	672	0	0	0	0	0	168	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR: GUSTAVO ESCOBAR

JEFE DE BRIGADA: \_\_\_\_\_

ING. RESPONS: \_\_\_\_\_

SUPERV. MTCC: \_\_\_\_\_

# ANEXO 5: REGISTRO DE RESULTADOS DE LABORATORIO.



# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022

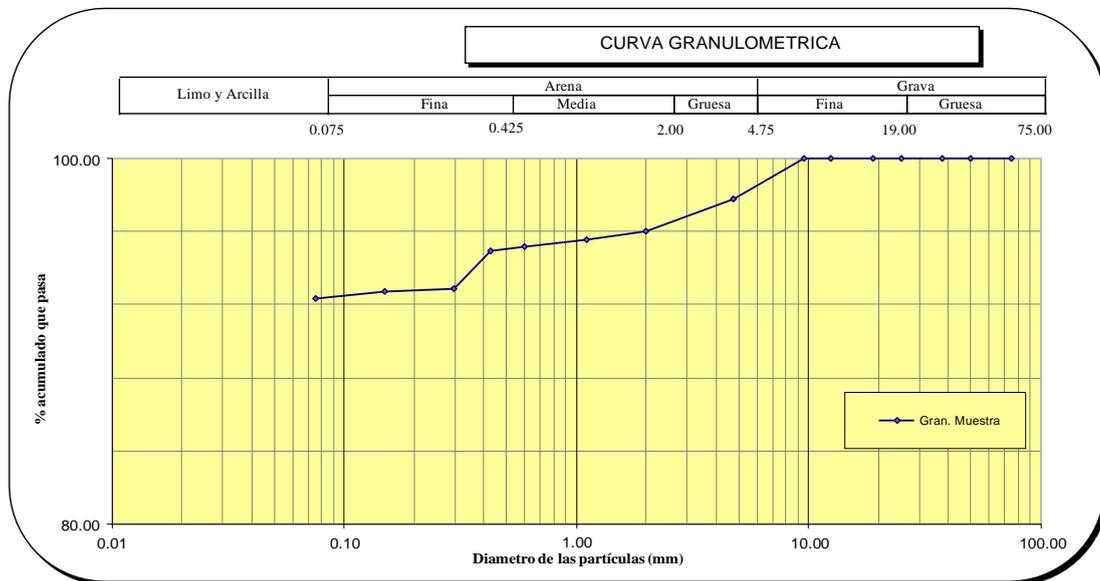
**SOLICITADO:** REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN:** VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

**MATERIAL:** C1

**FECHA:** sep-21

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRIA NTP. 339.128 (99)					OBSERVACIONES
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	
3"	75.000				100.00	Humedad natural 5.8  <b>CLASIFICACIONES GRANULOMETRICAS</b>  <b>Grava (%)</b> <b>Arena (%)</b> 7.7 <b>Finos(%)</b> 92.3 D30 - D60 - D10 - Cu - Cc -  <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>  LL 25.3 LP 14.5 IP 10.9  <b>CLASIFICACION DE SUELOS</b> SUCS CL AAHSTO A-7-6
2"	50.000				100.0	
1 1/2"	37.500				100.0	
1"	25.000				100.0	
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.500				100.0	
3/8"	9.500				100.0	
Nº4	4.750	21.9	2.2	2.2	97.8	
Nº10	2.000	17.8	1.8	3.9	96.1	
Nº16	1.100	5.3	0.5	4.5	95.5	
Nº30	0.600	3.2	0.3	4.8	95.2	
Nº40	0.425	2.5	0.2	5.0	95.0	
Nº50	0.297	21.4	2.1	7.2	92.8	
Nº100	0.149	0.9	0.1	7.2	92.8	
Nº200	0.075	4.5	0.4	7.7	92.3	
< Nº200	Fondo	930.0	92.3	100.0		
Total		1007.5	100.0			



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



# DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA NTP 339.129

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022  
**SOLICITADO:** REYES ASTO DIEGO ALONSO  
**UBICACIÓN:** ESCOBAR BLAS GUSTAVO  
**MATERIAL:** VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**MATERIAL:** C1  
**FECHA:** sep-21



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. O.P. N° 197384

CRISTAL No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
-------------	--------------------	--------------------	--------------	-----------------	----------	-------------	------------

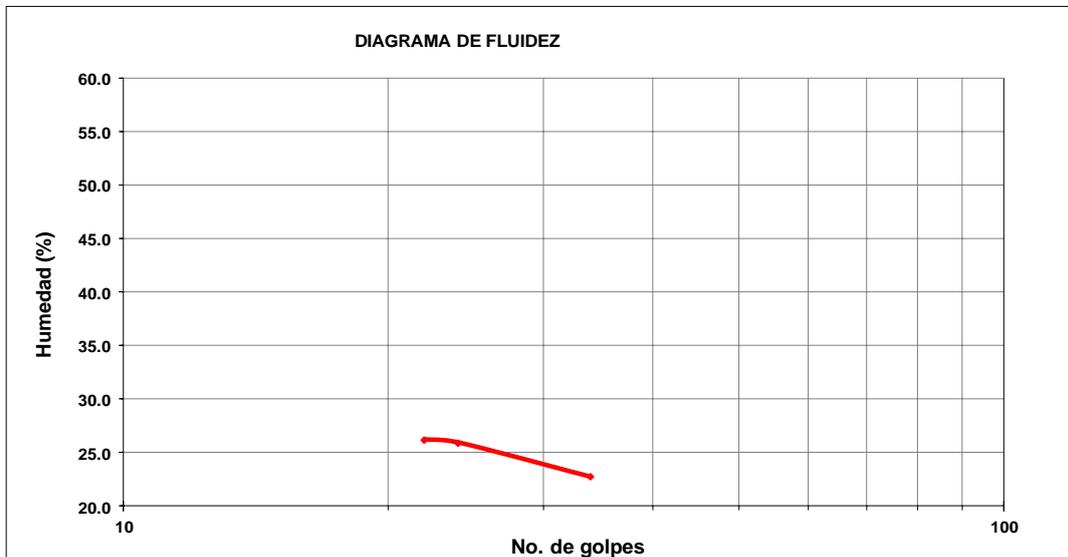
**LÍMITE LÍQUIDO**

1	72.77	71.96	0.81	68.87	3.09	26.2	22
2	75.16	74.54	0.62	72.15	2.39	25.9	24
3	69.61	68.99	0.62	66.26	2.73	22.7	34

L.L.	25.3
L.P.	14.5
I.P.	10.9

**LÍMITE PLÁSTICO**

1	71.17	71	0.17	69.82	1.18	14.4
2	71.22	71.08	0.14	70.09	0.99	14.1
3	69.35	69.24	0.11	68.5	0.74	14.9





## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL NPT 339.127

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022

**SOLICITADO:** REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN:** VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

**MATERIAL:** C1

**FECHA:** sep-21

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	110.37	108.02	2.35	68.21	39.81	5.9	5.8
2	114.06	111.51	2.55	68.81	42.7	6.0	
3	121.48	119.34	2.14	79.68	39.66	5.4	



  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022

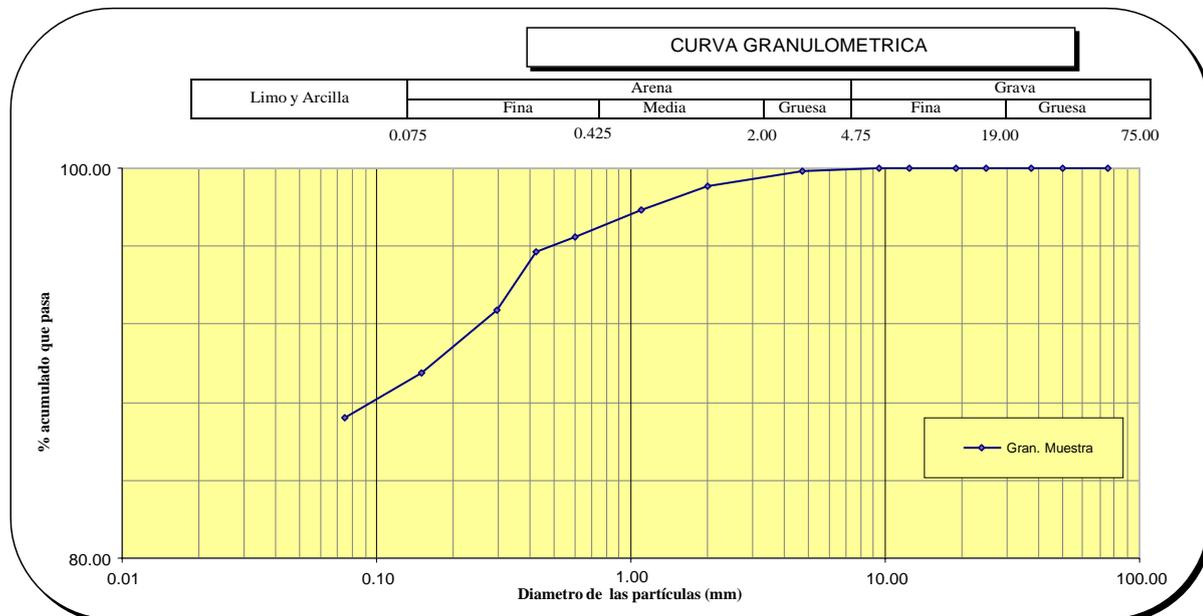
**SOLICITADO:** REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN:** VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

**MATERIAL:** C2

**FECHA:** sep-21

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRIA NTP . 339.128 (99)					OBSERVACIONES
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	
3"	75.000				100.00	Humedad natural 10.15  <b>CLASIFICACIONES GRANULOMETRICAS</b>  <b>Grava (%)</b> <b>Arena (%)</b> 12.8 <b>Finos(%)</b> 87.2 D30 - D60 - D10 - Cu - Cc -  <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>  LL 26.5 LP 12.9 IP 13.6  <b>CLASIFICACION DE SUELOS</b> SUCS CL AAHSTO A-7-6
2"	50.000				100.0	
1 1/2"	37.500				100.0	
1"	25.000				100.0	
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.500				100.0	
3/8"	9.500				100.0	
N°4	4.750	0.9	0.1	0.1	99.9	
N°10	2.000	7.8	0.8	0.9	99.1	
N°16	1.100	12.3	1.2	2.1	97.9	
N°30	0.600	14.2	1.4	3.5	96.5	
N°40	0.425	7.5	0.7	4.3	95.7	
N°50	0.297	30.4	3.0	7.3	92.7	
N°100	0.149	31.9	3.2	10.5	89.5	
N°200	0.075	23.5	2.3	12.8	87.2	
< N°200	Fondo	874.0	87.2	100.0		
Total		1002.5	100.0			



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



# DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA NTP 339.129

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022  
**SOLICITADO:** REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO  
**UBICACIÓN:** VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**MATERIAL:** C2  
**FECHA:** sep-21

CRISTAL No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
-------------	--------------------	--------------------	--------------	-----------------	----------	-------------	------------

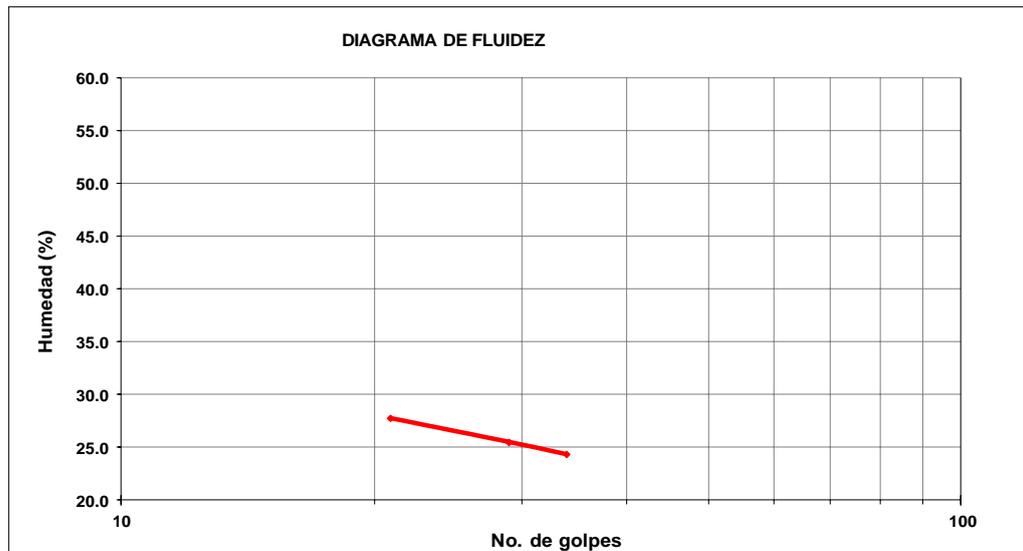
### LÍMITE LÍQUIDO

1	78.11	76.66	1.45	71.44	5.22	27.8	21
2	69.61	68.95	0.66	66.36	2.59	25.5	29
3	73.01	71.83	1.18	66.97	4.86	24.3	34

L.L.	26.5
L.P.	12.9
I.P.	13.6

### LÍMITE PLÁSTICO

1	66.73	66.66	0.07	66.14	0.52	13.5
2	56.96	56.9	0.06	56.41	0.49	12.2
3	66.57	66.48	0.09	65.79	0.69	13.0



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



# CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

## NPT 339.127

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022

**SOLICITADO:** REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN:** VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

**MATERIAL:** C2

**FECHA:** sep-21

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	110.54	106.47	4.07	66.47	40	10.2	10.1
2	121.29	116.15	5.14	67.45	48.7	10.6	
3	145.12	141.08	4.04	99.48	41.6	9.7	



  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022

**SOLICITADO:** REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN:** VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

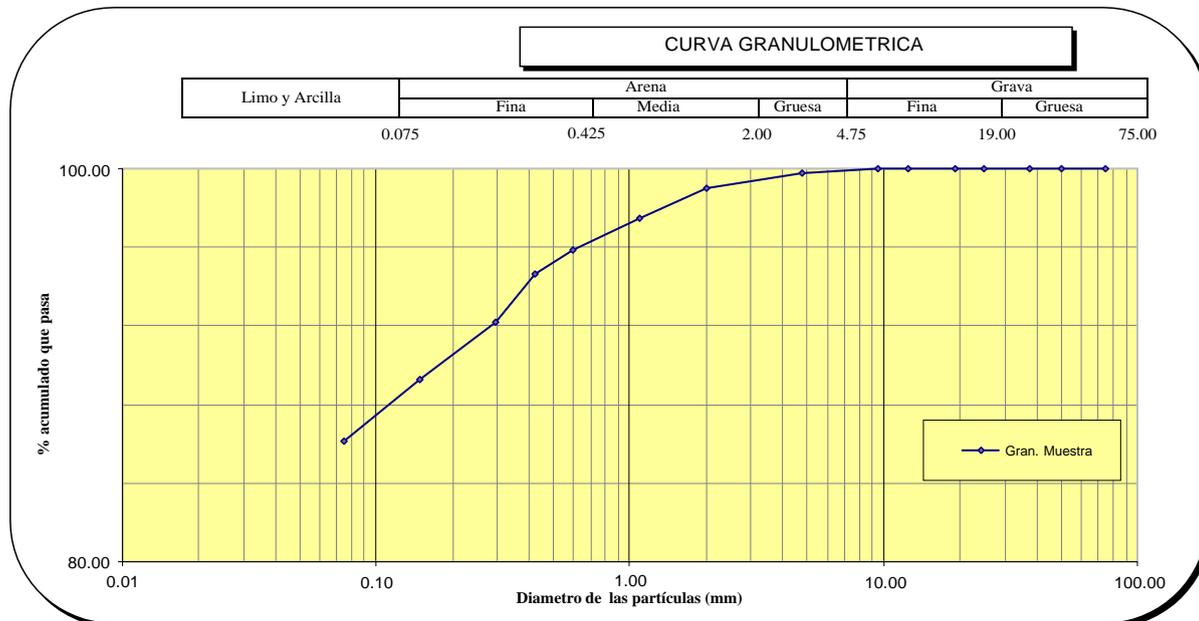
**MATERIAL:** C3

**FECHA:** sep-21



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRIA NTP. 339.128 (99)					OBSERVACIONES
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	
3"	75.000				100.00	Humedad natural 5.07  <b>CLASIFICACIONES GRANULOMETRICAS</b>  Grava (%) Arena (%) 13.9 Finos(%) 86.1 D30 - D60 - D10 - Cu - Cc -  <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>  LL 27.5 LP 16.6 IP 11.0  <b>CLASIFICACION DE SUELOS</b>  SUCS CL AAHSTO A-7-6
2"	50.000				100.0	
1 1/2"	37.500				100.0	
1"	25.000				100.0	
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.500				100.0	
3/8"	9.500				100.0	
N°4	4.750	1.9	0.2	0.2	99.8	
N°10	2.000	7.8	0.8	1.0	99.0	
N°16	1.100	15.3	1.5	2.5	97.5	
N°30	0.600	16.2	1.6	4.1	95.9	
N°40	0.425	12.5	1.2	5.3	94.7	
N°50	0.297	24.4	2.4	7.8	92.2	
N°100	0.149	29.9	3.0	10.8	89.2	
N°200	0.075	31.5	3.1	13.9	86.1	
< N°200	Fondo	864.0	86.1	100.0		
Total		1003.5	100.0			





# DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA NTP 339.129

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022  
**SOLICITADO:** REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO  
**UBICACIÓN:** VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**MATERIAL:** C3  
**FECHA:** sep-21

CRISTAL No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
-------------	--------------------	--------------------	--------------	-----------------	----------	-------------	------------

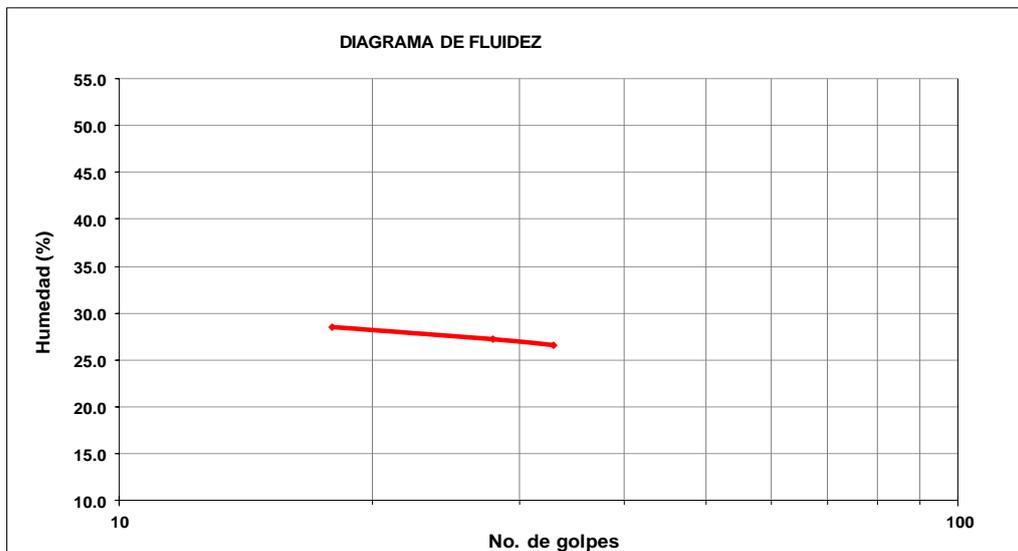
### LÍMITE LÍQUIDO

1	82.47	81.61	0.86	78.59	3.02	28.5	18
2	81.24	79.35	1.89	72.41	6.94	27.2	28
3	75.23	74.42	0.81	71.38	3.04	26.6	33

L.L.	27.5
L.P.	16.6
I.P.	11.0

### LÍMITE PLÁSTICO

1	79.26	78.94	0.32	77.02	1.92	16.7
2	84.42	84.02	0.4	81.64	2.38	16.8
3	75.34	75.04	0.3	73.19	1.85	16.2



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



# CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL NPT 339.127

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022

**SOLICITADO:** REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN:** VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

**MATERIAL:** C3

**FECHA:** sep-21

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	110.74	108.47	2.27	66.47	42	5.4	5.1
2	120.69	118.15	2.54	67.45	50.7	5.0	
3	144.12	142.08	2.04	99.48	42.6	4.8	



  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384



# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022

**SOLICITADO:** REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN:** VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

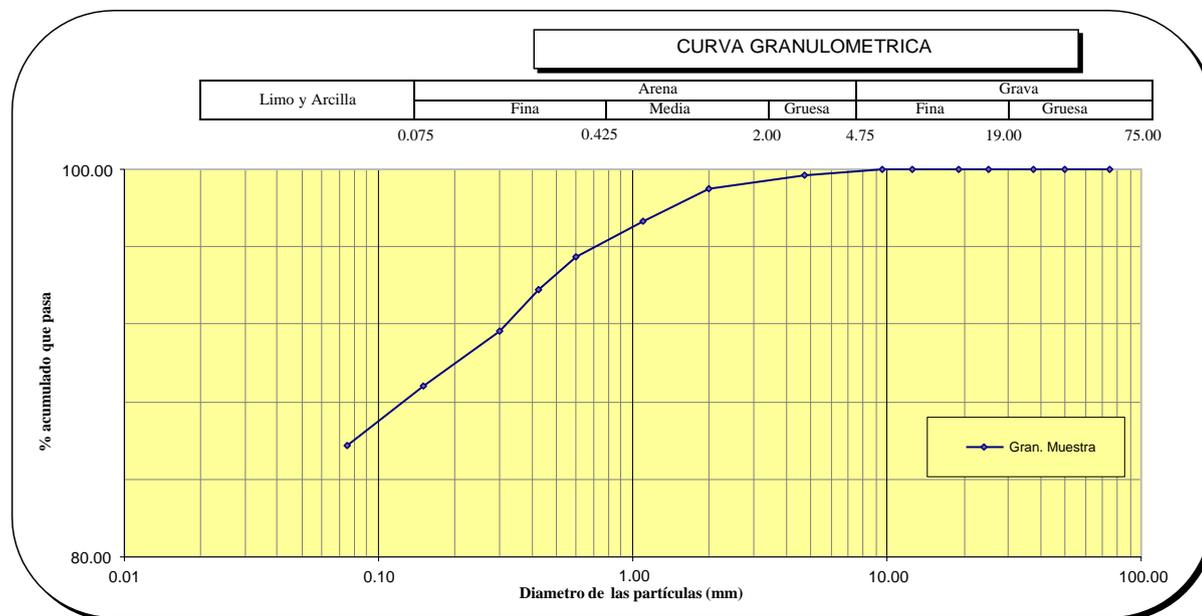
**MATERIAL:** C4

**FECHA:** sep-21



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRIA NTP . 339.128 (99)					OBSERVACIONES
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	
3"	75.000				100.00	Humedad natural 6.15  <b>CLASIFICACIONES GRANULOMETRICAS</b>  Grava (%) Arena (%) 14.2 Finos(%) 85.8 D30 - D60 - D10 - Cu - Cc -  <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>  LL 26.7 LP 16.5 IP 10.1  <b>CLASIFICACION DE SUELOS</b> SUCS CL AAHSTO A-7-6
2"	50.000				100.0	
1 1/2"	37.500				100.0	
1"	25.000				100.0	
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.500				100.0	
3/8"	9.500				100.0	
N°4	4.750	2.9	0.3	0.3	99.7	
N°10	2.000	6.8	0.7	1.0	99.0	
N°16	1.100	17.3	1.7	2.7	97.3	
N°30	0.600	18.2	1.8	4.5	95.5	
N°40	0.425	17.5	1.7	6.2	93.8	
N°50	0.297	21.4	2.1	8.3	91.7	
N°100	0.149	28.9	2.9	11.2	88.8	
N°200	0.075	30.5	3.0	14.2	85.8	
< N°200	Fondo	864.0	85.8	100.0		
Total		1007.5	100.0			





# DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA NTP 339.129

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022  
**SOLICITADO:** REYES ASTO DIEGO ALONSO  
 ESCOBAR BLAS GUSTAVO  
**UBICACIÓN:** VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**MATERIAL:** C4  
**FECHA:** sep-21

CRISTAL No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
-------------	--------------------	--------------------	--------------	-----------------	----------	-------------	------------

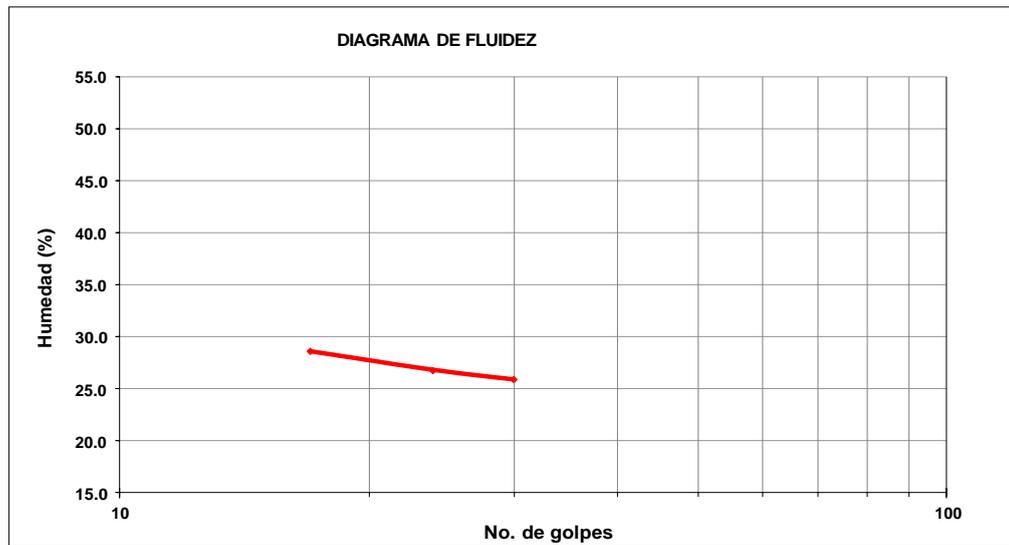
**LÍMITE LÍQUIDO**

1	78.03	76.61	1.42	71.64	4.97	28.6	17
2	79.01	78.03	0.98	74.37	3.66	26.8	24
3	80.17	78.59	1.58	72.48	6.11	25.9	30

<b>L.L.</b>	26.7
<b>L.P.</b>	16.5
<b>I.P.</b>	10.1

**LÍMITE PLÁSTICO**

1	75.94	75.12	0.82	70.05	5.07	16.2
2	76.28	75.39	0.89	70.08	5.31	16.8
3	78.69	77.83	0.86	72.67	5.16	16.7



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
 ING. DE MATERIALES  
 R. CIP. N° 197384



# CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

## NPT 339.127

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022

**SOLICITADO:** REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN:** VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

**MATERIAL:** C4

**FECHA:** sep-21

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	117.98	115.41	2.57	75.84	39.57	6.5	6.2
2	119.33	116.45	2.88	68.12	48.33	6.0	
3	176.44	174.71	1.73	145.87	28.84	6.0	



  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422

PROYECT INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022

SOLICITAREYES ASTO DIEGO ALONSO

ESCOBAR BLAS GUSTAVO

UBICACI VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

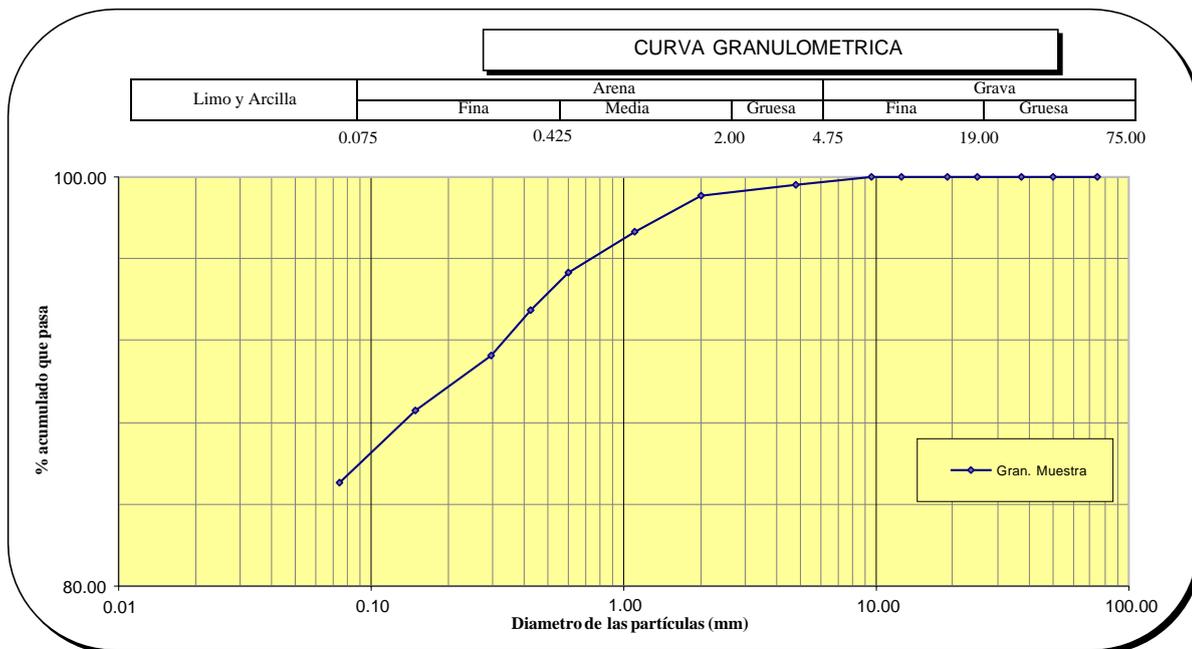
MATERIA C5

FECHA: sep-21



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRIA NTP. 339.128 (99)					OBSERVACIONES	Humedad natural	6.24
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA			
3"	75.000				100.00	<b>CLASIFICACIONES GRANULOMETRICAS</b>  Grava (%) Arena (%) 15.0 Finos(%) 85.0 D30 - D60 - D10 - Cu - Cc -  <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>  LL 29.0 LP 16.7 IP 12.3  <b>CLASIFICACION DE SUELOS</b> SUCS CL AAHSTO A-7-6		
2"	50.000				100.0			
1 1/2"	37.500				100.0			
1"	25.000				100.0			
3/4"	19.000				100.0			
1/2"	12.500				100.0			
3/8"	9.500				100.0			
N°4	4.750	3.9	0.4	0.4	99.6			
N°10	2.000	4.8	0.5	0.9	99.1			
N°16	1.100	18.3	1.8	2.7	97.3			
N°30	0.600	20.2	2.0	4.7	95.3			
N°40	0.425	18.5	1.8	6.5	93.5			
N°50	0.297	22.4	2.2	8.8	91.2			
N°100	0.149	26.9	2.7	11.4	88.6			
N°200	0.075	35.5	3.5	15.0	85.0			
< N°200	Fondo	854.0	85.0	100.0				
Total		1004.5	100.0					





# DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA NTP 339.129

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022

SOLICITANTE: REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

UBICACION: VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

MATERIA: C5

FECHA: sep-21



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

CRISTAL No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
-------------	--------------------	--------------------	--------------	-----------------	----------	-------------	------------

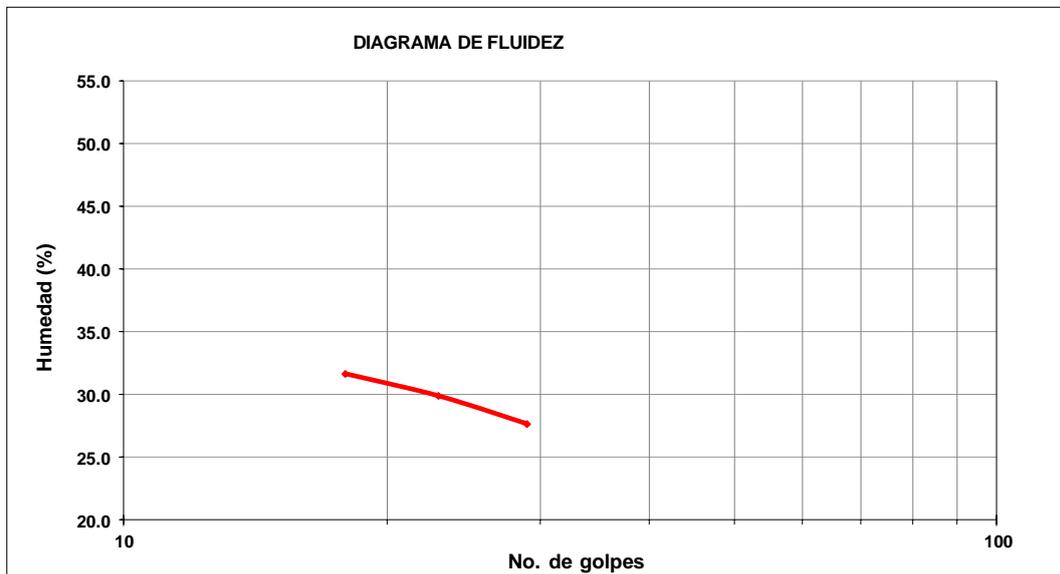
### LÍMITE LÍQUIDO

1	77.59	76.77	0.82	74.18	2.59	31.7	18
2	82.64	81.61	1.03	78.16	3.45	29.9	23
3	72.99	71.74	1.25	67.21	4.53	27.6	29

L.L.	29.0
L.P.	16.7
I.P.	12.3

### LÍMITE PLÁSTICO

1	73.67	72.69	0.98	67.23	5.46	17.9
2	82.64	81.77	0.87	76.49	5.28	16.5
3	82.64	81.97	0.67	77.69	4.28	15.7





# CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

## NPT 339.127

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA - EL CARMELO, VIRU, 2022

**SOLICITADO:** REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN:** VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

**MATERIAL:** C5

**FECHA:** sep-21



  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	115.42	112.85	2.57	74.99	37.86	6.8	6.2
2	121.65	119.65	2.00	85.47	34.18	5.9	
3	118.54	115.97	2.57	73.64	42.33	6.1	



## ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (NORMAS: NTP 339.141/ASTM D1557/ASSHTO T-180/MTC E-115)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

SOLICITADO: REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

UBICACIÓN: VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

MATERIAL: PATRON

FECHA: sep-21

Peso del martillo: 4.5 kg  
 Altura de caída: 450 mm  
 # de capas: 5  
 Golpes por capa: 25

Volumen molde: 940.42 cm<sup>3</sup>  
 Peso molde: 3726 g

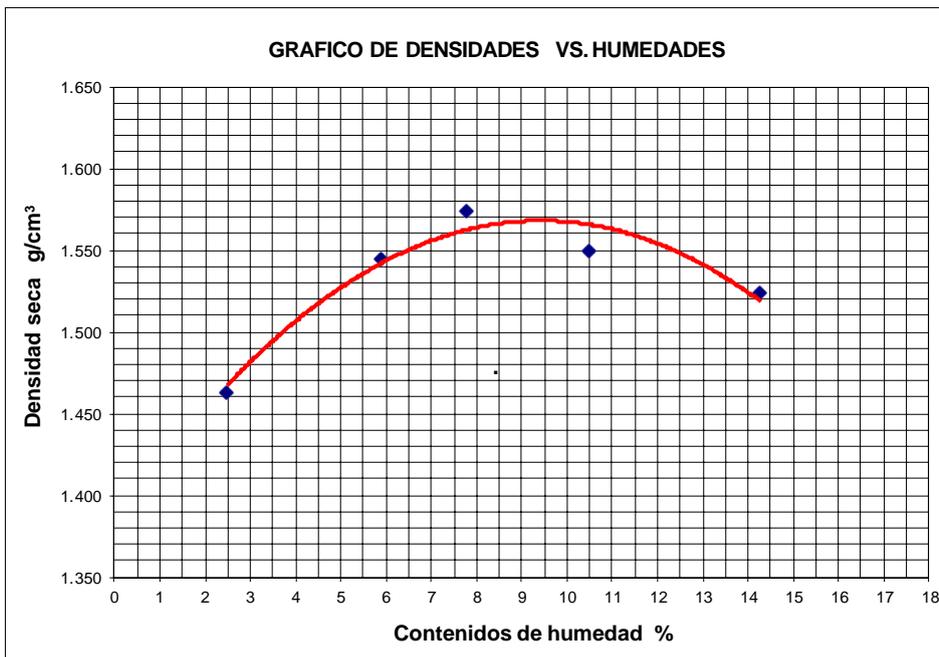
### DATOS PARA LA CURVA

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	5136.00	5264.00	5322.00	5336.00	5363.00
Peso del suelo húmedo	g	1410.00	1538.00	1596.00	1610.00	1637.00
Humedad calculada	%	2.47	5.89	7.80	10.49	14.28
Densidad Húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.499	1.635	1.697	1.712	1.741
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.463	1.545	1.574	1.549	1.523

### Contenidos de humedad

Muestra #		1		2		3		4		5	
Recipiente #											
Rec + suelo húmedo	g	121.8	152.00	169.7	165.4	129.6	159.2	177.4	199.7	159.7	162.4
Rec + suelo seco	g	120.3	150.21	164.1	159.3	124.3	153.8	166.6	188.9	147.8	151.5
Peso del recipiente	g	68.31	64.54	68.47	56.23	64.54	72.56	67.21	82.63	66.82	72.56
Peso del suelo seco	g	52.01	85.67	95.63	103.07	59.71	81.24	99.39	106.27	80.94	78.94
Peso del agua	g	1.48	1.79	5.60	6.10	5.35	5.40	10.80	10.75	11.94	10.90
Contenido de Humedad	%	2.85	2.09	5.86	5.92	8.95	6.65	10.87	10.12	14.75	13.81
Humedad promedio	%	2.47		5.89		7.80		10.49		14.28	

**GRAFICO DE DENSIDADES VS. HUMEDADES**



**Densidad Máxima:**

1.570 g/cm<sup>3</sup>

**Humedad óptima:**

10.00 %

Jorge Alejandro Barrientos Villarueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. C. P. N° 157384





## ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (NORMAS: NTP 339.141/ASTM D1557/ASSHTO T-180/MTC E-115)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

SOLICITADO: REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

UBICACIÓN: VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

MATERIAL: SUELO + 3 % CCC + 2% CH

FECHA: sep-21

Peso del martillo: 4.5 kg  
 Altura de caída: 450 mm  
 # de capas: 5  
 Golpes por capa: 25

Volumen molde: 940.42 cm<sup>3</sup>  
 Peso molde: 3726 g

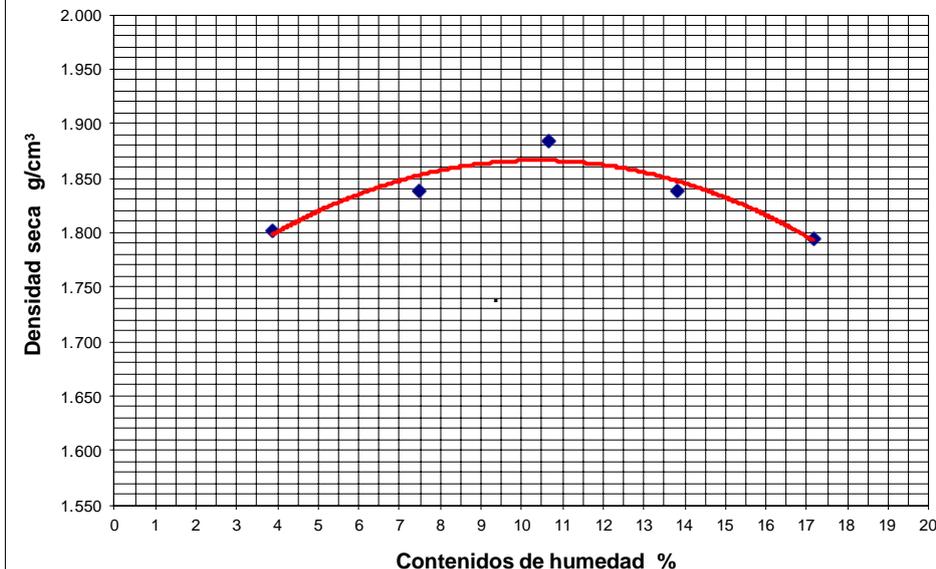
### DATOS PARA LA CURVA

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	5485.00	5584.56	5686.30	5692.30	5703.00
Peso del suelo húmedo	g	1759.00	1858.56	1960.30	1966.30	1977.00
Humedad calculada	%	3.87	7.47	10.65	13.80	17.17
Densidad Húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.870	1.976	2.084	2.091	2.102
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.801	1.839	1.884	1.837	1.794

### Contenidos de humedad

Muestra #		1		2		3		4		5	
Recipiente #											
Rec + suelo húmedo	g	139.3	134.52	167.5	149.8	168.8	148.44	150.5	137.7	151.8	153.2
Rec + suelo seco	g	136.2	132.42	160.8	143.2	158.7	141.2	140.6	130.9	139	141.7
Peso del recipiente	g	68.31	64.54	68.47	56.23	64.54	72.56	67.21	82.63	66.82	72.56
Peso del suelo seco	g	67.84	67.88	92.33	86.97	94.16	68.64	73.35	48.25	72.18	69.15
Peso del agua	g	3.15	2.10	6.74	6.64	10.13	7.24	9.96	6.77	12.78	11.50
Contenido de Humedad	%	4.64	3.09	7.30	7.63	10.76	10.55	13.58	14.03	17.71	16.63
Humedad promedio	%	3.87		7.47		10.65		13.80		17.17	

**GRAFICO DE DENSIDADES VS. HUMEDADES**



**Densidad Máxima:**

1.880 g/cm<sup>3</sup>

**Humedad óptima:**

11.00 %

Jorge Alejandro Barrientos Villanueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. C. P. N° 157384





## ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (NORMAS: NTP 339.141/ASTM D1557/ASSHTO T-180/MTC E-115 )

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

SOLICITADO: REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

UBICACIÓN: VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

MATERIAL: SUELO + 4 % CCC + 2% CH

FECHA: sep-21

Volumen molde: 940.42 cm<sup>3</sup>  
Peso molde: 3726 g

Peso del martillo: 4.5 kg  
Altura de caída: 450 mm  
# de capas: 5  
Golpes por capa: 25

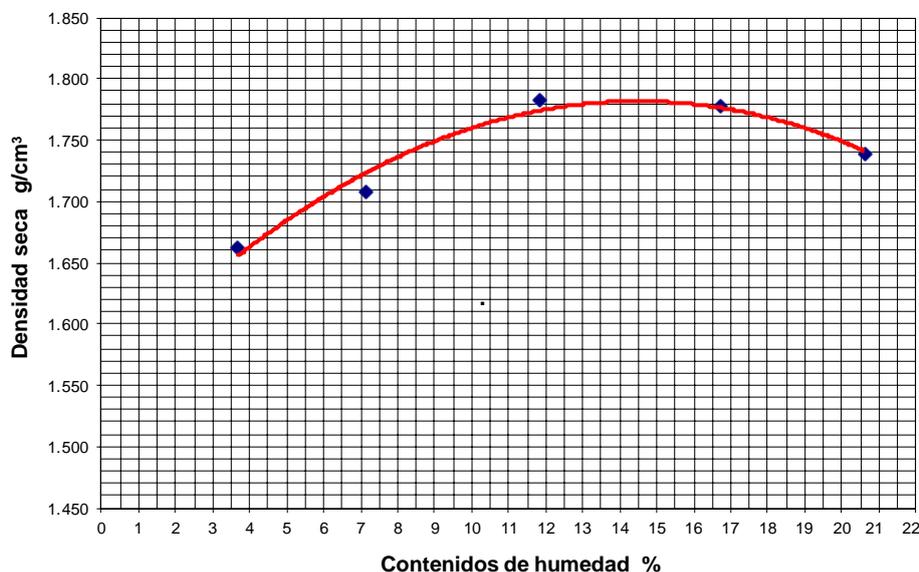
### DATOS PARA LA CURVA

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	5346.32	5447.23	5601.00	5677.32	5698.36
Peso del suelo húmedo	g	1620.32	1721.23	1875.00	1951.32	1972.36
Humedad calculada	%	3.67	7.14	11.83	16.72	20.61
Densidad Húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.723	1.830	1.994	2.075	2.097
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.662	1.708	1.783	1.778	1.739

### Contenidos de humedad

Muestra #		1		2		3		4		5	
Recipiente #											
Rec + suelo húmedo	g	150.23	129.41	157.52	130.95	153.74	132.95	155.85	149.23	147.84	137.12
Rec + suelo seco	g	147.09	127.31	151.55	126.00	144.36	126.52	143.16	139.68	134.40	125.77
Peso del recipiente	g	68.31	64.54	68.47	56.23	64.54	72.56	67.21	82.63	66.82	72.56
Peso del suelo seco	g	78.78	62.77	83.08	69.77	79.82	53.96	75.95	57.05	67.58	53.21
Peso del agua	g	3.14	2.10	5.97	4.95	9.38	6.43	12.69	9.55	13.44	11.35
Contenido de Humedad	%	3.99	3.35	7.19	7.09	11.75	11.92	16.71	16.74	19.89	21.33
Humedad promedio	%	3.67		7.14		11.83		16.72		20.61	

**GRAFICO DE DENSIDADES VS. HUMEDADES**



**Densidad Máxima:**  
1.780 g/cm<sup>3</sup>

**Humedad óptima:**  
14.00 %

Jorge Alejandro Barrientos Villanueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. C. P. N° 157384





## ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (NORMAS: NTP 339.141/ASTM D1557/ASSHTO T-180/MTC E-115)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

SOLICITADO: REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

UBICACIÓN: VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

MATERIAL: SUELO + 5 % CCC + 2% CH

FECHA: sep-21

Volumen molde: 940.42 cm<sup>3</sup>  
Peso molde: 3726 g

Peso del martillo: 4.5 kg  
Altura de caída: 450 mm  
# de capas: 5  
Golpes por capa: 25

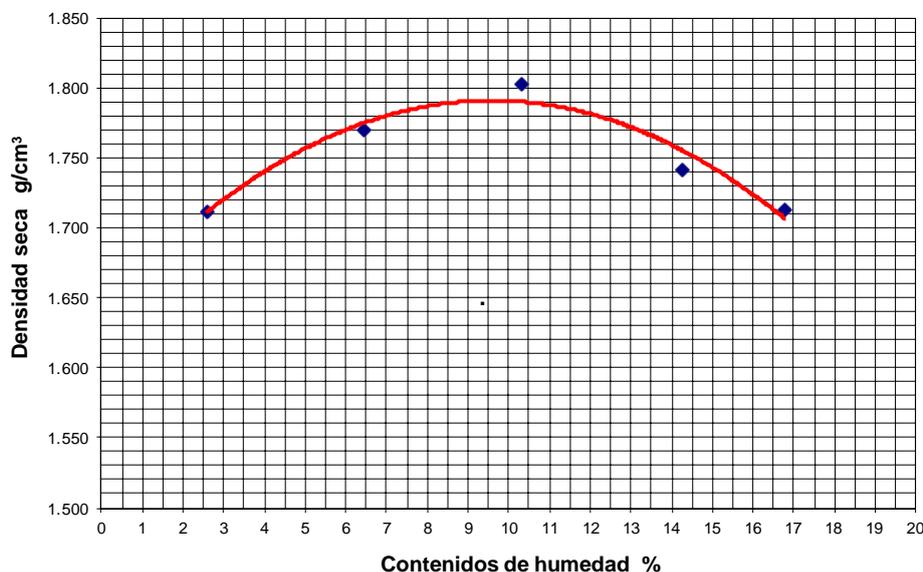
### DATOS PARA LA CURVA

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	5376.96	5496.63	5596.12	5596.36	5606.99
Peso del suelo húmedo	g	1650.96	1770.63	1870.12	1870.36	1880.99
Humedad calculada	%	2.58	6.42	10.33	14.27	16.80
Densidad Húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.756	1.883	1.989	1.989	2.000
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.711	1.769	1.802	1.741	1.713

### Contenidos de humedad

Muestra #		1		2		3		4		5	
Recipiente #											
Rec + suelo húmedo	g	136.75	144.85	168.85	147.73	142.75	170.23	136.15	156.34	153.63	159.86
Rec + suelo seco	g	134.68	142.73	163.00	142.63	135.23	161.14	126.92	143.57	140.00	143.34
Peso del recipiente	g	52.41	62.53	71.42	63.52	62.89	72.56	61.23	55.41	58.23	45.72
Peso del suelo seco	g	82.27	80.20	91.58	79.11	72.34	88.58	65.69	88.16	81.77	97.62
Peso del agua	g	2.07	2.12	5.85	5.10	7.52	9.09	9.23	12.77	13.63	16.52
Contenido de Humedad	%	2.52	2.64	6.39	6.45	10.40	10.26	14.05	14.49	16.67	16.92
Humedad promedio	%	2.58		6.42		10.33		14.27		16.80	

**GRAFICO DE DENSIDADES VS. HUMEDADES**



**Densidad Máxima:**

1.800 g/cm<sup>3</sup>

**Humedad óptima:**

11.00 %

Jorge Alejandro Barrientos Villarueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. C. P. N° 157384





## ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (NORMAS: NTP 339.141/ASTM D1557/ASSHTO T-180/MTC E-115 )

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

SOLICITADO: REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

UBICACIÓN: VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

MATERIAL: SUELO + 3 % CCC + 3% CH

FECHA: sep-21

Peso del martillo: 4.5 kg  
 Altura de caída: 450 mm  
 # de capas: 5  
 Golpes por capa: 25

Volumen molde: 940.42 cm<sup>3</sup>  
 Peso molde: 3726 g

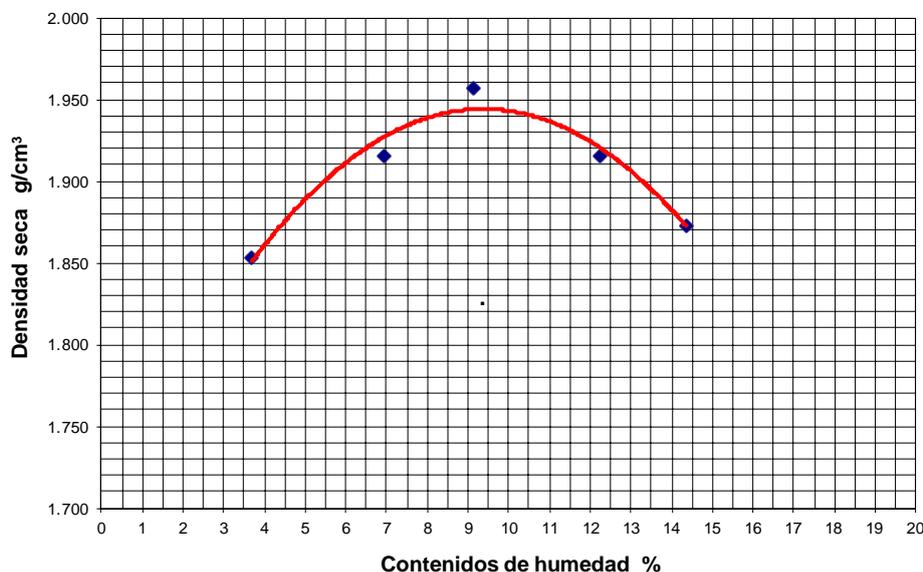
### DATOS PARA LA CURVA

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	5532.36	5652.10	5734.09	5747.90	5740.41
Peso del suelo húmedo	g	1806.36	1926.10	2008.09	2021.90	2014.41
Humedad calculada	%	3.68	6.92	9.16	12.24	14.37
Densidad Húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.921	2.048	2.135	2.150	2.142
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.853	1.916	1.956	1.916	1.873

### Contenidos de humedad

Muestra #		1		2		3		4		5	
Recipiente #											
Rec + suelo húmedo	g	134.25	136.78	146.21	136.36	147.75	143.18	123.45	136.02	152.77	141.92
Rec + suelo seco	g	132.2	133.94	140.6	131.8	140.7	137.3	117.4	130.1	142	133.2
Peso del recipiente	g	68.31	64.84	68.47	56.23	64.54	72.56	67.21	82.63	66.82	72.56
Peso del suelo seco	g	63.87	69.10	72.16	75.52	76.18	64.74	50.19	47.49	75.22	60.59
Peso del agua	g	2.07	2.84	5.58	4.61	7.03	5.88	6.05	5.90	10.73	8.77
Contenido de Humedad	%	3.24	4.11	7.73	6.10	9.23	9.08	12.05	12.42	14.26	14.47
Humedad promedio	%	3.68		6.92		9.16		12.24		14.37	

**GRAFICO DE DENSIDADES VS. HUMEDADES**



**Densidad Máxima:**

1.940 g/cm<sup>3</sup>

**Humedad óptima:**

10.00 %

Jorge Alejandro Barrientos Villarueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. C. P. N.º 157384





## ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (NORMAS: NTP 339.141/ASTM D1557/ASSHTO T-180/MTC E-115)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

SOLICITADO: REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

UBICACIÓN: VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

MATERIAL: SUELO + 4 % CCC + 3% CH

FECHA: sep-21

Peso del martillo: 4.5 kg  
 Altura de caída: 450 mm  
 # de capas: 5  
 Golpes por capa: 25

Volumen molde: 940.42 cm<sup>3</sup>  
 Peso molde: 3726 g

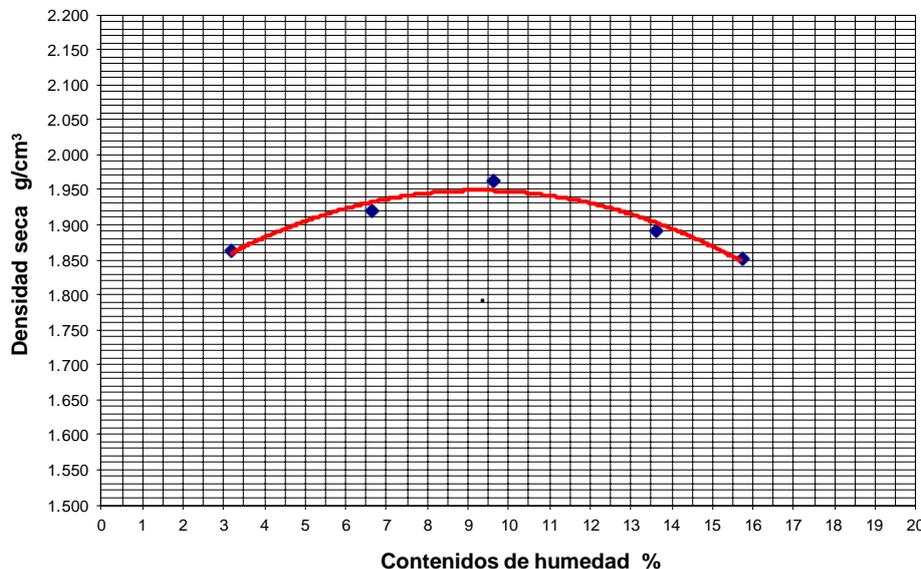
### DATOS PARA LA CURVA

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	5532.36	5652.10	5749.23	5747.90	5740.41
Peso del suelo húmedo	g	1806.36	1926.10	2023.23	2021.90	2014.41
Humedad calculada	%	3.18	6.62	9.64	13.65	15.74
Densidad Húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.921	2.048	2.151	2.150	2.142
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.862	1.921	1.962	1.892	1.851

### Contenidos de humedad

Muestra #		1		2		3		4		5	
Recipiente #											
Rec + suelo húmedo	g	134.45	133.74	138.85	124.45	172.74	143.42	159.42	121.96	141.77	153.93
Rec + suelo seco	g	132.4	131.62	134.5	120.2	163.7	136.9	148.3	117.2	131.6	142.9
Peso del recipiente	g	68.31	64.54	68.47	56.23	64.54	72.56	67.21	82.63	66.82	72.56
Peso del suelo seco	g	64.09	67.08	66.03	63.97	99.16	64.32	81.13	34.61	64.74	70.32
Peso del agua	g	2.05	2.12	4.35	4.25	9.04	6.54	11.08	4.72	10.21	11.05
Contenido de Humedad	%	3.20	3.16	6.59	6.64	9.12	10.17	13.66	13.64	15.77	15.71
Humedad promedio	%	3.18		6.62		9.64		13.65		15.74	

**GRAFICO DE DENSIDADES VS. HUMEDADES**



**Densidad Máxima:**

1.960 g/cm<sup>3</sup>

**Humedad óptima:**

9.50 %

Jorge Alejandro Barrientos Villanueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. C. P. N° 157384





## ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (NORMAS: NTP 339.141/ASTM D1557/ASSHTO T-180/MTC E-115 )

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

SOLICITADO: REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

UBICACIÓN: VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

MATERIAL: SUELO + 5 % CCC + 3% CH

FECHA: sep-21

Peso del martillo: 4.5 kg  
 Altura de caída: 450 mm  
 # de capas: 5  
 Golpes por capa: 25

Volumen molde: 940.42 cm<sup>3</sup>  
 Peso molde: 3726 g

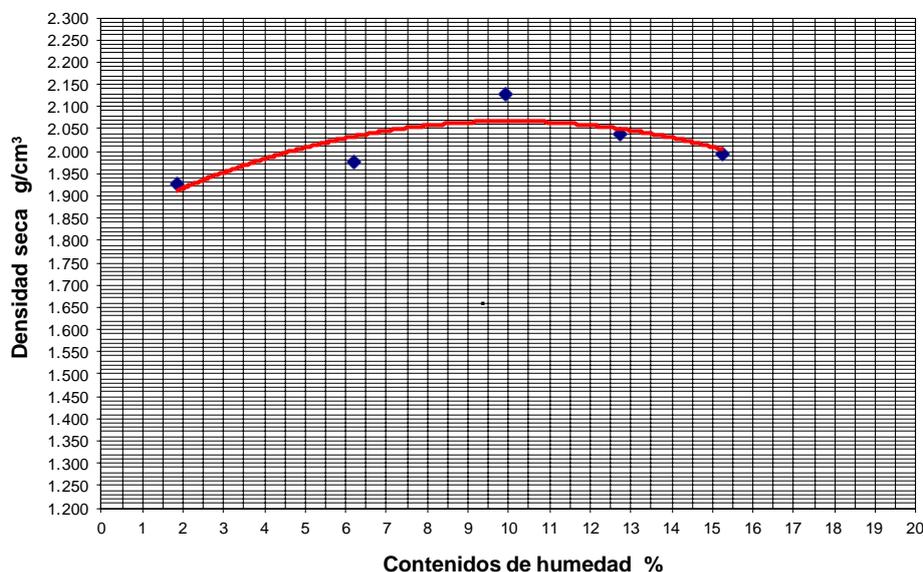
### DATOS PARA LA CURVA

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	5572.89	5699.44	5926.02	5886.30	5889.06
Peso del suelo húmedo	g	1846.89	1973.44	2200.02	2160.30	2163.06
Humedad calculada	%	1.84	6.21	9.95	12.75	15.27
Densidad Húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.964	2.098	2.339	2.297	2.300
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.928	1.976	2.128	2.037	1.995

### Contenidos de humedad

Muestra #		1		2		3		4		5	
Recipiente #											
Rec + suelo húmedo	g	134.56	138.72	159.42	158.85	157.23	137.99	145.71	165.42	139.90	152.42
Rec + suelo seco	g	133.13	137.29	154.24	153.31	149.21	131.71	136.06	153.11	129.00	138.39
Peso del recipiente	g	52.41	62.53	71.42	63.52	62.89	72.56	61.23	55.41	58.23	45.72
Peso del suelo seco	g	80.72	74.76	82.82	89.79	86.32	59.15	74.83	97.70	70.77	92.67
Peso del agua	g	1.43	1.43	5.18	5.54	8.02	6.28	9.65	12.31	10.90	14.03
Contenido de Humedad	%	1.77	1.91	6.25	6.17	9.29	10.62	12.90	12.60	15.40	15.14
Humedad promedio	%	1.84		6.21		9.95		12.75		15.27	

**GRAFICO DE DENSIDADES VS. HUMEDADES**



**Densidad Máxima:**  
2.100 g/cm<sup>3</sup>

**Humedad óptima:**  
10.00 %

Jorge Alejandro Barrientos Villarueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. C. P. N° 157384





## ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (NORMAS: NTP 339.141/ASTM D1557/ASSHTO T-180/MTC E-115)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

SOLICITADO: REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

UBICACIÓN: VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

MATERIAL: SUELO + 3 % CCC + 4% CH

FECHA: sep-21

Peso del martillo: 4.5 kg  
 Altura de caída: 450 mm  
 # de capas: 5  
 Golpes por capa: 25

Volumen molde: 940.42 cm<sup>3</sup>  
 Peso molde: 3726 g

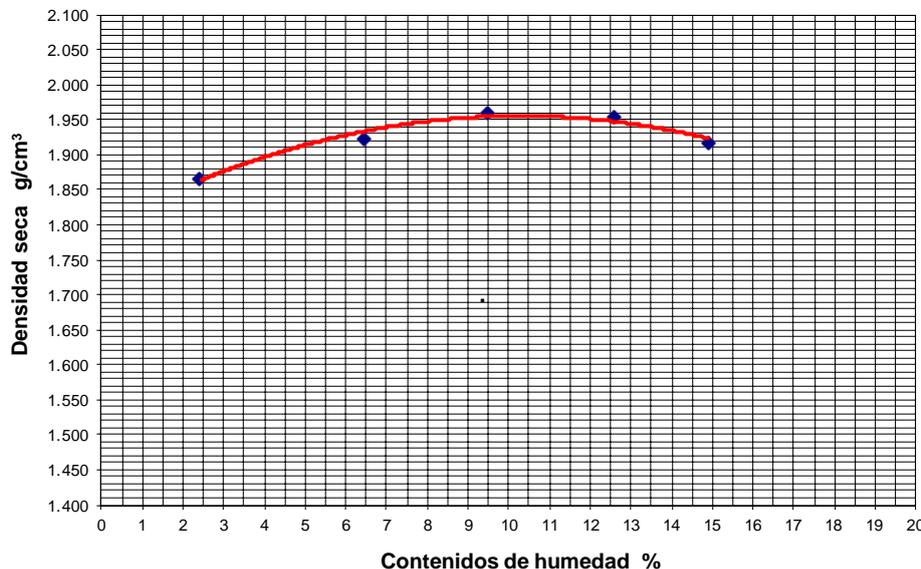
### DATOS PARA LA CURVA

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	5523.67	5649.45	5744.30	5795.63	5798.23
Peso del suelo húmedo	g	1797.67	1923.45	2018.30	2069.63	2072.23
Humedad calculada	%	2.41	6.44	9.50	12.62	14.93
Densidad Húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.912	2.045	2.146	2.201	2.204
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.867	1.922	1.960	1.954	1.917

### Contenidos de humedad

Muestra #		1		2		3		4		5	
Recipiente #											
Rec + suelo húmedo	g	154.27	147.87	138.55	165.40	149.70	147.23	168.40	168.80	159.42	149.96
Rec + suelo seco	g	152.12	145.66	134.32	159.50	142.46	140.50	156.60	155.88	146.00	136.70
Peso del recipiente	g	52.41	62.53	71.42	63.52	62.89	72.56	61.23	55.41	58.23	45.72
Peso del suelo seco	g	99.71	83.13	62.90	95.98	79.57	67.94	95.37	100.47	87.77	90.98
Peso del agua	g	2.15	2.21	4.23	5.90	7.24	6.73	11.80	12.92	13.42	13.26
Contenido de Humedad	%	2.16	2.66	6.72	6.15	9.10	9.91	12.37	12.86	15.29	14.57
Humedad promedio	%	2.41		6.44		9.50		12.62		14.93	

**GRAFICO DE DENSIDADES VS. HUMEDADES**



**Densidad Máxima:**  
1.960 g/cm<sup>3</sup>

**Humedad óptima:**  
11.00 %

Jorge Alejandro Barrientos Villanueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. C. P. N.º 157384





## ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (NORMAS: NTP 339.141/ASTM D1557/ASSHTO T-180/MTC E-115)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

SOLICITADO: REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

UBICACIÓN: VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

MATERIAL: SUELO + 4 % CCC + 4% CH

FECHA: sep-21

Volumen molde: 940.42 cm<sup>3</sup>  
Peso molde: 3726 g

Peso del martillo: 4.5 kg  
Altura de caída: 450 mm  
# de capas: 5  
Golpes por capa: 25

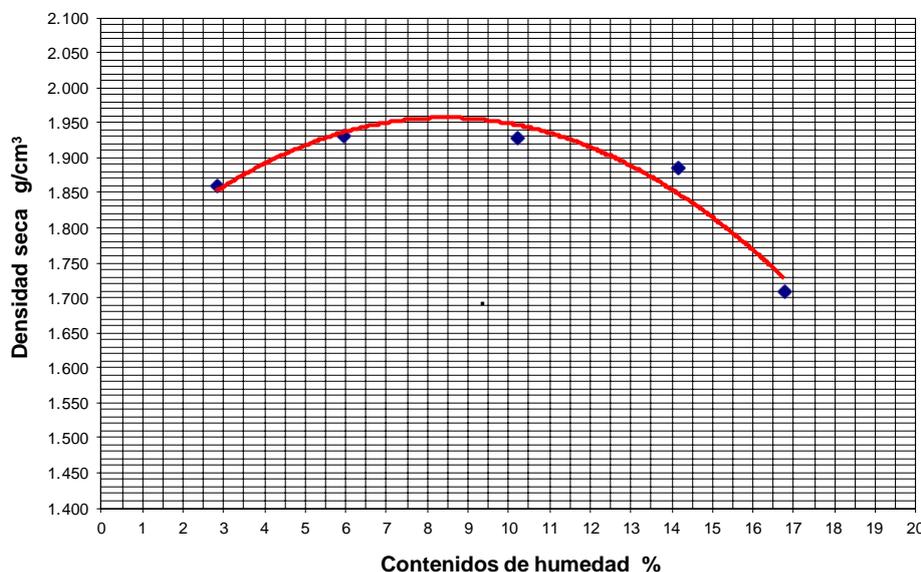
### DATOS PARA LA CURVA

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	5523.67	5649.45	5724.30	5749.63	5602.23
Peso del suelo húmedo	g	1797.67	1923.45	1998.30	2023.63	1876.23
Humedad calculada	%	2.83	5.94	10.24	14.19	16.76
Densidad Húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.912	2.045	2.125	2.152	1.995
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.859	1.931	1.928	1.884	1.709

### Contenidos de humedad

Muestra #		1		2		3		4		5	
Recipiente #											
Rec + suelo húmedo	g	129.74	135.85	124.45	149.78	159.89	152.63	137.56	146.44	159.32	147.78
Rec + suelo seco	g	127.7	133.78	121.4	145	151.4	144.8	128.2	134.9	144.4	133.5
Peso del recipiente	g	52.41	62.53	71.42	63.52	62.89	72.56	61.23	55.41	58.23	45.72
Peso del suelo seco	g	75.25	71.25	50.01	81.50	88.47	72.24	67.00	79.53	86.21	87.78
Peso del agua	g	2.08	2.07	3.02	4.76	8.53	7.83	9.33	11.50	14.88	14.28
Contenido de Humedad	%	2.76	2.91	6.04	5.84	9.64	10.84	13.93	14.46	17.26	16.27
Humedad promedio	%	2.83		5.94		10.24		14.19		16.76	

**GRAFICO DE DENSIDADES VS. HUMEDADES**



**Densidad Máxima:**

1.950 g/cm<sup>3</sup>

**Humedad óptima:**

9.00 %

Jorge Alejandro Barrientos Villanueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. C. P. N.º 157384





## ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (NORMAS: NTP 339.141/ASTM D1557/ASSHTO T-180/MTC E-115)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

SOLICITADO: REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

UBICACIÓN: VIRU - PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD

MATERIAL: SUELO + 5 % CCC + 4% CH

FECHA: sep-21

Peso del martillo: 4.5 kg  
 Altura de caída: 450 mm  
 # de capas: 5  
 Golpes por capa: 25

Volumen molde: 940.42 cm<sup>3</sup>  
 Peso molde: 3726 g

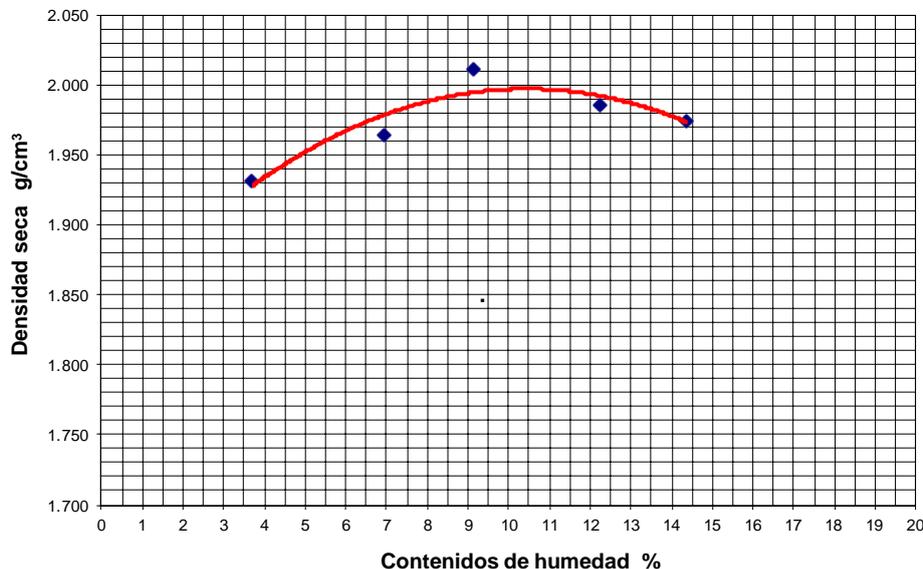
### DATOS PARA LA CURVA

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	5608.36	5700.20	5789.99	5821.99	5849.38
Peso del suelo húmedo	g	1882.36	1974.20	2063.99	2095.99	2123.38
Humedad calculada	%	3.68	6.92	9.16	12.24	14.37
Densidad Húmeda	g/cm <sup>3</sup>	2.002	2.099	2.195	2.229	2.258
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1.931	1.963	2.011	1.986	1.974

### Contenidos de humedad

Muestra #		1		2		3		4		5	
Recipiente #											
Rec + suelo húmedo	g	134.25	136.78	146.21	136.36	147.75	143.18	123.45	136.02	152.77	141.92
Rec + suelo seco	g	132.2	133.94	140.6	131.8	140.7	137.3	117.4	130.1	142	133.2
Peso del recipiente	g	68.31	64.84	68.47	56.23	64.54	72.56	67.21	82.63	66.82	72.56
Peso del suelo seco	g	63.87	69.10	72.16	75.52	76.18	64.74	50.19	47.49	75.22	60.59
Peso del agua	g	2.07	2.84	5.58	4.61	7.03	5.88	6.05	5.90	10.73	8.77
Contenido de Humedad	%	3.24	4.11	7.73	6.10	9.23	9.08	12.05	12.42	14.26	14.47
Humedad promedio	%	3.68		6.92		9.16		12.24		14.37	

**GRAFICO DE DENSIDADES VS. HUMEDADES**



**Densidad Máxima:**  
2.000 g/cm<sup>3</sup>

**Humedad óptima:**  
11.00 %

Jorge Alejandro Barrientos Villarueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. C. P. N° 157384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFE Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C-1 + 3%CCC + 2%CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

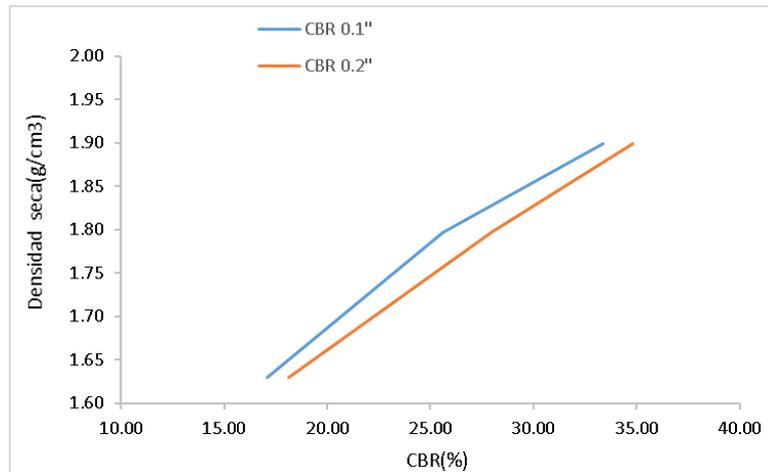
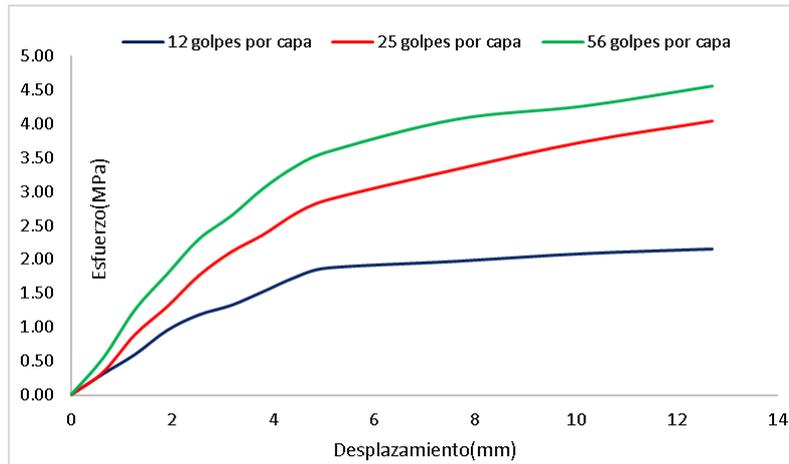
### DATOS DEL ENSAYO

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7933	7927	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11943	12330	12569
Peso suelo húmedo (g)	4010	4403	4648
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.89	2.07	2.19
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.63</b>	<b>1.80</b>	<b>1.90</b>
Contenido de humedad(%)	15.88	15.44	15.32

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	88.65	81.75	80.51	99.53	99.48	98.89
Rec + suelo seco g	86.62	79.73	78.48	97.52	97.21	96.8
Peso del recipiente g	74.28	66.54	65.44	84.4	82.32	83.23
Peso del suelo seco g	12.34	13.19	13.04	13.12	14.89	13.57
Peso del agua g	2.03	2.02	2.03	2.01	2.27	2.09
Contenido de Humedad %	16.45	15.31	15.57	15.32	15.25	15.40
Humedad promedio %	15.88		15.44		15.32	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0.00
0.025	0.64	0.60	0.001932	0.31	0.025	0.64	0.65	0.001932	0.34	0.025	0.64	1.05	0.001932	0.54
0.05	1.27	1.15	0.001932	0.60	0.050	1.27	1.72	0.001932	0.89	0.05	1.27	2.43	0.001932	1.26
0.075	1.91	1.84	0.001932	0.95	0.075	1.91	2.52	0.001932	1.30	0.075	1.91	3.45	0.001932	1.79
0.1	2.54	2.28	0.001932	1.18	0.100	2.54	3.41	0.001932	1.77	0.1	2.54	4.45	0.001932	2.30
0.125	3.18	2.55	0.001932	1.32	0.125	3.18	4.08	0.001932	2.11	0.125	3.18	5.11	0.001932	2.64
0.15	3.81	2.94	0.001932	1.52	0.150	3.81	4.57	0.001932	2.37	0.15	3.81	5.89	0.001932	3.05
0.175	4.45	3.35	0.001932	1.73	0.175	4.45	5.17	0.001932	2.68	0.175	4.45	6.52	0.001932	3.37
0.2	5.08	3.61	0.001932	1.87	0.200	5.08	5.56	0.001932	2.88	0.2	5.08	6.93	0.001932	3.59
0.3	7.62	3.80	0.001932	1.97	0.300	7.62	6.43	0.001932	3.33	0.3	7.62	7.86	0.001932	4.07
0.4	10.16	4.02	0.001932	2.08	0.400	10.16	7.22	0.001932	3.74	0.4	10.16	8.24	0.001932	4.27
0.5	12.7	4.15	0.001932	2.15	0.500	12.70	7.81	0.001932	4.04	0.5	12.7	8.81	0.001932	4.56



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	1.18	6.9	<b>17.10</b>
12	0.2	1.87	10.3	<b>18.14</b>
25	0.1	1.77	6.9	<b>25.58</b>
25	0.2	2.88	10.3	<b>27.94</b>
56	0.1	2.30	6.9	<b>33.38</b>
56	0.2	3.59	10.3	<b>34.82</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.63	17.10	18.14
25	1.80	25.58	27.94
56	1.90	33.38	34.82

M.D.S	1.88	g/cm³
95%(M.D.S)	1.79	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	25.58	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	27.94	%



## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C-2 + 3%CCC + 2%CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

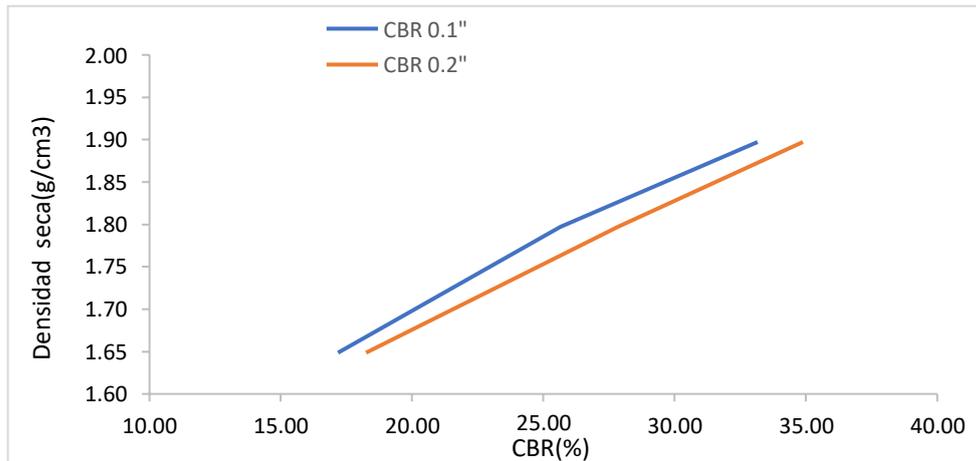
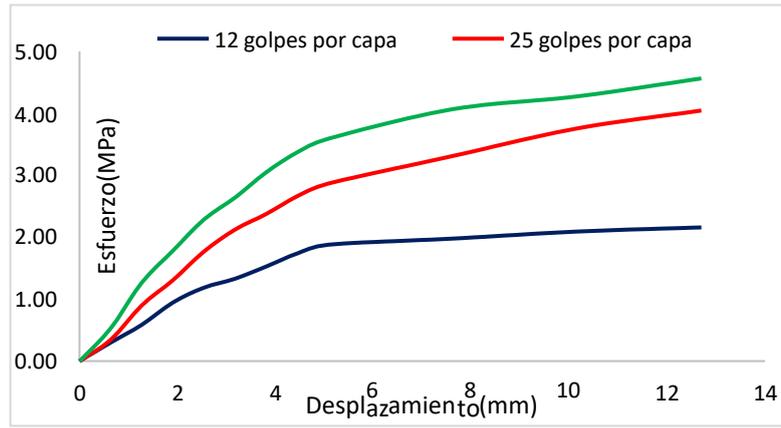
### DATOS DEL ENSAYO

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7933	7927	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11978	12323	12560
Peso suelo húmedo (g)	4045	4396	4639
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.91	2.07	2.19
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.65</b>	<b>1.80</b>	<b>1.90</b>
Contenido de humedad(%)	15.57	15.24	15.19

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	87.68	80.77	79.4	98.55	98.42	97.94
Rec + suelo seco g	85.74	78.74	77.44	96.53	96.23	95.83
Peso del recipiente g	73.23	65.76	64.44	83.41	81.35	82.35
Peso del suelo seco g	12.51	12.98	13	13.12	14.88	13.48
Peso del agua g	1.94	2.03	1.96	2.02	2.19	2.11
Contenido de Humedad %	15.51	15.64	15.08	15.40	14.72	15.65
Humedad promedio %	15.57		15.24		15.19	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0.00
0.025	0.64	0.58	0.001932	0.30	0.025	0.64	0.67	0.001932	0.35	0.025	0.64	1.03	0.001932	0.53
0.05	1.27	1.13	0.001932	0.58	0.050	1.27	1.74	0.001932	0.90	0.05	1.27	2.45	0.001932	1.27
0.075	1.91	1.83	0.001932	0.95	0.075	1.91	2.53	0.001932	1.31	0.075	1.91	3.45	0.001932	1.79
0.1	2.54	2.29	0.001932	1.19	0.100	2.54	3.42	0.001932	1.77	0.1	2.54	4.42	0.001932	2.29
0.125	3.18	2.57	0.001932	1.33	0.125	3.18	4.11	0.001932	2.13	0.125	3.18	5.11	0.001932	2.64
0.15	3.81	2.95	0.001932	1.53	0.150	3.81	4.59	0.001932	2.38	0.15	3.81	5.89	0.001932	3.05
0.175	4.45	3.36	0.001932	1.74	0.175	4.45	5.15	0.001932	2.67	0.175	4.45	6.52	0.001932	3.37
0.2	5.08	3.63	0.001932	1.88	0.200	5.08	5.54	0.001932	2.87	0.2	5.08	6.94	0.001932	3.59
0.3	7.62	3.82	0.001932	1.98	0.300	7.62	6.4	0.001932	3.31	0.3	7.62	7.86	0.001932	4.07
0.4	10.16	4.04	0.001932	2.09	0.400	10.16	7.26	0.001932	3.76	0.4	10.16	8.26	0.001932	4.28
0.5	12.7	4.17	0.001932	2.16	0.500	12.70	7.82	0.001932	4.05	0.5	12.7	8.82	0.001932	4.57



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	1.19	6.9	<b>17.18</b>
12	0.2	1.88	10.3	<b>18.24</b>
25	0.1	1.77	6.9	<b>25.65</b>
25	0.2	2.87	10.3	<b>27.84</b>
56	0.1	2.29	6.9	<b>33.16</b>
56	0.2	3.59	10.3	<b>34.88</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.65	17.18	18.24
25	1.80	25.65	27.84
56	1.90	33.16	34.88

M.D.S	1.88	g/cm³
95%(M.D.S)	1.79	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	25	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	27.5	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C-3 + 3%CCC + 2%CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

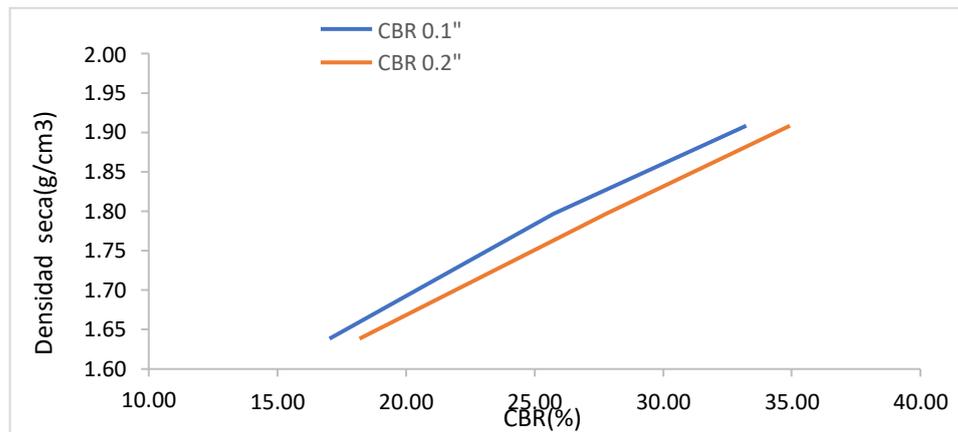
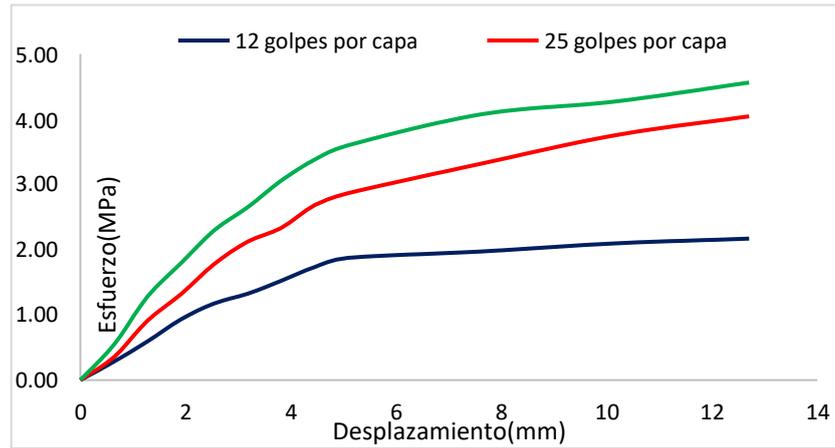
### DATOS DEL ENSAYO

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7933	7927	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11952	12321	12587
Peso suelo húmedo (g)	4019	4394	4666
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.89	2.07	2.20
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.64</b>	<b>1.80</b>	<b>1.91</b>
Contenido de humedad(%)	15.57	15.24	15.19

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	87.68	80.77	79.4	98.55	98.42	97.94
Rec + suelo seco g	85.74	78.74	77.44	96.53	96.23	95.83
Peso del recipiente g	73.23	65.76	64.44	83.41	81.35	82.35
Peso del suelo seco g	12.51	12.98	13	13.12	14.88	13.48
Peso del agua g	1.94	2.03	1.96	2.02	2.19	2.11
Contenido de Humedad %	15.51	15.64	15.08	15.40	14.72	15.65
Humedad promedio %	15.57		15.24		15.19	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0.00
0.025	0.64	0.55	0.001932	0.28	0.025	0.64	0.68	0.001932	0.35	0.025	0.64	1.05	0.001932	0.54
0.05	1.27	1.14	0.001932	0.59	0.050	1.27	1.75	0.001932	0.91	0.05	1.27	2.46	0.001932	1.27
0.075	1.91	1.80	0.001932	0.93	0.075	1.91	2.54	0.001932	1.31	0.075	1.91	3.46	0.001932	1.79
0.1	2.54	2.27	0.001932	1.17	0.100	2.54	3.43	0.001932	1.78	0.1	2.54	4.43	0.001932	2.29
0.125	3.18	2.56	0.001932	1.33	0.125	3.18	4.1	0.001932	2.12	0.125	3.18	5.12	0.001932	2.65
0.15	3.81	2.94	0.001932	1.52	0.150	3.81	4.5	0.001932	2.33	0.15	3.81	5.9	0.001932	3.05
0.175	4.45	3.35	0.001932	1.73	0.175	4.45	5.18	0.001932	2.68	0.175	4.45	6.53	0.001932	3.38
0.2	5.08	3.62	0.001932	1.87	0.200	5.08	5.53	0.001932	2.86	0.2	5.08	6.95	0.001932	3.60
0.3	7.62	3.81	0.001932	1.97	0.300	7.62	6.41	0.001932	3.32	0.3	7.62	7.87	0.001932	4.07
0.4	10.16	4.05	0.001932	2.10	0.400	10.16	7.25	0.001932	3.75	0.4	10.16	8.25	0.001932	4.27
0.5	12.7	4.19	0.001932	2.17	0.500	12.70	7.81	0.001932	4.04	0.5	12.7	8.81	0.001932	4.56



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	1.17	6.9	<b>17.03</b>
12	0.2	1.87	10.3	<b>18.19</b>
25	0.1	1.78	6.9	<b>25.73</b>
25	0.2	2.86	10.3	<b>27.79</b>
56	0.1	2.29	6.9	<b>33.23</b>
56	0.2	3.60	10.3	<b>34.93</b>

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. CIP. N° 197384

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.64	17.03	18.19
25	1.80	25.73	27.79
56	1.91	33.23	34.93



M.D.S	1.88	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.79	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	25.7	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	27.55	%



## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE BASE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL PAVIMENTO DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C-4 + 3%CCC + 2%CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C. P. N° 197384

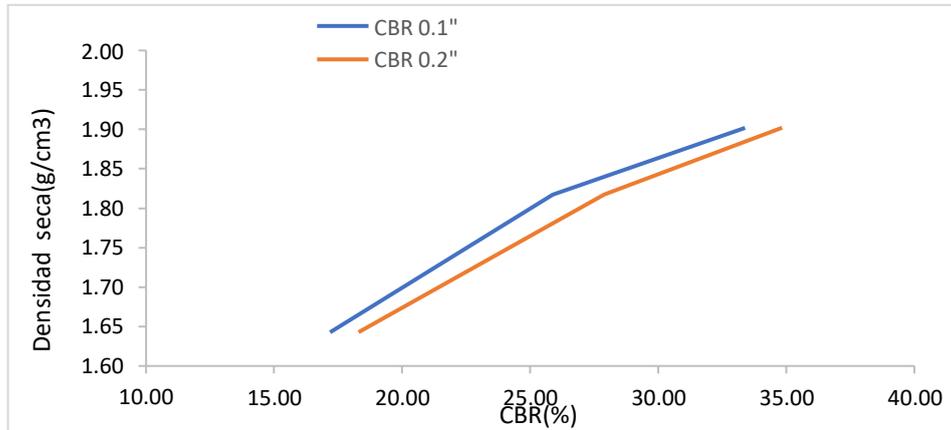
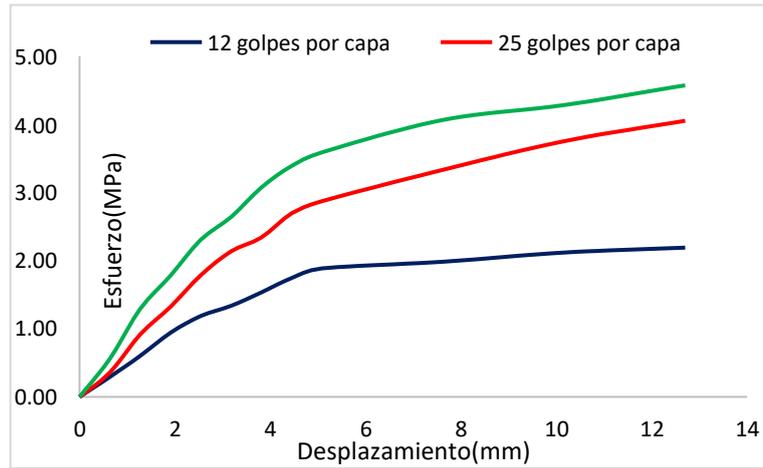
### DATOS DEL ENSAYO

