



UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL**

TEMA:

“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LOS CANTONES PÍLLARO; PARROQUIAS SAN MIGUELITO, EMILIO MARÍA TERÁN Y BAQUERIZO MORENO; PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”

Autor: José Luis Paredes Ipiales

Tutor: Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes

AMBATO – ECUADOR

AGOSTO - 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LOS CANTONES PÍLLARO; PARROQUIAS SAN MIGUELITO, EMILIO MARÍA TERÁN Y BAQUERIZO MORENO; PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. **José Luis Paredes Ipiales**, portador de la cedula de ciudadanía: C.I. 1600482622, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Agosto 2021

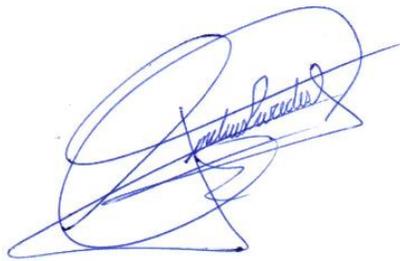
Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **José Luis Paredes Ipiales**, con C.I. 1600482622 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema “**CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LOS CANTONES PÍLLARO; PARROQUIAS SAN MIGUELITO, EMILIO MARÍA TERÁN Y BAQUERIZO MORENO; PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Agosto 2021



José Luis Paredes Ipiales

C.I: 1600482622

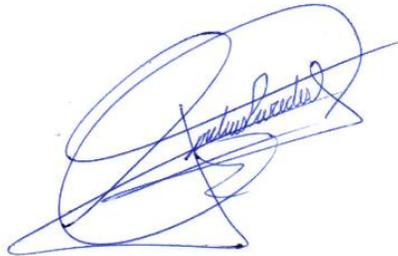
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Agosto 2021



José Luis Paredes Ipiales

C.I: 1600482622

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante José Luis Paredes Ipiales. de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LOS CANTONES PÍLLARO; PARROQUIAS SAN MIGUELITO, EMILIO MARÍA TERÁN Y BAQUERIZO MORENO; PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Agosto 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Favio Paul Portilla Yandun

Miembro calificador

Ing. Mg. Ruth Lorena Perez Maldonado

Miembro calificador

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico esta tesis principalmente a mis padres Jorge y Angelica que gracias al apoyo de ellos he podido cumplir una meta más en mi vida y lograr convertirme en la persona que soy.

A mi hermano David que junto a él he pasado muchos obstáculos dentro de la facultad, gracias por el apoyo incondicional que me ha brindado a lo largo de mi carrera.

A toda mi familia que de una u otra manera han aportado un granito de arena brindándome apoyo y motivación e los momentos más difíciles.

También dedico esta tesis en la memoria de mi tío Julio Ipiates, quien durante varios años de mi vida me ayudo, cuido y enseñó muchas cosas acerca del significado y la importancia de la amistad y durante su último año de vida actuó de la mejor manera ayudando tanto a familiares como amigos.

Y, por último, pero no menos importante a todos mis amigos que siempre me han sabido ayudar de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad

José Luis Paredes Ipiates

AGRADECIMIENTO

Primero doy gracias a DIOS por la vida y la salud que nos provee cada día y por permitirme alcanzar una etapa más de mi vida.

A los todos docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional.

De manera especial a mi tutor de tesis ING. MG. Diego Chérrez, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria.

Agradezco la ayuda que muchas personas y amigos que me han brindado durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo

Y a la Universidad Técnica de Ambato, por haberme abierto las puertas y brindado tantas oportunidades de enriquecerme en conocimiento.