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7933	7927	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11963	12372	12571
Peso suelo húmedo (g)	4030	4445	4650
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.90	2.09	2.19
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.64</b>	<b>1.82</b>	<b>1.90</b>
Contenido de humedad(%)	15.57	15.24	15.19

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	86.7	81.78	78.41	97.57	97.45	98.84
Rec + suelo seco g	84.76	79.75	76.45	95.55	95.26	96.73
Peso del recipiente g	72.25	66.77	63.45	82.43	80.38	83.25
Peso del suelo seco g	12.51	12.98	13	13.12	14.88	13.48
Peso del agua g	1.94	2.03	1.96	2.02	2.19	2.11
Contenido de Humedad %	15.51	15.64	15.08	15.40	14.72	15.65
Humedad promedio %	15.57		15.24		15.19	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0.00
0.025	0.64	0.57	0.001932	0.30	0.025	0.64	0.7	0.001932	0.36	0.025	0.64	1.09	0.001932	0.56
0.05	1.27	1.16	0.001932	0.60	0.050	1.27	1.77	0.001932	0.92	0.05	1.27	2.49	0.001932	1.29
0.075	1.91	1.82	0.001932	0.94	0.075	1.91	2.56	0.001932	1.33	0.075	1.91	3.44	0.001932	1.78
0.1	2.54	2.29	0.001932	1.19	0.100	2.54	3.45	0.001932	1.79	0.1	2.54	4.45	0.001932	2.30
0.125	3.18	2.58	0.001932	1.34	0.125	3.18	4.13	0.001932	2.14	0.125	3.18	5.1	0.001932	2.64
0.15	3.81	2.96	0.001932	1.53	0.150	3.81	4.52	0.001932	2.34	0.15	3.81	5.93	0.001932	3.07
0.175	4.45	3.37	0.001932	1.74	0.175	4.45	5.21	0.001932	2.70	0.175	4.45	6.55	0.001932	3.39
0.2	5.08	3.64	0.001932	1.88	0.200	5.08	5.55	0.001932	2.87	0.2	5.08	6.93	0.001932	3.59
0.3	7.62	3.83	0.001932	1.98	0.300	7.62	6.44	0.001932	3.33	0.3	7.62	7.85	0.001932	4.06
0.4	10.16	4.09	0.001932	2.12	0.400	10.16	7.25	0.001932	3.75	0.4	10.16	8.27	0.001932	4.28
0.5	12.7	4.23	0.001932	2.19	0.500	12.70	7.83	0.001932	4.05	0.5	12.7	8.83	0.001932	4.57



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	1.19	6.9	<b>17.18</b>
12	0.2	1.88	10.3	<b>18.29</b>
25	0.1	1.79	6.9	<b>25.88</b>
25	0.2	2.87	10.3	<b>27.89</b>
56	0.1	2.30	6.9	<b>33.38</b>
56	0.2	3.59	10.3	<b>34.82</b>

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.64	17.18	18.29
25	1.82	25.88	27.89
56	1.90	33.38	34.82

M.D.S	1.88	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.79	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	25.88	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	27.89	%





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C-5 + 3%CCC + 2%CH  
**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO  
**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

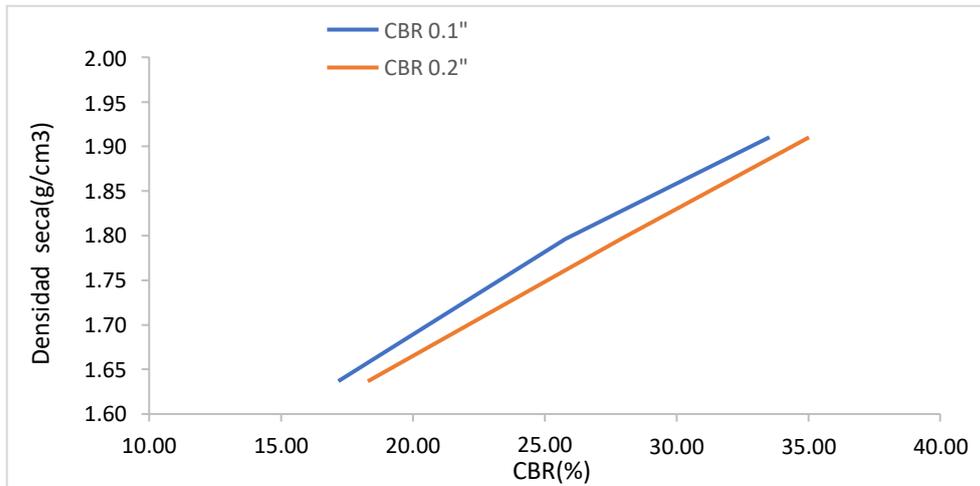
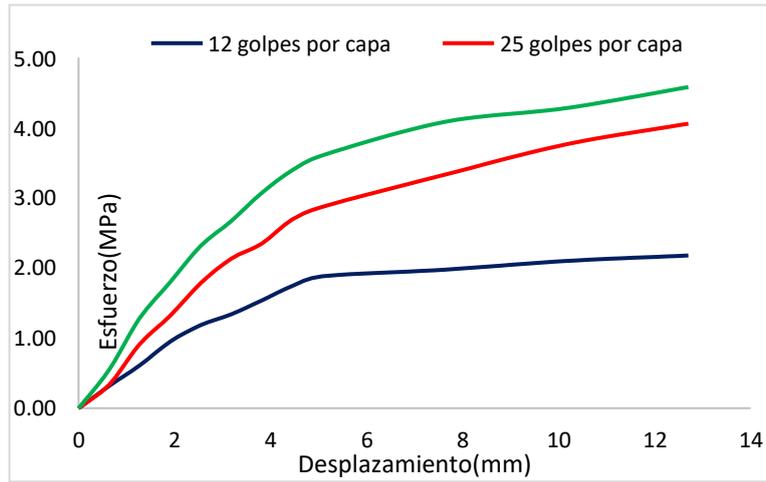
### DATOS DEL ENSAYO

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7933	7927	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11948	12327	12590
Peso suelo húmedo (g)	4015	4400	4669
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.89	2.07	2.20
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.64</b>	<b>1.80</b>	<b>1.91</b>
Contenido de humedad(%)	15.56	15.40	15.14

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	85.7	81.8	79.48	98.52	98.43	97.92
Rec + suelo seco g	83.76	79.77	77.47	96.51	96.25	95.81
Peso del recipiente g	71.25	66.76	64.49	83.38	81.34	82.33
Peso del suelo seco g	12.51	13.01	12.98	13.13	14.91	13.48
Peso del agua g	1.94	2.03	2.01	2.01	2.18	2.11
Contenido de Humedad %	15.51	15.60	15.49	15.31	14.62	15.65
Humedad promedio %	15.56		15.40		15.14	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0.00
0.025	0.64	0.62	0.001932	0.32	0.025	0.64	0.65	0.001932	0.34	0.025	0.64	1.07	0.001932	0.55
0.05	1.27	1.18	0.001932	0.61	0.050	1.27	1.76	0.001932	0.91	0.05	1.27	2.48	0.001932	1.28
0.075	1.91	1.84	0.001932	0.95	0.075	1.91	2.55	0.001932	1.32	0.075	1.91	3.48	0.001932	1.80
0.1	2.54	2.29	0.001932	1.19	0.100	2.54	3.44	0.001932	1.78	0.1	2.54	4.47	0.001932	2.31
0.125	3.18	2.59	0.001932	1.34	0.125	3.18	4.12	0.001932	2.13	0.125	3.18	5.16	0.001932	2.67
0.15	3.81	2.97	0.001932	1.54	0.150	3.81	4.53	0.001932	2.34	0.15	3.81	5.93	0.001932	3.07
0.175	4.45	3.37	0.001932	1.74	0.175	4.45	5.2	0.001932	2.69	0.175	4.45	6.56	0.001932	3.40
0.2	5.08	3.64	0.001932	1.88	0.200	5.08	5.55	0.001932	2.87	0.2	5.08	6.97	0.001932	3.61
0.3	7.62	3.82	0.001932	1.98	0.300	7.62	6.43	0.001932	3.33	0.3	7.62	7.89	0.001932	4.08
0.4	10.16	4.06	0.001932	2.10	0.400	10.16	7.27	0.001932	3.76	0.4	10.16	8.27	0.001932	4.28
0.5	12.7	4.21	0.001932	2.18	0.500	12.70	7.84	0.001932	4.06	0.5	12.7	8.85	0.001932	4.58



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	1.19	6.9	<b>17.18</b>
12	0.2	1.88	10.3	<b>18.29</b>
25	0.1	1.78	6.9	<b>25.80</b>
25	0.2	2.87	10.3	<b>27.89</b>
56	0.1	2.31	6.9	<b>33.53</b>
56	0.2	3.61	10.3	<b>35.03</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.64	17.18	18.29
25	1.80	25.80	27.70
56	1.91	33.53	35.03

M.D.S	1.88	g/cm³
95%(M.D.S)	1.79	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	25.8	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	27.70	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C1 + 4 % CCC + 2% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

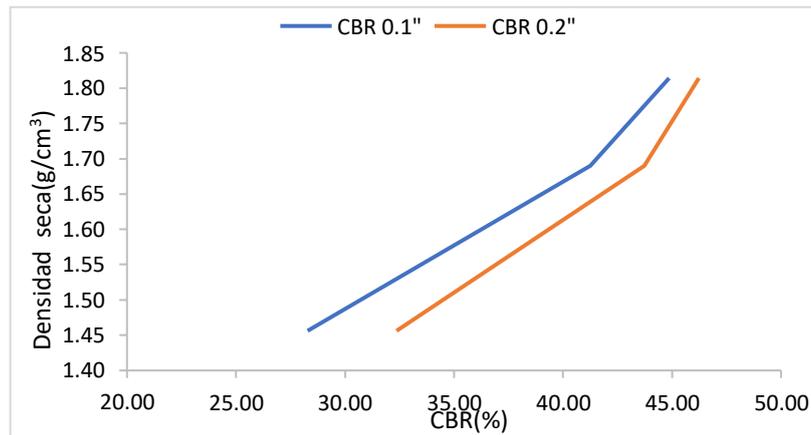
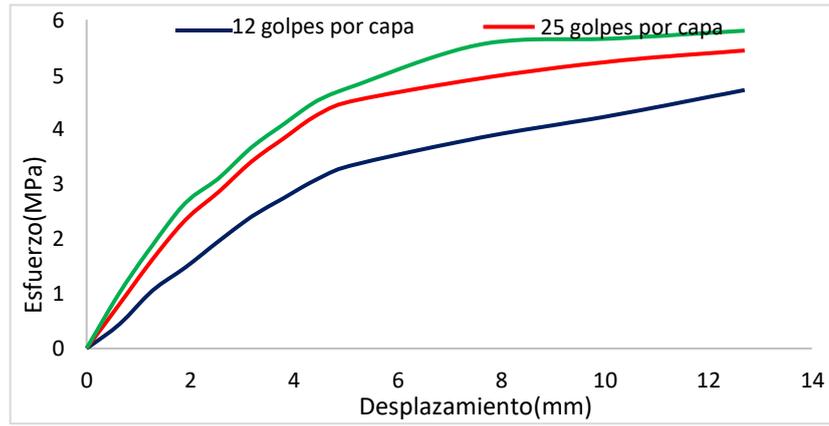
### DATOS DEL ENSAYO

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11424	11994	12278
Peso suelo húmedo (g)	3497	4059	4357
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.65	1.91	2.05
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.46</b>	<b>1.69</b>	<b>1.81</b>
Contenido de humedad(%)	13.15	13.15	13.15

### DATOS DE HUMEDAD DEL ENSAYO

Muestra #	12 golpes		25 golpes		56 golpes	
Rec + suelo húmedo g	98.54	88.53	89.10	94.54	87.84	84.58
Rec + suelo seco g	96.37	85.85	86.00	91.83	85.42	81.32
Peso del recipiente g	79.99	65.31	62.40	71.24	67.01	56.52
Peso del suelo seco g	16.38	20.54	23.60	20.59	18.41	24.80
Peso del agua g	2.17	2.68	3.10	2.71	2.42	3.26
Contenido de Humedad %	13.25	13.05	13.14	13.16	13.15	13.15
Humedad promedio %	13.15		13.15		13.15	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	0.86	0.001932	0.45	0.025	0.64	1.57	0.001932	0.81	0.025	0.64	1.97	0.001932	1.020
0.050	1.27	2.04	0.001932	1.06	0.050	1.27	3.13	0.001932	1.62	0.050	1.27	3.63	0.001932	1.879
0.075	1.91	2.86	0.001932	1.48	0.075	1.91	4.53	0.001932	2.34	0.075	1.91	5.13	0.001932	2.655
0.100	2.54	3.77	0.001932	1.95	0.100	2.54	5.5	0.001932	2.85	0.100	2.54	5.98	0.001932	3.095
0.125	3.18	4.64	0.001932	2.40	0.125	3.18	6.58	0.001932	3.41	0.125	3.18	7.08	0.001932	3.665
0.150	3.81	5.31	0.001932	2.75	0.150	3.81	7.41	0.001932	3.84	0.150	3.81	7.91	0.001932	4.094
0.175	4.45	5.97	0.001932	3.09	0.175	4.45	8.23	0.001932	4.26	0.175	4.45	8.73	0.001932	4.519
0.200	5.08	6.44	0.001932	3.33	0.200	5.08	8.7	0.001932	4.50	0.200	5.08	9.2	0.001932	4.762
0.300	7.62	7.44	0.001932	3.85	0.300	7.62	9.52	0.001932	4.93	0.300	7.62	10.72	0.001932	5.549
0.400	10.16	8.22	0.001932	4.25	0.400	10.16	10.12	0.001932	5.24	0.400	10.16	10.92	0.001932	5.652
0.500	12.7	9.11	0.001932	4.72	0.500	12.70	10.5	0.001932	5.43	0.500	12.7	11.2	0.001932	5.797



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	1.95	6.9	<b>28.28</b>
12	0.2	3.33	10.3	<b>32.36</b>
25	0.1	2.85	6.9	<b>41.26</b>
25	0.2	4.50	10.3	<b>43.72</b>
56	0.1	3.10	6.9	<b>44.86</b>
56	0.2	4.76	10.3	<b>46.23</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.46	28.28	32.36
25	1.69	41.26	43.72
56	1.81	44.86	46.23

M.D.S	1.780	g/cm³
95%(M.D.S)	1.691	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	41.26	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	43.72	%

Jorge Alejandro Barrantes Villalueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C2 + 4 % CCC + 2% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

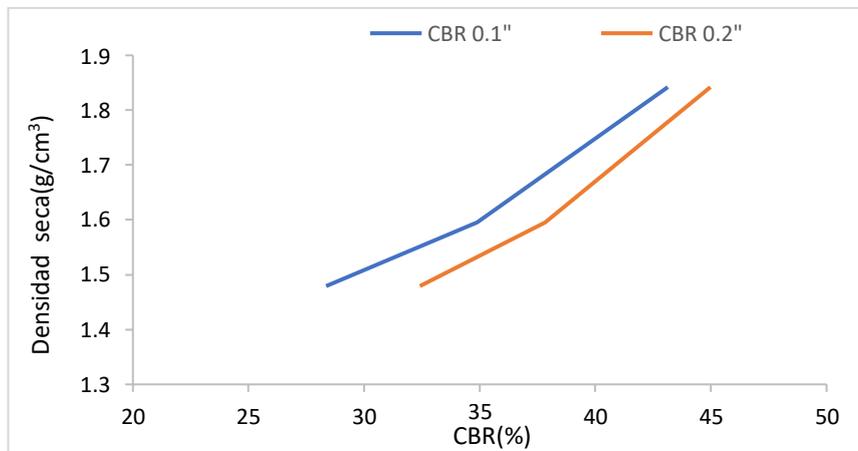
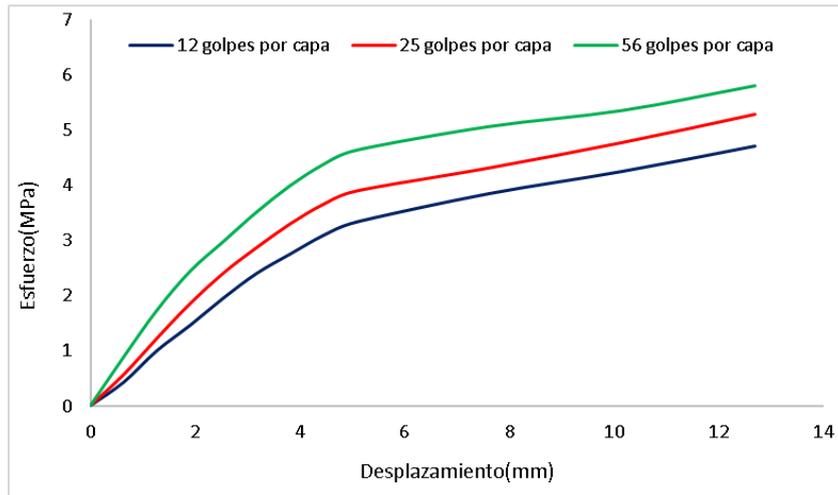
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11478	11981	12348
Peso suelo humedo (g)	3551	4046	4427
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad humeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.67	1.91	2.09
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.48</b>	<b>1.69</b>	<b>1.84</b>
Contenido de humedad(%)	13.08	13.08	13.21

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12 golpes		25 golpes		56 golpes	
Rec + suelo húmedo g	95.12	79.17	101.42	97.48	98.45	118.34
Rec + suelo seco g	92.92	76.94	97.94	94.04	94.90	113.96
Peso del recipiente g	76.00	60.00	71.34	67.74	68.00	80.86
Peso del suelo seco g	16.92	16.94	26.60	26.30	26.90	33.10
Peso del agua g	2.20	2.23	3.48	3.44	3.55	4.38
Contenido de Humedad %	13.00	13.16	13.08	13.08	13.20	13.23
Humedad promedio %	13.08		13.08		13.21	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	0.83	0.001932	0.43	0.025	0.64	1.54	0.001932	0.80	0.025	0.64	1.94	0.001932	1.004
0.05	1.27	2.01	0.001932	1.04	0.050	1.27	3.15	0.001932	1.63	0.05	1.27	3.65	0.001932	1.889
0.075	1.91	2.85	0.001932	1.48	0.075	1.91	4.54	0.001932	2.35	0.075	1.91	5.11	0.001932	2.645
0.1	2.54	3.75	0.001932	1.94	0.100	2.54	5.53	0.001932	2.86	0.1	2.54	5.93	0.001932	3.069
0.125	3.18	4.65	0.001932	2.41	0.125	3.18	6.59	0.001932	3.41	0.125	3.18	7.01	0.001932	3.628
0.15	3.81	5.34	0.001932	2.76	0.150	3.81	7.43	0.001932	3.85	0.15	3.81	7.95	0.001932	4.115
0.175	4.45	5.95	0.001932	3.08	0.175	4.45	8.24	0.001932	4.27	0.175	4.45	8.73	0.001932	4.519
0.2	5.08	6.46	0.001932	3.34	0.200	5.08	8.74	0.001932	4.52	0.2	5.08	9.23	0.001932	4.777
0.3	7.62	7.41	0.001932	3.84	0.300	7.62	9.53	0.001932	4.93	0.3	7.62	10.71	0.001932	5.543
0.4	10.16	8.25	0.001932	4.27	0.400	10.16	10.14	0.001932	5.25	0.4	10.16	10.9	0.001932	5.642
0.5	12.7	9.14	0.001932	4.73	0.500	12.70	10.53	0.001932	5.45	0.5	12.7	11.23	0.001932	5.813



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	1.94	6.9	<b>28.13</b>
12	0.2	3.34	10.3	<b>32.46</b>
25	0.1	2.86	6.9	<b>41.48</b>
25	0.2	4.52	10.3	<b>43.92</b>
56	0.1	3.07	6.9	<b>44.48</b>
56	0.2	4.78	10.3	<b>46.38</b>

GOLPES	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	28.13	32.46
25	41.48	43.92
56	44.48	46.38

M.D.S	1.780	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.691	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	41.3	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	43.5	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C3 + 4 % CCC + 2% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

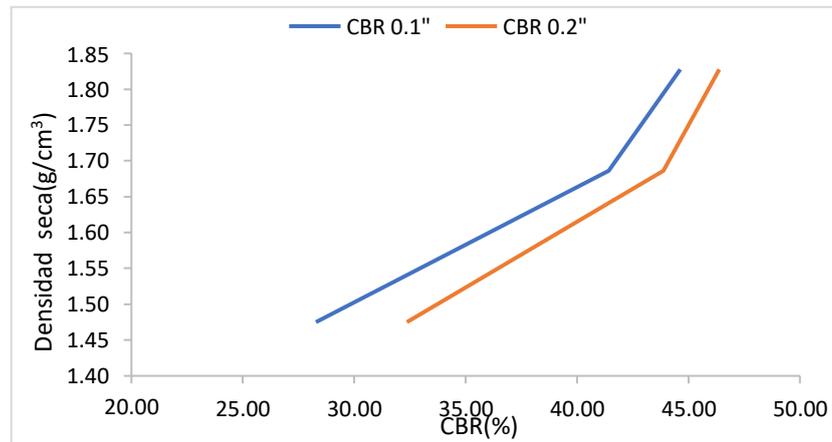
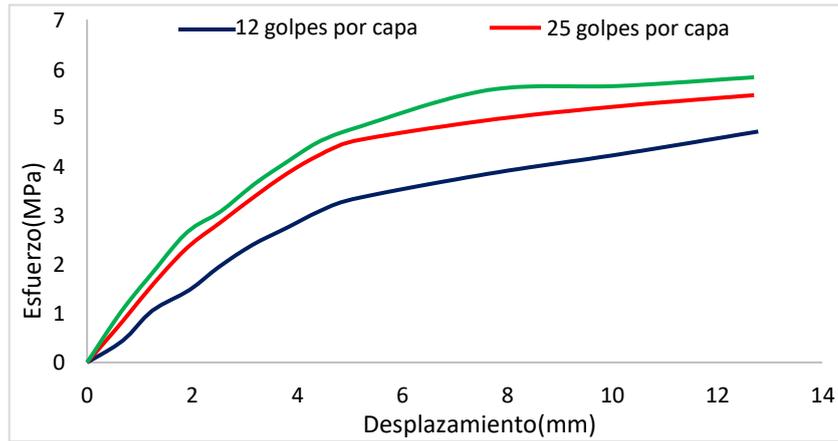
### DATOS DEL ENSAYO

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11469	11993	12310
Peso suelo húmedo (g)	3542	4058	4389
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.67	1.91	2.07
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.47</b>	<b>1.69</b>	<b>1.83</b>
Contenido de humedad(%)	13.14	13.39	13.13

### DATOS DE HUMEDAD DEL ENSAYO

Muestra #	12 golpes		25 golpes		56 golpes	
Rec + suelo húmedo g	98.76	88.75	89.32	94.76	87.96	84.78
Rec + suelo seco g	96.59	86.06	86.23	91.94	85.54	81.53
Peso del recipiente g	80.11	65.53	62.62	71.35	67.13	56.74
Peso del suelo seco g	16.48	20.53	23.61	20.59	18.41	24.79
Peso del agua g	2.17	2.69	3.09	2.82	2.42	3.25
Contenido de Humedad %	13.17	13.10	13.09	13.70	13.15	13.11
Humedad promedio %	13.14		13.39		13.13	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.68	0.86	0.001932	0.45	0.025	0.64	1.53	0.001932	0.79	0.025	0.64	1.98	0.001932	1.025
0.050	1.24	2.04	0.001932	1.06	0.050	1.27	3.11	0.001932	1.61	0.050	1.27	3.6	0.001932	1.863
0.075	1.95	2.86	0.001932	1.48	0.075	1.91	4.53	0.001932	2.34	0.075	1.91	5.15	0.001932	2.666
0.100	2.51	3.77	0.001932	1.95	0.100	2.54	5.52	0.001932	2.86	0.100	2.54	5.95	0.001932	3.080
0.125	3.15	4.64	0.001932	2.40	0.125	3.18	6.53	0.001932	3.38	0.125	3.18	7.03	0.001932	3.639
0.150	3.8	5.31	0.001932	2.75	0.150	3.81	7.45	0.001932	3.86	0.150	3.81	7.92	0.001932	4.099
0.175	4.43	5.97	0.001932	3.09	0.175	4.45	8.21	0.001932	4.25	0.175	4.45	8.75	0.001932	4.529
0.200	5.05	6.44	0.001932	3.33	0.200	5.08	8.73	0.001932	4.52	0.200	5.08	9.23	0.001932	4.777
0.300	7.63	7.44	0.001932	3.85	0.300	7.62	9.55	0.001932	4.94	0.300	7.62	10.74	0.001932	5.559
0.400	10.16	8.22	0.001932	4.25	0.400	10.16	10.11	0.001932	5.23	0.400	10.16	10.91	0.001932	5.647
0.500	12.78	9.11	0.001932	4.72	0.500	12.70	10.54	0.001932	5.46	0.500	12.7	11.25	0.001932	5.823



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	1.95	6.9	<b>28.28</b>
12	0.2	3.33	10.3	<b>32.36</b>
25	0.1	2.86	6.9	<b>41.41</b>
25	0.2	4.52	10.3	<b>43.87</b>
56	0.1	3.08	6.9	<b>44.63</b>
56	0.2	4.78	10.3	<b>46.38</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.47	28.28	32.36
25	1.69	41.41	43.87
56	1.83	44.63	46.38

M.D.S	1.780	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.691	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	41.41	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	43.87	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C4 + 4 % CCC + 2% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

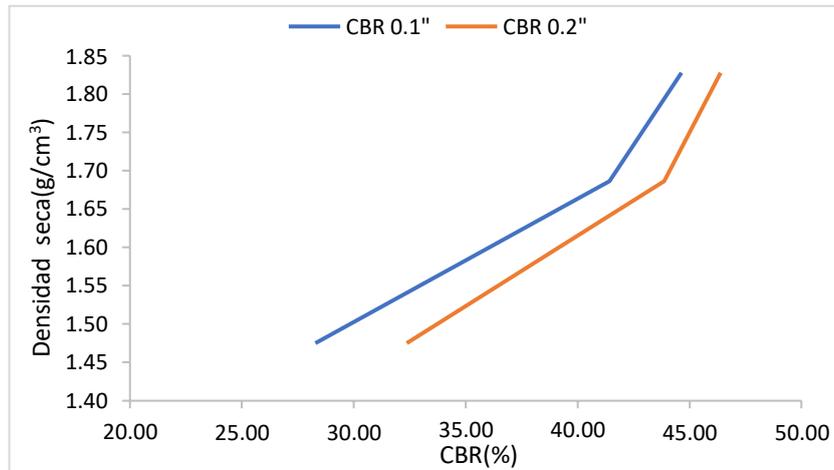
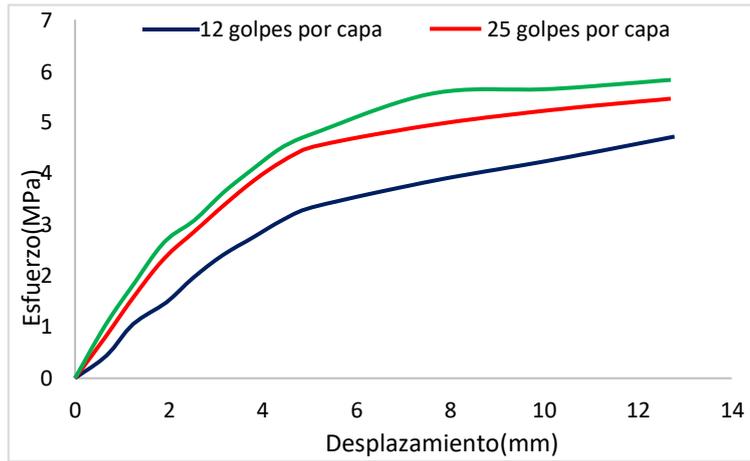
### DATOS DEL ENSAYO

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11469	11993	12310
Peso suelo húmedo (g)	3542	4058	4389
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.67	1.91	2.07
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.47</b>	<b>1.69</b>	<b>1.83</b>
Contenido de humedad(%)	13.14	13.39	13.13

### DATOS DE HUMEDAD DEL ENSAYO

Muestra #	12 golpes		25 golpes		56 golpes	
Rec + suelo húmedo g	98.76	88.75	89.32	94.76	87.96	84.78
Rec + suelo seco g	96.59	86.06	86.23	91.94	85.54	81.53
Peso del recipiente g	80.11	65.53	62.62	71.35	67.13	56.74
Peso del suelo seco g	16.48	20.53	23.61	20.59	18.41	24.79
Peso del agua g	2.17	2.69	3.09	2.82	2.42	3.25
Contenido de Humedad %	13.17	13.10	13.09	13.70	13.15	13.11
Humedad promedio %	13.14		13.39		13.13	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.68	0.86	0.001932	0.45	0.025	0.64	1.53	0.001932	0.79	0.025	0.64	1.98	0.001932	1.025
0.050	1.24	2.04	0.001932	1.06	0.050	1.27	3.11	0.001932	1.61	0.050	1.27	3.6	0.001932	1.863
0.075	1.95	2.86	0.001932	1.48	0.075	1.91	4.53	0.001932	2.34	0.075	1.91	5.15	0.001932	2.666
0.100	2.51	3.77	0.001932	1.95	0.100	2.54	5.52	0.001932	2.86	0.100	2.54	5.95	0.001932	3.080
0.125	3.15	4.64	0.001932	2.40	0.125	3.18	6.53	0.001932	3.38	0.125	3.18	7.03	0.001932	3.639
0.150	3.8	5.31	0.001932	2.75	0.150	3.81	7.45	0.001932	3.86	0.150	3.81	7.92	0.001932	4.099
0.175	4.43	5.97	0.001932	3.09	0.175	4.45	8.21	0.001932	4.25	0.175	4.45	8.75	0.001932	4.529
0.200	5.05	6.44	0.001932	3.33	0.200	5.08	8.73	0.001932	4.52	0.200	5.08	9.23	0.001932	4.777
0.300	7.63	7.44	0.001932	3.85	0.300	7.62	9.55	0.001932	4.94	0.300	7.62	10.74	0.001932	5.559
0.400	10.16	8.22	0.001932	4.25	0.400	10.16	10.11	0.001932	5.23	0.400	10.16	10.91	0.001932	5.647
0.500	12.78	9.11	0.001932	4.72	0.500	12.70	10.54	0.001932	5.46	0.500	12.7	11.25	0.001932	5.823



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	1.95	6.9	<b>28.28</b>
12	0.2	3.33	10.3	<b>32.36</b>
25	0.1	2.86	6.9	<b>41.41</b>
25	0.2	4.52	10.3	<b>43.87</b>
56	0.1	3.08	6.9	<b>44.63</b>
56	0.2	4.78	10.3	<b>46.38</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.47	28.28	32.36
25	1.69	42.81	44.61
56	1.83	44.63	46.38

M.D.S	1.780	g/cm³
95%(M.D.S)	1.691	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	42.81	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	44.61	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C5 + 4 % CCC + 2% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

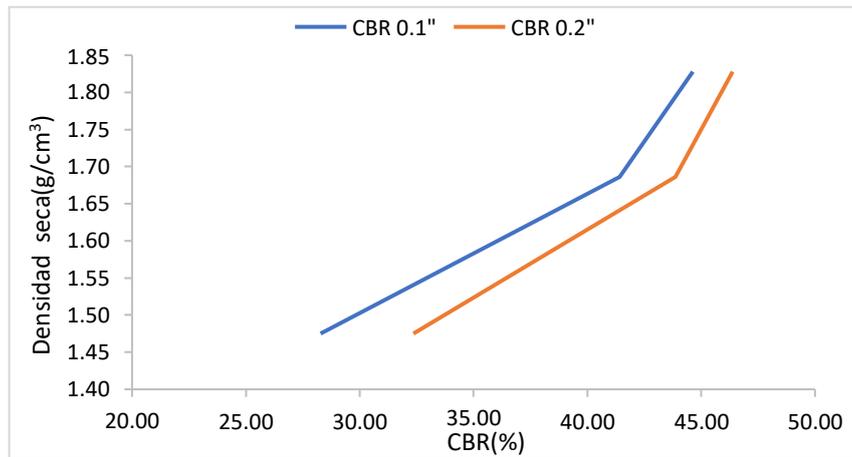
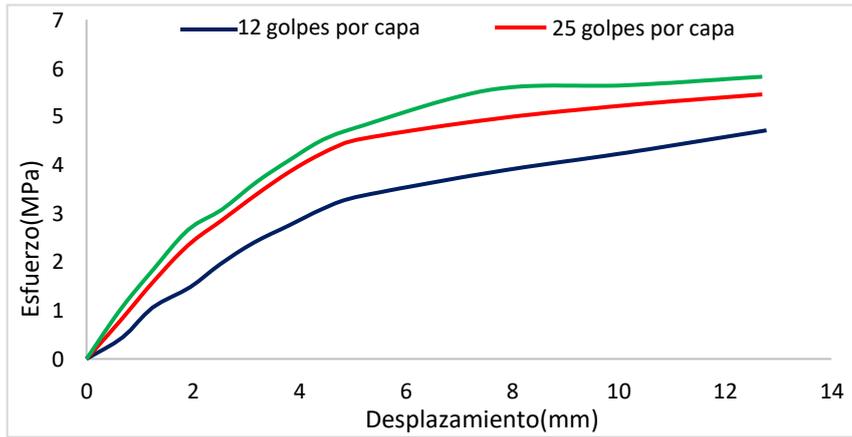
### DATOS DEL ENSAYO

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11469	11993	12310
Peso suelo húmedo (g)	3542	4058	4389
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.67	1.91	2.07
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.47</b>	<b>1.69</b>	<b>1.83</b>
Contenido de humedad(%)	13.14	13.39	13.13

### DATOS DE HUMEDAD DEL ENSAYO

Muestra #	12 golpes		25 golpes		56 golpes	
Rec + suelo húmedo g	98.76	88.75	89.32	94.76	87.96	84.78
Rec + suelo seco g	96.59	86.06	86.23	91.94	85.54	81.53
Peso del recipiente g	80.11	65.53	62.62	71.35	67.13	56.74
Peso del suelo seco g	16.48	20.53	23.61	20.59	18.41	24.79
Peso del agua g	2.17	2.69	3.09	2.82	2.42	3.25
Contenido de Humedad %	13.17	13.10	13.09	13.70	13.15	13.11
Humedad promedio %	13.14		13.39		13.13	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.68	0.86	0.001932	0.45	0.025	0.64	1.53	0.001932	0.79	0.025	0.64	1.98	0.001932	1.025
0.050	1.24	2.04	0.001932	1.06	0.050	1.27	3.11	0.001932	1.61	0.050	1.27	3.6	0.001932	1.863
0.075	1.95	2.86	0.001932	1.48	0.075	1.91	4.53	0.001932	2.34	0.075	1.91	5.15	0.001932	2.666
0.100	2.51	3.77	0.001932	1.95	0.100	2.54	5.52	0.001932	2.86	0.100	2.54	5.95	0.001932	3.080
0.125	3.15	4.64	0.001932	2.40	0.125	3.18	6.53	0.001932	3.38	0.125	3.18	7.03	0.001932	3.639
0.150	3.8	5.31	0.001932	2.75	0.150	3.81	7.45	0.001932	3.86	0.150	3.81	7.92	0.001932	4.099
0.175	4.43	5.97	0.001932	3.09	0.175	4.45	8.21	0.001932	4.25	0.175	4.45	8.75	0.001932	4.529
0.200	5.05	6.44	0.001932	3.33	0.200	5.08	8.73	0.001932	4.52	0.200	5.08	9.23	0.001932	4.777
0.300	7.63	7.44	0.001932	3.85	0.300	7.62	9.55	0.001932	4.94	0.300	7.62	10.74	0.001932	5.559
0.400	10.16	8.22	0.001932	4.25	0.400	10.16	10.11	0.001932	5.23	0.400	10.16	10.91	0.001932	5.647
0.500	12.78	9.11	0.001932	4.72	0.500	12.70	10.54	0.001932	5.46	0.500	12.7	11.25	0.001932	5.823



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	1.95	6.9	<b>28.28</b>
12	0.2	3.33	10.3	<b>32.36</b>
25	0.1	2.86	6.9	<b>41.41</b>
25	0.2	4.52	10.3	<b>43.87</b>
56	0.1	3.08	6.9	<b>44.63</b>
56	0.2	4.78	10.3	<b>46.38</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.47	28.28	32.36
25	1.69	43.12	43.90
56	1.83	44.63	46.38

M.D.S	1.780	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.691	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	43.12	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	43.90	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C1 + 5 % CCC + 2% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

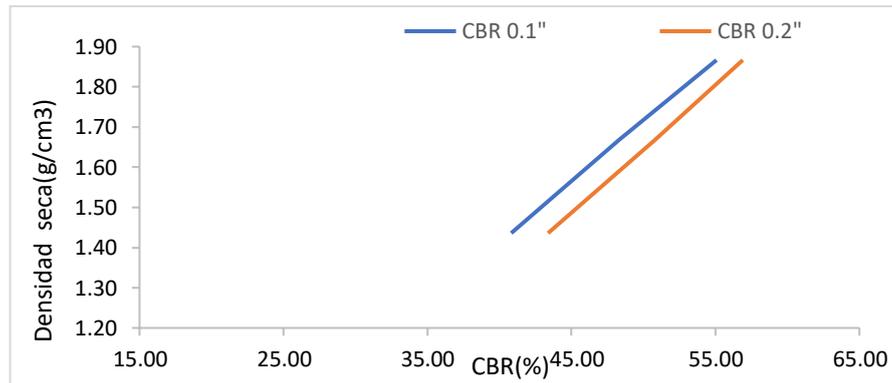
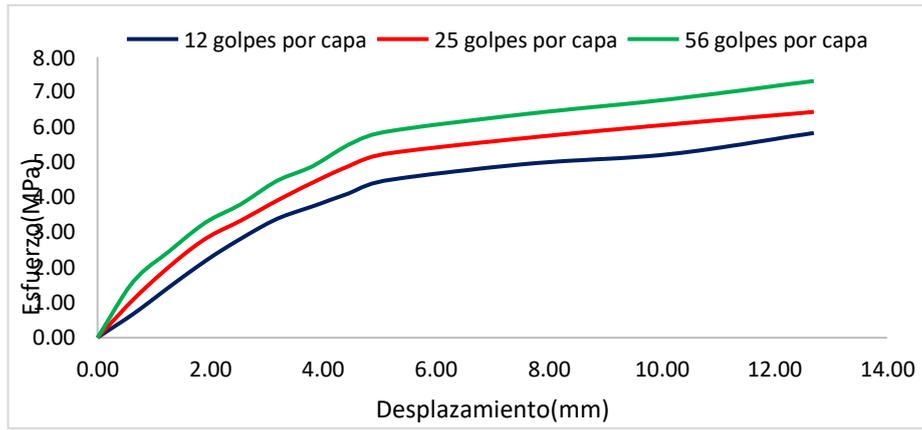
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11420	11983	12464
Peso suelo húmedo (g)	3493	4048	4543
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.65	1.91	2.14
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.44</b>	<b>1.67</b>	<b>1.87</b>
Contenido de humedad(%)	14.58	14.34	14.66

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	85.24	79.38	101.78	96.2	98.46	108.25
Rec + suelo seco g	82.81	76.95	97.97	92.37	94.55	103.55
Peso del recipiente g	66.02	60.4	71.33	65.75	68.4	70.84
Peso del suelo seco g	16.79	16.55	26.64	26.62	26.15	32.71
Peso del agua g	2.43	2.43	3.81	3.83	3.91	4.7
Contenido de Humedad %	14.47	14.68	14.30	14.39	14.95	14.37
Humedad promedio %	14.58		14.34		14.66	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.64	1.31	0.001932	0.68	0.025	0.64	2.11	0.001932	1.09	0.03	0.64	3.11	0.001932	1.61
0.05	1.27	2.77	0.001932	1.43	0.050	1.27	3.90	0.001932	2.02	0.05	1.27	4.75	0.001932	2.46
0.08	1.91	4.21	0.001932	2.18	0.075	1.91	5.44	0.001932	2.82	0.08	1.91	6.33	0.001932	3.28
0.10	2.54	5.44	0.001932	2.82	0.100	2.54	6.44	0.001932	3.33	0.10	2.54	7.34	0.001932	3.80
0.13	3.18	6.53	0.001932	3.38	0.125	3.18	7.54	0.001932	3.90	0.13	3.18	8.63	0.001932	4.47
0.15	3.81	7.22	0.001932	3.74	0.150	3.81	8.53	0.001932	4.42	0.15	3.81	9.43	0.001932	4.88
0.18	4.45	7.93	0.001932	4.10	0.175	4.45	9.44	0.001932	4.89	0.18	4.45	10.62	0.001932	5.50
0.20	5.08	8.63	0.001932	4.47	0.200	5.08	10.11	0.001932	5.23	0.20	5.08	11.32	0.001932	5.86
0.30	7.62	9.56	0.001932	4.95	0.300	7.62	11.00	0.001932	5.69	0.30	7.62	12.32	0.001932	6.38
0.40	10.16	10.10	0.001932	5.23	0.400	10.16	11.74	0.001932	6.08	0.40	10.16	13.13	0.001932	6.80
0.50	12.70	11.26	0.001932	5.83	0.500	12.70	12.43	0.001932	6.43	0.50	12.70	14.13	0.001932	7.31



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	2.82	6.9	<b>40.81</b>
12	0.2	4.47	10.3	<b>43.37</b>
25	0.1	3.33	6.9	<b>48.31</b>
25	0.2	5.23	10.3	<b>50.81</b>
56	0.1	3.80	6.9	<b>55.06</b>
56	0.2	5.86	10.3	<b>56.89</b>

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.44	40.81	43.37
25	1.67	48.31	50.81
56	1.87	55.06	56.89

M.D.S	1.800	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.710	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	50	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	53	%





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C2 + 5 % CCC + 2% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

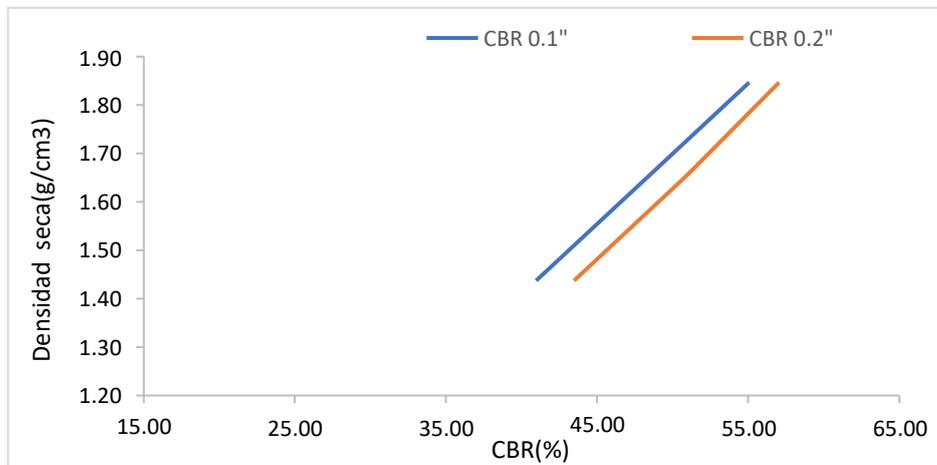
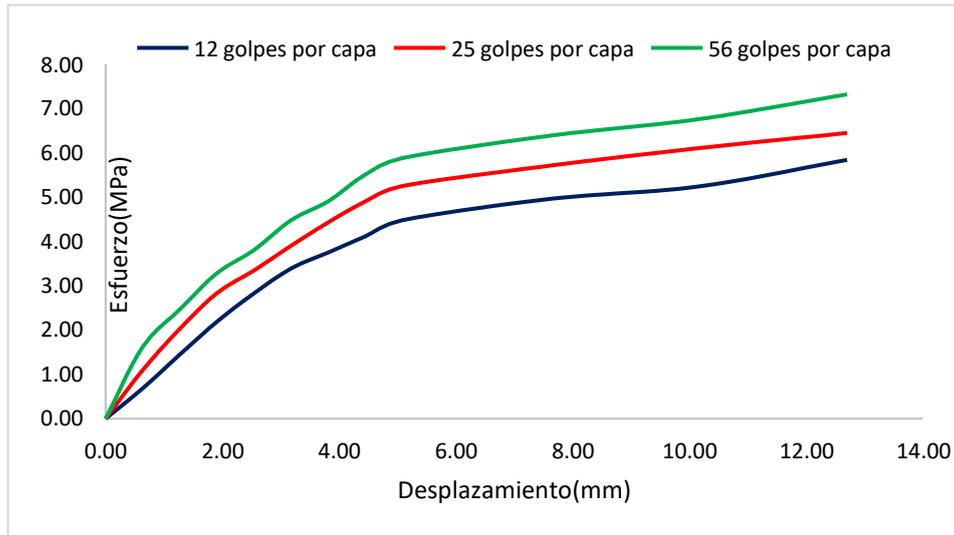
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11425	11968	12410
Peso suelo húmedo (g)	3498	4033	4489
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.65	1.90	2.11
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.44</b>	<b>1.66</b>	<b>1.85</b>
Contenido de humedad(%)	14.64	14.79	14.51