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	1
1.1.2 JUSTIFICACIÓN	7
1.1.3 UBICACIÓN GEO-REFERENCIADA	9
1.1.4 HIPÓTESIS.....	9
1.2 OBJETIVOS.....	10
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	10
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
CAPÍTULO II.....	11
2.1 MATERIALES Y EQUIPOS.....	11
2.2.1. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA.....	17
2.2.2. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA.....	17
2.2.3. INVESTIGACIÓN RELACIONAL.....	17
2.2.4. POBLACIÓN	18
2.2.5. MUESTRA	18
2.2.6. UBICACIÓN DE LOS POZOS DEL PROYECTO	19
2.2.7. PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	20
2.2.8. PLAN DE ANÁLISIS DE DATOS	21
2.2.8.1. <i>Propiedades índice</i>	21
2.2.8.1.2. Relaciones fundamentales	23
2.2.8.3. <i>Propiedades mecánicas</i>	41
2.2.9. PLAN DE PROCESAMIENTO	45
2.2.10. PLAN DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	49
CAPÍTULO III.....	66
3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS	66
3.1.1. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DE LOS SUELOS	67

3.1.2. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICA DE LOS SUELOS.....	68
3.1.3. ZONIFICACIÓN DE LOS SUELOS.....	68
3.1.4. CORRELACIONES.....	70
3.1.4.1. <i>Correlaciones entre las propiedades Índice</i>	70
3.1.4.2. <i>Correlaciones entre propiedades y su valor DN</i>	81
3.1.5. DISEÑO DEL PAVIMENTO	93
3.1.5.1. <i>Estudio de tráfico</i>	93
3.1.5.2. <i>Diseño de la estructura del pavimento</i>	97
3.1.6. PRIMER CÁLCULO ESTRUCTURAL VIAL PARA UN CBR = 12,3	105
3.1.7. SEGUNDO CÁLCULO ESTRUCTURAL VIAL PARA UN CBR = 11,6.....	107
3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.	109
CAPÍTULO IV	110
4.1. CONCLUSIONES.....	110
4.2. RECOMENDACIONES.....	112
BIBLIOGRAFÍA.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Identificación de los suelos por la SUCS.....	31
Tabla 2 Clasificación del suelo según la SUCS	32
Tabla 3: Clasificación del suelo según la AASHTO.....	33
Tabla 4: Clasificación del suelo según la AASHTO.....	33
Tabla 5 Clasificación del suelo por el tamaño de partículas según la norma AASHTO .	34
Tabla 6 Clasificación del suelo por el tamaño de partículas según la SUCS.....	34
Tabla 7 Clasificación del suelo por el tamaño de partículas según la norma ASTM	35
Tabla 8 Materiales y equipos de los ensayos	11
Tabla 9. Ubicación geográfica de las calicatas	18
Tabla 10: Valores típico de gravedad específica.....	23
Tabla 11: Estados de consistencia definido por Atterberg.....	36
Tabla 12: Características del equipo próctor modificado	40
Tabla 13: Especificaciones del ensayo próctor modificado.....	41
Tabla 14: Correlaciones existentes para el DCP	45
Tabla 15: Ecuaciones generales del criterio de mínimos cuadrados.....	48
Tabla 16: Periodo de diseño según el tipo de carretera.....	53
Tabla 17: Pesos y dimensiones de la tabla nacional	54
Tabla 18: Periodo de diseño anual según AASHTO.....	55
Tabla 19: Factor de distribución carril	56
Tabla 20: Factor de niveles de confiabilidad	57
Tabla 21: Nivel de confianza	58
Tabla 22: Índice de serviciabilidad	58
Tabla 23: Capacidad de drenaje	63
Tabla 24: Valores m_i para modificar los coeficientes estructurales, o capa de bases y sub-bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles	63
Tabla 25: Propiedades índice de los suelos.....	67
Tabla 26: Propiedades mecánicas de los suelos.....	68
Tabla 27: Granulometría y clasificación de los suelos.....	68

Tabla 28: Volumen tráfico promedio en la hora pico	93
Tabla 29: Factor de daño.....	94
Tabla 30: Periodo de diseño.....	95
Tabla 31: Factor de distribución por carril.....	95
Tabla 32: Número de ejes equivalentes w18.....	96
Tabla 33: Número de ejes equivalentes w18.....	97
Tabla 34: Número de ejes equivalentes w18.....	98
Tabla 35. Tabla de valores del coeficiente a1	101
Tabla 36. Tabla de valores del coeficiente a2	102
Tabla 37. Tabla de valores del coeficiente a3	103
Tabla 38. Calidad del drenaje.....	104
Tabla 39. Coeficientes de drenaje debido a la humedad m2 y m3.....	104
Tabla 40. Cálculo de estructura del pavimento según la AASHTO 93	106
Tabla 41. Cálculo de estructura del pavimento según la AASHTO 93	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pozo a cielo abierto.....	12
Figura 2: Gravedad específica de sólidos.....	13
Figura 3: Densidad de campo (método del cono y arena de ottawa)	13
Figura 4: Límite líquido	14
Figura 5: Límite plástico	14
Figura 6: Granulometría.....	15
Figura 7: Dinamic cone penetrometer (DCP)	15
Figura 8: Proctor modificado	16
Figura 9: California bearing ratio (CBR).....	16
Figura 10: Georreferenciación de calicatas.....	19
Figura 11: Ilustración de cono y arena.....	22
Figura 12: Curva granulométrica de un suelo	30
Figura 13: Clasificación general de suelos.....	35
Figura 14: Equipo copa de Casagrande.....	38
Figura 15: Ensayo del límite plástico.....	39
Figura 16: Determinación del índice CBR.....	42
Figura 17: Ensayo de cono dinámico de penetración.....	43
Figura 18: Curva DCP.....	44
Figura 19: Curva de mejor ajuste a los puntos de dispersión.....	47
Figura 21: Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica “a1”	60
Figura 22: Ábaco para estimar el número estructural de la capa base granular “a2”	61
Figura 23: Ábaco para estimar el número estructural de la sub-base granular “a3”	62
Figura 24: Capas de un pavimento flexible.....	65
Figura 25: Carta de plasticidad	67
Figura 26: Representación gráfica de la serie granulométrica.	69

RESUMEN

Se realizó un inspección exploratoria en las parroquias San Miguelito, Emilio María Terán y Baquerizo Moreno, donde se efectuó la excavación de 12 calicatas 4 en cada una de las parroquias en las cuales se realizó ensayos de campo como el DCP (Penetrómetro Dinámico Estático), y densidad en situ, a continuación, se procedió a la toma de muestras para posteriormente realizar los ensayos de laboratorio que son: contenido de humedad, granulometría, gravedad específica, límites de Atterberg, CBR, los mismos que fueron realizados en los Laboratorios de Ensayos de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Una vez culminados todos los ensayos, con los resultados se procedió a zonificar las muestras de suelos obtenidas en las diferentes parroquias, según las normas AASHTO, ASTM, y SUCS. Posterior a esto se realizó las correlaciones mediante el método de mínimos cuadrados donde se interpretó y analizó que el coeficiente de determinación sea superior al 50 por ciento para que sea un valor aceptable de correlación.

PALABRAS CLAVE: CBR, DCP, Propiedades índice, Propiedades Mecánicas, Diseño de vías, Análisis granulométrico.

ABSTRACT

An exploratory inspection has been made in towns of San Miguelito, Emilio María Terán and Baquerizo Moreno, where 12 trials pit have been developed, and 4 for each one of towns, those that were used to field test like DCP (Dynamic Cone Penetrometer) and density in situ; the next step was took samples and carried out to laboratory test that were: moisture content, granulometry, specific gravity, Atterberg limits, CBR; all of them were performed in the Laboratories of Testing Materials and Soils from Civil and Mechanic Engineering Faculty of Technical University of Ambato.

Once all of tests had been completed and got the results, the soil samples extracted from the different towns were zoning based on the AASHTO, ASTM and SUCS standards. Subsequently, the correlations were done through the minimum square method, then this was interpreted and analyzed if the coefficient of determination is greater than 50 percent so that is an acceptable value of correlation.

KEY WORDS: CBR, DCP, Index Properties, Mechanical Properties, Road Design, Granulometric analysis.

CAPÍTULO I

1.1 Antecedentes Investigativos

El valor de California Bearing Ratio “CBR” es muy importante para el diseño de pavimentos ya que la resistencia del suelo influye para el cálculo de éste, no obstante, el valor del CBR es muy difícil de determinarlo, entonces se han realizado varias investigaciones buscando facilidad de trabajo y una de las más rápidas y efectivas es la correlación del penetrómetro de cono dinámico “DCP” en los diferentes tipos de suelos. [1]

Se presenta una breve descripción a investigaciones en las cuales se identificó correlaciones exhibiendo validez entre los índice CBR y DCP.