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	85.26	79.4	101.81	96.23	98.46	108.35
Rec + suelo seco g	82.83	76.97	97.82	92.37	94.61	103.59
Peso del recipiente g	66.4	60.2	71.34	65.76	68.02	70.87
Peso del suelo seco g	16.43	16.77	26.48	26.61	26.59	32.72
Peso del agua g	2.43	2.43	3.99	3.86	3.85	4.76
Contenido de Humedad %	14.79	14.49	15.07	14.51	14.48	14.55
Humedad promedio %	14.64		14.79		14.51	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.64	1.33	0.001932	0.69	0.025	0.64	2.13	0.001932	1.10	0.03	0.64	3.14	0.001932	1.63
0.05	1.27	2.79	0.001932	1.44	0.050	1.27	3.91	0.001932	2.02	0.05	1.27	4.75	0.001932	2.46
0.08	1.91	4.23	0.001932	2.19	0.075	1.91	5.48	0.001932	2.84	0.08	1.91	6.34	0.001932	3.28
0.10	2.54	5.46	0.001932	2.83	0.100	2.54	6.46	0.001932	3.34	0.10	2.54	7.34	0.001932	3.80
0.13	3.18	6.55	0.001932	3.39	0.125	3.18	7.54	0.001932	3.90	0.13	3.18	8.65	0.001932	4.48
0.15	3.81	7.24	0.001932	3.75	0.150	3.81	8.55	0.001932	4.43	0.15	3.81	9.46	0.001932	4.90
0.18	4.45	7.95	0.001932	4.11	0.175	4.45	9.47	0.001932	4.90	0.18	4.45	10.64	0.001932	5.51
0.20	5.08	8.65	0.001932	4.48	0.200	5.08	10.14	0.001932	5.25	0.20	5.08	11.35	0.001932	5.87
0.30	7.62	9.58	0.001932	4.96	0.300	7.62	11.03	0.001932	5.71	0.30	7.62	12.33	0.001932	6.38
0.40	10.16	10.12	0.001932	5.24	0.400	10.16	11.79	0.001932	6.10	0.40	10.16	13.05	0.001932	6.75
0.50	12.70	11.28	0.001932	5.84	0.500	12.70	12.45	0.001932	6.44	0.50	12.70	14.13	0.001932	7.31



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	2.83	6.9	<b>40.96</b>
12	0.2	4.48	10.3	<b>43.47</b>
25	0.1	3.34	6.9	<b>48.46</b>
25	0.2	5.25	10.3	<b>50.96</b>
56	0.1	3.80	6.9	<b>55.06</b>
56	0.2	5.87	10.3	<b>57.04</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.44	40.96	43.47
25	1.66	48.46	50.96
56	1.85	55.06	57.04

M.D.S	1.800	g/cm³
95%(M.D.S)	1.710	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	51	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	54.5	%

Jorge Alejandro Barrientos Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C3 + 5 % CCC + 2% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

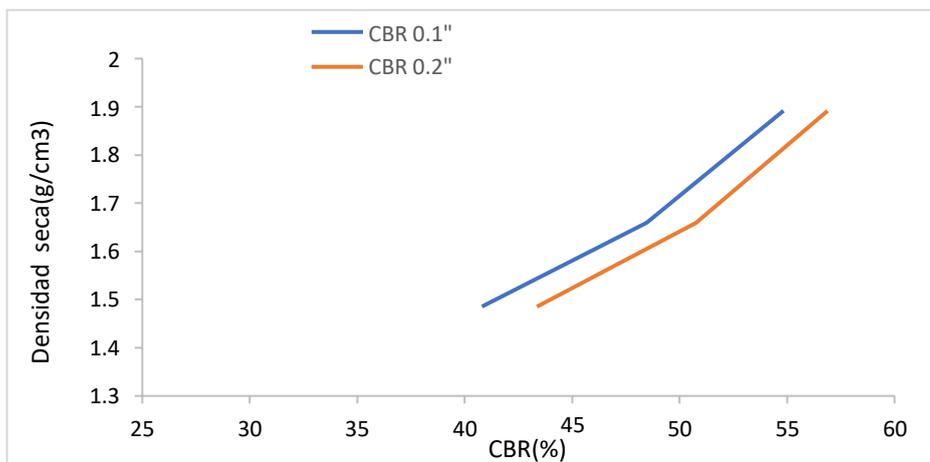
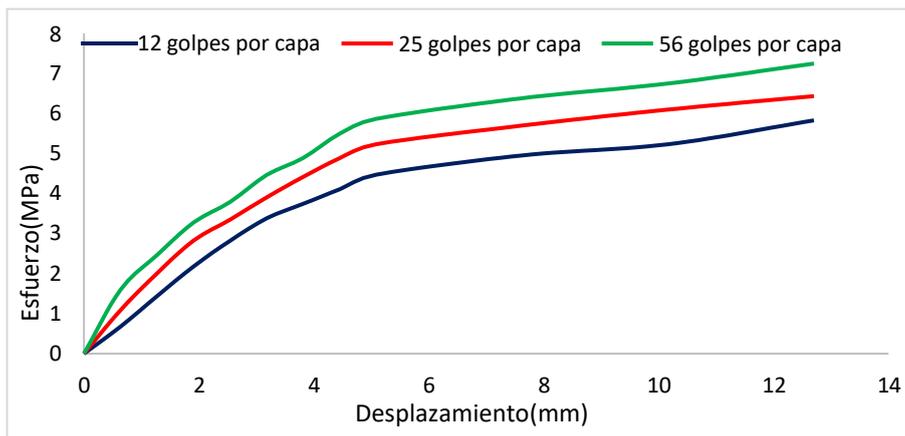
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11542	11970	12523
Peso suelo húmedo (g)	3615	4035	4602
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.70	1.90	2.17
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.49</b>	<b>1.66</b>	<b>1.89</b>
Contenido de humedad(%)	14.64	14.53	14.60

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	85.01	79.1	101.31	98.1	98.34	108.23
Rec + suelo seco g	82.58	76.66	97.5	94.23	94.47	103.46
Peso del recipiente g	65.99	59.99	71.23	67.63	67.99	70.75
Peso del suelo seco g	16.59	16.67	26.27	26.6	26.48	32.71
Peso del agua g	2.43	2.44	3.81	3.87	3.87	4.77
Contenido de Humedad %	14.65	14.64	14.50	14.55	14.61	14.58
Humedad promedio %	14.64		14.53		14.60	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	1.31	0.001932	0.68	0.025	0.64	2.11	0.001932	1.09	0.025	0.64	3.1	0.001932	1.605
0.050	1.27	2.77	0.001932	1.43	0.050	1.27	3.87	0.001932	2.00	0.050	1.27	4.75	0.001932	2.459
0.075	1.91	4.21	0.001932	2.18	0.075	1.91	5.46	0.001932	2.83	0.075	1.91	6.33	0.001932	3.276
0.100	2.54	5.44	0.001932	2.82	0.100	2.54	6.46	0.001932	3.34	0.100	2.54	7.31	0.001932	3.784
0.125	3.18	6.53	0.001932	3.38	0.125	3.18	7.54	0.001932	3.90	0.125	3.18	8.62	0.001932	4.462
0.150	3.81	7.22	0.001932	3.74	0.150	3.81	8.52	0.001932	4.41	0.150	3.81	9.43	0.001932	4.881
0.175	4.45	7.93	0.001932	4.10	0.175	4.45	9.43	0.001932	4.88	0.175	4.45	10.61	0.001932	5.492
0.200	5.08	8.63	0.001932	4.47	0.200	5.08	10.10	0.001932	5.23	0.200	5.08	11.32	0.001932	5.859
0.300	7.62	9.56	0.001932	4.95	0.300	7.62	11.00	0.001932	5.69	0.300	7.62	12.32	0.001932	6.377
0.400	10.16	10.10	0.001932	5.23	0.400	10.16	11.77	0.001932	6.09	0.400	10.16	13.03	0.001932	6.744
0.500	12.7	11.25	0.001932	5.82	0.500	12.70	12.42	0.001932	6.43	0.500	12.7	13.99	0.001932	7.241



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	2.82	6.9	<b>40.81</b>
12	0.2	4.47	10.3	<b>43.37</b>
25	0.1	3.34	6.9	<b>48.46</b>
25	0.2	5.23	10.3	<b>50.75</b>
56	0.1	3.78	6.9	<b>54.84</b>
56	0.2	5.86	10.3	<b>56.89</b>

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	2.82	6.9	<b>40.81</b>
12	0.2	4.47	10.3	<b>43.37</b>
25	0.1	3.34	6.9	<b>48.46</b>
25	0.2	5.23	10.3	<b>50.75</b>
56	0.1	3.78	6.9	<b>54.84</b>
56	0.2	5.86	10.3	<b>56.89</b>

M.D.S	1.800	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.710	g/cm <sup>3</sup>
.R.(M.D.S)	49.7	%
.R.(M.D.S)	53.5	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C4 + 5 % CCC + 2% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

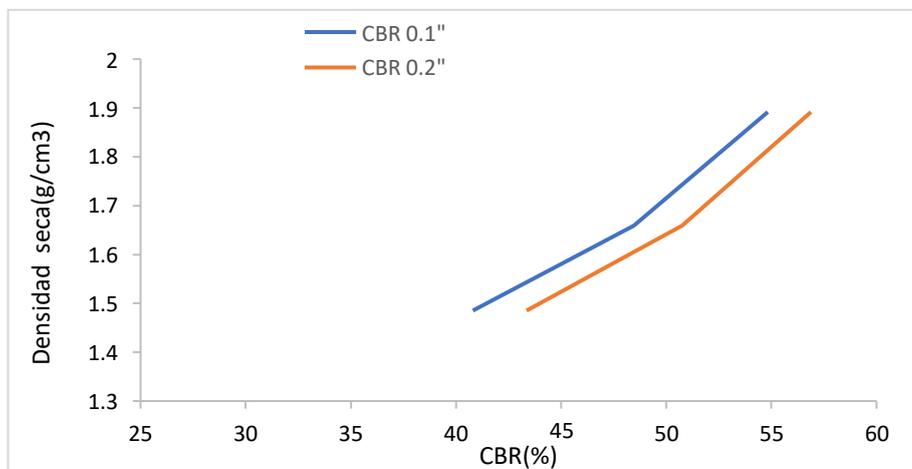
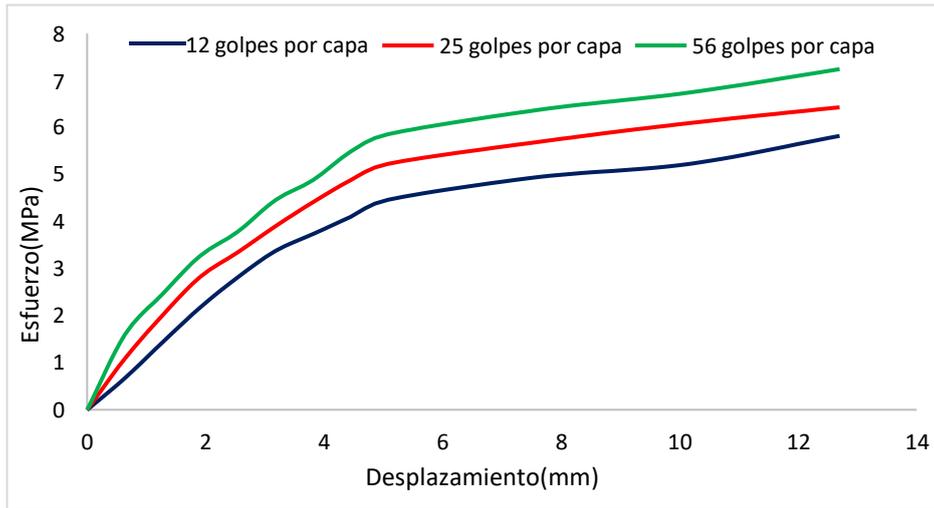
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11553	11974	12528
Peso suelo humedo (g)	3626	4039	4607
Volumen cm3	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad humeda(g/cm3)	1.71	1.90	2.17
<b>Densidad seca(g/cm3)</b>	<b>1.48</b>	<b>1.66</b>	<b>1.89</b>
Contenido de humedad(%)	15.39	14.56	14.83

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	80.1	79.15	101.33	98.15	99.37	106.25
Rec + suelo seco g	77.52	76.61	97.52	94.26	95.49	101.48
Peso del recipiente g	60.93	59.93	71.25	67.64	68.95	69.75
Peso del suelo seco g	16.59	16.68	26.27	26.62	26.54	31.73
Peso del agua g	2.58	2.54	3.81	3.89	3.88	4.77
Contenido de Humedad %	15.55	15.23	14.50	14.61	14.62	15.03
Humedad promedio %	15.39		14.56		14.83	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	1.40	0.001932	0.72	0.025	0.64	2.15	0.001932	1.11	0.025	0.64	3.17	0.001932	1.641
0.050	1.27	2.76	0.001932	1.43	0.050	1.27	3.88	0.001932	2.01	0.050	1.27	4.77	0.001932	2.469
0.075	1.91	4.20	0.001932	2.17	0.075	1.91	5.43	0.001932	2.81	0.075	1.91	6.35	0.001932	3.287
0.100	2.54	5.41	0.001932	2.80	0.100	2.54	6.49	0.001932	3.36	0.100	2.54	7.31	0.001932	3.784
0.125	3.18	6.53	0.001932	3.38	0.125	3.18	7.52	0.001932	3.89	0.125	3.18	8.63	0.001932	4.467
0.150	3.81	7.24	0.001932	3.75	0.150	3.81	8.51	0.001932	4.40	0.150	3.81	9.43	0.001932	4.881
0.175	4.45	7.95	0.001932	4.11	0.175	4.45	9.49	0.001932	4.91	0.175	4.45	10.61	0.001932	5.492
0.200	5.08	8.65	0.001932	4.48	0.200	5.08	10.18	0.001932	5.27	0.200	5.08	11.35	0.001932	5.875
0.300	7.62	9.58	0.001932	4.96	0.300	7.62	11.11	0.001932	5.75	0.300	7.62	12.33	0.001932	6.382
0.400	10.16	10.11	0.001932	5.23	0.400	10.16	11.77	0.001932	6.09	0.400	10.16	13.06	0.001932	6.760
0.500	12.7	11.26	0.001932	5.83	0.500	12.70	12.43	0.001932	6.43	0.500	12.7	13.96	0.001932	7.226



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	2.80	6.9	<b>40.58</b>
12	0.2	4.48	10.3	<b>43.47</b>
25	0.1	3.36	6.9	<b>48.68</b>
25	0.2	5.27	10.3	<b>51.16</b>
56	0.1	3.78	6.9	<b>54.84</b>
56	0.2	5.87	10.3	<b>57.04</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.48	40.58	43.47
25	1.66	48.68	51.16
56	1.89	54.84	57.04

M.D.S	1.800	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.710	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	48.45	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	50.75	%

Jorge Alejandro Barrantes Villalueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C5 + 5 % CCC + 2% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

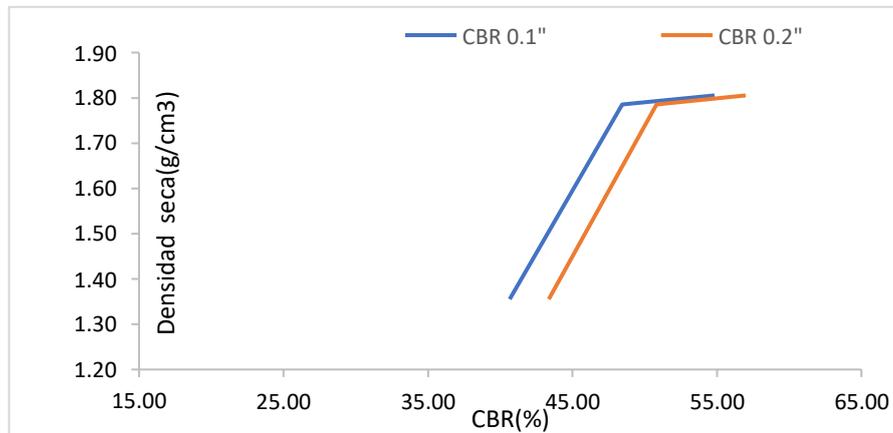
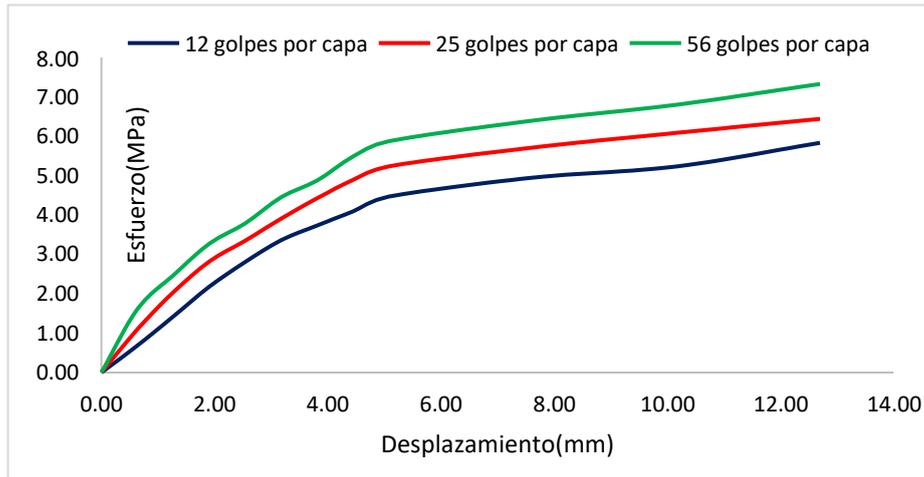
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11430	11974	12462
Peso suelo húmedo (g)	3503	4039	4541
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.65	1.90	2.14
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.36</b>	<b>1.79</b>	<b>1.81</b>
Contenido de humedad(%)	21.76	6.58	18.49

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	86.25	80.37	100.77	95.21	99.45	109.26
Rec + suelo seco g	83.8	75.94	98.97	93.38	93.54	104.56
Peso del recipiente g	65.01	61.41	70.32	66.74	67.41	71.83
Peso del suelo seco g	18.79	14.53	28.65	26.64	26.13	32.73
Peso del agua g	2.45	4.43	1.8	1.83	5.91	4.7
Contenido de Humedad %	13.04	30.49	6.28	6.87	22.62	14.36
Humedad promedio %	21.76		6.58		18.49	

Ensayo de CBR					Ensayo de CBR					Ensayo de CBR				
12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.64	1.33	0.001932	0.69	0.025	0.64	2.13	0.001932	1.10	0.03	0.64	3.12	0.001932	1.61
0.05	1.27	2.75	0.001932	1.42	0.050	1.27	3.93	0.001932	2.03	0.05	1.27	4.76	0.001932	2.46
0.08	1.91	4.22	0.001932	2.18	0.075	1.91	5.45	0.001932	2.82	0.08	1.91	6.32	0.001932	3.27
0.10	2.54	5.42	0.001932	2.81	0.100	2.54	6.46	0.001932	3.34	0.10	2.54	7.31	0.001932	3.78
0.13	3.18	6.50	0.001932	3.36	0.125	3.18	7.55	0.001932	3.91	0.13	3.18	8.6	0.001932	4.45
0.15	3.81	7.21	0.001932	3.73	0.150	3.81	8.54	0.001932	4.42	0.15	3.81	9.41	0.001932	4.87
0.18	4.45	7.91	0.001932	4.09	0.175	4.45	9.45	0.001932	4.89	0.18	4.45	10.6	0.001932	5.49
0.20	5.08	8.63	0.001932	4.47	0.200	5.08	10.11	0.001932	5.23	0.20	5.08	11.34	0.001932	5.87
0.30	7.62	9.56	0.001932	4.95	0.300	7.62	11.03	0.001932	5.71	0.30	7.62	12.35	0.001932	6.39
0.40	10.16	10.11	0.001932	5.23	0.400	10.16	11.75	0.001932	6.08	0.40	10.16	13.13	0.001932	6.80
0.50	12.70	11.27	0.001932	5.83	0.500	12.70	12.44	0.001932	6.44	0.50	12.70	14.15	0.001932	7.32



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	2.81	6.9	<b>40.66</b>
12	0.2	4.47	10.3	<b>43.37</b>
25	0.1	3.34	6.9	<b>48.46</b>
25	0.2	5.23	10.3	<b>50.81</b>
56	0.1	3.78	6.9	<b>54.84</b>
56	0.2	5.87	10.3	<b>56.99</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.36	40.66	43.37
25	1.79	48.46	50.81
56	1.81	54.84	56.99

M.D.S	1.800	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.710	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	48.46	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	50.81	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C1 + 3 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

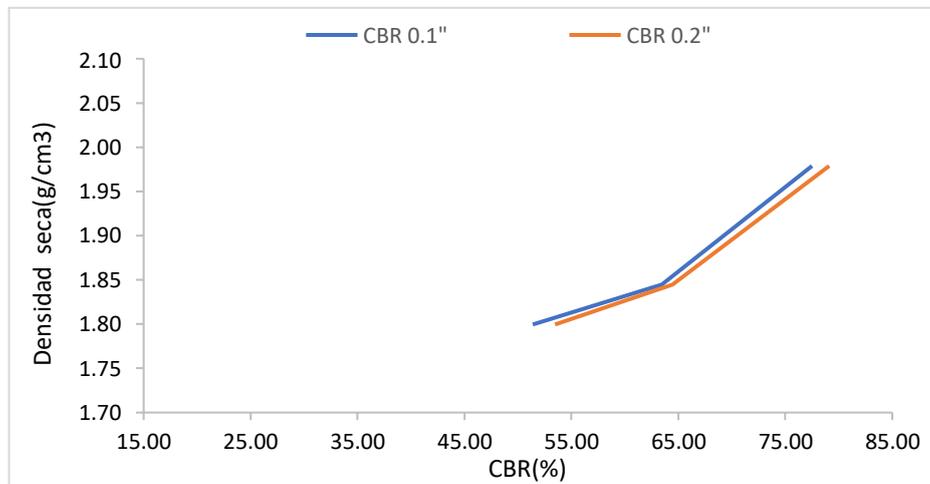
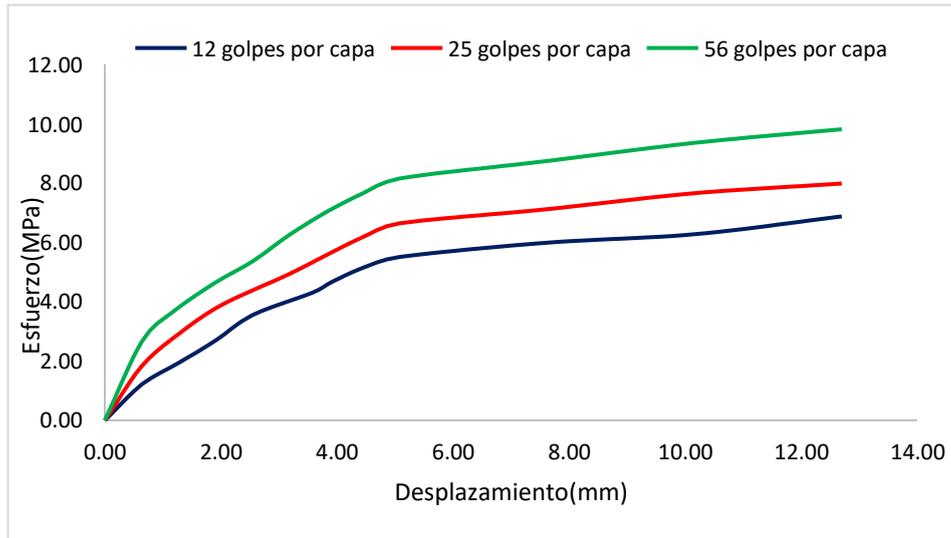
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12298	12274	12745
Peso suelo húmedo (g)	4371	4339	4824
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.06	2.04	2.27
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.80</b>	<b>1.84</b>	<b>1.98</b>
Contenido de humedad(%)	14.44	10.82	14.85

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	86.18	80.34	102.81	95.23	99.31	109.27
Rec + suelo seco g	83.79	77.91	98.97	93.31	95.52	104.23
Peso del recipiente g	67.15	61.16	72.32	66.74	69.08	71.42
Peso del suelo seco g	16.64	16.75	26.65	26.57	26.44	32.81
Peso del agua g	2.39	2.43	3.84	1.92	3.79	5.04
Contenido de Humedad %	14.36	14.51	14.41	7.23	14.33	15.36
Humedad promedio %	14.44		10.82		14.85	

Ensayo de CBR					Ensayo de CBR					Ensayo de CBR				
12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.64	2.35	0.001932	1.22	0.025	0.64	3.55	0.001932	1.84	0.03	0.64	5.13	0.001932	2.66
0.05	1.27	3.74	0.001932	1.94	0.050	1.27	5.62	0.001932	2.91	0.05	1.17	7.05	0.001932	3.65
0.08	1.91	5.20	0.001932	2.69	0.075	1.91	7.30	0.001932	3.78	0.08	1.90	8.95	0.001932	4.63
0.10	2.54	6.85	0.001932	3.55	0.100	2.54	8.46	0.001932	4.38	0.10	2.54	10.33	0.001932	5.35
0.13	3.58	8.32	0.001932	4.31	0.125	3.18	9.53	0.001932	4.93	0.13	3.18	12.07	0.001932	6.25
0.15	3.91	9.01	0.001932	4.66	0.150	3.81	10.75	0.001932	5.56	0.15	3.81	13.54	0.001932	7.01
0.18	4.45	9.94	0.001932	5.14	0.175	4.45	11.94	0.001932	6.18	0.18	4.45	14.78	0.001932	7.65
0.20	5.08	10.64	0.001932	5.51	0.200	5.08	12.83	0.001932	6.64	0.20	5.08	15.74	0.001932	8.15
0.30	7.62	11.57	0.001932	5.99	0.300	7.62	13.75	0.001932	7.12	0.30	7.62	16.88	0.001932	8.74
0.40	10.16	12.12	0.001932	6.27	0.400	10.16	14.79	0.001932	7.66	0.40	10.16	18.06	0.001932	9.35
0.50	12.70	13.28	0.001932	6.87	0.500	12.70	15.42	0.001932	7.98	0.50	12.70	18.95	0.001932	9.81



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	3.55	6.9	<b>51.38</b>
12	0.2	5.51	10.3	<b>53.47</b>
25	0.1	4.38	6.9	<b>63.46</b>
25	0.2	6.64	10.3	<b>64.47</b>
56	0.1	5.35	6.9	<b>77.49</b>
56	0.2	8.15	10.3	<b>79.10</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.80	51.38	53.47
25	1.84	63.46	65.31
56	1.98	77.49	79.10

M.D.S	1.940	g/cm³
95%(M.D.S)	1.843	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	63.46	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	65.31	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C2 + 3 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

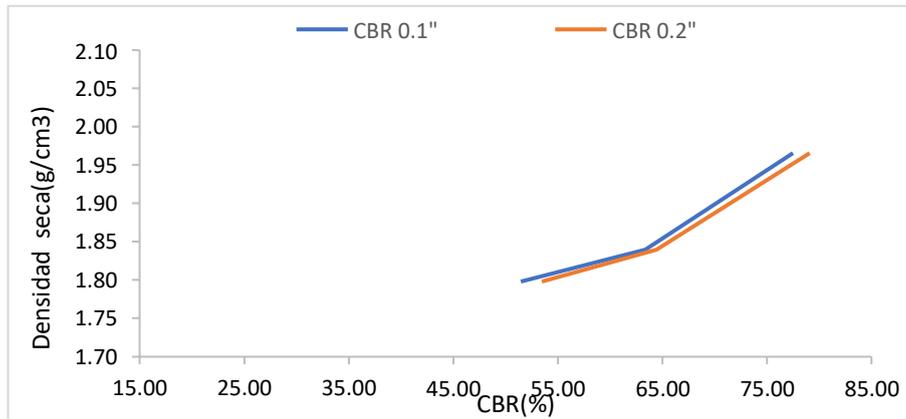
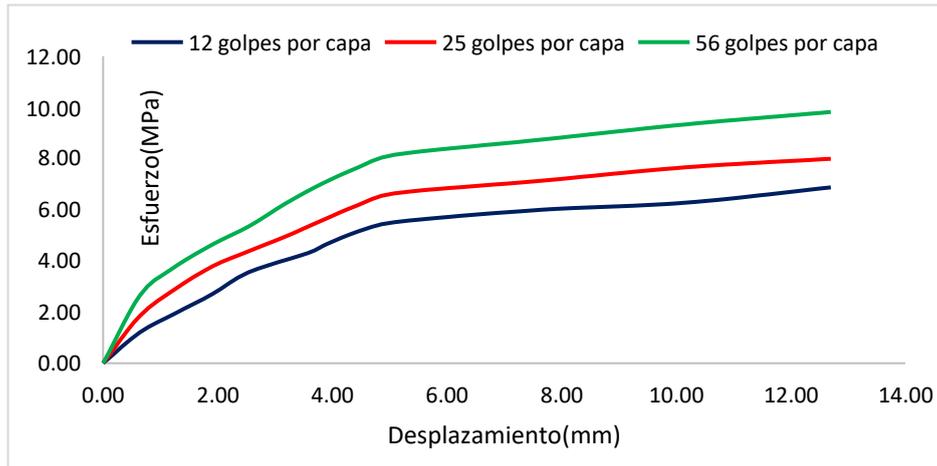
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12293	12400	12700
Peso suelo húmedo (g)	4366	4465	4779
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.06	2.10	2.25
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.80</b>	<b>1.84</b>	<b>1.97</b>
Contenido de humedad(%)	14.39	14.34	14.53

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	85.25	79.39	101.79	96.21	98.45	108.34
Rec + suelo seco g	82.82	76.96	97.98	92.38	94.59	103.58
Peso del recipiente g	66	60	71.34	65.74	68	70.86
Peso del suelo seco g	16.82	16.96	26.64	26.64	26.59	32.72
Peso del agua g	2.43	2.43	3.81	3.83	3.86	4.76
Contenido de Humedad %	14.45	14.33	14.30	14.38	14.52	14.55
Humedad promedio %	14.39		14.34		14.53	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.64	2.32	0.001932	1.20	0.025	0.64	3.56	0.001932	1.84	0.03	0.64	5.11	0.001932	2.64
0.05	1.27	3.78	0.001932	1.96	0.050	1.27	5.63	0.001932	2.91	0.05	1.17	7.04	0.001932	3.64
0.08	1.91	5.22	0.001932	2.70	0.075	1.91	7.31	0.001932	3.78	0.08	1.90	8.95	0.001932	4.63
0.10	2.54	6.86	0.001932	3.55	0.100	2.54	8.45	0.001932	4.37	0.10	2.54	10.33	0.001932	5.35
0.13	3.58	8.32	0.001932	4.31	0.125	3.18	9.55	0.001932	4.94	0.13	3.18	12.05	0.001932	6.24
0.15	3.91	9.00	0.001932	4.66	0.150	3.81	10.76	0.001932	5.57	0.15	3.81	13.54	0.001932	7.01
0.18	4.45	9.94	0.001932	5.14	0.175	4.45	11.93	0.001932	6.17	0.18	4.45	14.78	0.001932	7.65
0.20	5.08	10.64	0.001932	5.51	0.200	5.08	12.82	0.001932	6.64	0.20	5.08	15.74	0.001932	8.15
0.30	7.62	11.57	0.001932	5.99	0.300	7.62	13.76	0.001932	7.12	0.30	7.62	16.87	0.001932	8.73
0.40	10.16	12.11	0.001932	6.27	0.400	10.16	14.78	0.001932	7.65	0.40	10.16	18.03	0.001932	9.33
0.50	12.70	13.27	0.001932	6.87	0.500	12.70	15.43	0.001932	7.99	0.50	12.70	18.97	0.001932	9.82



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	3.55	6.9	<b>51.46</b>
12	0.2	5.51	10.3	<b>53.47</b>
25	0.1	4.37	6.9	<b>63.39</b>
25	0.2	6.64	10.3	<b>64.42</b>
56	0.1	5.35	6.9	<b>77.49</b>
56	0.2	8.15	10.3	<b>79.10</b>

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.80	51.46	53.47
25	1.84	63.39	64.42
56	1.97	77.49	79.10

M.D.S	1.940	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.843	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	63.39	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	64.42	%





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C3 + 3 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

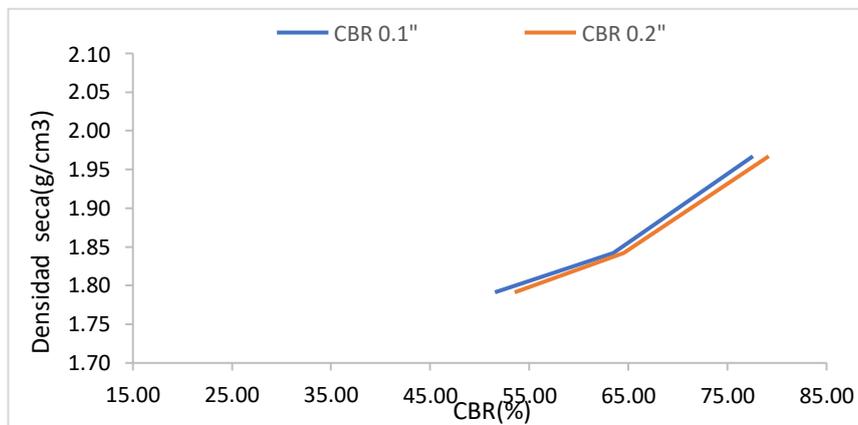
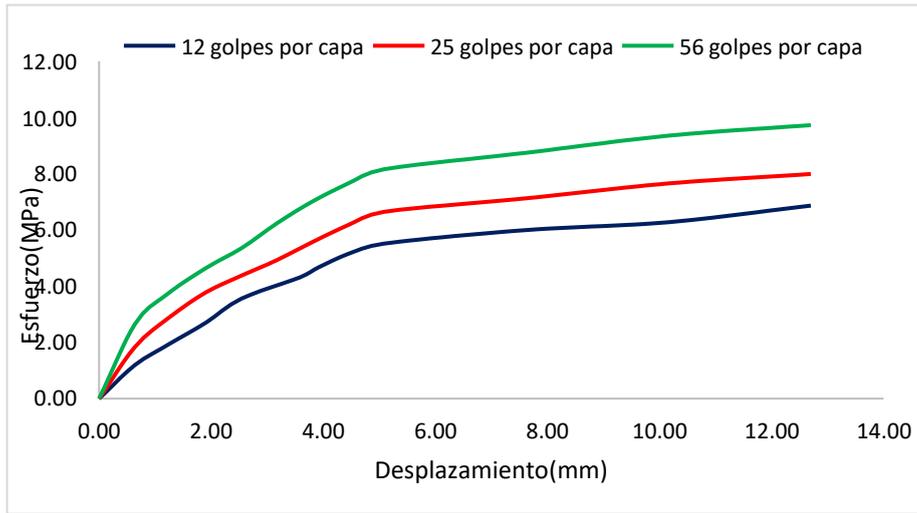
**Datos de humedad del ensayo**

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	87.27	81.35	103.79	98.24	100.33	110.28
Rec + suelo seco g	84.82	78.93	99.98	94.33	96.54	105.24
Peso del recipiente g	68.17	62.04	73.34	67.75	70.09	72.45
Peso del suelo seco g	16.65	16.89	26.64	26.58	26.45	32.79
Peso del agua g	2.45	2.42	3.81	3.91	3.79	5.04
Contenido de Humedad %	14.71	14.33	14.30	14.71	14.33	15.37
Humedad promedio %	14.52		14.51		14.85	

**Datos de humedad del ensayo**

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	87.27	81.35	103.79	98.24	100.33	110.28
Rec + suelo seco g	84.82	78.93	99.98	94.33	96.54	105.24
Peso del recipiente g	68.17	62.04	73.34	67.75	70.09	72.45
Peso del suelo seco g	16.65	16.89	26.64	26.58	26.45	32.79
Peso del agua g	2.45	2.42	3.81	3.91	3.79	5.04
Contenido de Humedad %	14.71	14.33	14.30	14.71	14.33	15.37
Humedad promedio %	14.52		14.51		14.85	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.64	2.31	0.001932	1.20	0.025	0.64	3.57	0.001932	1.85	0.03	0.64	5.13	0.001932	2.66
0.05	1.27	3.79	0.001932	1.96	0.050	1.27	5.64	0.001932	2.92	0.05	1.17	7.05	0.001932	3.65
0.08	1.91	5.23	0.001932	2.71	0.075	1.91	7.32	0.001932	3.79	0.08	1.90	8.96	0.001932	4.64
0.10	2.54	6.87	0.001932	3.56	0.100	2.54	8.46	0.001932	4.38	0.10	2.54	10.34	0.001932	5.35
0.13	3.58	8.33	0.001932	4.31	0.125	3.18	9.54	0.001932	4.94	0.13	3.18	12.06	0.001932	6.24
0.15	3.91	9.01	0.001932	4.66	0.150	3.81	10.77	0.001932	5.57	0.15	3.81	13.55	0.001932	7.01
0.18	4.45	9.95	0.001932	5.15	0.175	4.45	11.94	0.001932	6.18	0.18	4.45	14.79	0.001932	7.66
0.20	5.08	10.65	0.001932	5.51	0.200	5.08	12.84	0.001932	6.65	0.20	5.08	15.75	0.001932	8.15
0.30	7.62	11.58	0.001932	5.99	0.300	7.62	13.77	0.001932	7.13	0.30	7.62	16.89	0.001932	8.74
0.40	10.16	12.12	0.001932	6.27	0.400	10.16	14.79	0.001932	7.66	0.40	10.16	18.06	0.001932	9.35
0.50	12.70	13.26	0.001932	6.86	0.500	12.70	15.44	0.001932	7.99	0.50	12.70	18.79	0.001932	9.73



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	3.56	6.9	<b>51.53</b>
12	0.2	5.51	10.3	<b>53.52</b>
25	0.1	4.38	6.9	<b>63.46</b>
25	0.2	6.65	10.3	<b>64.52</b>
56	0.1	5.35	6.9	<b>77.56</b>
56	0.2	8.15	10.3	<b>79.15</b>

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. CIP. N° 197384

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.79	51.53	53.52
25	1.84	63.46	64.52
56	1.97	77.56	79.15



M.D.S	1.940	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.843	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	63.46	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	64.52	%



## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C4 + 3 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

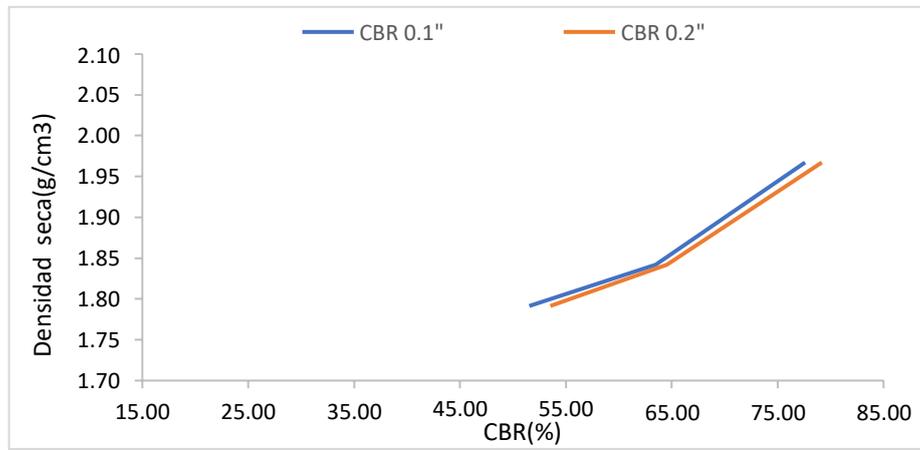
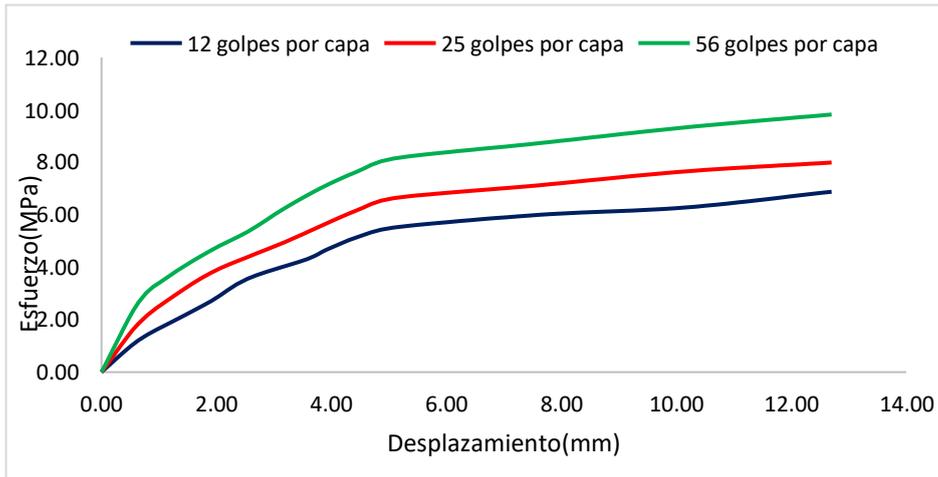
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12298	12404	12705
Peso suelo húmedo (g)	4371	4469	4784
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.06	2.11	2.25
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.80</b>	<b>1.84</b>	<b>1.97</b>
Contenido de humedad(%)	14.38	14.34	14.53

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	86.26	78.38	102.8	97.22	99.46	109.35
Rec + suelo seco g	81.83	77.97	98.99	93.39	95.6	104.59
Peso del recipiente g	65.01	61.01	72.35	66.75	69.01	71.86
Peso del suelo seco g	16.82	16.96	26.64	26.64	26.59	32.73
Peso del agua g	4.43	0.41	3.81	3.83	3.86	4.76
Contenido de Humedad %	26.34	2.42	14.30	14.38	14.52	14.54
Humedad promedio %	14.38		14.34		14.53	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.64	2.33	0.001932	1.21	0.025	0.64	3.57	0.001932	1.85	0.03	0.64	5.12	0.001932	2.65
0.05	1.27	3.79	0.001932	1.96	0.050	1.27	5.64	0.001932	2.92	0.05	1.17	7.05	0.001932	3.65
0.08	1.91	5.23	0.001932	2.71	0.075	1.91	7.33	0.001932	3.79	0.08	1.90	8.96	0.001932	4.64
0.10	2.54	6.87	0.001932	3.56	0.100	2.54	8.48	0.001932	4.39	0.10	2.54	10.34	0.001932	5.35
0.13	3.58	8.32	0.001932	4.31	0.125	3.18	9.56	0.001932	4.95	0.13	3.18	12.06	0.001932	6.24
0.15	3.91	9.00	0.001932	4.66	0.150	3.81	10.76	0.001932	5.57	0.15	3.81	13.55	0.001932	7.01
0.18	4.45	9.94	0.001932	5.14	0.175	4.45	11.93	0.001932	6.17	0.18	4.45	14.78	0.001932	7.65
0.20	5.08	10.64	0.001932	5.51	0.200	5.08	12.82	0.001932	6.64	0.20	5.08	15.74	0.001932	8.15
0.30	7.62	11.58	0.001932	5.99	0.300	7.62	13.77	0.001932	7.13	0.30	7.62	16.87	0.001932	8.73
0.40	10.16	12.12	0.001932	6.27	0.400	10.16	14.79	0.001932	7.66	0.40	10.16	18.03	0.001932	9.33
0.50	12.70	13.28	0.001932	6.87	0.500	12.70	15.44	0.001932	7.99	0.50	12.70	18.98	0.001932	9.82



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	3.56	6.9	<b>51.53</b>
12	0.2	5.51	10.3	<b>53.47</b>
25	0.1	4.39	6.9	<b>63.61</b>
25	0.2	6.64	10.3	<b>64.42</b>
56	0.1	5.35	6.9	<b>77.56</b>
56	0.2	8.15	10.3	<b>79.10</b>

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. CIP. N° 197384

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.80	51.53	53.47
25	1.84	63.61	65.96
56	1.97	77.56	79.10

M.D.S	1.940	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.843	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	63.61	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	65.96	%





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C5 + 3 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

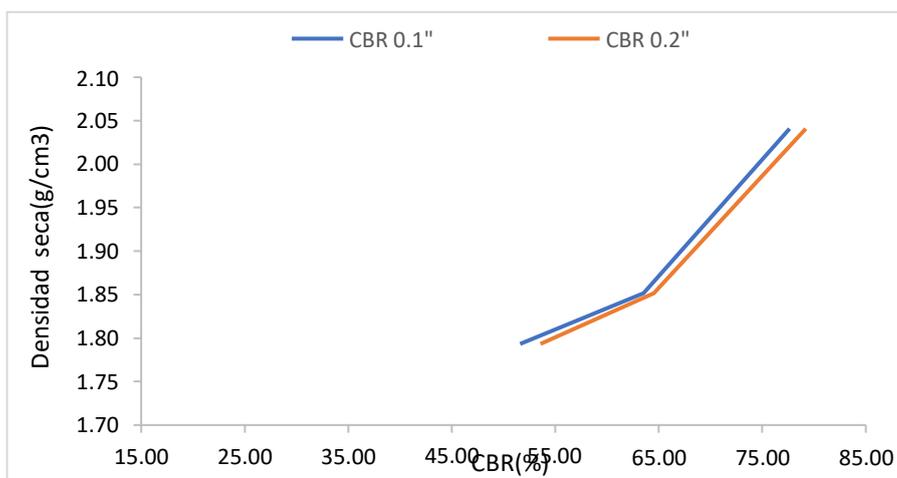
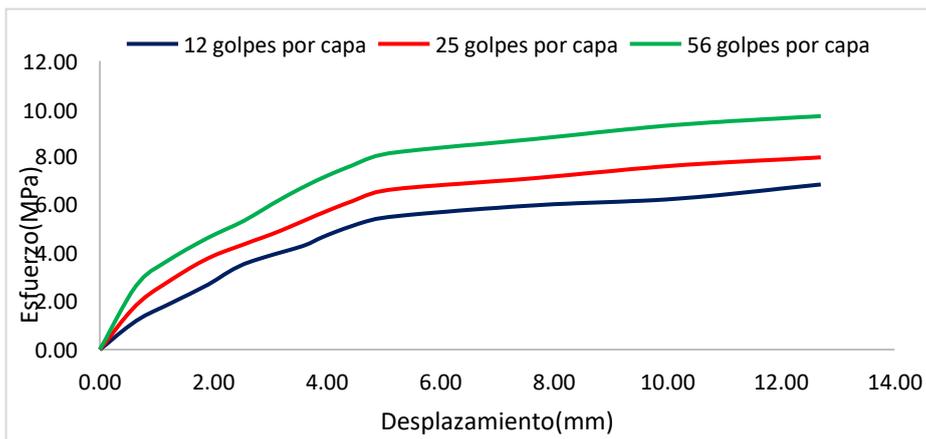
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12287	12417	12712
Peso suelo húmedo (g)	4360	4482	4791
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.05	2.11	2.26
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.79</b>	<b>1.85</b>	<b>2.04</b>
Contenido de humedad(%)	14.52	14.03	10.59

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	88.28	82.36	104.8	99.25	99.32	111.29
Rec + suelo seco g	85.83	79.94	100.99	95.32	97.55	106.25
Peso del recipiente g	69.18	63.05	74.35	66.76	71.1	71.46
Peso del suelo seco g	16.65	16.89	26.64	28.56	26.45	34.79
Peso del agua g	2.45	2.42	3.81	3.93	1.77	5.04
Contenido de Humedad %	14.71	14.33	14.30	13.76	6.69	14.49
Humedad promedio %	14.52		14.03		10.59	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.64	2.32	0.001932	1.20	0.025	0.64	3.58	0.001932	1.85	0.03	0.64	5.14	0.001932	2.66
0.05	1.27	3.77	0.001932	1.95	0.050	1.27	5.65	0.001932	2.92	0.05	1.17	7.06	0.001932	3.65
0.08	1.91	5.24	0.001932	2.71	0.075	1.91	7.35	0.001932	3.80	0.08	1.90	8.97	0.001932	4.64
0.10	2.54	6.88	0.001932	3.56	0.100	2.54	8.47	0.001932	4.38	0.10	2.54	10.35	0.001932	5.36
0.13	3.58	8.34	0.001932	4.32	0.125	3.18	9.55	0.001932	4.94	0.13	3.18	12.07	0.001932	6.25
0.15	3.91	9.02	0.001932	4.67	0.150	3.81	10.78	0.001932	5.58	0.15	3.81	13.56	0.001932	7.02
0.18	4.45	9.95	0.001932	5.15	0.175	4.45	11.94	0.001932	6.18	0.18	4.45	14.8	0.001932	7.66
0.20	5.08	10.66	0.001932	5.52	0.200	5.08	12.84	0.001932	6.65	0.20	5.08	15.76	0.001932	8.16
0.30	7.62	11.59	0.001932	6.00	0.300	7.62	13.77	0.001932	7.13	0.30	7.62	16.9	0.001932	8.75
0.40	10.16	12.13	0.001932	6.28	0.400	10.16	14.80	0.001932	7.66	0.40	10.16	18.05	0.001932	9.34
0.50	12.70	13.27	0.001932	6.87	0.500	12.70	15.45	0.001932	8.00	0.50	12.70	18.76	0.001932	9.71



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	3.56	6.9	<b>51.61</b>
12	0.2	5.52	10.3	<b>53.57</b>
25	0.1	4.38	6.9	<b>63.54</b>
25	0.2	6.65	10.3	<b>64.52</b>
56	0.1	5.36	6.9	<b>77.64</b>
56	0.2	8.16	10.3	<b>79.20</b>

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. CIP. N° 197384

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.79	51.61	53.57
25	1.85	63.54	64.88
56	2.04	77.64	79.20



M.D.S	1.940	g/cm³
95%(M.D.S)	1.843	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	63.54	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	64.88	%



## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C1 + 4 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. C. P. N° 197384

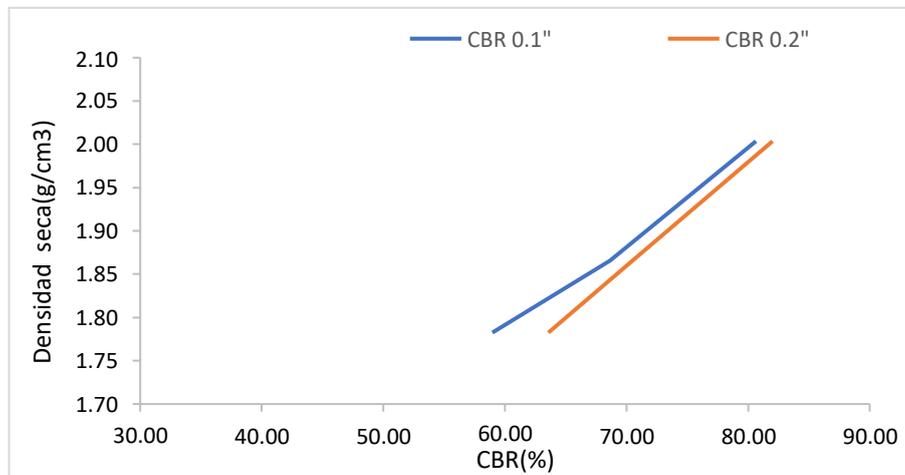
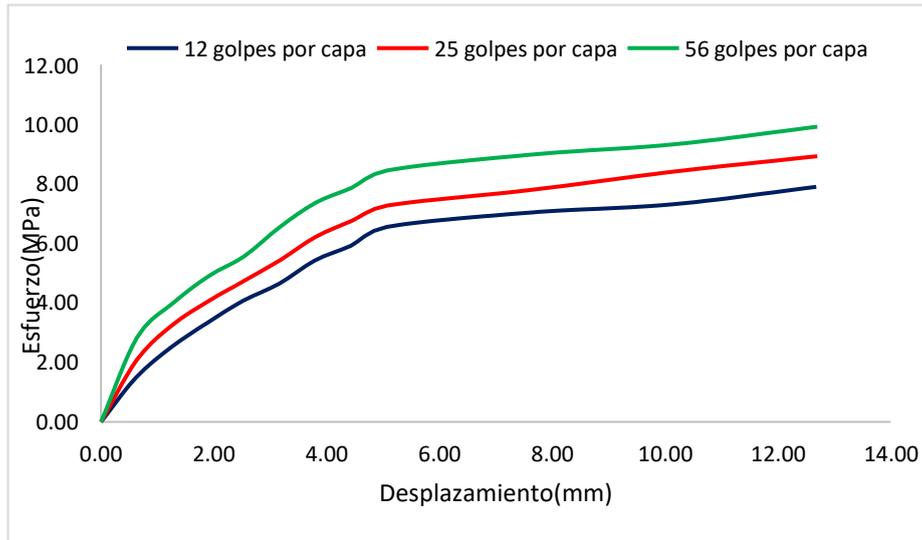
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12390	12468	12763
Peso suelo húmedo (g)	4463	4533	4842
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.10	2.14	2.28
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.78</b>	<b>1.87</b>	<b>2.00</b>
Contenido de humedad(%)	17.96	14.47	13.85

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	83.2	77.32	100.74	95.17	98.28	108.16
Rec + suelo seco g	79.77	74.98	96.85	91.36	94.61	103.45
Peso del recipiente g	64.12	58.26	70.35	64.65	67.05	70.71
Peso del suelo seco g	15.65	16.72	26.5	26.71	27.56	32.74
Peso del agua g	3.43	2.34	3.89	3.81	3.67	4.71
Contenido de Humedad %	21.92	14.00	14.68	14.26	13.32	14.39
Humedad promedio %	17.96		14.47		13.85	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.62	2.88	0.001932	1.49	0.025	0.64	4.04	0.001932	2.09	0.03	0.64	5.48	0.001932	2.84
0.05	1.25	4.86	0.001932	2.52	0.050	1.27	6.29	0.001932	3.26	0.05	1.27	7.69	0.001932	3.98
0.08	1.89	6.44	0.001932	3.33	0.075	1.91	7.84	0.001932	4.06	0.08	1.91	9.46	0.001932	4.90
0.10	2.52	7.86	0.001932	4.07	0.100	2.54	9.15	0.001932	4.74	0.10	2.54	10.75	0.001932	5.56
0.13	3.16	8.97	0.001932	4.64	0.125	3.18	10.50	0.001932	5.43	0.13	3.18	12.67	0.001932	6.56
0.15	3.79	10.47	0.001932	5.42	0.150	3.81	12.01	0.001932	6.22	0.15	3.81	14.23	0.001932	7.37
0.18	4.43	11.43	0.001932	5.92	0.175	4.45	13.04	0.001932	6.75	0.18	4.45	15.2	0.001932	7.87
0.20	5.07	12.65	0.001932	6.55	0.200	5.08	14.03	0.001932	7.26	0.20	5.08	16.32	0.001932	8.45
0.30	7.60	13.58	0.001932	7.03	0.300	7.62	15.04	0.001932	7.78	0.30	7.62	17.34	0.001932	8.98
0.40	10.14	14.12	0.001932	7.31	0.400	10.16	16.23	0.001932	8.40	0.40	10.16	18.01	0.001932	9.32
0.50	12.68	15.25	0.001932	7.89	0.500	12.70	17.23	0.001932	8.92	0.50	12.70	19.15	0.001932	9.91



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.07	6.9	<b>58.96</b>
12	0.2	6.55	10.3	<b>63.57</b>
25	0.1	4.74	6.9	<b>68.64</b>
25	0.2	7.26	10.3	<b>70.50</b>
56	0.1	5.56	6.9	<b>80.64</b>
56	0.2	8.45	10.3	<b>82.01</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.78	58.96	63.57
25	1.87	68.64	71.11
56	2.00	80.64	82.01

M.D.S	1.960	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.862	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	68.64	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	71.11	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C2 + 4 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

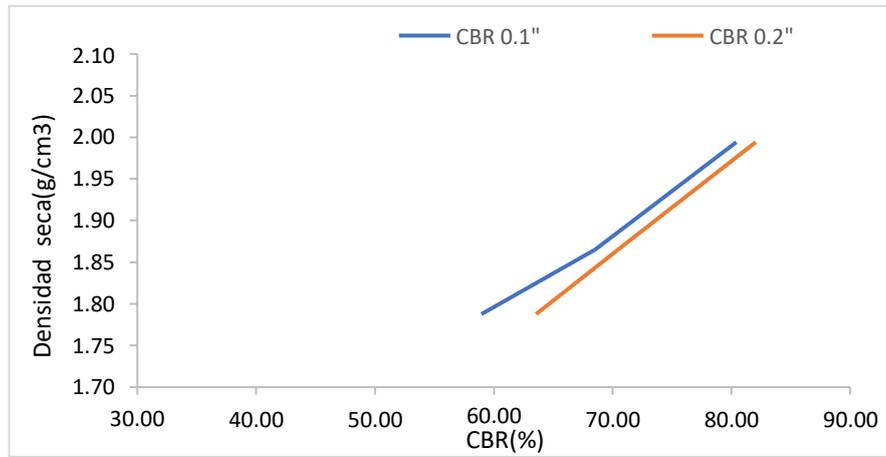
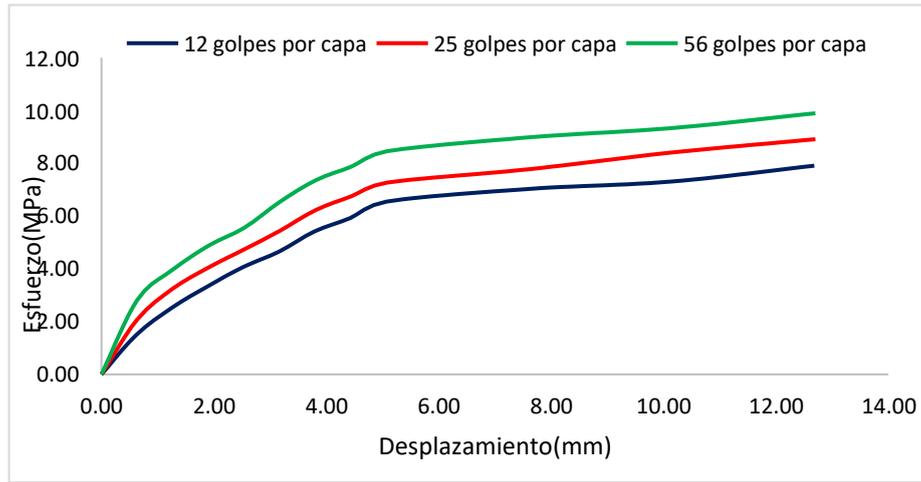
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12420	12480	12743
Peso suelo húmedo (g)	4493	4545	4822
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.14	2.27
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.79</b>	<b>1.87</b>	<b>1.99</b>
Contenido de humedad(%)	18.41	14.80	13.92

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	86.23	80.42	102.8	97.22	99.43	109.34
Rec + suelo seco g	82.82	77.96	98.81	93.35	95.63	104.58
Peso del recipiente g	67.41	61.21	72.32	66.73	67.05	71.85
Peso del suelo seco g	15.41	16.75	26.49	26.62	28.58	32.73
Peso del agua g	3.41	2.46	3.99	3.87	3.8	4.76
Contenido de Humedad %	22.13	14.69	15.06	14.54	13.30	14.54
Humedad promedio %	18.41		14.80		13.92	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.62	2.89	0.001932	1.50	0.025	0.64	4.02	0.001932	2.08	0.03	0.64	5.45	0.001932	2.82
0.05	1.25	4.87	0.001932	2.52	0.050	1.27	6.27	0.001932	3.25	0.05	1.27	7.66	0.001932	3.96
0.08	1.89	6.45	0.001932	3.34	0.075	1.91	7.83	0.001932	4.05	0.08	1.91	9.43	0.001932	4.88
0.10	2.52	7.86	0.001932	4.07	0.100	2.54	9.14	0.001932	4.73	0.10	2.54	10.72	0.001932	5.55
0.13	3.16	8.99	0.001932	4.65	0.125	3.18	10.52	0.001932	5.45	0.13	3.18	12.64	0.001932	6.54
0.15	3.79	10.47	0.001932	5.42	0.150	3.81	12.02	0.001932	6.22	0.15	3.81	14.2	0.001932	7.35
0.18	4.43	11.45	0.001932	5.93	0.175	4.45	13.04	0.001932	6.75	0.18	4.45	15.21	0.001932	7.87
0.20	5.07	12.65	0.001932	6.55	0.200	5.08	14.03	0.001932	7.26	0.20	5.08	16.33	0.001932	8.45
0.30	7.60	13.58	0.001932	7.03	0.300	7.62	15.02	0.001932	7.77	0.30	7.62	17.35	0.001932	8.98
0.40	10.14	14.12	0.001932	7.31	0.400	10.16	16.24	0.001932	8.41	0.40	10.16	18.03	0.001932	9.33
0.50	12.68	15.28	0.001932	7.91	0.500	12.70	17.21	0.001932	8.91	0.50	12.70	19.11	0.001932	9.89



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.07	6.9	<b>58.96</b>
12	0.2	6.55	10.3	<b>63.57</b>
25	0.1	4.73	6.9	<b>68.56</b>
25	0.2	7.26	10.3	<b>70.50</b>
56	0.1	5.55	6.9	<b>80.42</b>
56	0.2	8.45	10.3	<b>82.06</b>

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.79	58.96	63.57
25	1.87	68.56	70.50
56	1.99	80.42	82.06

M.D.S	1.960	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.862	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	68.56	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	70.5	%





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C3 + 4 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

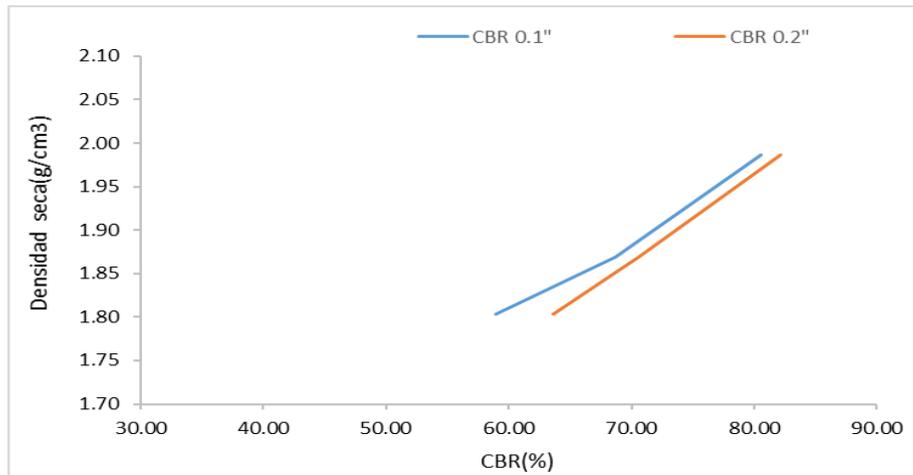
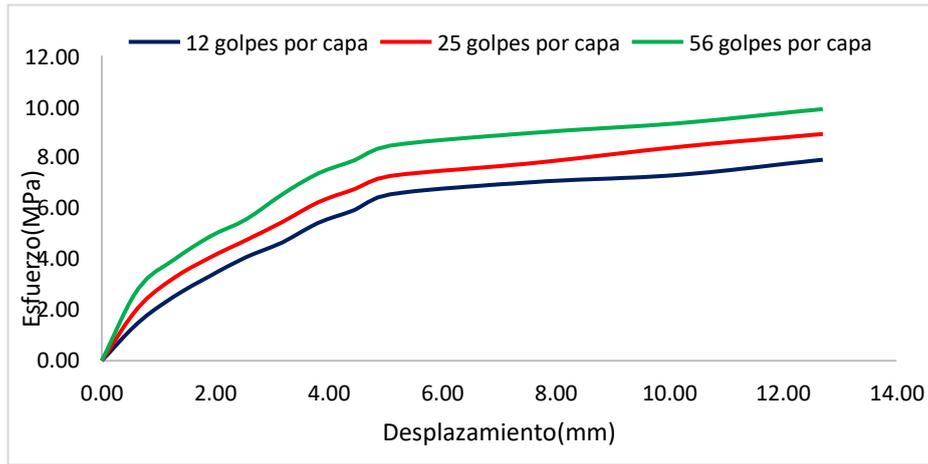
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12315	12488	12750
Peso suelo húmedo (g)	4388	4553	4829
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.07	2.14	2.27
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.80</b>	<b>1.87</b>	<b>1.99</b>
Contenido de humedad(%)	14.64	14.79	14.51

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	85.26	79.4	101.81	96.23	98.46	108.35
Rec + suelo seco g	82.83	76.97	97.82	92.37	94.61	103.59
Peso del recipiente g	66.4	60.2	71.34	65.76	68.02	70.87
Peso del suelo seco g	16.43	16.77	26.48	26.61	26.59	32.72
Peso del agua g	2.43	2.43	3.99	3.86	3.85	4.76
Contenido de Humedad %	14.79	14.49	15.07	14.51	14.48	14.55
Humedad promedio %	14.64		14.79		14.51	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.64	2.89	0.001932	1.50	0.025	0.64	4.04	0.001932	2.09	0.03	0.64	5.47	0.001932	2.83
0.05	1.27	4.87	0.001932	2.52	0.050	1.27	6.29	0.001932	3.26	0.05	1.27	7.67	0.001932	3.97
0.08	1.91	6.45	0.001932	3.34	0.075	1.91	7.85	0.001932	4.06	0.08	1.91	9.45	0.001932	4.89
0.10	2.54	7.86	0.001932	4.07	0.100	2.54	9.16	0.001932	4.74	0.10	2.54	10.74	0.001932	5.56
0.13	3.18	8.99	0.001932	4.65	0.125	3.18	10.54	0.001932	5.46	0.13	3.18	12.65	0.001932	6.55
0.15	3.81	10.47	0.001932	5.42	0.150	3.81	12.04	0.001932	6.23	0.15	3.81	14.23	0.001932	7.37
0.18	4.45	11.45	0.001932	5.93	0.175	4.45	13.04	0.001932	6.75	0.18	4.45	15.23	0.001932	7.88
0.20	5.08	12.65	0.001932	6.55	0.200	5.08	14.04	0.001932	7.27	0.20	5.08	16.35	0.001932	8.46
0.30	7.62	13.58	0.001932	7.03	0.300	7.62	15.03	0.001932	7.78	0.30	7.62	17.33	0.001932	8.97
0.40	10.16	14.12	0.001932	7.31	0.400	10.16	16.25	0.001932	8.41	0.40	10.16	18.05	0.001932	9.34
0.50	12.70	15.28	0.001932	7.91	0.500	12.70	17.23	0.001932	8.92	0.50	12.70	19.13	0.001932	9.90



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.07	6.9	<b>58.96</b>
12	0.2	6.55	10.3	<b>63.57</b>
25	0.1	4.74	6.9	<b>68.71</b>
25	0.2	7.27	10.3	<b>70.55</b>
56	0.1	5.56	6.9	<b>80.57</b>
56	0.2	8.46	10.3	<b>82.16</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.80	58.96	63.57
25	1.87	68.71	70.55
56	1.99	80.57	82.16

M.D.S	1.960	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.862	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	68.71	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	70.55	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C4 + 4 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

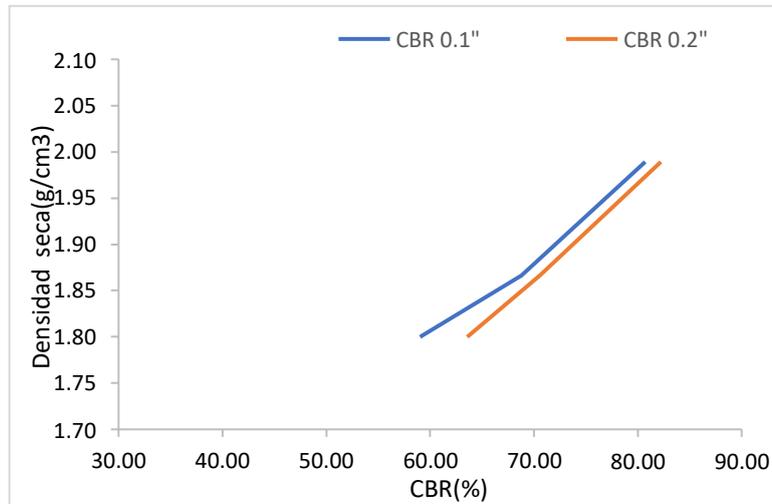
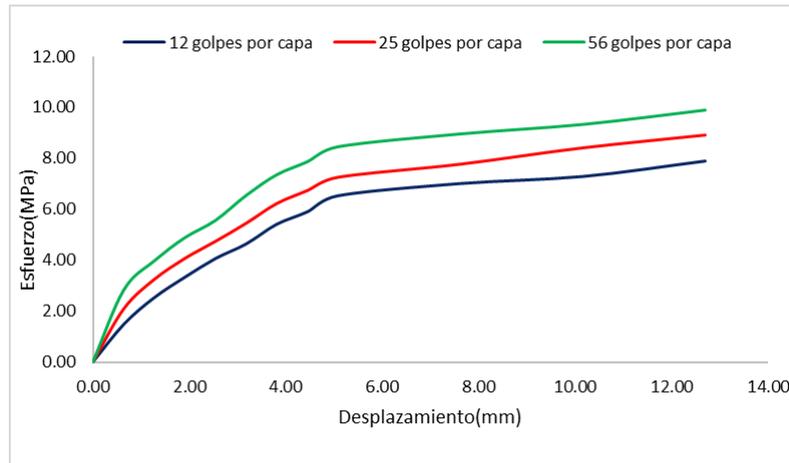
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12310	12483	12755
Peso suelo húmedo (g)	4383	4548	4834
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.06	2.14	2.28
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.80</b>	<b>1.87</b>	<b>1.99</b>
Contenido de humedad(%)	14.72	14.79	14.49

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	86.25	80.41	102.82	97.24	99.47	109.36
Rec + suelo seco g	83.82	77.96	98.83	93.38	95.63	104.6
Peso del recipiente g	67.41	61.21	72.35	66.77	69.01	71.88
Peso del suelo seco g	16.41	16.75	26.48	26.61	26.62	32.72
Peso del agua g	2.43	2.45	3.99	3.86	3.84	4.76
Contenido de Humedad %	14.81	14.63	15.07	14.51	14.43	14.55
Humedad promedio %	14.72		14.79		14.49	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.64	2.87	0.001932	1.49	0.025	0.64	4.05	0.001932	2.10	0.03	0.64	5.48	0.001932	2.84
0.05	1.27	4.89	0.001932	2.53	0.050	1.27	6.27	0.001932	3.25	0.05	1.27	7.68	0.001932	3.98
0.08	1.91	6.46	0.001932	3.34	0.075	1.91	7.88	0.001932	4.08	0.08	1.91	9.46	0.001932	4.90
0.10	2.54	7.87	0.001932	4.07	0.100	2.54	9.17	0.001932	4.75	0.10	2.54	10.76	0.001932	5.57
0.13	3.18	8.99	0.001932	4.65	0.125	3.18	10.55	0.001932	5.46	0.13	3.18	12.67	0.001932	6.56
0.15	3.81	10.48	0.001932	5.42	0.150	3.81	12.04	0.001932	6.23	0.15	3.81	14.23	0.001932	7.37
0.18	4.45	11.43	0.001932	5.92	0.175	4.45	13.04	0.001932	6.75	0.18	4.45	15.23	0.001932	7.88
0.20	5.08	12.65	0.001932	6.55	0.200	5.08	14.04	0.001932	7.27	0.20	5.08	16.36	0.001932	8.47
0.30	7.62	13.58	0.001932	7.03	0.300	7.62	15.04	0.001932	7.78	0.30	7.62	17.34	0.001932	8.98
0.40	10.16	14.12	0.001932	7.31	0.400	10.16	16.28	0.001932	8.43	0.40	10.16	18.06	0.001932	9.35
0.50	12.70	15.29	0.001932	7.91	0.500	12.70	17.25	0.001932	8.93	0.50	12.70	19.15	0.001932	9.91



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.07	6.9	<b>59.04</b>
12	0.2	6.55	10.3	<b>63.57</b>
25	0.1	4.75	6.9	<b>68.79</b>
25	0.2	7.27	10.3	<b>70.55</b>
56	0.1	5.57	6.9	<b>80.72</b>
56	0.2	8.47	10.3	<b>82.21</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.80	59.04	63.57
25	1.87	68.79	70.55
56	1.99	80.72	82.21

M.D.S	1.960	g/cm³
95%(M.D.S)	1.862	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	68.7	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	70.55	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C5 + 4 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

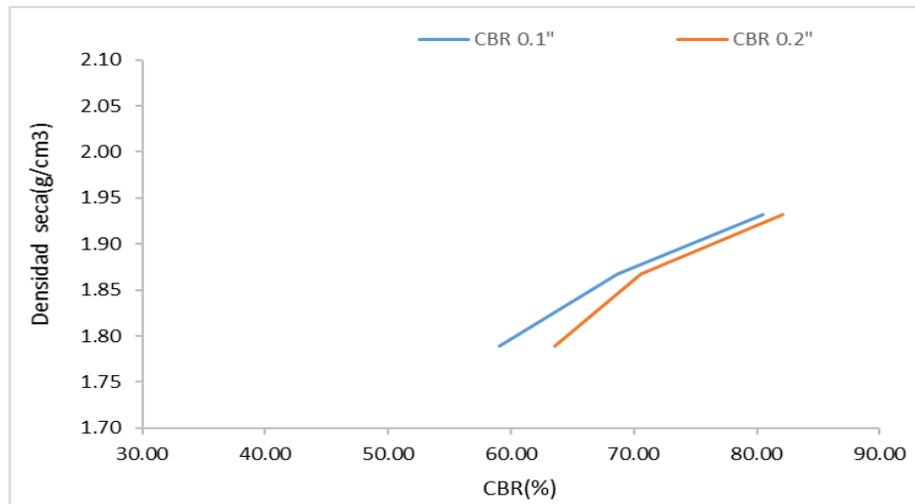
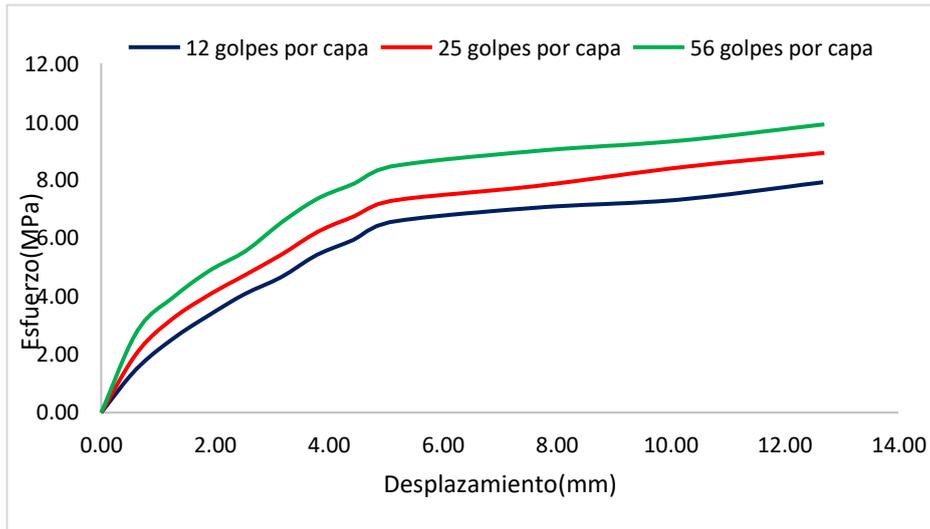
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12425	12485	12748
Peso suelo húmedo (g)	4498	4550	4827
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.14	2.27
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.79</b>	<b>1.87</b>	<b>1.93</b>
Contenido de humedad(%)	18.41	14.80	17.69

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	87.24	81.43	103.81	98.23	100.44	110.35
Rec + suelo seco g	83.83	78.97	99.82	94.36	96.64	103.57
Peso del recipiente g	68.42	62.22	73.33	67.74	68.06	72.86
Peso del suelo seco g	15.41	16.75	26.49	26.62	28.58	30.71
Peso del agua g	3.41	2.46	3.99	3.87	3.8	6.78
Contenido de Humedad %	22.13	14.69	15.06	14.54	13.30	22.08
Humedad promedio %	18.41		14.80		17.69	

Ensayo de CBR			12 golpes por capa			Ensayo de CBR			25 golpes por capa			Ensayo de CBR			56 golpes por capa		
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)			
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00			
0.03	0.62	2.90	0.001932	1.50	0.025	0.64	4.03	0.001932	2.09	0.03	0.64	5.46	0.001932	2.83			
0.05	1.25	4.88	0.001932	2.53	0.050	1.27	6.28	0.001932	3.25	0.05	1.27	7.67	0.001932	3.97			
0.08	1.89	6.46	0.001932	3.34	0.075	1.91	7.85	0.001932	4.06	0.08	1.91	9.44	0.001932	4.89			
0.10	2.52	7.87	0.001932	4.07	0.100	2.54	9.16	0.001932	4.74	0.10	2.54	10.73	0.001932	5.55			
0.13	3.16	8.99	0.001932	4.65	0.125	3.18	10.52	0.001932	5.45	0.13	3.18	12.66	0.001932	6.55			
0.15	3.79	10.47	0.001932	5.42	0.150	3.81	12.02	0.001932	6.22	0.15	3.81	14.22	0.001932	7.36			
0.18	4.43	11.46	0.001932	5.93	0.175	4.45	13.04	0.001932	6.75	0.18	4.45	15.21	0.001932	7.87			
0.20	5.07	12.64	0.001932	6.54	0.200	5.08	14.05	0.001932	7.27	0.20	5.08	16.33	0.001932	8.45			
0.30	7.60	13.59	0.001932	7.03	0.300	7.62	15.03	0.001932	7.78	0.30	7.62	17.36	0.001932	8.99			
0.40	10.14	14.13	0.001932	7.31	0.400	10.16	16.27	0.001932	8.42	0.40	10.16	18.04	0.001932	9.34			
0.50	12.68	15.29	0.001932	7.91	0.500	12.70	17.24	0.001932	8.92	0.50	12.70	19.13	0.001932	9.90			



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.07	6.9	<b>59.04</b>
12	0.2	6.54	10.3	<b>63.52</b>
25	0.1	4.74	6.9	<b>68.71</b>
25	0.2	7.27	10.3	<b>70.60</b>
56	0.1	5.55	6.9	<b>80.49</b>
56	0.2	8.45	10.3	<b>82.06</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1'' (%)	CBR 0.2'' (%)
12	1.79	59.04	63.52
25	1.87	68.71	70.60
56	1.93	80.49	82.06

M.D.S	1.960	g/cm³
95%(M.D.S)	1.862	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1''	68.71	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2''	70.6	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C1 + 5 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

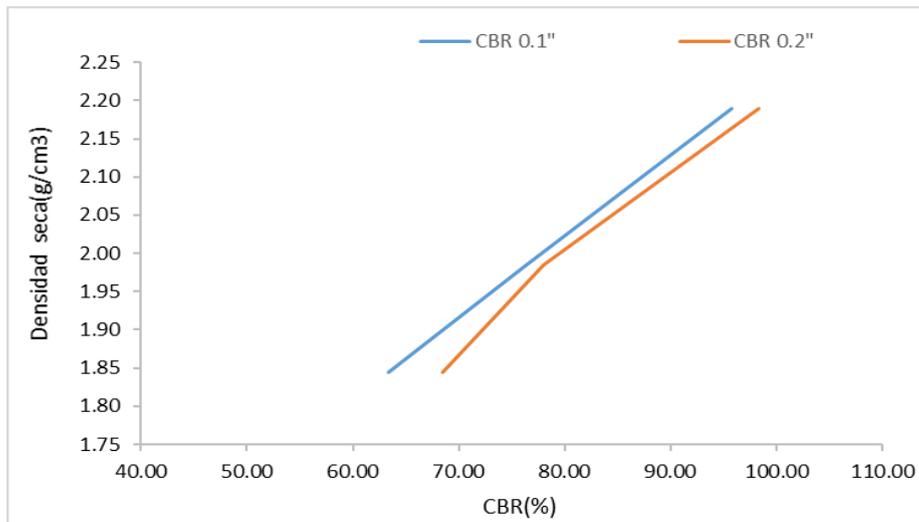
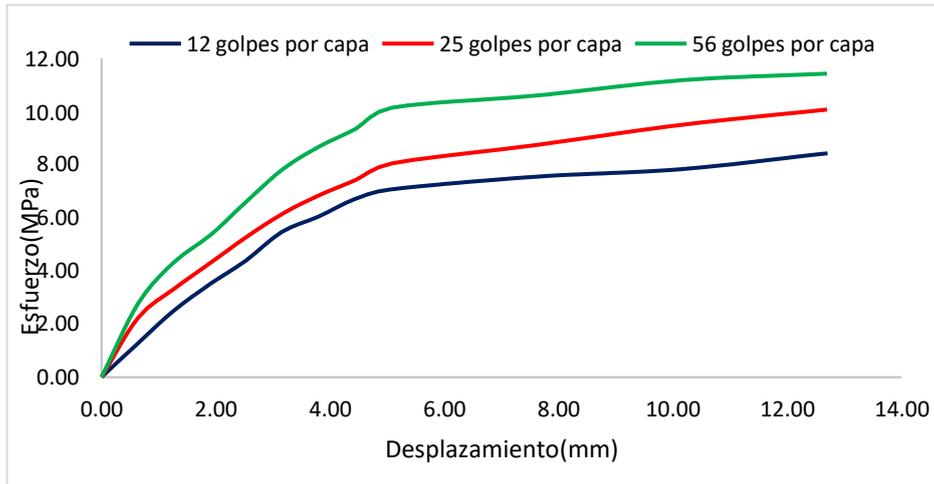
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12416	12750	13254
Peso suelo húmedo (g)	4489	4815	5333
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.11	2.27	2.51
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.84</b>	<b>1.99</b>	<b>2.19</b>
Contenido de humedad(%)	14.70	14.26	14.78

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	88.18	82.29	104.71	99.11	101.2	111.31
Rec + suelo seco g	85.74	79.86	100.89	95.35	97.43	106.42
Peso del recipiente g	69.13	63.34	74.41	68.68	71.58	73.75
Peso del suelo seco g	16.61	16.52	26.48	26.67	25.85	32.67
Peso del agua g	2.44	2.43	3.82	3.76	3.77	4.89
Contenido de Humedad %	14.69	14.71	14.43	14.10	14.58	14.97
Humedad promedio %	14.70		14.26		14.78	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.60	2.31	0.001932	1.20	0.025	0.64	4.31	0.001932	2.23	0.03	0.64	5.35	0.001932	2.77
0.05	1.25	4.77	0.001932	2.47	0.050	1.27	6.41	0.001932	3.32	0.05	1.27	8.35	0.001932	4.32
0.08	1.90	6.76	0.001932	3.50	0.075	1.91	8.31	0.001932	4.30	0.08	1.91	10.33	0.001932	5.35
0.10	2.52	8.44	0.001932	4.37	0.100	2.54	10.19	0.001932	5.27	0.10	2.54	12.77	0.001932	6.61
0.13	3.15	10.53	0.001932	5.45	0.125	3.18	11.90	0.001932	6.16	0.13	3.18	15.13	0.001932	7.83
0.15	3.80	11.67	0.001932	6.04	0.150	3.81	13.21	0.001932	6.84	0.15	3.81	16.75	0.001932	8.67
0.18	4.43	12.93	0.001932	6.69	0.175	4.45	14.32	0.001932	7.41	0.18	4.45	18.04	0.001932	9.34
0.20	5.05	13.63	0.001932	7.05	0.200	5.08	15.52	0.001932	8.03	0.20	5.08	19.57	0.001932	10.13
0.30	7.61	14.56	0.001932	7.54	0.300	7.62	16.87	0.001932	8.73	0.30	7.62	20.46	0.001932	10.59
0.40	10.13	15.10	0.001932	7.82	0.400	10.16	18.33	0.001932	9.49	0.40	10.16	21.57	0.001932	11.16
0.50	12.71	16.26	0.001932	8.42	0.500	12.70	19.44	0.001932	10.06	0.50	12.70	22.05	0.001932	11.41



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.37	6.9	<b>63.31</b>
12	0.2	7.05	10.3	<b>68.49</b>
25	0.1	5.27	6.9	<b>76.44</b>
25	0.2	8.03	10.3	<b>77.99</b>
56	0.1	6.61	6.9	<b>95.79</b>
56	0.2	10.13	10.3	<b>98.34</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.84	63.31	68.49
25	1.99	76.44	77.99
56	2.19	95.79	98.34

M.D.S	2.100	g/cm³
95%(M.D.S)	1.995	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	76.44	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	77.99	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C1 + 5 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

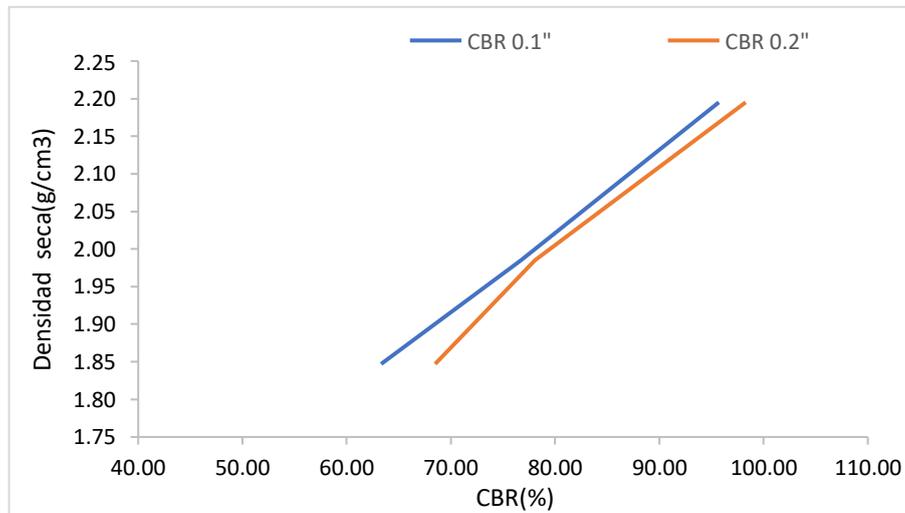
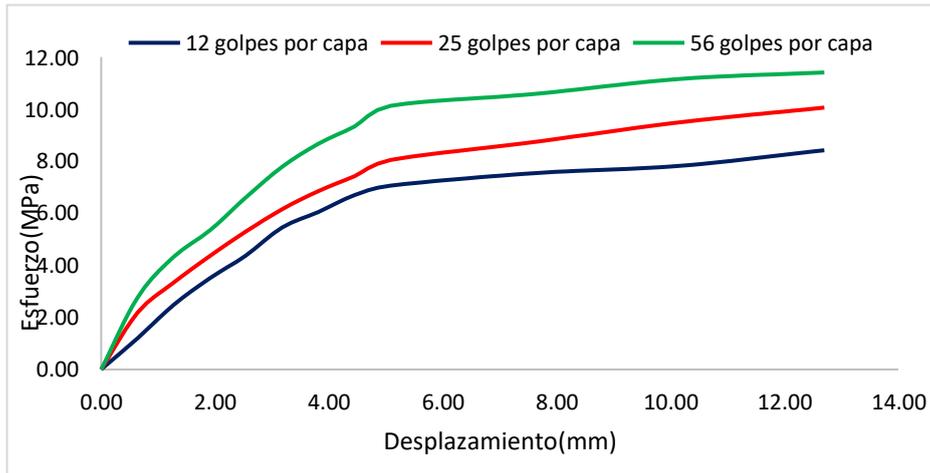
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12420	12753	13264
Peso suelo húmedo (g)	4493	4818	5343
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.27	2.52
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.85</b>	<b>1.99</b>	<b>2.20</b>
Contenido de humedad(%)	14.58	14.34	14.66

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	85.24	79.38	101.78	96.2	98.46	108.25
Rec + suelo seco g	82.81	76.95	97.97	92.37	94.55	103.55
Peso del recipiente g	66.02	60.4	71.33	65.75	68.4	70.84
Peso del suelo seco g	16.79	16.55	26.64	26.62	26.15	32.71
Peso del agua g	2.43	2.43	3.81	3.83	3.91	4.7
Contenido de Humedad %	14.47	14.68	14.30	14.39	14.95	14.37
Humedad promedio %	14.58		14.34		14.66	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.64	2.31	0.001932	1.20	0.025	0.64	4.22	0.001932	2.18	0.03	0.64	5.34	0.001932	2.76
0.05	1.27	4.77	0.001932	2.47	0.050	1.27	6.43	0.001932	3.33	0.05	1.27	8.34	0.001932	4.32
0.08	1.91	6.76	0.001932	3.50	0.075	1.91	8.42	0.001932	4.36	0.08	1.91	10.32	0.001932	5.34
0.10	2.54	8.44	0.001932	4.37	0.100	2.54	10.23	0.001932	5.30	0.10	2.54	12.76	0.001932	6.60
0.13	3.18	10.53	0.001932	5.45	0.125	3.18	11.89	0.001932	6.15	0.13	3.18	15.04	0.001932	7.78
0.15	3.81	11.67	0.001932	6.04	0.150	3.81	13.23	0.001932	6.85	0.15	3.81	16.74	0.001932	8.66
0.18	4.45	12.93	0.001932	6.69	0.175	4.45	14.34	0.001932	7.42	0.18	4.45	18.03	0.001932	9.33
0.20	5.08	13.63	0.001932	7.05	0.200	5.08	15.54	0.001932	8.04	0.20	5.08	19.56	0.001932	10.12
0.30	7.62	14.56	0.001932	7.54	0.300	7.62	16.89	0.001932	8.74	0.30	7.62	20.45	0.001932	10.58
0.40	10.16	15.10	0.001932	7.82	0.400	10.16	18.34	0.001932	9.49	0.40	10.16	21.56	0.001932	11.16
0.50	12.70	16.26	0.001932	8.42	0.500	12.70	19.43	0.001932	10.06	0.50	12.70	22.04	0.001932	11.41



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.37	6.9	<b>63.31</b>
12	0.2	7.05	10.3	<b>68.49</b>
25	0.1	5.30	6.9	<b>76.74</b>
25	0.2	8.04	10.3	<b>78.09</b>
56	0.1	6.60	6.9	<b>95.72</b>
56	0.2	10.12	10.3	<b>98.29</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.85	63.31	68.49
25	1.99	76.74	78.09
56	2.20	95.72	98.29

M.D.S	2.100	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.995	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	72.31	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	78.95	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C1 + 5 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