Según “Livneh, M” (1991) La prueba del cono dinámico (DCP) es más utilizada en el tiempo ya que es rápido, simple, económico y sin excavaciones para evaluar el módulo elástico de pavimentos de situ. La relación DCP-CBR se la realizó en Israel para mejorar la confianza en dicho ensayo. [2]

La Universidad de Ganpat (2013) presenta el análisis de regresión de variables múltiples (MLR) para la obtención de la relación de California Bearing Ratio (CBR), el coeficiente de reacción de la subrasante, el valor K, la resistencia a la compresión no confinada, densidad seca del penetrómetro de cono dinámico (DCP), los límites de Atterberg y contenidos de humedad. En el artículo muestra las correlaciones realizadas a partir del análisis de regresión de variables múltiples tomados en diferentes lugares de la región de la India. Las correlaciones son útiles en la determinación de los parámetros de resistencia, las propiedades físicas y el penetrómetro de cono dinámico. [3]

El departamento de ingeniería civil de la Universidad de Ciencia y Tecnología Kwame Nkrumah (2016) propuso al penetrómetro de cono dinámico como herramienta

eficaz para la verificación de la calidad de compactación. Se establece una relación in situ entre el DPI y los parámetros (CBR, modulo elástico, resistencia a la compresión no confinada, etc.). Los valores de los ensayos de DCP, se expresan normalmente en valores de DPI y ellos se ven afectados principalmente por el tipo de suelo, la densidad, el contenido de agua, etc. Además de aquellos factores, es muy importante el efecto del molde del ensayo. [4]

El origen de los suelos se da gracias a la meteorización que es el proceso de desintegración y descomposición de materiales los cuales forman los suelos, pueden ser causados por distintos factores ya sean: químicos, físicos y biológicos, los mismos se dan cuando los materiales no se encuentran en un equilibrio con el ambiente ya sea térmico como biológico. También se da de acuerdo con el sitio en el cual se encuentra ubicado, este proceso se llama geo meteorización. Estos suelos se los puede diferenciar en base al tamaño de sus partículas como su composición y formación mineralógica ya que tienen diversas características para analizar. [5]

En (1898) Dokuchaev descubrió que los suelos se forman a partir de componentes de sustrato mineral y orgánico que son influenciados por el clima, los organismos, el relieve y el tiempo. [5] Para la ingeniería civil los suelos se los definen como el conjunto de partículas minerales. [6]

El autor G. A. Martínez explica que el suelo es una capa de corteza terrestre de material desintegrado, alterado y de los residuos de las actividades realizadas por los seres vivos que se asientan sobre el mismo. [6]

La mecánica de suelos según P. F. Pillajo está sustentada en teorías sobre el comportamiento de los suelos ante la acción de cargas, investigaciones de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y las aplicaciones de conocimientos teóricos y empíricos

en problemas prácticos. [7] La mecánica de suelos es indispensable la aplicación de leyes tanto mecánicas como hidráulicas para resolver problemas de ingeniería como sedimentación y tanto la transferencia de cargas producida por las estructuras en su superficie. [8]

De acuerdo con Alfredo Alvarado H. el origen de los elementos los suelos pueden dividirse en dos amplios grupos los cuales son:

Suelos orgánicos

Son aquellos que se forman in situ y de la misma manera se forma de materia orgánica como humus o materia en descomposición, estas son muy comunes en zonas pantanosas o en vegetación acuática. [9]

Suelos inorgánicos

Es el producto de suelos pertenecientes a roca cuyo origen es residual o suelo transportado por agentes externos los cuales pueden ser de manera aluvial, eólico o por depósitos glaciares. [9]

En el (2010) según E. Hrbs los suelos granulares no presentan ningún tipo de adherencia ni cohesión, es decir que son suelos compuestos por gravas arenas y limos y a su vez son adecuados para la construcción ya que presentan una capacidad portante y una elevada permeabilidad al agua una vez que sean comprimidos. [11]

Mientras que C. C. Villalaz presenta a las gravas como acumulaciones de fragmentos de roca que son mayores a 2 mm de diámetro y menores a 75 mm. El origen de las gravas más común se produce por el acarreo de las aguas en lechos, ríos, depresiones de terrenos, y por esta razón su forma es relativamente mineralógica encontrando variaciones de elementos como cantos rodados o poliédricos. [6]

Las Arenas se caracterizan a materiales finos y su principal origen se debe a la denudación de rocas y de su trituración artificial, sus partículas van desde 2mm a 0.05 mm de diámetro. También se caracterizan por su no plasticidad y su mala contracción al secarse. [6]

En 1980 C. C. Villalaz habla acerca de los limos inorgánicos los mismos que se componen de granos completamente finos con poco o nada de plasticidad. Sus partículas se caracterizan por tener un diámetro comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm. La permeabilidad es nula mientras que su comprensibilidad es muy alta, los limos también son considerados como suelos pobres para realizar cimentaciones. [6]

En el (2010) según E. Hrbs. los suelos cohesivos se componen con limos orgánicos y arcillas. Estos son dificultosos para la construcción ya que puede contraerse e hincharse en la realización de cimientos, se debe considerar métodos exhaustivos de drenaje ya que contiene partículas y suficiente arcilla para que el suelo se adhiera a sí mismo. En muchos de los casos se prefiere remover o realizar un cambio de suelo para construcción de una estructura. [11]

C. C. Villalaz habla acerca de limos orgánicos son muy frecuentemente encontrados en ríos, teniendo características plásticas, al igual que los limos inorgánicos van de 0.05 mm y 0.005 mm de diámetro. Los limos cuando son encontrados en estados densos son considerados un suelo no apto para cimentaciones. [6]

El suelo producido por partículas cuyo diámetro es menor que 0.005 mm es considerado arcilla y aquella tiene la característica de volverse plástica al estar en contacto con el agua. Las arcillas se contraen al secarse, presentan marcada su cohesión según la

humedad presentada, moldeable y tienen una característica especial ya que su resistencia que es perdida por el moldeo se recupera parcialmente con el tiempo. [6]

E. Hrbs. especifica en su blog acerca de identificación de turba como, el suelo lleno de materia vegetal en diferentes estados de descomposición y se la puede reconocer también por su color marrón oscuro y su olor a material orgánico, este suelo no podrá ser tomado en cuenta ni para ensayos ni para construcción. [11]

En la Universidad Mayor de San Simón en (2004) se indica que el pavimento es aquella estructura que tiene como finalidad proporcionar una superficie de rodadura que permita la circulación segura, rápida y confortable. Para el diseño de pavimentos es indispensable realizarlos con materiales apropiados ya que trasmite los esfuerzos o cargas de tránsito hacia el suelo y sus estratos inferiores. [12]

Hay una gran diversidad de tipos de pavimento, dependiendo del tipo de vehículos que transitarán y del volumen de tráfico.

Pavimento semi-rígido

Fredy Reyes Lizcano manifiesta que un pavimento semi-rígido es aquel en el que se combinan dos tipos de pavimentos los cuales son rígidos y flexibles, normalmente la capa rígida se encuentra por debajo de la capa flexible. El pavimento semi-rígido este compuesto por una base de concreto con una superficie de rodadura asfáltica. [13]

Los suelos con esta estabilidad obtienen mejores resultados en la capacidad portante del suelo, suficiente para construir capas para base en pavimentos sujetos a cargas pesadas como ser camiones o aeronaves. [13]

Pavimento rígido

Fredy Reyes en su investigación en Bogotá también habla acerca de los pavimentos rígidos los cuales se caracterizan por tener como complemento estructural una losa de cemento que alivia tensiones superficiales por medio de su elevada resistencia a la flexión. [12]

La estructura del pavimento rígido está compuesta por una losa de 18 a 30 cm de espesor, soportada por una capa granular no estabilizada. Debido al módulo de elasticidad elevado del concreto los esfuerzos inducidos por el tráfico se transmiten como esfuerzos de flexión y debidamente los esfuerzos de compresión se distribuyen en un área y en pequeñas magnitudes. [13]

Pavimento flexible

Mientras que los pavimentos flexibles se caracterizan por llevar un revestimiento asfáltico sobre una capa granular, la capa asfáltica está conformada por la capa de rodadura, una base intermedia y la base asfáltica. [13]