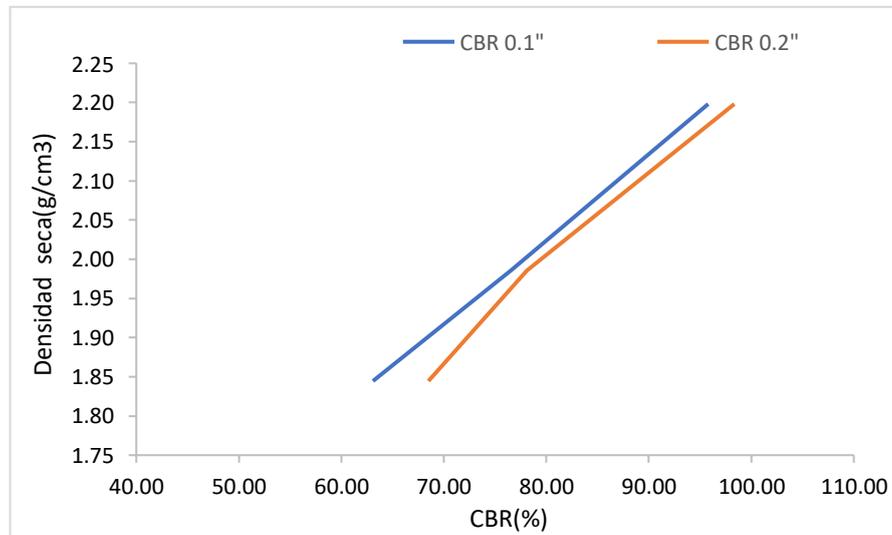
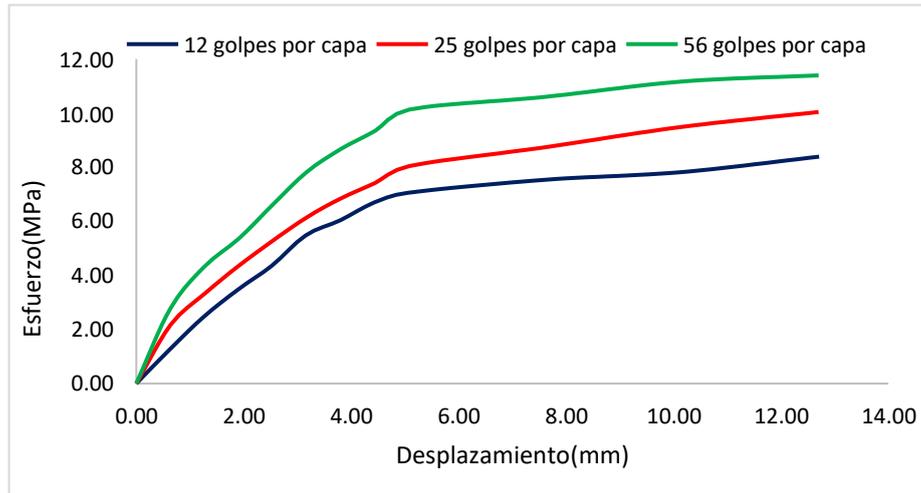
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12421	12754	13280
Peso suelo húmedo (g)	4494	4819	5359
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.27	2.52
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.84</b>	<b>1.99</b>	<b>2.20</b>
Contenido de humedad(%)	14.77	14.33	14.85

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	88.15	82.31	101.7	96.23	105.2	115.35
Rec + suelo seco g	85.73	79.84	97.96	92.34	101.43	110.41
Peso del recipiente g	69.145	63.32	71.32	65.75	75.58	77.73
Peso del suelo seco g	16.585	16.52	26.64	26.59	25.85	32.68
Peso del agua g	2.42	2.47	3.74	3.89	3.77	4.94
Contenido de Humedad %	14.59	14.95	14.04	14.63	14.58	15.12
Humedad promedio %	14.77		14.33		14.85	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.60	2.35	0.001932	1.22	0.025	0.64	4.20	0.001932	2.17	0.03	0.64	5.38	0.001932	2.78
0.05	1.25	4.75	0.001932	2.46	0.050	1.27	6.41	0.001932	3.32	0.05	1.27	8.35	0.001932	4.32
0.08	1.90	6.73	0.001932	3.48	0.075	1.91	8.42	0.001932	4.36	0.08	1.91	10.35	0.001932	5.36
0.10	2.52	8.41	0.001932	4.35	0.100	2.54	10.20	0.001932	5.28	0.10	2.54	12.77	0.001932	6.61
0.13	3.15	10.58	0.001932	5.48	0.125	3.18	11.89	0.001932	6.15	0.13	3.18	15.13	0.001932	7.83
0.15	3.80	11.67	0.001932	6.04	0.150	3.81	13.23	0.001932	6.85	0.15	3.81	16.75	0.001932	8.67
0.18	4.43	12.94	0.001932	6.70	0.175	4.45	14.34	0.001932	7.42	0.18	4.45	18.05	0.001932	9.34
0.20	5.05	13.63	0.001932	7.05	0.200	5.08	15.54	0.001932	8.04	0.20	5.08	19.57	0.001932	10.13
0.30	7.61	14.56	0.001932	7.54	0.300	7.62	16.89	0.001932	8.74	0.30	7.62	20.48	0.001932	10.60
0.40	10.13	15.10	0.001932	7.82	0.400	10.16	18.34	0.001932	9.49	0.40	10.16	21.57	0.001932	11.16
0.50	12.71	16.21	0.001932	8.39	0.500	12.70	19.40	0.001932	10.04	0.50	12.70	22.01	0.001932	11.39



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.35	6.9	<b>63.09</b>
12	0.2	7.05	10.3	<b>68.49</b>
25	0.1	5.28	6.9	<b>76.51</b>
25	0.2	8.04	10.3	<b>78.09</b>
56	0.1	6.61	6.9	<b>95.79</b>
56	0.2	10.13	10.3	<b>98.34</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.84	63.09	68.49
25	1.99	76.51	78.09
56	2.20	95.79	98.34

M.D.S	2.100	g/cm³
95%(M.D.S)	1.995	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	76.51	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	78.09	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C4 + 5 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

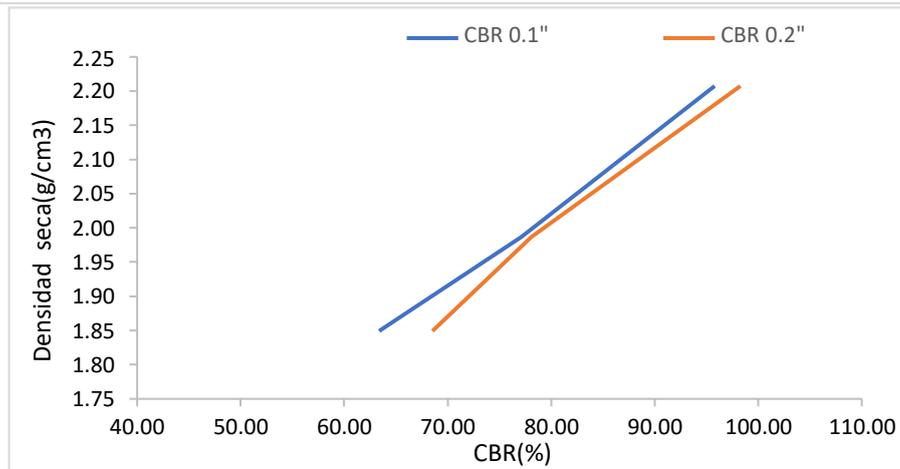
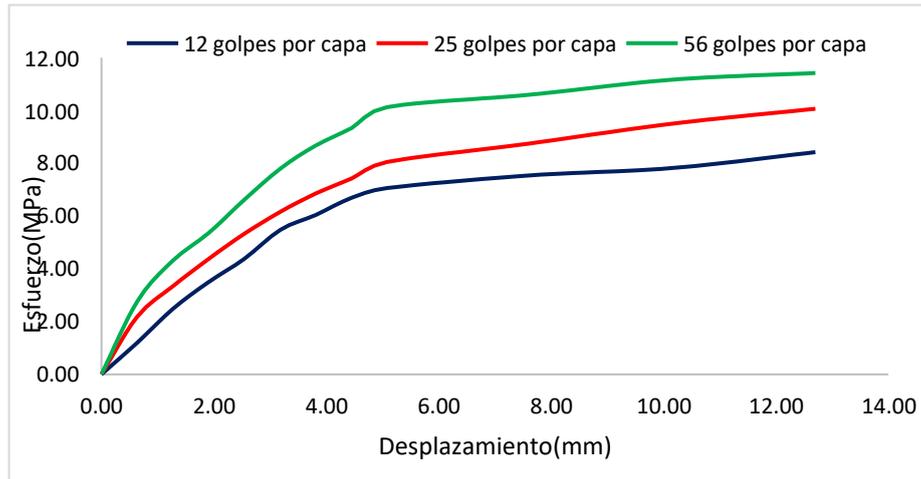
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12425	12758	13269
Peso suelo húmedo (g)	4498	4823	5348
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.27	2.52
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.85</b>	<b>1.99</b>	<b>2.21</b>
Contenido de humedad(%)	14.58	14.34	14.13

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	86.25	80.39	102.79	97.21	99.47	109.26
Rec + suelo seco g	83.82	77.96	98.98	93.38	95.56	104.56
Peso del recipiente g	67.03	61.41	72.34	66.76	67.42	71.82
Peso del suelo seco g	16.79	16.55	26.64	26.62	28.14	32.74
Peso del agua g	2.43	2.43	3.81	3.83	3.91	4.7
Contenido de Humedad %	14.47	14.68	14.30	14.39	13.89	14.36
Humedad promedio %	14.58		14.34		14.13	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.64	2.33	0.001932	1.21	0.025	0.64	4.23	0.001932	2.19	0.03	0.64	5.35	0.001932	2.77
0.05	1.27	4.79	0.001932	2.48	0.050	1.27	6.44	0.001932	3.33	0.05	1.27	8.32	0.001932	4.31
0.08	1.91	6.77	0.001932	3.50	0.075	1.91	8.45	0.001932	4.37	0.08	1.91	10.35	0.001932	5.36
0.10	2.54	8.45	0.001932	4.37	0.100	2.54	10.28	0.001932	5.32	0.10	2.54	12.77	0.001932	6.61
0.13	3.18	10.58	0.001932	5.48	0.125	3.18	11.89	0.001932	6.15	0.13	3.18	15.05	0.001932	7.79
0.15	3.81	11.67	0.001932	6.04	0.150	3.81	13.23	0.001932	6.85	0.15	3.81	16.74	0.001932	8.66
0.18	4.45	12.93	0.001932	6.69	0.175	4.45	14.34	0.001932	7.42	0.18	4.45	18.03	0.001932	9.33
0.20	5.08	13.64	0.001932	7.06	0.200	5.08	15.54	0.001932	8.04	0.20	5.08	19.56	0.001932	10.12
0.30	7.62	14.57	0.001932	7.54	0.300	7.62	16.90	0.001932	8.75	0.30	7.62	20.47	0.001932	10.60
0.40	10.16	15.11	0.001932	7.82	0.400	10.16	18.35	0.001932	9.50	0.40	10.16	21.57	0.001932	11.16
0.50	12.70	16.27	0.001932	8.42	0.500	12.70	19.44	0.001932	10.06	0.50	12.70	22.06	0.001932	11.42



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.37	6.9	<b>63.39</b>
12	0.2	7.06	10.3	<b>68.54</b>
25	0.1	5.32	6.9	<b>77.11</b>
25	0.2	8.04	10.3	<b>78.09</b>
56	0.1	6.61	6.9	<b>95.79</b>
56	0.2	10.12	10.3	<b>98.29</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.85	63.39	68.54
25	1.99	77.11	78.09
56	2.21	95.79	98.29

M.D.S	2.100	g/cm³
95%(M.D.S)	1.995	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	77.11	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	78.09	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C5 + 5 % CCC + 3% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

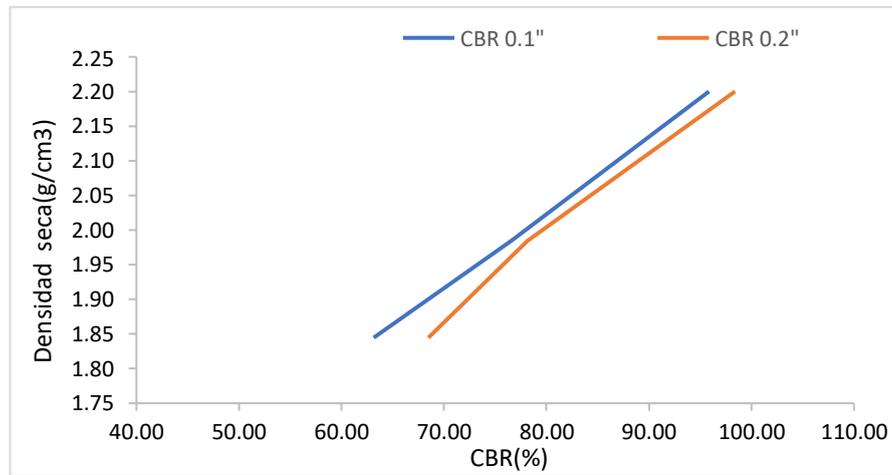
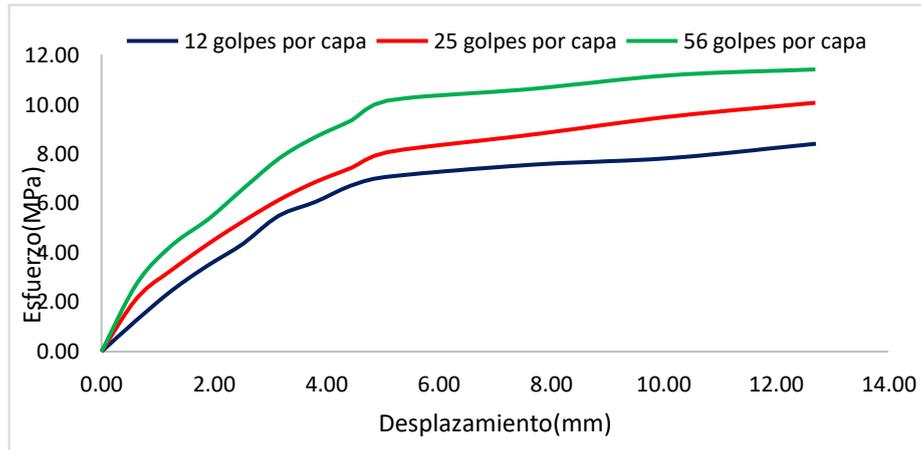
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12426	12759	13285
Peso suelo húmedo (g)	4499	4824	5364
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.27	2.53
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.84</b>	<b>1.98</b>	<b>2.20</b>
Contenido de humedad(%)	14.89	14.50	14.85

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	89.16	83.36	102.8	97.24	106.21	116.36
Rec + suelo seco g	86.74	80.85	98.97	93.35	102.44	111.42
Peso del recipiente g	70.146	64.33	72.33	66.76	76.59	78.74
Peso del suelo seco g	16.594	16.52	26.64	26.59	25.85	32.68
Peso del agua g	2.42	2.51	3.83	3.89	3.77	4.94
Contenido de Humedad %	14.58	15.19	14.38	14.63	14.58	15.12
Humedad promedio %	14.89		14.50		14.85	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0.00
0.03	0.60	2.36	0.001932	1.22	0.025	0.64	4.21	0.001932	2.18	0.03	0.64	5.39	0.001932	2.79
0.05	1.25	4.76	0.001932	2.46	0.050	1.27	6.42	0.001932	3.32	0.05	1.27	8.36	0.001932	4.33
0.08	1.90	6.74	0.001932	3.49	0.075	1.91	8.43	0.001932	4.36	0.08	1.91	10.36	0.001932	5.36
0.10	2.52	8.42	0.001932	4.36	0.100	2.54	10.21	0.001932	5.28	0.10	2.54	12.78	0.001932	6.61
0.13	3.15	10.59	0.001932	5.48	0.125	3.18	11.88	0.001932	6.15	0.13	3.18	15.14	0.001932	7.84
0.15	3.80	11.67	0.001932	6.04	0.150	3.81	13.23	0.001932	6.85	0.15	3.81	16.75	0.001932	8.67
0.18	4.43	12.94	0.001932	6.70	0.175	4.45	14.34	0.001932	7.42	0.18	4.45	18.05	0.001932	9.34
0.20	5.05	13.63	0.001932	7.05	0.200	5.08	15.55	0.001932	8.05	0.20	5.08	19.58	0.001932	10.13
0.30	7.61	14.57	0.001932	7.54	0.300	7.62	16.90	0.001932	8.75	0.30	7.62	20.49	0.001932	10.61
0.40	10.13	15.11	0.001932	7.82	0.400	10.16	18.35	0.001932	9.50	0.40	10.16	21.58	0.001932	11.17
0.50	12.71	16.22	0.001932	8.40	0.500	12.70	19.41	0.001932	10.05	0.50	12.70	22.02	0.001932	11.40



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.36	6.9	<b>63.16</b>
12	0.2	7.05	10.3	<b>68.49</b>
25	0.1	5.28	6.9	<b>76.59</b>
25	0.2	8.05	10.3	<b>78.14</b>
56	0.1	6.61	6.9	<b>95.87</b>
56	0.2	10.13	10.3	<b>98.39</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.84	63.16	68.49
25	1.98	76.59	78.14
56	2.20	95.87	98.39

M.D.S	2.100	g/cm³
95%(M.D.S)	1.995	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	76.59	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	78.14	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C1 + 3 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

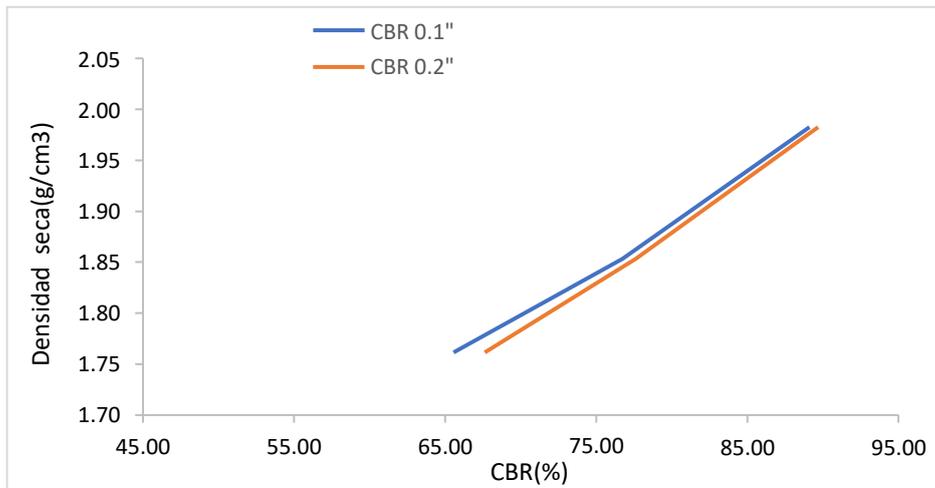
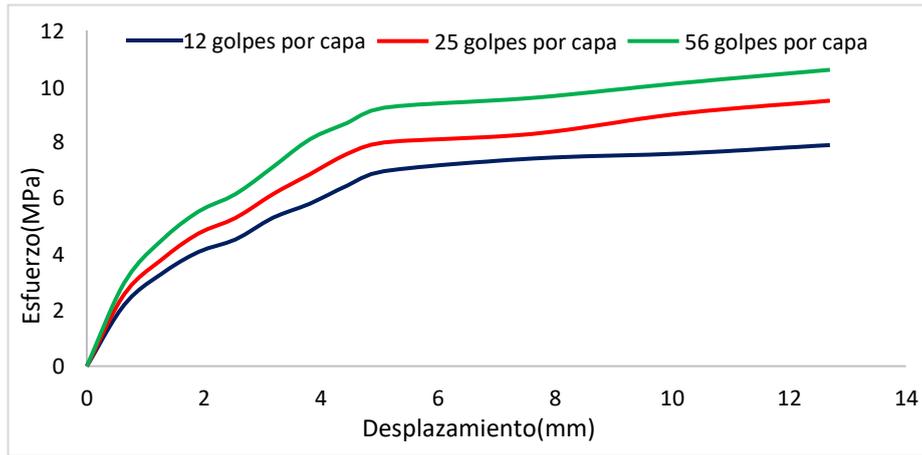
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12201	12439	12722
Peso suelo humedo (g)	4274	4504	4801
Volumen cm3	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad humeda(g/cm3)	2.01	2.12	2.26
<b>Densidad seca(g/cm3)</b>	<b>1.76</b>	<b>1.85</b>	<b>1.98</b>
Contenido de humedad(%)	14.31	14.49	14.08

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	103.44	92.54	91.23	97.21	98.56	98.33
Rec + suelo seco g	101.11	90.34	89.45	93.34	96.34	96.23
Peso del recipiente g	84.67	75.11	77.11	66.74	80.33	81.54
Peso del suelo seco g	16.44	15.23	12.34	26.6	16.01	14.69
Peso del agua g	2.33	2.2	1.78	3.87	2.22	2.1
Contenido de Humedad %	14.17	14.45	14.42	14.55	13.87	14.30
Humedad promedio %	14.31		14.49		14.08	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	4.24	0.001932	2.19	0.025	0.64	4.98	0.001932	2.58	0.025	0.64	5.77	0.001932	2.987
0.050	1.27	6.35	0.001932	3.29	0.050	1.27	7.33	0.001932	3.79	0.050	1.27	8.66	0.001932	4.482
0.075	1.91	7.88	0.001932	4.08	0.075	1.91	9.17	0.001932	4.75	0.075	1.91	10.68	0.001932	5.528
0.100	2.54	8.74	0.001932	4.52	0.100	2.54	10.23	0.001932	5.30	0.100	2.54	11.88	0.001932	6.149
0.125	3.18	10.24	0.001932	5.30	0.125	3.18	11.88	0.001932	6.15	0.125	3.18	13.75	0.001932	7.117
0.150	3.81	11.21	0.001932	5.80	0.150	3.81	13.25	0.001932	6.86	0.150	3.81	15.66	0.001932	8.106
0.175	4.45	12.46	0.001932	6.45	0.175	4.45	14.66	0.001932	7.59	0.175	4.45	16.79	0.001932	8.690
0.200	5.08	13.46	0.001932	6.97	0.200	5.08	15.45	0.001932	8.00	0.200	5.08	17.85	0.001932	9.239
0.300	7.62	14.33	0.001932	7.42	0.300	7.62	16.04	0.001932	8.30	0.300	7.62	18.53	0.001932	9.591
0.400	10.16	14.68	0.001932	7.60	0.400	10.16	17.45	0.001932	9.03	0.400	10.16	19.55	0.001932	10.119
0.500	12.7	15.26	0.001932	7.90	0.500	12.70	18.33	0.001932	9.49	0.500	12.7	20.46	0.001932	10.590



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.52	6.9	<b>65.56</b>
12	0.2	6.97	10.3	<b>67.64</b>
25	0.1	5.30	6.9	<b>76.74</b>
25	0.2	8.00	10.3	<b>77.64</b>
56	0.1	6.15	6.9	<b>89.12</b>
56	0.2	9.24	10.3	<b>89.70</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.76	65.56	67.64
25	1.85	76.74	77.64
56	1.98	89.12	89.70

M.D.S	1.960	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.862	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	76.85	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	77.6	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C2 + 3 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

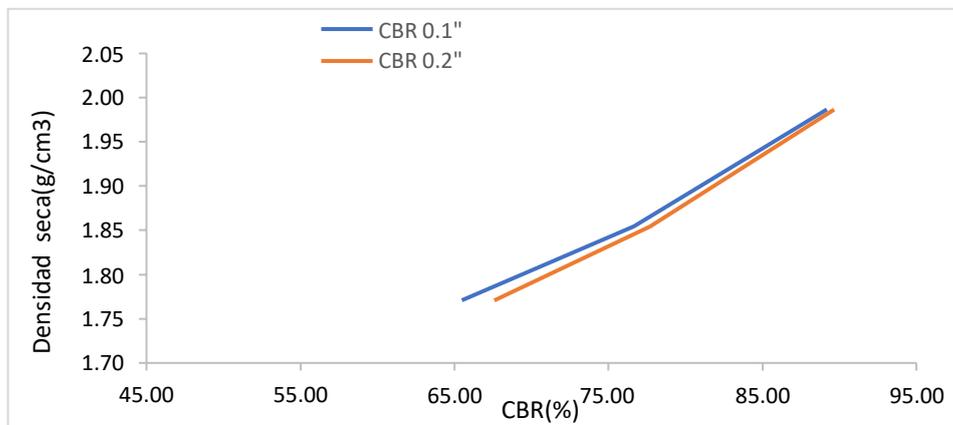
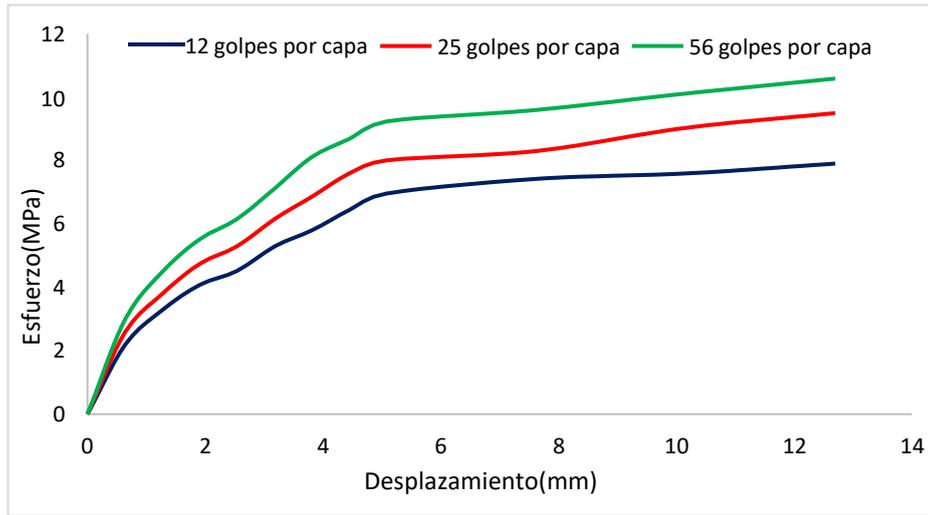
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12224	12442	12732
Peso suelo húmedo (g)	4297	4507	4811
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.02	2.12	2.27
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.77</b>	<b>1.85</b>	<b>1.99</b>
Contenido de humedad(%)	14.31	14.49	14.08

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	102.44	93.54	90.23	98.21	99.56	99.33
Rec + suelo seco g	100.11	91.34	88.45	94.34	97.34	97.23
Peso del recipiente g	83.67	76.11	76.11	67.74	81.33	82.54
Peso del suelo seco g	16.44	15.23	12.34	26.6	16.01	14.69
Peso del agua g	2.33	2.2	1.78	3.87	2.22	2.1
Contenido de Humedad %	14.17	14.45	14.42	14.55	13.87	14.30
Humedad promedio %	14.31		14.49		14.08	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	4.23	0.001932	2.19	0.025	0.64	4.99	0.001932	2.58	0.025	0.64	5.78	0.001932	2.992
0.050	1.27	6.34	0.001932	3.28	0.050	1.27	7.32	0.001932	3.79	0.050	1.27	8.67	0.001932	4.488
0.075	1.91	7.89	0.001932	4.08	0.075	1.91	9.16	0.001932	4.74	0.075	1.91	10.67	0.001932	5.523
0.100	2.54	8.73	0.001932	4.52	0.100	2.54	10.22	0.001932	5.29	0.100	2.54	11.89	0.001932	6.154
0.125	3.18	10.23	0.001932	5.30	0.125	3.18	11.89	0.001932	6.15	0.125	3.18	13.76	0.001932	7.122
0.150	3.81	11.20	0.001932	5.80	0.150	3.81	13.24	0.001932	6.85	0.150	3.81	15.67	0.001932	8.111
0.175	4.45	12.45	0.001932	6.44	0.175	4.45	14.67	0.001932	7.59	0.175	4.45	16.78	0.001932	8.685
0.200	5.08	13.45	0.001932	6.96	0.200	5.08	15.46	0.001932	8.00	0.200	5.08	17.84	0.001932	9.234
0.300	7.62	14.34	0.001932	7.42	0.300	7.62	16.03	0.001932	8.30	0.300	7.62	18.54	0.001932	9.596
0.400	10.16	14.67	0.001932	7.59	0.400	10.16	17.44	0.001932	9.03	0.400	10.16	19.54	0.001932	10.114
0.500	12.7	15.27	0.001932	7.90	0.500	12.70	18.34	0.001932	9.49	0.500	12.7	20.45	0.001932	10.585



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.52	6.9	<b>65.49</b>
12	0.2	6.96	10.3	<b>67.59</b>
25	0.1	5.29	6.9	<b>76.66</b>
25	0.2	8.00	10.3	<b>77.69</b>
56	0.1	6.15	6.9	<b>89.19</b>
56	0.2	9.23	10.3	<b>89.65</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.77	65.49	67.59
25	1.85	76.66	77.69
56	1.99	89.19	89.65

M.D.S	1.960	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.862	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	76.66	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	77.69	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C3 + 3 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

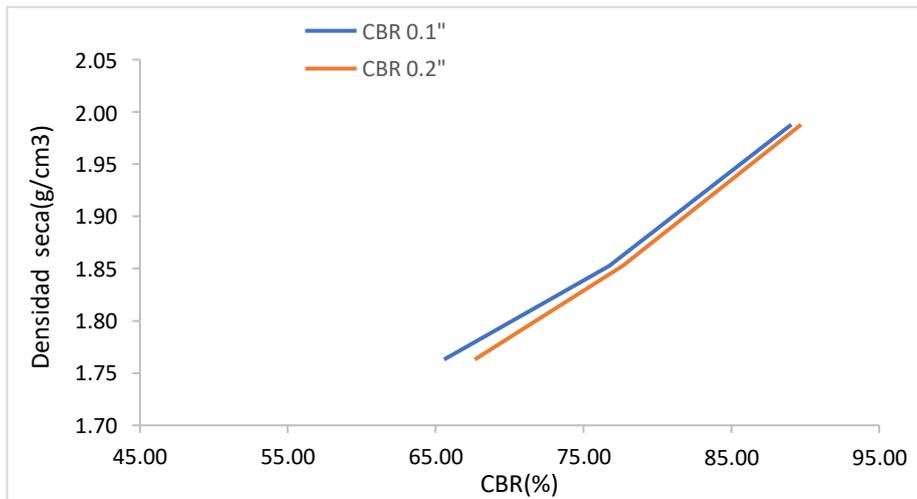
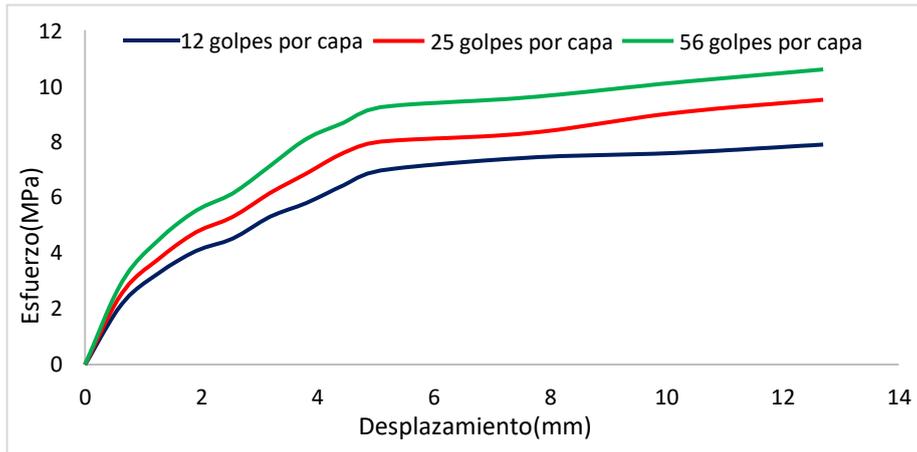
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12205	12438	12735
Peso suelo húmedo (g)	4278	4503	4814
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.02	2.12	2.27
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.76</b>	<b>1.85</b>	<b>1.99</b>
Contenido de humedad(%)	14.31	14.49	14.08

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	103.44	92.54	91.23	99.21	98.56	98.33
Rec + suelo seco g	101.11	90.34	89.45	95.34	96.34	96.23
Peso del recipiente g	84.67	75.11	77.11	68.74	80.33	81.54
Peso del suelo seco g	16.44	15.23	12.34	26.6	16.01	14.69
Peso del agua g	2.33	2.2	1.78	3.87	2.22	2.1
Contenido de Humedad %	14.17	14.45	14.42	14.55	13.87	14.30
Humedad promedio %	14.31		14.49		14.08	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	4.24	0.001932	2.19	0.025	0.64	4.98	0.001932	2.58	0.025	0.64	5.77	0.001932	2.987
0.050	1.27	6.35	0.001932	3.29	0.050	1.27	7.33	0.001932	3.79	0.050	1.27	8.66	0.001932	4.482
0.075	1.91	7.88	0.001932	4.08	0.075	1.91	9.17	0.001932	4.75	0.075	1.91	10.68	0.001932	5.528
0.100	2.54	8.74	0.001932	4.52	0.100	2.54	10.23	0.001932	5.30	0.100	2.54	11.87	0.001932	6.144
0.125	3.18	10.25	0.001932	5.31	0.125	3.18	11.88	0.001932	6.15	0.125	3.18	13.77	0.001932	7.127
0.150	3.81	11.21	0.001932	5.80	0.150	3.81	13.25	0.001932	6.86	0.150	3.81	15.66	0.001932	8.106
0.175	4.45	12.44	0.001932	6.44	0.175	4.45	14.68	0.001932	7.60	0.175	4.45	16.77	0.001932	8.680
0.200	5.08	13.46	0.001932	6.97	0.200	5.08	15.45	0.001932	8.00	0.200	5.08	17.85	0.001932	9.239
0.300	7.62	14.35	0.001932	7.43	0.300	7.62	16.04	0.001932	8.30	0.300	7.62	18.53	0.001932	9.591
0.400	10.16	14.68	0.001932	7.60	0.400	10.16	17.45	0.001932	9.03	0.400	10.16	19.56	0.001932	10.124
0.500	12.7	15.26	0.001932	7.90	0.500	12.70	18.36	0.001932	9.50	0.500	12.7	20.47	0.001932	10.595



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.52	6.9	<b>65.56</b>
12	0.2	6.97	10.3	<b>67.64</b>
25	0.1	5.30	6.9	<b>76.74</b>
25	0.2	8.00	10.3	<b>77.64</b>
56	0.1	6.14	6.9	<b>89.04</b>
56	0.2	9.24	10.3	<b>89.70</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.76	65.56	67.64
25	1.85	76.74	77.64
56	1.99	89.04	89.70

M.D.S	1.960	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.862	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	76.8	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	77.7	%

Jorge Alejandro Barrientos Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C4 + 3 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

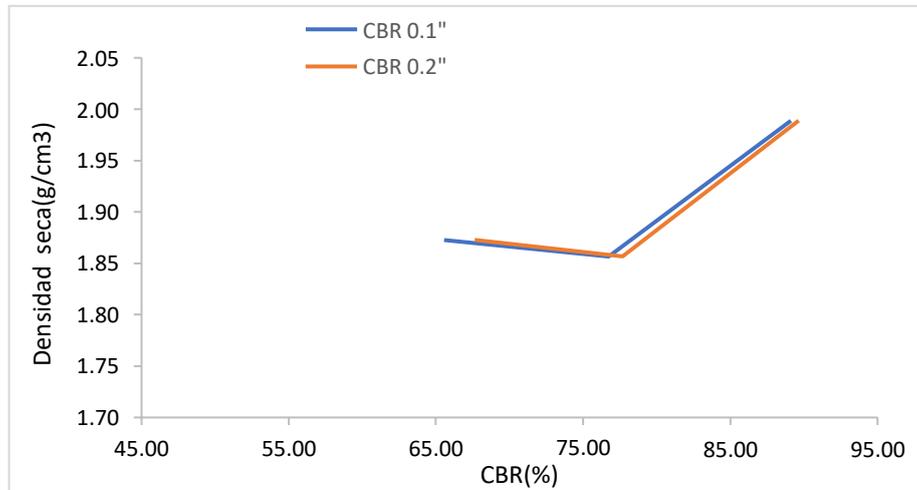
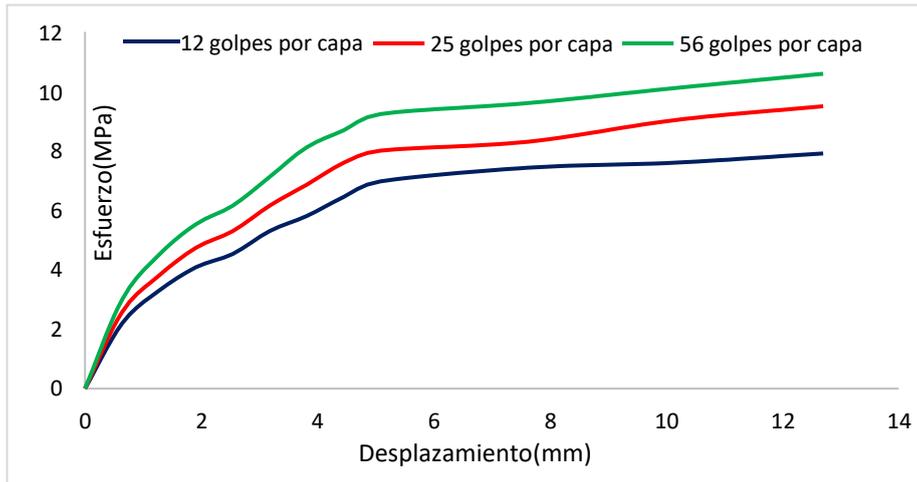
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12229	12447	12737
Peso suelo húmedo (g)	4302	4512	4816
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.03	2.13	2.27
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.87</b>	<b>1.86</b>	<b>1.99</b>
Contenido de humedad(%)	8.23	14.49	14.08

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	101.43	94.55	91.24	99.22	100.57	98.32
Rec + suelo seco g	101.12	92.35	89.46	95.35	98.35	96.22
Peso del recipiente g	85.68	77.12	77.12	68.75	82.34	81.53
Peso del suelo seco g	15.44	15.23	12.34	26.6	16.01	14.69
Peso del agua g	0.31	2.2	1.78	3.87	2.22	2.1
Contenido de Humedad %	2.01	14.45	14.42	14.55	13.87	14.30
Humedad promedio %	8.23		14.49		14.08	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	4.24	0.001932	2.19	0.025	0.64	4.98	0.001932	2.58	0.025	0.64	5.79	0.001932	2.997
0.050	1.27	6.35	0.001932	3.29	0.050	1.27	7.33	0.001932	3.79	0.050	1.27	8.68	0.001932	4.493
0.075	1.91	7.88	0.001932	4.08	0.075	1.91	9.15	0.001932	4.74	0.075	1.91	10.68	0.001932	5.528
0.100	2.54	8.74	0.001932	4.52	0.100	2.54	10.23	0.001932	5.30	0.100	2.54	11.88	0.001932	6.149
0.125	3.18	10.24	0.001932	5.30	0.125	3.18	11.89	0.001932	6.15	0.125	3.18	13.76	0.001932	7.122
0.150	3.81	11.20	0.001932	5.80	0.150	3.81	13.24	0.001932	6.85	0.150	3.81	15.67	0.001932	8.111
0.175	4.45	12.45	0.001932	6.44	0.175	4.45	14.67	0.001932	7.59	0.175	4.45	16.78	0.001932	8.685
0.200	5.08	13.46	0.001932	6.97	0.200	5.08	15.46	0.001932	8.00	0.200	5.08	17.84	0.001932	9.234
0.300	7.62	14.35	0.001932	7.43	0.300	7.62	16.04	0.001932	8.30	0.300	7.62	18.55	0.001932	9.601
0.400	10.16	14.68	0.001932	7.60	0.400	10.16	17.45	0.001932	9.03	0.400	10.16	19.53	0.001932	10.109
0.500	12.7	15.28	0.001932	7.91	0.500	12.70	18.35	0.001932	9.50	0.500	12.7	20.46	0.001932	10.590



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.52	6.9	<b>65.56</b>
12	0.2	6.97	10.3	<b>67.64</b>
25	0.1	5.30	6.9	<b>76.74</b>
25	0.2	8.00	10.3	<b>77.69</b>
56	0.1	6.15	6.9	<b>89.12</b>
56	0.2	9.23	10.3	<b>89.65</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.87	65.56	67.64
25	1.86	77.42	77.69
56	1.99	89.12	89.65

M.D.S	1.960	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.862	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	77.42	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	77.69	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. C.I.P. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C5 + 3 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

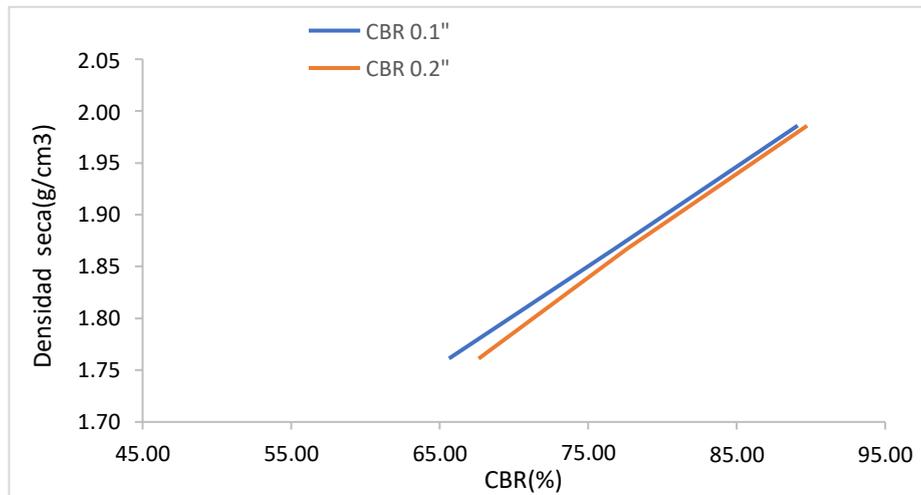
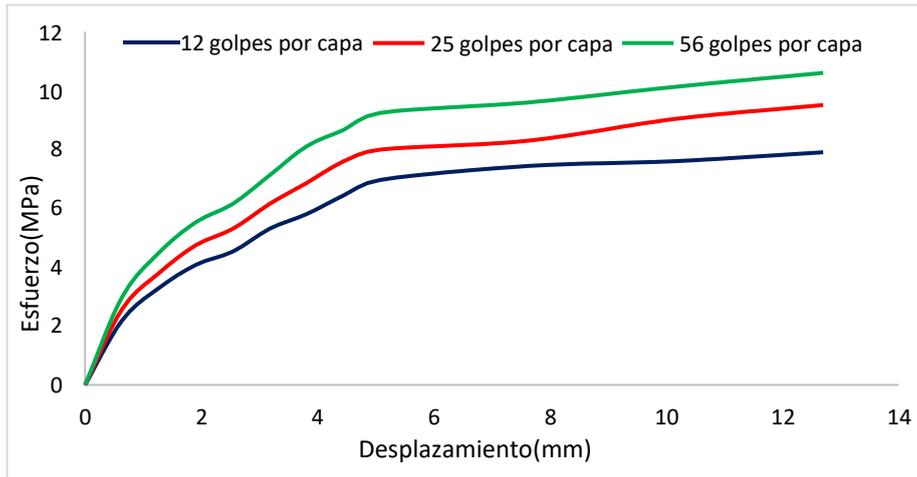
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12200	12433	12730
Peso suelo húmedo (g)	4273	4498	4809
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.01	2.12	2.27
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.76</b>	<b>1.87</b>	<b>1.99</b>
Contenido de humedad(%)	14.31	13.48	14.08

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	104.45	93.55	92.24	100.22	99.57	99.34
Rec + suelo seco g	102.12	91.35	90.46	96.35	97.35	97.24
Peso del recipiente g	85.68	76.12	76.12	69.75	81.34	82.55
Peso del suelo seco g	16.44	15.23	14.34	26.6	16.01	14.69
Peso del agua g	2.33	2.2	1.78	3.87	2.22	2.1
Contenido de Humedad %	14.17	14.45	12.41	14.55	13.87	14.30
Humedad promedio %	14.31		13.48		14.08	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	4.25	0.001932	2.20	0.025	0.64	4.99	0.001932	2.58	0.025	0.64	5.78	0.001932	2.992
0.050	1.27	6.36	0.001932	3.29	0.050	1.27	7.34	0.001932	3.80	0.050	1.27	8.67	0.001932	4.488
0.075	1.91	7.89	0.001932	4.08	0.075	1.91	9.18	0.001932	4.75	0.075	1.91	10.69	0.001932	5.533
0.100	2.54	8.75	0.001932	4.53	0.100	2.54	10.24	0.001932	5.30	0.100	2.54	11.88	0.001932	6.149
0.125	3.18	10.26	0.001932	5.31	0.125	3.18	11.89	0.001932	6.15	0.125	3.18	13.77	0.001932	7.127
0.150	3.81	11.21	0.001932	5.80	0.150	3.81	13.25	0.001932	6.86	0.150	3.81	15.66	0.001932	8.106
0.175	4.45	12.44	0.001932	6.44	0.175	4.45	14.68	0.001932	7.60	0.175	4.45	16.74	0.001932	8.665
0.200	5.08	13.46	0.001932	6.97	0.200	5.08	15.45	0.001932	8.00	0.200	5.08	17.86	0.001932	9.244
0.300	7.62	14.37	0.001932	7.44	0.300	7.62	16.03	0.001932	8.30	0.300	7.62	18.54	0.001932	9.596
0.400	10.16	14.69	0.001932	7.60	0.400	10.16	17.46	0.001932	9.04	0.400	10.16	19.57	0.001932	10.129
0.500	12.7	15.27	0.001932	7.90	0.500	12.70	18.37	0.001932	9.51	0.500	12.7	20.48	0.001932	10.600