Las principales funciones de la capa asfáltica en un pavimento flexible son:

Estructural. Debe ser resistente a los fenómenos de fatiga y acumulación de deformaciones permanentes producidas por cargas cíclicas vehiculares, además de resistir fenómenos climatológicos. [13]

Funcional. Recibir de manera directa las cargas que transitan sobre la superficie del pavimento, de la misma manera debe ser diseñada de una forma segura y cómoda durante su vida útil. [13]

Impermeabilización. Esta capa tiene como función impedir la penetración del agua en las capas inferiores, restringiéndole la pérdida de resistencia en las capas granulares de bases y sub bases. [13]

1.1.2 Justificación

El estudio de suelos es indispensable para realizar cualquier tipo de construcción ya sea hidráulica, estructural o vial. Para la realización del estudio vial se debe tomar en cuenta las características adquiridas por los suelos en diferentes partes, de la misma manera calcular todas las propiedades tanto físicas como mecánicas ya que en base a las mismas, se determinará una correlación entre dos ensayos para agilizar tanto tiempo como costos en la realización de proyectos viales.

En Ecuador, se considera que el estudio de un suelo es importante en todo tipo de construcción lo cual se lo puede definir como la parte superficial de la corteza terrestre biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre él. Durante todo tipo de construcción, la investigación y exploración del suelo es fundamental para determinar propiedades índice y mecánicas. Teniendo en cuenta sus propiedades, se diseñan estructuras que se ajustan a las condiciones y comportamientos específicos del suelo. [15]

Se utiliza el CBR en la obtención del módulo de resiliencia del suelo (M_r), que es un parámetro primordial para el diseño de estructuras viales, ya que representa la resistencia al corte la misma que varía en relación del suelo, y es determinada mediante ensayos in situ con las condiciones naturales del suelo, representa la capacidad de soporte del pavimento en función de cargas dinámicas, por ejemplo las ruedas de vehículos, este parámetro en conjunto con características de tránsito, propiedades de los materiales, entre

otras, determinarán los espesores de las diferentes capas que van a conformar la estructura de la vía. [16]

En esta investigación se busca una base de datos representativa de los suelos en estado natural, para determinar correlaciones experimentales para los diferentes tipos de suelos, efectuando ensayos de densidad de campo y DCP, mientras que en laboratorio se realizará ensayos de granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR. Con esto se complementa el estudio macro de las propiedades de los suelos y que de esta manera la obtención del CBR sea con mayor eficiencia. [17]

La correlación se la realizará mediante estadística estructurando la recolección de información con el fin de determinar un grado de relación entre dos variables. Las correlaciones obtenidas entre las propiedades índice, DCP y CBR deberá ser tomados en cuenta al momento de analizar los beneficios y las dificultades de la correlación, la aplicabilidad debe ser sustentada para su aceptación. [18]

El presente trabajo experimental tiene como objetivo correlacionar mediante Análisis de Regresión Lineal Simple (SLRA), el valor de CBR del suelo granular con la densidad seca del suelo obtenido mediante compactación ligera y pesada. De modo que, en base a las correlaciones empíricas, la resistencia CBR del suelo de la subrasante consiste en suelos granulares que se puede predecir fácilmente a partir de la densidad seca del suelo sin realizar realmente la prueba CBR en el laboratorio. [3]

A partir de los antecedentes se presenta la investigación cuyo fin es determinar las correlaciones entre el CBR con propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares en el cantón Píllaro, parroquias San Miguelito, Emilio María Terán y Baquerizo Moreno,

de la provincia de Tungurahua. Con este estudio se complementa con mayor eficiencia, rapidez y costo, siendo uno de los factores más importantes en el diseño de pavimentos.

1.1.3 Ubicación Geo-referenciada

La georreferenciación en el proyecto es importante ya que se van a realizar en distintos suelos de la zona. La macro ubicación se encuentre referenciada en coordenadas UTM, con un datum (WGS 84 Zona 17 sur) ubicada en la provincia de Tungurahua.

1.1.4 Hipótesis

Hipótesis nula

No existe correlación entre propiedades CBR y propiedades índice mecánicas en los suelos granulares, de las parroquias San Miguelito, Emilio María Terán y Baquerizo Moreno, cantón Píllaro. provincia de Tungurahua.