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.53	6.9	<b>65.64</b>
12	0.2	6.97	10.3	<b>67.64</b>
25	0.1	5.30	6.9	<b>76.81</b>
25	0.2	8.00	10.3	<b>77.64</b>
56	0.1	6.15	6.9	<b>89.12</b>
56	0.2	9.24	10.3	<b>89.75</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.76	65.64	67.64
25	1.87	76.81	77.64
56	1.99	89.12	89.75

M.D.S	1.960	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.862	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	76.81	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	77.64	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C1 + 4 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

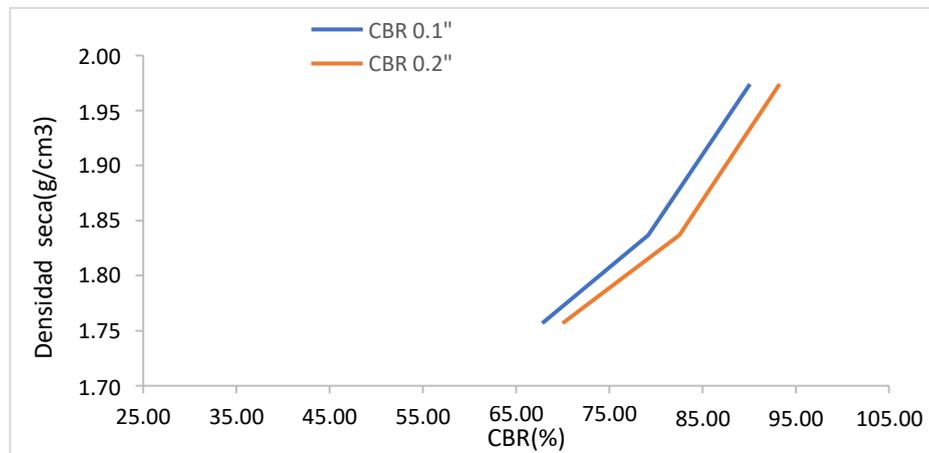
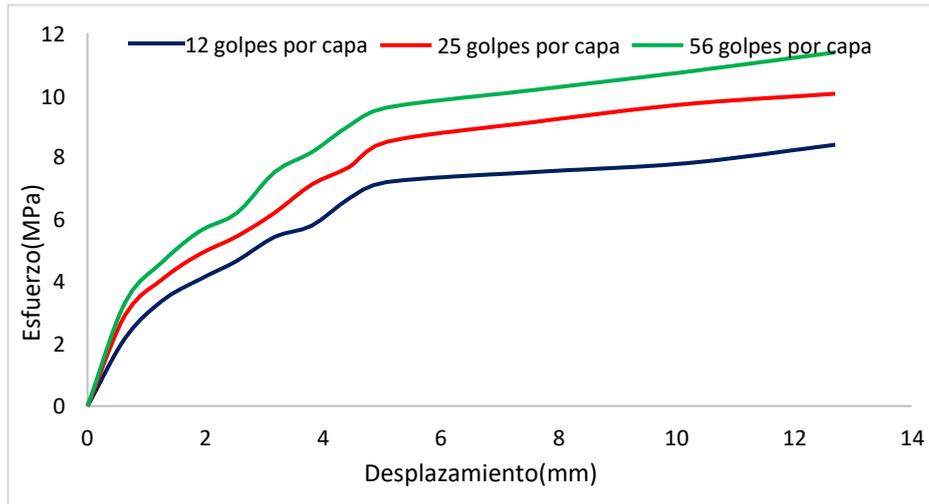
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12202	12400	12723
Peso suelo húmedo (g)	4275	4465	4802
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.01	2.10	2.26
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.76</b>	<b>1.84</b>	<b>1.97</b>
Contenido de humedad(%)	14.64	14.53	14.60

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	85.01	79.1	101.31	98.1	98.34	108.23
Rec + suelo seco g	82.58	76.66	97.5	94.23	94.47	103.46
Peso del recipiente g	65.99	59.99	71.23	67.63	67.99	70.75
Peso del suelo seco g	16.59	16.67	26.27	26.6	26.48	32.71
Peso del agua g	2.43	2.44	3.81	3.87	3.87	4.77
Contenido de Humedad %	14.65	14.64	14.50	14.55	14.61	14.58
Humedad promedio %	14.64		14.53		14.60	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	4.23	0.001932	2.19	0.025	0.64	5.67	0.001932	2.93	0.025	0.64	6.45	0.001932	3.339
0.050	1.27	6.56	0.001932	3.40	0.050	1.27	7.89	0.001932	4.08	0.050	1.27	8.96	0.001932	4.638
0.075	1.91	7.89	0.001932	4.08	0.075	1.91	9.46	0.001932	4.90	0.075	1.91	10.89	0.001932	5.637
0.100	2.54	9.04	0.001932	4.68	0.100	2.54	10.56	0.001932	5.47	0.100	2.54	12.01	0.001932	6.216
0.125	3.18	10.53	0.001932	5.45	0.125	3.18	12.03	0.001932	6.23	0.125	3.18	14.56	0.001932	7.536
0.150	3.81	11.22	0.001932	5.81	0.150	3.81	13.78	0.001932	7.13	0.150	3.81	15.78	0.001932	8.168
0.175	4.45	12.93	0.001932	6.69	0.175	4.45	14.87	0.001932	7.70	0.175	4.45	17.45	0.001932	9.032
0.200	5.08	13.93	0.001932	7.21	0.200	5.08	16.43	0.001932	8.50	0.200	5.08	18.56	0.001932	9.607
0.300	7.62	14.56	0.001932	7.54	0.300	7.62	17.68	0.001932	9.15	0.300	7.62	19.67	0.001932	10.181
0.400	10.16	15.10	0.001932	7.82	0.400	10.16	18.77	0.001932	9.72	0.400	10.16	20.78	0.001932	10.756
0.500	12.7	16.25	0.001932	8.41	0.500	12.70	19.42	0.001932	10.05	0.500	12.7	21.99	0.001932	11.382



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.68	6.9	<b>67.81</b>
12	0.2	7.21	10.3	<b>70.00</b>
25	0.1	5.47	6.9	<b>79.22</b>
25	0.2	8.50	10.3	<b>82.56</b>
56	0.1	6.22	6.9	<b>90.09</b>
56	0.2	9.61	10.3	<b>93.27</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.76	67.81	70.00
25	1.84	80.01	82.56
56	1.97	90.09	93.27

M.D.S	1.950	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.853	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	80.01	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	82.5	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C2 + 4 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

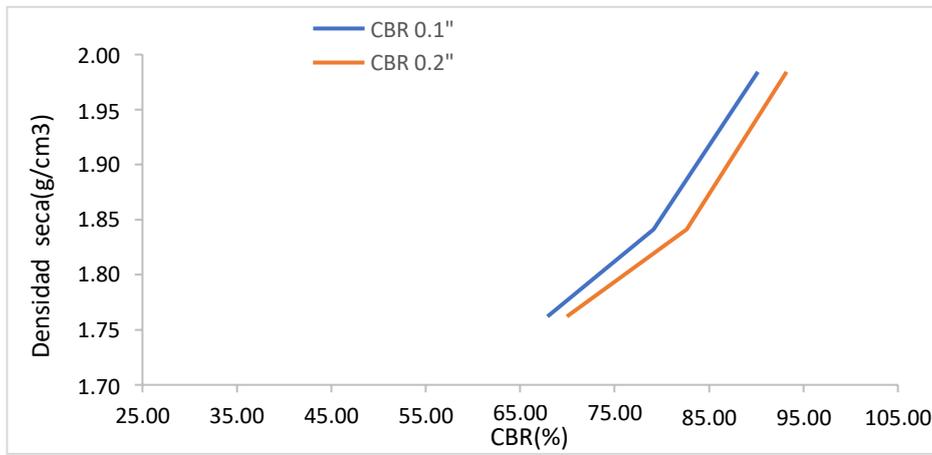
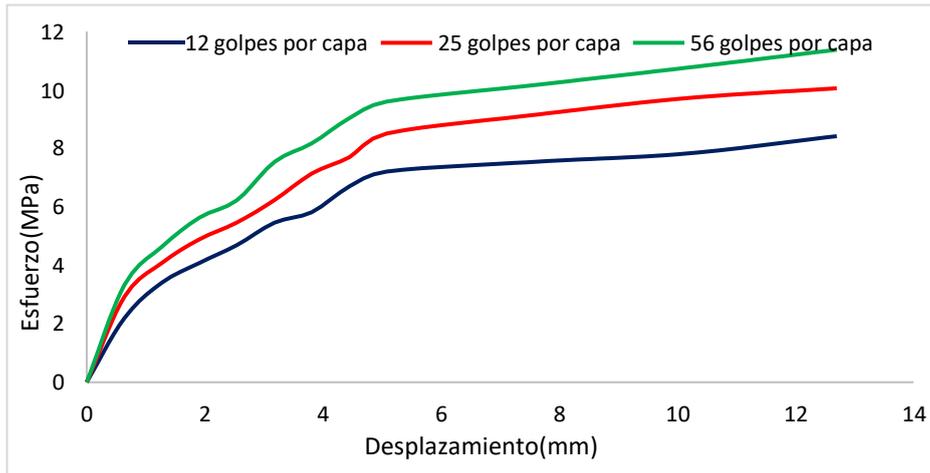
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12215	12411	12748
Peso suelo húmedo (g)	4288	4476	4827
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.02	2.11	2.27
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.76</b>	<b>1.84</b>	<b>1.98</b>
Contenido de humedad(%)	14.64	14.53	14.60

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	84.01	78.1	102.31	97.1	99.34	109.23
Rec + suelo seco g	81.58	75.66	98.5	93.23	95.47	104.46
Peso del recipiente g	64.99	58.99	72.23	66.63	68.99	71.75
Peso del suelo seco g	16.59	16.67	26.27	26.6	26.48	32.71
Peso del agua g	2.43	2.44	3.81	3.87	3.87	4.77
Contenido de Humedad %	14.65	14.64	14.50	14.55	14.61	14.58
Humedad promedio %	14.64		14.53		14.60	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	4.24	0.001932	2.19	0.025	0.64	5.66	0.001932	2.93	0.025	0.64	6.44	0.001932	3.333
0.050	1.27	6.57	0.001932	3.40	0.050	1.27	7.88	0.001932	4.08	0.050	1.27	8.95	0.001932	4.633
0.075	1.91	7.88	0.001932	4.08	0.075	1.91	9.45	0.001932	4.89	0.075	1.91	10.88	0.001932	5.631
0.100	2.54	9.05	0.001932	4.68	0.100	2.54	10.55	0.001932	5.46	0.100	2.54	12.02	0.001932	6.222
0.125	3.18	10.54	0.001932	5.46	0.125	3.18	12.04	0.001932	6.23	0.125	3.18	14.57	0.001932	7.541
0.150	3.81	11.23	0.001932	5.81	0.150	3.81	13.79	0.001932	7.14	0.150	3.81	15.79	0.001932	8.173
0.175	4.45	12.94	0.001932	6.70	0.175	4.45	14.88	0.001932	7.70	0.175	4.45	17.46	0.001932	9.037
0.200	5.08	13.92	0.001932	7.20	0.200	5.08	16.44	0.001932	8.51	0.200	5.08	18.55	0.001932	9.601
0.300	7.62	14.57	0.001932	7.54	0.300	7.62	17.69	0.001932	9.16	0.300	7.62	19.66	0.001932	10.176
0.400	10.16	15.11	0.001932	7.82	0.400	10.16	18.78	0.001932	9.72	0.400	10.16	20.79	0.001932	10.761
0.500	12.7	16.26	0.001932	8.42	0.500	12.70	19.43	0.001932	10.06	0.500	12.7	21.98	0.001932	11.377



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.68	6.9	<b>67.89</b>
12	0.2	7.20	10.3	<b>69.95</b>
25	0.1	5.46	6.9	<b>79.14</b>
25	0.2	8.51	10.3	<b>82.61</b>
56	0.1	6.22	6.9	<b>90.17</b>
56	0.2	9.60	10.3	<b>93.22</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm3)	CBR 0.1'' (%)	CBR 0.2'' (%)
12	1.76	67.89	69.95
25	1.84	80.01	82.61
56	1.98	90.17	93.22

M.D.S	1.950	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.853	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1''	80.01	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2''	82.61	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C3 + 4 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. C. P. N° 197384

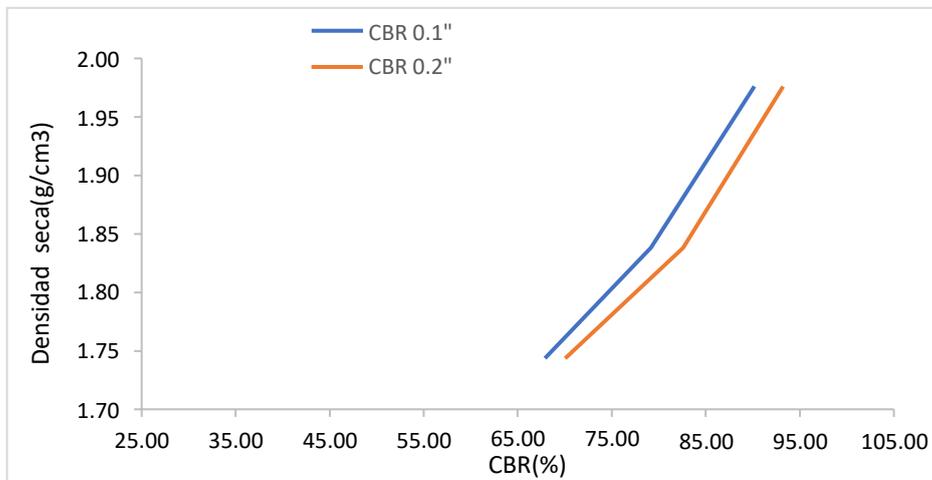
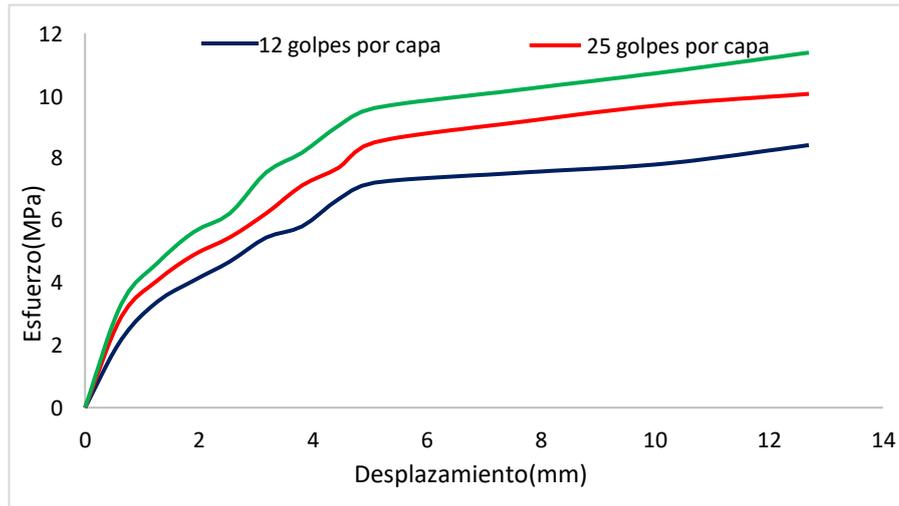
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12170	12403	12728
Peso suelo húmedo (g)	4243	4468	4807
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.00	2.10	2.26
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.74</b>	<b>1.84</b>	<b>1.98</b>
Contenido de humedad(%)	14.64	14.53	14.60

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	86.01	78.1	102.31	97.1	97.34	109.23
Rec + suelo seco g	83.58	75.66	98.5	93.23	93.47	104.46
Peso del recipiente g	66.99	58.99	72.23	66.63	66.99	71.75
Peso del suelo seco g	16.59	16.67	26.27	26.6	26.48	32.71
Peso del agua g	2.43	2.44	3.81	3.87	3.87	4.77
Contenido de Humedad %	14.65	14.64	14.50	14.55	14.61	14.58
Humedad promedio %	14.64		14.53		14.60	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	4.24	0.001932	2.19	0.025	0.64	5.66	0.001932	2.93	0.025	0.64	6.44	0.001932	3.333
0.050	1.27	6.57	0.001932	3.40	0.050	1.27	7.88	0.001932	4.08	0.050	1.27	8.95	0.001932	4.633
0.075	1.91	7.88	0.001932	4.08	0.075	1.91	9.47	0.001932	4.90	0.075	1.91	10.88	0.001932	5.631
0.100	2.54	9.05	0.001932	4.68	0.100	2.54	10.55	0.001932	5.46	0.100	2.54	12.02	0.001932	6.222
0.125	3.18	10.54	0.001932	5.46	0.125	3.18	12.04	0.001932	6.23	0.125	3.18	14.57	0.001932	7.541
0.150	3.81	11.23	0.001932	5.81	0.150	3.81	13.77	0.001932	7.13	0.150	3.81	15.79	0.001932	8.173
0.175	4.45	12.92	0.001932	6.69	0.175	4.45	14.86	0.001932	7.69	0.175	4.45	17.46	0.001932	9.037
0.200	5.08	13.94	0.001932	7.22	0.200	5.08	16.44	0.001932	8.51	0.200	5.08	18.55	0.001932	9.601
0.300	7.62	14.55	0.001932	7.53	0.300	7.62	17.69	0.001932	9.16	0.300	7.62	19.68	0.001932	10.186
0.400	10.16	15.11	0.001932	7.82	0.400	10.16	18.76	0.001932	9.71	0.400	10.16	20.77	0.001932	10.751
0.500	12.7	16.26	0.001932	8.42	0.500	12.70	19.43	0.001932	10.06	0.500	12.7	21.98	0.001932	11.377



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.68	6.9	<b>67.89</b>
12	0.2	7.22	10.3	<b>70.05</b>
25	0.1	5.46	6.9	<b>79.14</b>
25	0.2	8.51	10.3	<b>82.61</b>
56	0.1	6.22	6.9	<b>90.17</b>
56	0.2	9.60	10.3	<b>93.22</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.74	67.89	70.05
25	1.84	79.14	82.90
56	1.98	90.17	93.22

M.D.S	1.950	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.853	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	79.14	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	82.90	%

Jorge Alejandro Barranetas Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C4 + 4 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

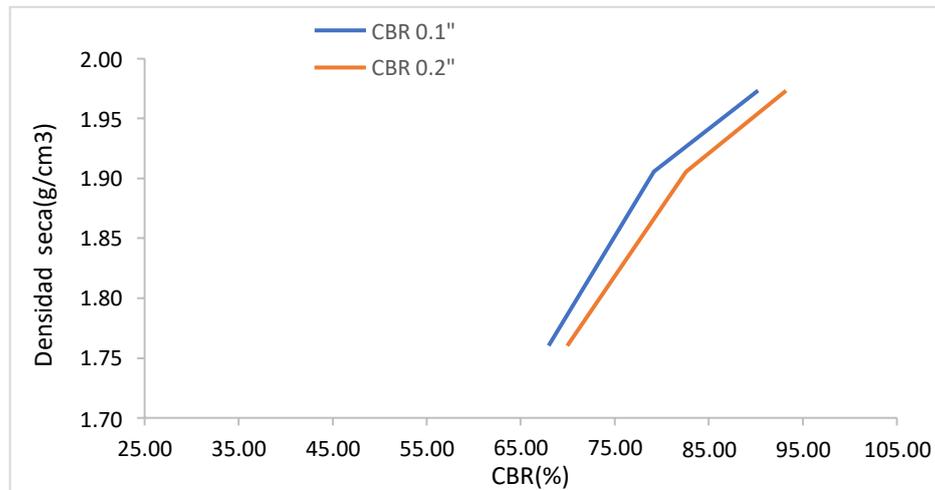
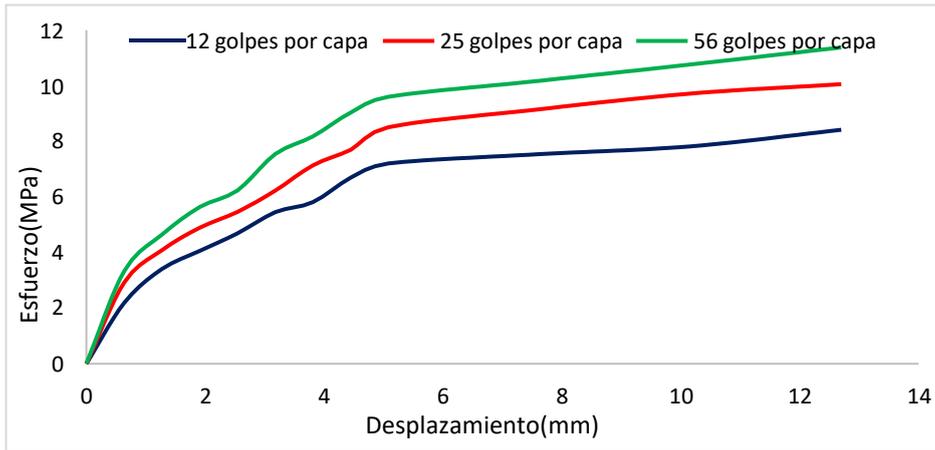
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12210	12416	12743
Peso suelo húmedo (g)	4283	4481	4822
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.02	2.11	2.27
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.76</b>	<b>1.91</b>	<b>1.97</b>
Contenido de humedad(%)	14.62	10.76	15.11

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	85.02	79.11	103.32	96.11	98.35	108.24
Rec + suelo seco g	82.59	76.67	99.51	94.24	94.46	103.47
Peso del recipiente g	65.98	59.98	73.24	67.62	67.98	72.76
Peso del suelo seco g	16.61	16.69	26.27	26.62	26.48	30.71
Peso del agua g	2.43	2.44	3.81	1.87	3.89	4.77
Contenido de Humedad %	14.63	14.62	14.50	7.02	14.69	15.53
Humedad promedio %	14.62		10.76		15.11	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	4.25	0.001932	2.20	0.025	0.64	5.67	0.001932	2.93	0.025	0.64	6.45	0.001932	3.339
0.050	1.27	6.58	0.001932	3.41	0.050	1.27	7.89	0.001932	4.08	0.050	1.27	8.96	0.001932	4.638
0.075	1.91	7.85	0.001932	4.06	0.075	1.91	9.46	0.001932	4.90	0.075	1.91	10.89	0.001932	5.637
0.100	2.54	9.06	0.001932	4.69	0.100	2.54	10.55	0.001932	5.46	0.100	2.54	12.03	0.001932	6.227
0.125	3.18	10.54	0.001932	5.46	0.125	3.18	12.04	0.001932	6.23	0.125	3.18	14.57	0.001932	7.541
0.150	3.81	11.23	0.001932	5.81	0.150	3.81	13.79	0.001932	7.14	0.150	3.81	15.79	0.001932	8.173
0.175	4.45	12.94	0.001932	6.70	0.175	4.45	14.88	0.001932	7.70	0.175	4.45	17.46	0.001932	9.037
0.200	5.08	13.92	0.001932	7.20	0.200	5.08	16.44	0.001932	8.51	0.200	5.08	18.55	0.001932	9.601
0.300	7.62	14.57	0.001932	7.54	0.300	7.62	17.69	0.001932	9.16	0.300	7.62	19.66	0.001932	10.176
0.400	10.16	15.11	0.001932	7.82	0.400	10.16	18.78	0.001932	9.72	0.400	10.16	20.79	0.001932	10.761
0.500	12.7	16.26	0.001932	8.42	0.500	12.70	19.43	0.001932	10.06	0.500	12.7	21.98	0.001932	11.377



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.69	6.9	<b>67.96</b>
12	0.2	7.20	10.3	<b>69.95</b>
25	0.1	5.46	6.9	<b>79.14</b>
25	0.2	8.51	10.3	<b>82.61</b>
56	0.1	6.23	6.9	<b>90.24</b>
56	0.2	9.60	10.3	<b>93.22</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.76	67.96	69.95
25	1.91	79.79	83.86
56	1.97	90.24	93.22

M.D.S	1.950	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.853	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	79.79	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	83.86	%

Jorge Alejandro Barrientes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C5 + 4 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

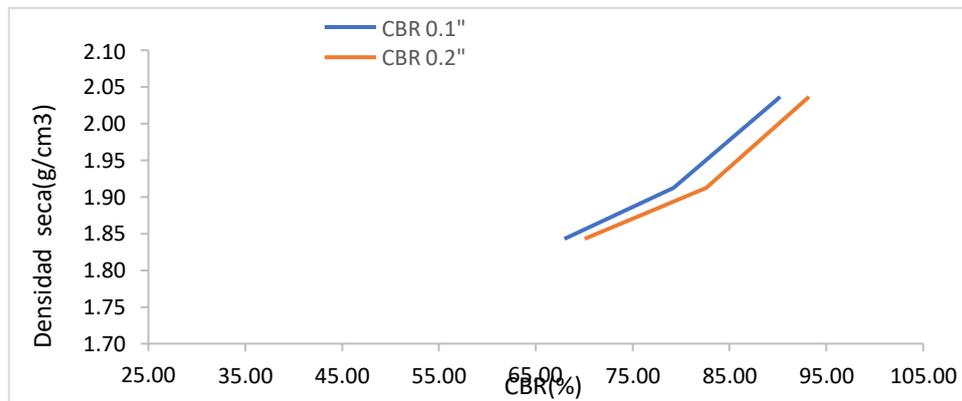
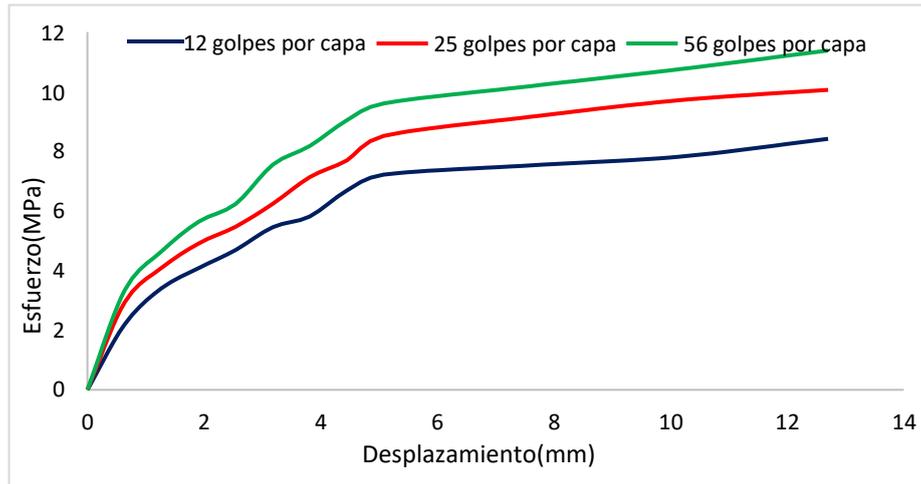
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12175	12408	12723
Peso suelo húmedo (g)	4248	4473	4802
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.00	2.11	2.26
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.84</b>	<b>1.91</b>	<b>2.04</b>
Contenido de humedad(%)	8.60	10.21	11.09

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	87.02	77.11	101.32	98.11	96.35	108.22
Rec + suelo seco g	84.59	76.68	99.51	94.24	94.46	103.45
Peso del recipiente g	67.98	59.98	73.24	65.62	65.99	72.74
Peso del suelo seco g	16.61	16.7	26.27	28.62	28.47	30.71
Peso del agua g	2.43	0.43	1.81	3.87	1.89	4.77
Contenido de Humedad %	14.63	2.57	6.89	13.52	6.64	15.53
Humedad promedio %	8.60		10.21		11.09	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	4.25	0.001932	2.20	0.025	0.64	5.67	0.001932	2.93	0.025	0.64	6.45	0.001932	3.339
0.050	1.27	6.58	0.001932	3.41	0.050	1.27	7.89	0.001932	4.08	0.050	1.27	8.96	0.001932	4.638
0.075	1.91	7.89	0.001932	4.08	0.075	1.91	9.48	0.001932	4.91	0.075	1.91	10.89	0.001932	5.637
0.100	2.54	9.06	0.001932	4.69	0.100	2.54	10.56	0.001932	5.47	0.100	2.54	12.03	0.001932	6.227
0.125	3.18	10.54	0.001932	5.46	0.125	3.18	12.05	0.001932	6.24	0.125	3.18	14.58	0.001932	7.547
0.150	3.81	11.23	0.001932	5.81	0.150	3.81	13.77	0.001932	7.13	0.150	3.81	15.79	0.001932	8.173
0.175	4.45	12.92	0.001932	6.69	0.175	4.45	14.86	0.001932	7.69	0.175	4.45	17.46	0.001932	9.037
0.200	5.08	13.94	0.001932	7.22	0.200	5.08	16.44	0.001932	8.51	0.200	5.08	18.55	0.001932	9.601
0.300	7.62	14.55	0.001932	7.53	0.300	7.62	17.69	0.001932	9.16	0.300	7.62	19.68	0.001932	10.186
0.400	10.16	15.11	0.001932	7.82	0.400	10.16	18.76	0.001932	9.71	0.400	10.16	20.77	0.001932	10.751
0.500	12.7	16.26	0.001932	8.42	0.500	12.70	19.43	0.001932	10.06	0.500	12.7	21.98	0.001932	11.377



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.69	6.9	<b>67.96</b>
12	0.2	7.22	10.3	<b>70.05</b>
25	0.1	5.47	6.9	<b>79.22</b>
25	0.2	8.51	10.3	<b>82.61</b>
56	0.1	6.23	6.9	<b>90.24</b>
56	0.2	9.60	10.3	<b>93.22</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.84	67.96	70.05
25	1.91	79.22	83.20
56	2.04	90.24	93.22

M.D.S	1.950	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.853	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	79.22	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	83.20	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384







## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C1 + 5 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

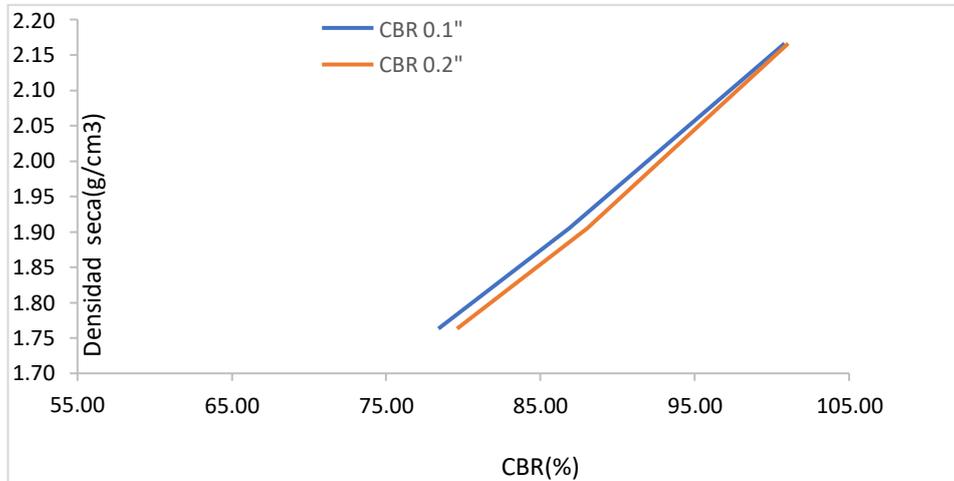
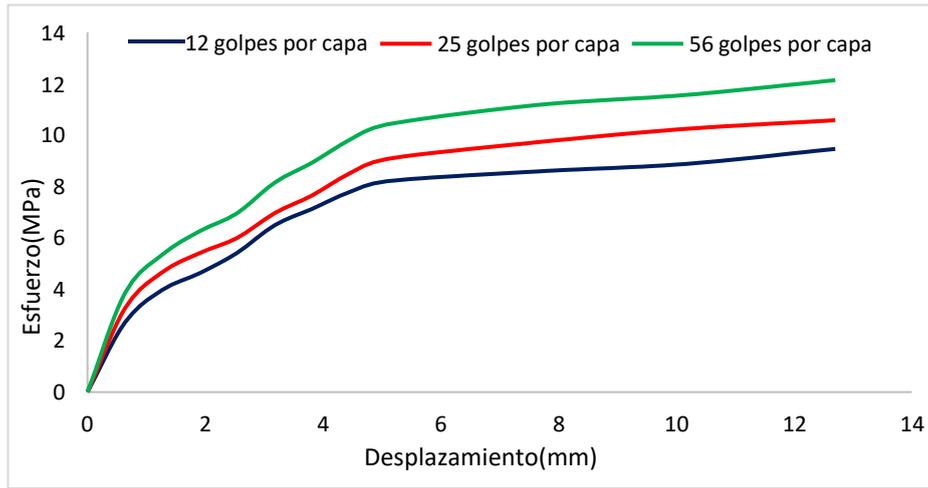
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12211	12563	13180
Peso suelo húmedo (g)	4284	4628	5259
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.02	2.18	2.48
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.76</b>	<b>1.90</b>	<b>2.17</b>
Contenido de humedad(%)	14.47	14.45	14.38

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	91.66	99.34	95.32	102.65	93.52	109.45
Rec + suelo seco g	89.34	97.04	93.01	100.53	91.23	104.68
Peso del recipiente g	73.13	81.32	76.84	86.03	75.07	71.97
Peso del suelo seco g	16.21	15.72	16.17	14.5	16.16	32.71
Peso del agua g	2.32	2.3	2.31	2.12	2.29	4.77
Contenido de Humedad %	14.31	14.63	14.29	14.62	14.17	14.58
Humedad promedio %	14.47		14.45		14.38	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	5.24	0.001932	2.71	0.025	0.64	6.32	0.001932	3.27	0.025	0.64	7.46	0.001932	3.861
0.050	1.27	7.67	0.001932	3.97	0.050	1.27	9.01	0.001932	4.66	0.050	1.27	10.33	0.001932	5.347
0.075	1.91	8.94	0.001932	4.63	0.075	1.91	10.46	0.001932	5.41	0.075	1.91	12.11	0.001932	6.268
0.100	2.54	10.45	0.001932	5.41	0.100	2.54	11.58	0.001932	5.99	0.100	2.54	13.44	0.001932	6.957
0.125	3.18	12.54	0.001932	6.49	0.125	3.18	13.46	0.001932	6.97	0.125	3.18	15.75	0.001932	8.152
0.150	3.81	13.75	0.001932	7.12	0.150	3.81	14.77	0.001932	7.64	0.150	3.81	17.23	0.001932	8.918
0.175	4.45	15.03	0.001932	7.78	0.175	4.45	16.44	0.001932	8.51	0.175	4.45	18.95	0.001932	9.808
0.200	5.08	15.84	0.001932	8.20	0.200	5.08	17.52	0.001932	9.07	0.200	5.08	20.11	0.001932	10.409
0.300	7.62	16.57	0.001932	8.58	0.300	7.62	18.77	0.001932	9.72	0.300	7.62	21.57	0.001932	11.165
0.400	10.16	17.14	0.001932	8.87	0.400	10.16	19.78	0.001932	10.24	0.400	10.16	22.33	0.001932	11.558
0.500	12.7	18.27	0.001932	9.46	0.500	12.70	20.43	0.001932	10.57	0.500	12.7	23.44	0.001932	12.133



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	5.41	6.9	<b>78.39</b>
12	0.2	8.20	10.3	<b>79.60</b>
25	0.1	5.99	6.9	<b>86.87</b>
25	0.2	9.07	10.3	<b>88.04</b>
56	0.1	6.96	6.9	<b>100.82</b>
56	0.2	10.41	10.3	<b>101.06</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.76	78.39	79.60
25	1.90	86.87	88.04
56	2.17	100.82	101.06

M.D.S	2.000	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.900	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	86.87	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	88.04	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C2 + 5 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

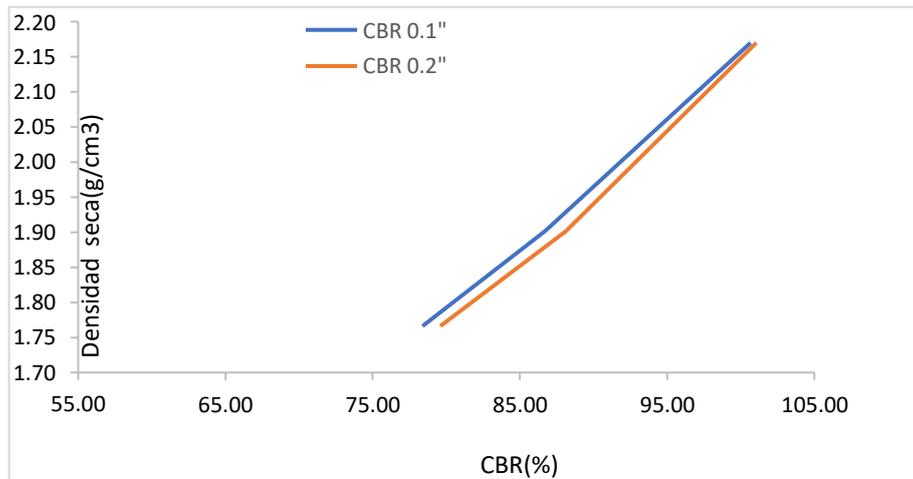
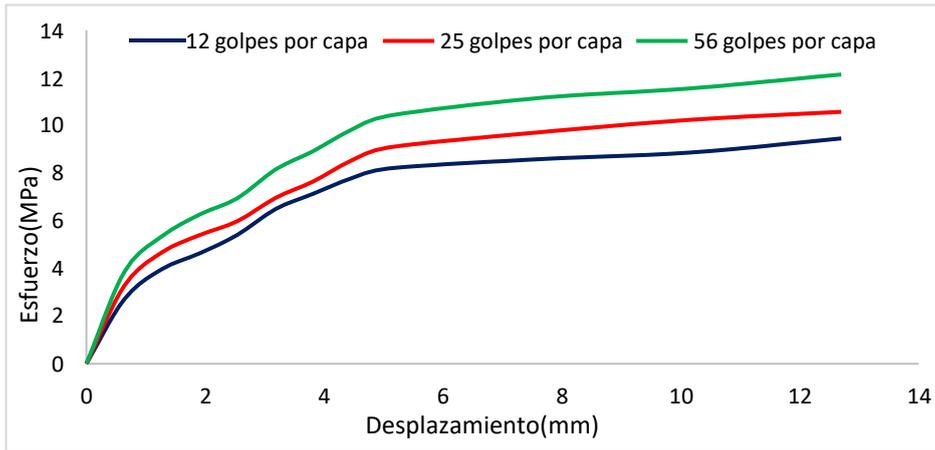
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12218	12555	13189
Peso suelo húmedo (g)	4291	4620	5268
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.02	2.18	2.48
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.77</b>	<b>1.90</b>	<b>2.17</b>
Contenido de humedad(%)	14.47	14.45	14.38

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	91.66	97.34	97.32	102.65	93.52	109.45
Rec + suelo seco g	89.34	95.04	95.01	100.53	91.23	104.68
Peso del recipiente g	73.13	79.32	78.84	86.03	75.07	71.97
Peso del suelo seco g	16.21	15.72	16.17	14.5	16.16	32.71
Peso del agua g	2.32	2.3	2.31	2.12	2.29	4.77
Contenido de Humedad %	14.31	14.63	14.29	14.62	14.17	14.58
Humedad promedio %	14.47		14.45		14.38	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	5.24	0.001932	2.71	0.025	0.64	6.34	0.001932	3.27	0.025	0.64	7.46	0.001932	3.861
0.050	1.27	7.67	0.001932	3.97	0.050	1.27	9.01	0.001932	4.66	0.050	1.27	10.33	0.001932	5.347
0.075	1.91	8.94	0.001932	4.63	0.075	1.91	10.46	0.001932	5.41	0.075	1.91	12.11	0.001932	6.268
0.100	2.54	10.45	0.001932	5.41	0.100	2.54	11.58	0.001932	5.99	0.100	2.54	13.44	0.001932	6.957
0.125	3.18	12.54	0.001932	6.49	0.125	3.18	13.46	0.001932	6.97	0.125	3.18	15.75	0.001932	8.152
0.150	3.81	13.75	0.001932	7.12	0.150	3.81	14.77	0.001932	7.64	0.150	3.81	17.23	0.001932	8.918
0.175	4.45	15.03	0.001932	7.78	0.175	4.45	16.44	0.001932	8.51	0.175	4.45	18.95	0.001932	9.808
0.200	5.08	15.84	0.001932	8.20	0.200	5.08	17.52	0.001932	9.07	0.200	5.08	20.11	0.001932	10.409
0.300	7.62	16.57	0.001932	8.58	0.300	7.62	18.77	0.001932	9.72	0.300	7.62	21.57	0.001932	11.165
0.400	10.16	17.14	0.001932	8.87	0.400	10.16	19.78	0.001932	10.24	0.400	10.16	22.33	0.001932	11.558
0.500	12.7	18.27	0.001932	9.46	0.500	12.70	20.43	0.001932	10.57	0.500	12.7	23.44	0.001932	12.133



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	5.41	6.9	<b>78.39</b>
12	0.2	8.20	10.3	<b>79.60</b>
25	0.1	5.98	6.9	<b>86.72</b>
25	0.2	9.08	10.3	<b>88.14</b>
56	0.1	6.95	6.9	<b>100.67</b>
56	0.2	10.41	10.3	<b>101.06</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.77	78.39	79.60
25	1.90	86.72	88.14
56	2.17	100.67	101.06

M.D.S	2.000	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.900	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	86.72	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	88.14	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384







## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C3 + 5 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

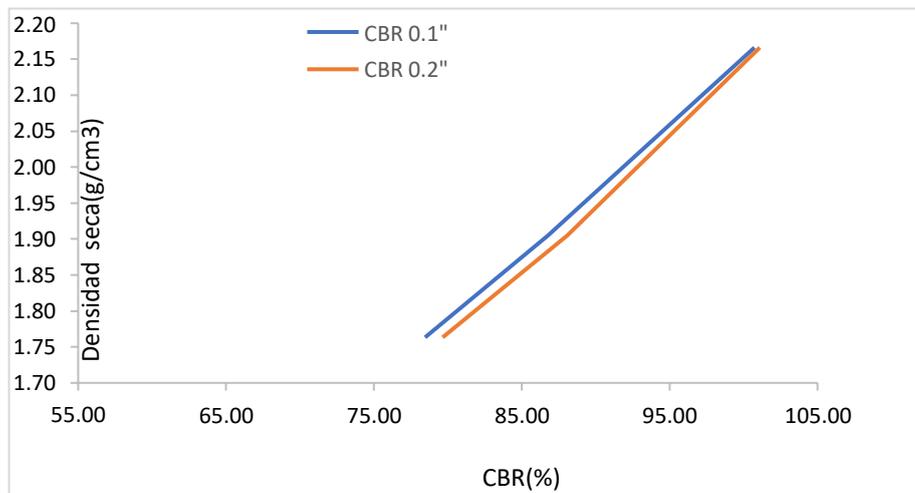
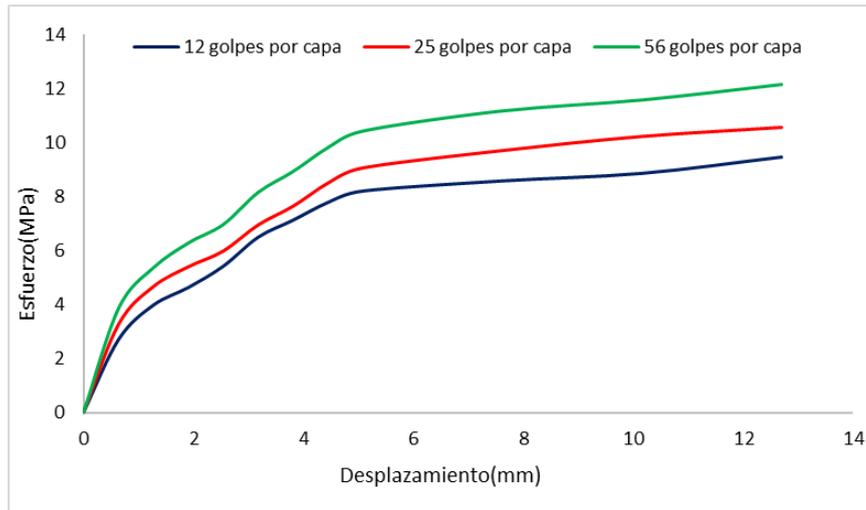
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12211	12563	13180
Peso suelo húmedo (g)	4284	4628	5259
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.02	2.18	2.48
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.76</b>	<b>1.90</b>	<b>2.17</b>
Contenido de humedad(%)	14.47	14.45	14.38

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	90.66	98.34	96.32	103.65	92.52	108.45
Rec + suelo seco g	88.34	96.04	94.01	101.53	90.23	103.68
Peso del recipiente g	72.13	80.32	77.84	87.03	74.07	70.97
Peso del suelo seco g	16.21	15.72	16.17	14.5	16.16	32.71
Peso del agua g	2.32	2.3	2.31	2.12	2.29	4.77
Contenido de Humedad %	14.31	14.63	14.29	14.62	14.17	14.58
Humedad promedio %	14.47		14.45		14.38	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	5.23	0.001932	2.71	0.025	0.64	6.33	0.001932	3.28	0.025	0.64	7.45	0.001932	3.856
0.050	1.27	7.68	0.001932	3.98	0.050	1.27	9.02	0.001932	4.67	0.050	1.27	10.34	0.001932	5.352
0.075	1.91	8.95	0.001932	4.63	0.075	1.91	10.45	0.001932	5.41	0.075	1.91	12.12	0.001932	6.273
0.100	2.54	10.46	0.001932	5.41	0.100	2.54	11.57	0.001932	5.99	0.100	2.54	13.43	0.001932	6.951
0.125	3.18	12.55	0.001932	6.50	0.125	3.18	13.45	0.001932	6.96	0.125	3.18	15.74	0.001932	8.147
0.150	3.81	13.76	0.001932	7.12	0.150	3.81	14.78	0.001932	7.65	0.150	3.81	17.22	0.001932	8.913
0.175	4.45	15.04	0.001932	7.78	0.175	4.45	16.45	0.001932	8.51	0.175	4.45	18.94	0.001932	9.803
0.200	5.08	15.85	0.001932	8.20	0.200	5.08	17.53	0.001932	9.07	0.200	5.08	20.12	0.001932	10.414
0.300	7.62	16.58	0.001932	8.58	0.300	7.62	18.78	0.001932	9.72	0.300	7.62	21.56	0.001932	11.159
0.400	10.16	17.12	0.001932	8.86	0.400	10.16	19.79	0.001932	10.24	0.400	10.16	22.34	0.001932	11.563
0.500	12.7	18.28	0.001932	9.46	0.500	12.70	20.44	0.001932	10.58	0.500	12.7	23.45	0.001932	12.138



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	5.41	6.9	<b>78.46</b>
12	0.2	8.20	10.3	<b>79.65</b>
25	0.1	5.99	6.9	<b>86.79</b>
25	0.2	9.07	10.3	<b>88.09</b>
56	0.1	6.95	6.9	<b>100.74</b>
56	0.2	10.41	10.3	<b>101.11</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.76	78.46	79.65
25	1.90	86.79	88.09
56	2.17	100.74	101.11

M.D.S	2.000	g/cm³
95%(M.D.S)	1.900	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	86.79	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	88.09	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C4 + 5 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C. P. N° 197384

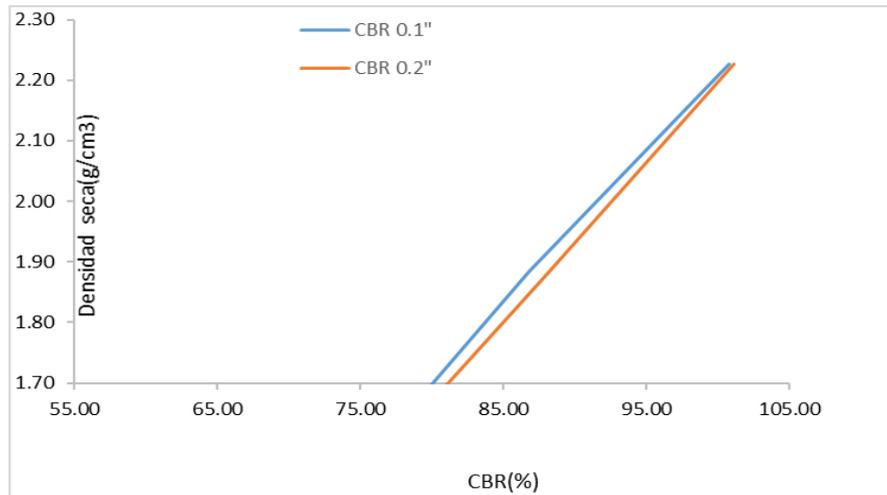
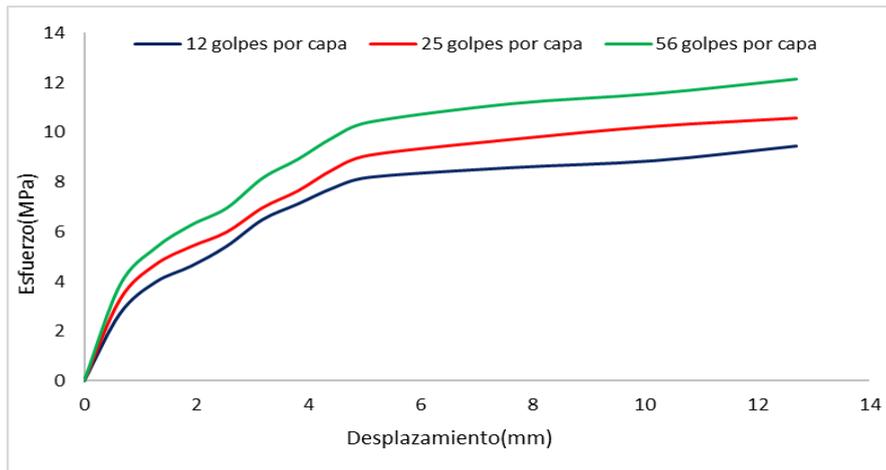
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12213	12550	13184
Peso suelo húmedo (g)	4286	4615	5263
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.02	2.17	2.48
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.66</b>	<b>1.88</b>	<b>2.23</b>
Contenido de humedad(%)	21.68	15.39	11.35

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	92.67	98.35	96.31	103.66	94.53	108.46
Rec + suelo seco g	88.35	96.05	94.02	101.54	92.23	105.69
Peso del recipiente g	74.14	78.31	79.85	87.04	76.08	72.98
Peso del suelo seco g	14.21	17.74	14.17	14.5	16.15	32.71
Peso del agua g	4.32	2.3	2.29	2.12	2.3	2.77
Contenido de Humedad %	30.40	12.97	16.16	14.62	14.24	8.47
Humedad promedio %	21.68		15.39		11.35	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	5.25	0.001932	2.71	0.025	0.64	6.33	0.001932	3.28	0.025	0.64	7.45	0.001932	3.856
0.050	1.27	7.68	0.001932	3.98	0.050	1.27	9.02	0.001932	4.67	0.050	1.27	10.34	0.001932	5.352
0.075	1.91	8.95	0.001932	4.63	0.075	1.91	10.45	0.001932	5.41	0.075	1.91	12.12	0.001932	6.273
0.100	2.54	10.46	0.001932	5.41	0.100	2.54	11.57	0.001932	5.99	0.100	2.54	13.43	0.001932	6.951
0.125	3.18	12.55	0.001932	6.50	0.125	3.18	13.45	0.001932	6.96	0.125	3.18	15.74	0.001932	8.147
0.150	3.81	13.76	0.001932	7.12	0.150	3.81	14.78	0.001932	7.65	0.150	3.81	17.22	0.001932	8.913
0.175	4.45	15.04	0.001932	7.78	0.175	4.45	16.45	0.001932	8.51	0.175	4.45	18.94	0.001932	9.803
0.200	5.08	15.85	0.001932	8.20	0.200	5.08	17.53	0.001932	9.07	0.200	5.08	20.12	0.001932	10.414
0.300	7.62	16.58	0.001932	8.58	0.300	7.62	18.78	0.001932	9.72	0.300	7.62	21.56	0.001932	11.159
0.400	10.16	17.12	0.001932	8.86	0.400	10.16	19.79	0.001932	10.24	0.400	10.16	22.34	0.001932	11.563
0.500	12.7	18.28	0.001932	9.46	0.500	12.70	20.44	0.001932	10.58	0.500	12.7	23.45	0.001932	12.138



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	5.42	6.9	<b>78.61</b>
12	0.2	8.20	10.3	<b>79.60</b>
25	0.1	5.99	6.9	<b>86.79</b>
25	0.2	9.08	10.3	<b>88.14</b>
56	0.1	6.95	6.9	<b>100.74</b>
56	0.2	10.41	10.3	<b>101.06</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.66	78.61	79.60
25	1.88	87.32	88.83
56	2.23	100.74	101.06

M.D.S	2.000	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.900	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	87.32	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	88.83	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C5 + 5 % CCC + 4% CH

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

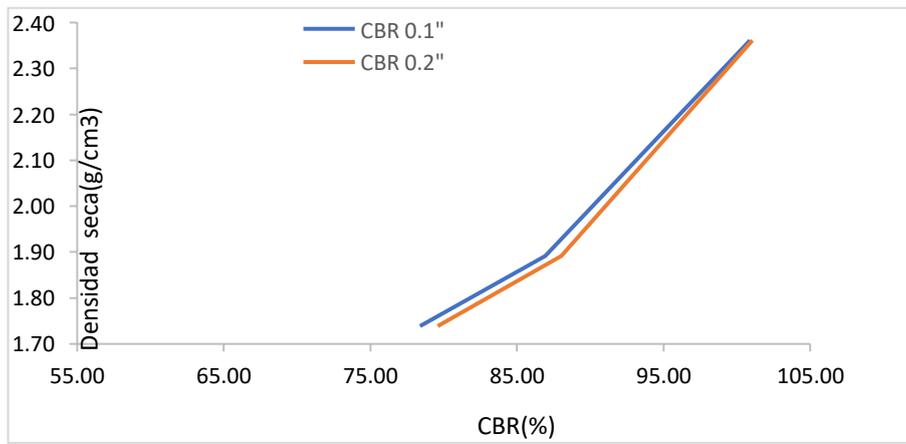
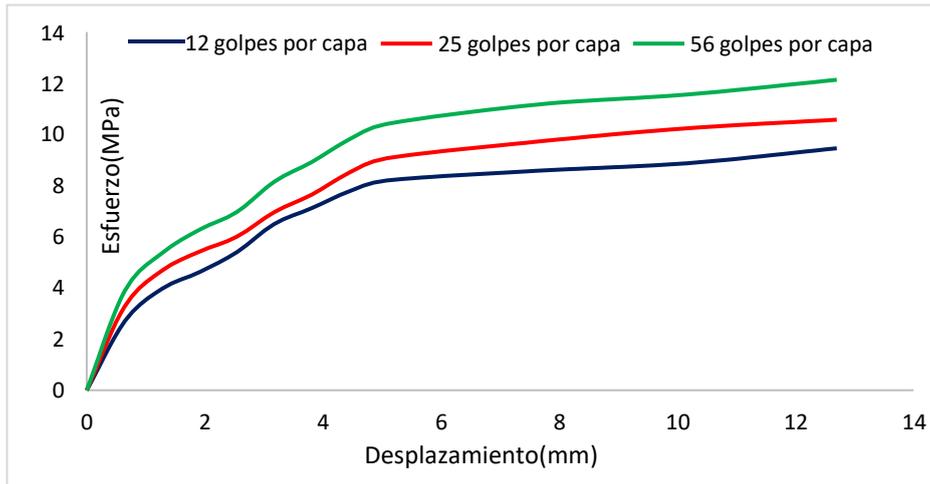
### Datos del ensayo

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12216	12568	13185
Peso suelo húmedo (g)	4289	4633	5264
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	2.02	2.18	2.48
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.74</b>	<b>1.89</b>	<b>2.36</b>
Contenido de humedad(%)	16.22	15.42	5.03

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	92.67	98.35	94.31	103.66	92.51	108.46
Rec + suelo seco g	88.35	98.03	92	101.55	92.22	105.69
Peso del recipiente g	74.14	82.31	77.85	87.02	74.06	72.98
Peso del suelo seco g	14.21	15.72	14.15	14.53	18.16	32.71
Peso del agua g	4.32	0.32	2.31	2.11	0.29	2.77
Contenido de Humedad %	30.40	2.04	16.33	14.52	1.60	8.47
Humedad promedio %	16.22		15.42		5.03	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0.00	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.65	5.24	0.001932	2.71	0.025	0.64	6.31	0.001932	3.27	0.025	0.64	7.47	0.001932	3.866
0.050	1.28	7.67	0.001932	3.97	0.050	1.27	9.02	0.001932	4.67	0.050	1.27	10.34	0.001932	5.352
0.075	1.92	8.94	0.001932	4.63	0.075	1.91	10.47	0.001932	5.42	0.075	1.91	12.12	0.001932	6.273
0.100	2.55	10.45	0.001932	5.41	0.100	2.54	11.59	0.001932	6.00	0.100	2.54	13.45	0.001932	6.962
0.125	3.17	12.54	0.001932	6.49	0.125	3.18	13.46	0.001932	6.97	0.125	3.18	15.76	0.001932	8.157
0.150	3.81	13.75	0.001932	7.12	0.150	3.81	14.77	0.001932	7.64	0.150	3.81	17.23	0.001932	8.918
0.175	4.45	15.03	0.001932	7.78	0.175	4.45	16.44	0.001932	8.51	0.175	4.45	18.95	0.001932	9.808
0.200	5.08	15.84	0.001932	8.20	0.200	5.08	17.52	0.001932	9.07	0.200	5.08	20.11	0.001932	10.409
0.300	7.62	16.57	0.001932	8.58	0.300	7.62	18.77	0.001932	9.72	0.300	7.62	21.57	0.001932	11.165
0.400	10.16	17.14	0.001932	8.87	0.400	10.16	19.78	0.001932	10.24	0.400	10.16	22.33	0.001932	11.558
0.500	12.7	18.27	0.001932	9.46	0.500	12.70	20.43	0.001932	10.57	0.500	12.7	23.44	0.001932	12.133



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	5.41	6.9	<b>78.39</b>
12	0.2	8.20	10.3	<b>79.60</b>
25	0.1	6.00	6.9	<b>86.94</b>
25	0.2	9.07	10.3	<b>88.04</b>
56	0.1	6.96	6.9	<b>100.89</b>
56	0.2	10.41	10.3	<b>101.06</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.74	78.39	79.60
25	1.89	86.94	88.6
56	2.36	100.89	101.06

M.D.S	2.000	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.900	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	86.94	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	88.6	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C1

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.I.P. N° 197384

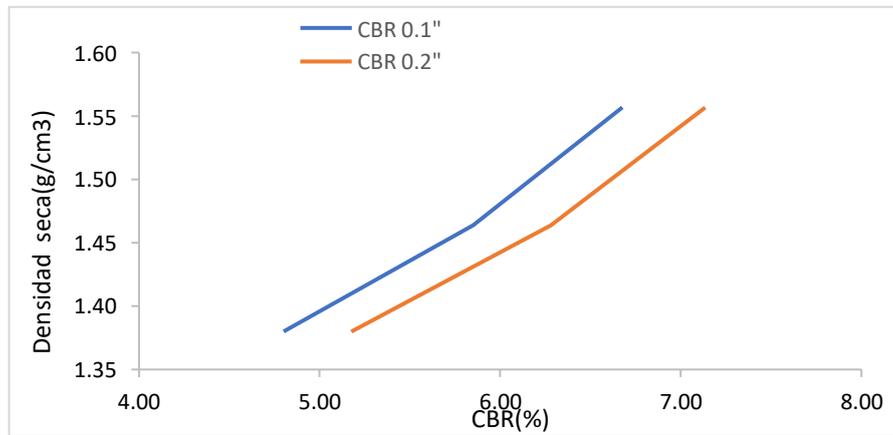
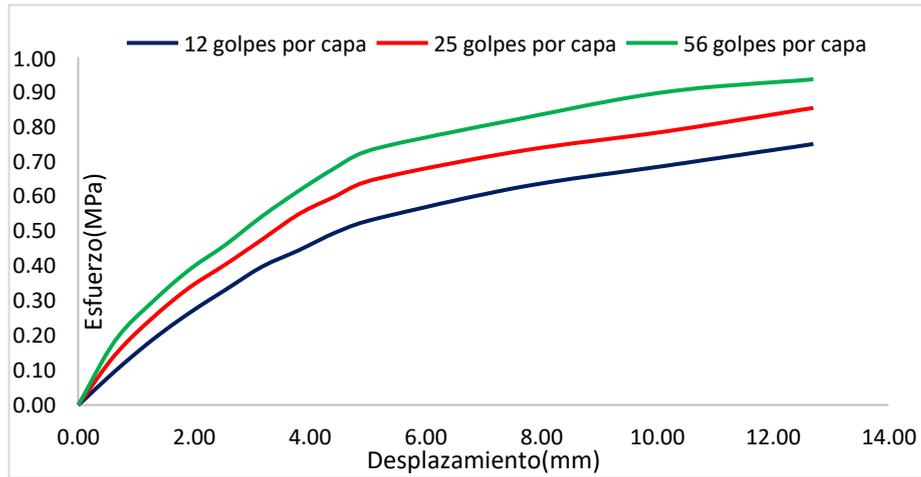
### DATOS DEL ENSAYO

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7933	7927	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11053	11232	11432
Peso suelo húmedo (g)	3120	3305	3511
Volumen cm3	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm3)	1.47	1.56	1.65
<b>Densidad seca(g/cm3)</b>	<b>1.38</b>	<b>1.46</b>	<b>1.56</b>
Contenido de humedad(%)	6.52	6.35	6.25

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #		12		25		56	
Rec + suelo húmedo	g	98.24	87.5	99.69	98.24	102.45	116.45
Rec + suelo seco	g	96.25	86.35	98.61	96.41	100.78	114.87
Peso del recipiente	g	65.79	68.65	81.54	67.74	73.05	90.45
Peso del suelo seco	g	30.46	17.7	17.07	28.67	27.73	24.42
Peso del agua	g	1.99	1.15	1.08	1.83	1.67	1.58
Contenido de Humedad	%	6.53	6.50	6.33	6.38	6.02	6.47
Humedad promedio	%	6.52		6.35		6.25	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00
0.025	0.64	0.19	0.001932	0.10	0.025	0.64	0.28	0.001932	0.14	0.025	0.64	0.36	0.001932	0.19
0.050	1.27	0.36	0.001932	0.19	0.050	1.27	0.48	0.001932	0.25	0.050	1.27	0.57	0.001932	0.30
0.075	1.91	0.51	0.001932	0.26	0.075	1.91	0.65	0.001932	0.34	0.075	1.91	0.75	0.001932	0.39
0.100	2.54	0.64	0.001932	0.33	0.100	2.54	0.78	0.001932	0.40	0.100	2.54	0.89	0.001932	0.46
0.125	3.18	0.77	0.001932	0.40	0.125	3.18	0.92	0.001932	0.48	0.125	3.18	1.05	0.001932	0.54
0.150	3.81	0.86	0.001932	0.45	0.150	3.81	1.06	0.001932	0.55	0.150	3.81	1.19	0.001932	0.62
0.175	4.45	0.96	0.001932	0.50	0.175	4.45	1.16	0.001932	0.60	0.175	4.45	1.32	0.001932	0.68
0.200	5.08	1.03	0.001932	0.53	0.200	5.08	1.25	0.001932	0.65	0.200	5.08	1.42	0.001932	0.73
0.300	7.62	1.21	0.001932	0.63	0.300	7.62	1.41	0.001932	0.73	0.300	7.62	1.59	0.001932	0.82
0.400	10.16	1.33	0.001932	0.69	0.400	10.16	1.52	0.001932	0.79	0.400	10.16	1.74	0.001932	0.90
0.500	12.70	1.45	0.001932	0.75	0.500	12.70	1.65	0.001932	0.85	0.500	12.70	1.81	0.001932	0.94



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	0.33	6.9	<b>4.80</b>
12	0.2	0.53	10.3	<b>5.18</b>
25	0.1	0.40	6.9	<b>5.85</b>
25	0.2	0.65	10.3	<b>6.28</b>
56	0.1	0.46	6.9	<b>6.68</b>
56	0.2	0.73	10.3	<b>7.14</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.38	4.80	5.18
25	1.46	5.85	6.28
56	1.56	6.68	7.14

<b>M.D.S</b>	1.57	g/cm <sup>3</sup>
<b>95%(M.D.S)</b>	1.49	g/cm <sup>3</sup>
<b>C.B.R.(M.D.S) 0.1"</b>	6.2	%
<b>C.B.R.(M.D.S) 0.2"</b>	6.6	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C2

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

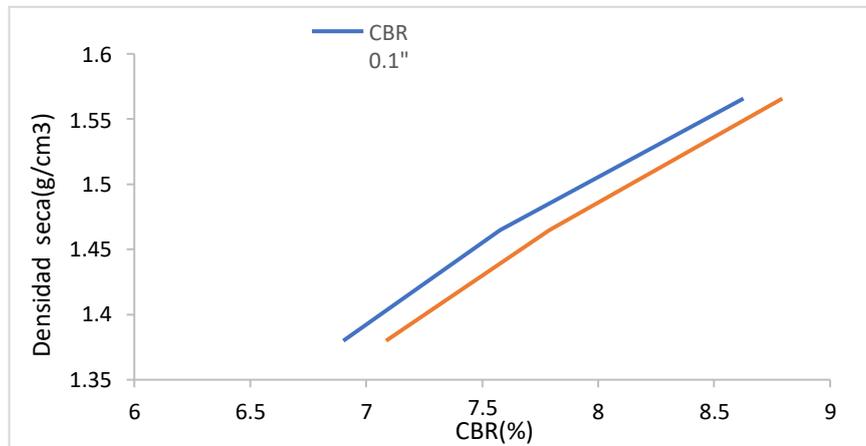
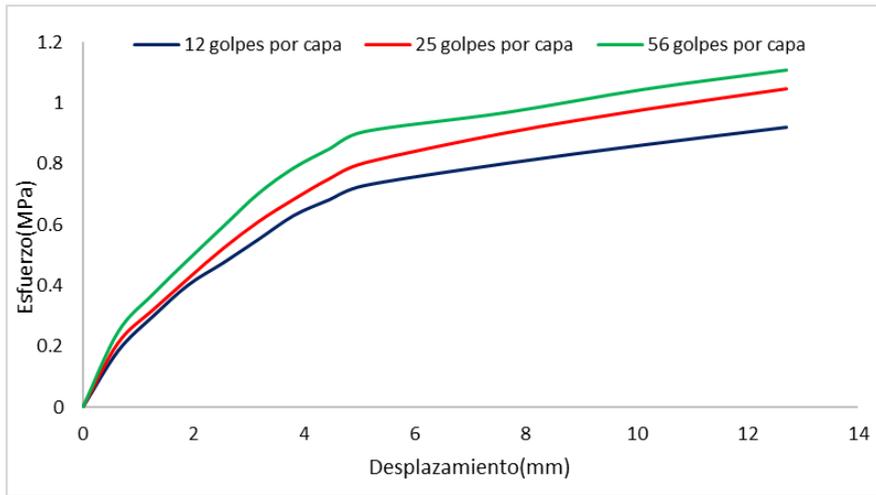
### DATOS DEL ENSAYO

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11323	11543	11764
Peso suelo húmedo (g)	3396	3608	3843
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.60	1.70	1.81
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.38</b>	<b>1.46</b>	<b>1.57</b>
Contenido de humedad(%)	15.94	16.03	15.63

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #		12		25		56	
Rec + suelo húmedo	g	85.24	79.45	101.79	98.24	98.45	108.34
Rec + suelo seco	g	82.6	76.77	97.61	94	94.28	103.34
Peso del recipiente	g	66	60	71.34	67.74	68	70.86
Peso del suelo seco	g	16.6	16.77	26.27	26.26	26.28	32.48
Peso del agua	g	2.64	2.68	4.18	4.24	4.17	5
Contenido de Humedad	%	15.90	15.98	15.91	16.15	15.87	15.39
Humedad promedio	%	15.94		16.03		15.63	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0	0	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	0.36	0.001932	0.19	0.025	0.64	0.41	0.001932	0.21	0.025	0.64	0.48	0.001932	0.248
0.050	1.27	0.58	0.001932	0.30	0.050	1.27	0.62	0.001932	0.32	0.050	1.27	0.72	0.001932	0.373
0.075	1.91	0.78	0.001932	0.40	0.075	1.91	0.82	0.001932	0.42	0.075	1.91	0.94	0.001932	0.487
0.100	2.54	0.92	0.001932	0.48	0.100	2.54	1.01	0.001932	0.52	0.100	2.54	1.15	0.001932	0.595
0.125	3.18	1.07	0.001932	0.55	0.125	3.18	1.18	0.001932	0.61	0.125	3.18	1.36	0.001932	0.704
0.150	3.81	1.22	0.001932	0.63	0.150	3.81	1.32	0.001932	0.68	0.150	3.81	1.52	0.001932	0.787
0.175	4.45	1.32	0.001932	0.68	0.175	4.45	1.45	0.001932	0.75	0.175	4.45	1.64	0.001932	0.849
0.200	5.08	1.41	0.001932	0.73	0.200	5.08	1.55	0.001932	0.80	0.200	5.08	1.75	0.001932	0.906
0.300	7.62	1.55	0.001932	0.80	0.300	7.62	1.74	0.001932	0.90	0.300	7.62	1.87	0.001932	0.968
0.400	10.16	1.67	0.001932	0.86	0.400	10.16	1.89	0.001932	0.98	0.400	10.16	2.02	0.001932	1.046
0.500	12.7	1.78	0.001932	0.92	0.500	12.70	2.02	0.001932	1.05	0.500	12.7	2.14	0.001932	1.108



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	0.48	6.9	<b>6.90</b>
12	0.2	0.73	10.3	<b>7.09</b>
25	0.1	0.52	6.9	<b>7.58</b>
25	0.2	0.80	10.3	<b>7.79</b>
56	0.1	0.60	6.9	<b>8.63</b>
56	0.2	0.91	10.3	<b>8.79</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.38	6.90	7.09
25	1.46	7.58	7.79
56	1.57	8.63	8.79

M.D.S	1.570	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.4915	g/cm <sup>3</sup>
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	7.7	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	8.1	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C3

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

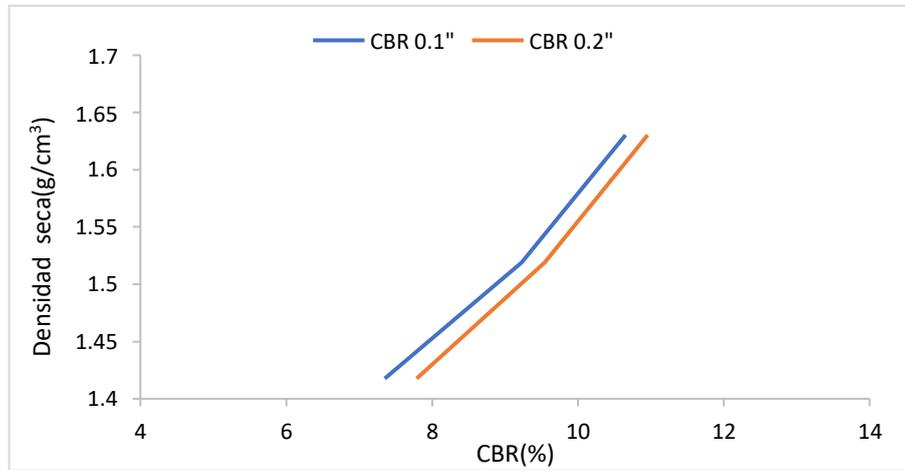
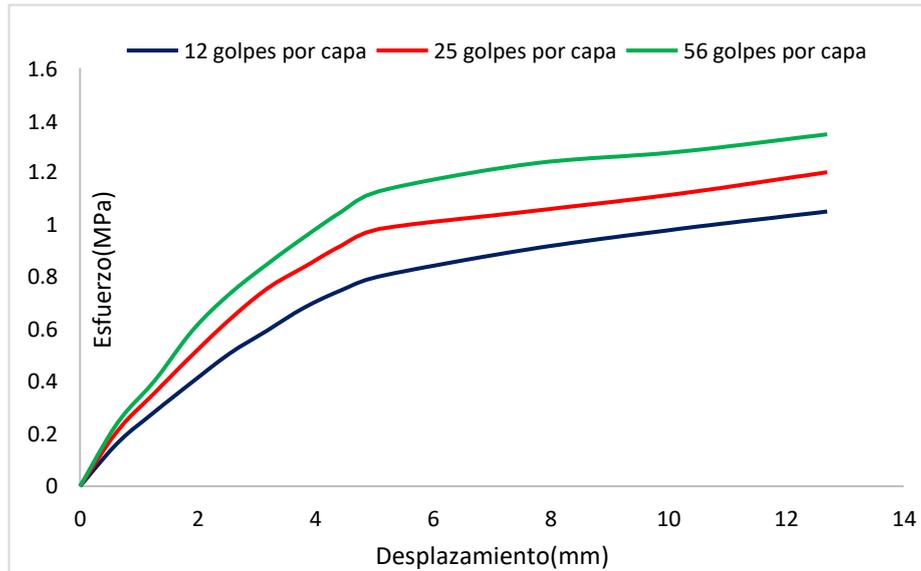
### DATOS DEL ENSAYO

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7933	7927	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11441	11692	11957
Peso suelo húmedo (g)	3508	3765	4036
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.65	1.77	1.90
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.42</b>	<b>1.52</b>	<b>1.63</b>
Contenido de humedad(%)	16.57	16.77	16.62

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	81.35	79.96	99.56	84.78	84.56	97.56
Rec + suelo seco g	79.32	77.98	97.43	82.45	82.48	95.67
Peso del recipiente g	67.21	65.89	84.73	68.56	70.01	84.26
Peso del suelo seco g	12.11	12.09	12.7	13.89	12.47	11.41
Peso del agua g	2.03	1.98	2.13	2.33	2.08	1.89
Contenido de Humedad %	16.76	16.38	16.77	16.77	16.68	16.56
Humedad promedio %	16.57		16.77		16.62	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m2)	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00
0.025	0.64	0.32	0.001932	0.17	0.025	0.64	0.41	0.001932	0.21	0.025	0.64	0.47	0.001932	0.24
0.050	1.27	0.55	0.001932	0.28	0.050	1.27	0.69	0.001932	0.36	0.050	1.27	0.78	0.001932	0.40
0.075	1.91	0.77	0.001932	0.40	0.075	1.91	0.97	0.001932	0.50	0.075	1.91	1.15	0.001932	0.60
0.100	2.54	0.98	0.001932	0.51	0.100	2.54	1.23	0.001932	0.64	0.100	2.54	1.42	0.001932	0.73
0.125	3.18	1.15	0.001932	0.60	0.125	3.18	1.46	0.001932	0.76	0.125	3.18	1.64	0.001932	0.85
0.150	3.81	1.32	0.001932	0.68	0.150	3.81	1.62	0.001932	0.84	0.150	3.81	1.84	0.001932	0.95
0.175	4.45	1.45	0.001932	0.75	0.175	4.45	1.78	0.001932	0.92	0.175	4.45	2.03	0.001932	1.05
0.200	5.08	1.55	0.001932	0.80	0.200	5.08	1.90	0.001932	0.98	0.200	5.08	2.18	0.001932	1.13
0.300	7.62	1.75	0.001932	0.91	0.300	7.62	2.03	0.001932	1.05	0.300	7.62	2.38	0.001932	1.23
0.400	10.16	1.90	0.001932	0.98	0.400	10.16	2.16	0.001932	1.12	0.400	10.16	2.47	0.001932	1.28
0.500	12.70	2.03	0.001932	1.05	0.500	12.70	2.32	0.001932	1.20	0.500	12.70	2.6	0.001932	1.35



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	0.51	6.9	<b>7.35</b>
12	0.2	0.80	10.3	<b>7.79</b>
25	0.1	0.64	6.9	<b>9.23</b>
25	0.2	0.98	10.3	<b>9.55</b>
56	0.1	0.73	6.9	<b>10.65</b>
56	0.2	1.13	10.3	<b>10.95</b>

GOLPES	DENSIDAD (g/cm³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.42	7.35	7.79
25	1.52	9.23	9.55
56	1.63	10.65	10.95

M.D.S	1.570	g/cm³
95%(M.D.S)	1.492	g/cm³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	8.8	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	9.2	%





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C4

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

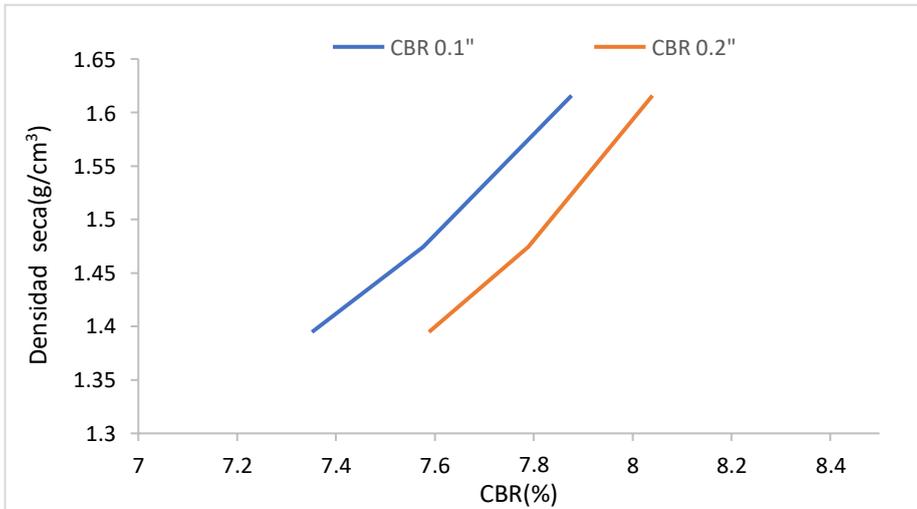
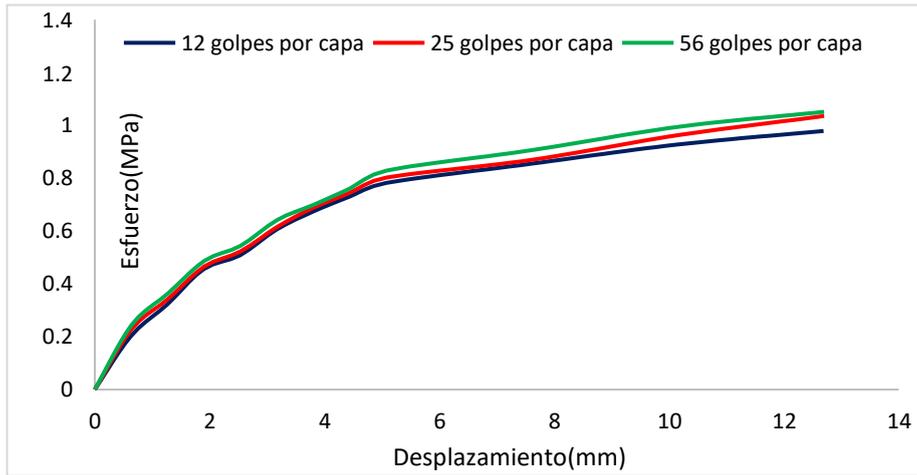
### DATOS DEL ENSAYO

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11344	11553	11882
Peso suelo húmedo (g)	3417	3618	3961
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.61	1.70	1.87
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.39</b>	<b>1.47</b>	<b>1.62</b>
Contenido de humedad(%)	15.42	15.61	15.49

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12 golpes		25 golpes		56 golpes	
Rec + suelo húmedo g	95.13	79.39	101.64	98.05	98.34	118.23
Rec + suelo seco g	92.59	76.78	97.50	93.99	94.17	113.34
Peso del recipiente g	75.99	59.99	71.23	67.74	67.99	80.85
Peso del suelo seco g	16.60	16.79	26.27	26.25	26.18	32.49
Peso del agua g	2.54	2.61	4.14	4.06	4.17	4.89
Contenido de Humedad %	15.30	15.54	15.76	15.47	15.93	15.05
Humedad promedio %	15.42		15.61		15.49	

Ensayo de CBR 12 golpes por capa					Ensayo de CBR 25 golpes por capa					Ensayo de CBR 56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0
0.025	0.63	0.39	0.001932	0.20	0.025	0.64	0.44	0.001932	0.23	0.025	0.64	0.47	0.001932	0.243
0.05	1.26	0.62	0.001932	0.32	0.050	1.27	0.66	0.001932	0.34	0.05	1.27	0.7	0.001932	0.362
0.075	1.9	0.88	0.001932	0.46	0.075	1.91	0.90	0.001932	0.47	0.075	1.91	0.94	0.001932	0.487
0.1	2.53	0.98	0.001932	0.51	0.100	2.54	1.01	0.001932	0.52	0.1	2.54	1.05	0.001932	0.543
0.125	3.17	1.17	0.001932	0.61	0.125	3.18	1.19	0.001932	0.62	0.125	3.18	1.24	0.001932	0.642
0.15	3.8	1.3	0.001932	0.67	0.150	3.81	1.33	0.001932	0.69	0.15	3.81	1.35	0.001932	0.699
0.175	4.44	1.41	0.001932	0.73	0.175	4.45	1.44	0.001932	0.75	0.175	4.45	1.47	0.001932	0.761
0.2	5.08	1.51	0.001932	0.78	0.200	5.08	1.55	0.001932	0.80	0.2	5.08	1.6	0.001932	0.828
0.3	7.6	1.65	0.001932	0.85	0.300	7.62	1.68	0.001932	0.87	0.3	7.62	1.75	0.001932	0.906
0.4	10.14	1.79	0.001932	0.93	0.400	10.16	1.86	0.001932	0.96	0.4	10.16	1.92	0.001932	0.994
0.5	12.69	1.89	0.001932	0.98	0.500	12.70	2.00	0.001932	1.04	0.5	12.7	2.03	0.001932	1.051



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	0.51	6.9	<b>7.35</b>
12	0.2	0.78	10.3	<b>7.59</b>
25	0.1	0.52	6.9	<b>7.58</b>
25	0.2	0.80	10.3	<b>7.79</b>
56	0.1	0.54	6.9	<b>7.88</b>
56	0.2	0.83	10.3	<b>8.04</b>

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

GOLPES	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	7.35	7.59
25	7.58	7.79
56	7.88	8.04

M.D.S	1.570	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.4915	g/cm <sup>3</sup>
B.R.(M.D.S) 0	7.59	%
B.R.(M.D.S) 0	7.8	%





## INDICE DE CBR DE SUELOS ASTM D 1883

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CAFÉ Y CASCARA DE HUEVO PARA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SANTA ELENA – EL CARMELO, VIRU, 2022

**MUESTRA** : C5

**SOLICITADO** : REYES ASTO DIEGO ALONSO  
ESCOBAR BLAS GUSTAVO

**UBICACIÓN** : TRAMO SANTA ELENA- EL CARMELO, VIRU - LA LIBERTAD



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
ING. DE MATERIALES  
R. C.P. N° 197384

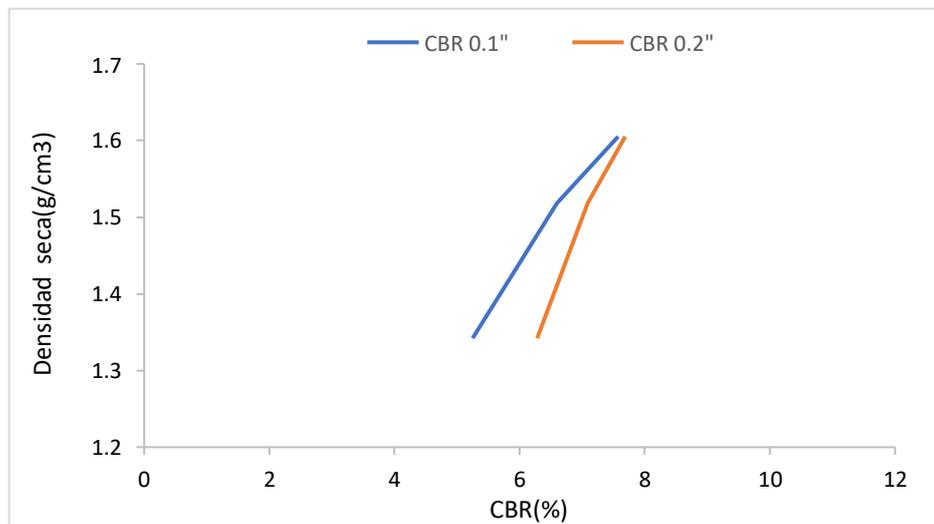
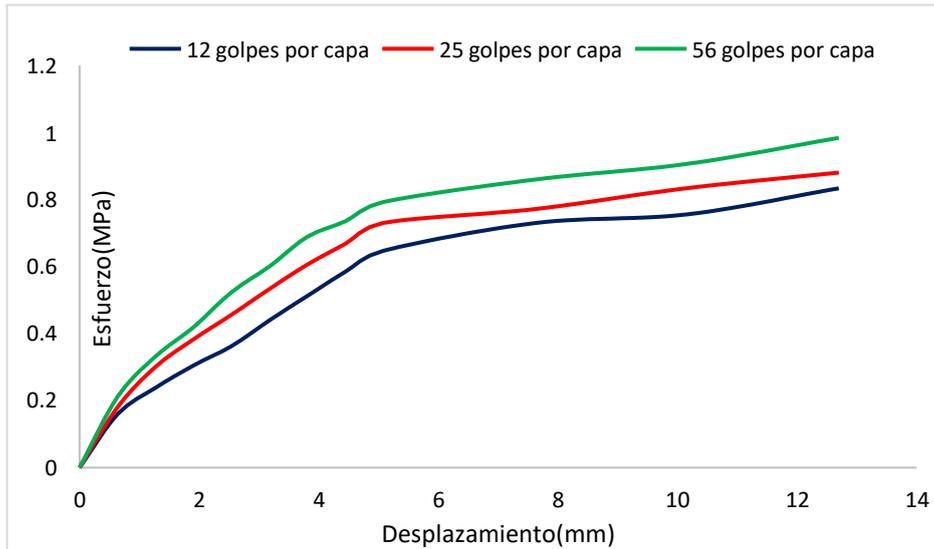
### DATOS DEL ENSAYO

Muestra #	1	2	3
N° de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7933	7927	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11253	11675	11882
Peso suelo húmedo (g)	3320	3748	3961
Volumen cm <sup>3</sup>	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm <sup>3</sup> )	1.56	1.77	1.87
<b>Densidad seca(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.34</b>	<b>1.52</b>	<b>1.61</b>
Contenido de humedad(%)	16.54	16.26	16.25

### Datos de humedad del ensayo

Muestra #	12		25		56	
Rec + suelo húmedo g	78.67	79.56	108.67	99.67	97.67	102.34
Rec + suelo seco g	76.66	77.27	106.86	97.42	95.75	100.34
Peso del recipiente g	64.37	63.57	95.66	83.67	83.97	87.99
Peso del suelo seco g	12.29	13.7	11.2	13.75	11.78	12.35
Peso del agua g	2.01	2.29	1.81	2.25	1.92	2
Contenido de Humedad %	16.35	16.72	16.16	16.36	16.30	16.19
Humedad promedio %	16.54		16.26		16.25	

Ensayo de CBR					Ensayo de CBR					Ensayo de CBR				
12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Area (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0
0.025	0.64	0.31	0.001932	0.16	0.025	0.64	0.35	0.001932	0.18	0.025	0.64	0.41	0.001932	0.212
0.050	1.27	0.46	0.001932	0.24	0.050	1.27	0.58	0.001932	0.30	0.050	1.27	0.64	0.001932	0.331
0.075	1.91	0.59	0.001932	0.31	0.075	1.91	0.74	0.001932	0.38	0.075	1.91	0.81	0.001932	0.419
0.100	2.54	0.70	0.001932	0.36	0.100	2.54	0.88	0.001932	0.46	0.100	2.54	1.01	0.001932	0.523
0.125	3.18	0.85	0.001932	0.44	0.125	3.18	1.03	0.001932	0.53	0.125	3.18	1.16	0.001932	0.600
0.150	3.81	0.99	0.001932	0.51	0.150	3.81	1.17	0.001932	0.61	0.150	3.81	1.33	0.001932	0.688
0.175	4.45	1.13	0.001932	0.58	0.175	4.45	1.29	0.001932	0.67	0.175	4.45	1.42	0.001932	0.735
0.200	5.08	1.25	0.001932	0.65	0.200	5.08	1.41	0.001932	0.73	0.200	5.08	1.53	0.001932	0.792
0.300	7.62	1.41	0.001932	0.73	0.300	7.62	1.49	0.001932	0.77	0.300	7.62	1.66	0.001932	0.859
0.400	10.16	1.46	0.001932	0.76	0.400	10.16	1.61	0.001932	0.83	0.400	10.16	1.75	0.001932	0.906
0.500	12.70	1.61	0.001932	0.83	0.500	12.70	1.70	0.001932	0.88	0.500	12.7	1.90	0.001932	0.983



GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	0.36	6.9	<b>5.25</b>
12	0.2	0.65	10.3	<b>6.28</b>
25	0.1	0.46	6.9	<b>6.60</b>
25	0.2	0.73	10.3	<b>7.09</b>
56	0.1	0.52	6.9	<b>7.58</b>
56	0.2	0.79	10.3	<b>7.69</b>

GOLPES	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	5.25	6.28
25	6.60	7.09
56	7.58	7.69

M.D.S	1.570	g/cm <sup>3</sup>
95%(M.D.S)	1.492	g/cm <sup>3</sup>
.R.(M.D.S)	6.5	%
.R.(M.D.S)	7	%

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
P. CIP. N° 197384