Hipótesis alternativa

Los valores obtenidos de CBR se los puede determinar mediante correlaciones realizadas por ensayos de campo y laboratorio mediante sus propiedades índice y mecánicas.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo general

Determinar la correlación entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos del cantón Píllaro, parroquias San Miguelito, Emilio María Terán y Baquerizo Moreno, de la provincia de Tungurahua.

1.2.2 Objetivos específicos

- Ampliar la base de datos existente, referente a estudios de correlación entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la provincia de Tungurahua.
- Aplicar los resultados de la investigación en el diseño de pavimentos para vías rurales, del cantón Píllaro, parroquias San Miguelito, Emilio María Terán y Baquerizo Moreno, de la provincia de Tungurahua.
- Zonificar las diferentes áreas de las parroquias estudiadas, de acuerdo con la clasificación de suelos ASTM y AASHTO y las propiedades físicas y mecánicas obtenidas.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales y Equipos

Tabla 8 Materiales y equipos de los ensayos

ENSAYOS	MATERIALES	EQUIPOS	NORMA
Pozo a Cielo Abierto	Muestras in situ	Pala Pico Barra Flexómetro	AASHTO T 87-70
Densidad de Campo Cono y Arena de Ottawa	Muestras in situ	Cono Cinzel Cuchareta Placa metálica Balanza Clavos Martillo	AASHTO T 191 2014
Cono Dinámico Penetrómetro (DCP)	Muestras in situ	Equipo DCP Libreta de anotación	ASTMD 6951-03
Gravedad específica de sólidos	50 gr de suelo que pasa tamiz # 4	Tamiz #4 Picnómetro Embudo Termómetro Recipiente metálico Pipeta Baño María	AASHTO T 100 2015
Granulometría	Muestra cuarteada	Tamizadora Juego de Tamices Brocha Recipiente	AASHTO T 88 2013
Límite Líquido	150 gr de suelo que pasa tamiz #	Copa Casagrande Espátula Acanalador	AASHTO T 89 2013

	40	Recipientes de aluminio	
Límite Plástico	150 gr de suelo que pasa tamiz # 40	Placa de vidrio Fuente de mezclado Calibrador pie de rey	AASHTO T 90 2016
Proctor Modificado	24 kg de suelo que pasa el tamiz # 4	Bandeja metálica Cuadrada Martillo de compactación Molde Ø 6" con extensión y base Probeta graduada Palustre Regleta Metálica	AASHTO T 180 2018
California Bearing Ratio (CBR)	18 kg de suelo que pasa el tamiz # 4	MULTISPEED 34-V1172	AASHTO T 193 2013

Fuente: José Luis Paredes

Figura 1: Pozo a cielo abierto



Fuente: José Luis Paredes

Figura 2: Gravedad específica de sólidos



Fuente: José Luis Paredes

Figura 3: Densidad de Campo (Método del Cono y Arena de Ottawa)



Fuente: José Luis Paredes

Figura 4: Límite Líquido



Fuente: José Luis Paredes

Figura 5: Límite Plástico



Fuente: José Luis Paredes

Figura 6: Granulometría



Fuente: José Luis Paredes

Figura 7: Dinamic Cone Penetrometer (DCP)



Fuente: José Luis Paredes

Figura 8: Proctor Modificado



Fuente: José Luis Paredes

Figura 9: California Bearing Ratio (CBR)



Fuente: José Luis Paredes

2.2 Métodos

- **Nivel o tipo de Investigación**

2.2.1. Investigación Exploratoria

Se describe la investigación como exploratoria al realizar reconocimientos de cada uno de los sectores de las parroquias San Miguelito, Emilio María Terán y Baquerizo Moreno; posteriormente realizar las tomas de muestras y los ensayos producidos en campo para el desarrollo del tema de investigación.

2.2.2. Investigación Descriptiva

Una vez obtenida la información en campo y laboratorio se puede interpretar los resultados ensayados mediante las normas AASHTO, MTOP y SUCS.

2.2.3. Investigación relacional

La relación producida para el proyecto se la describe mediante sus propiedades índice y mecánicas correlacionadas con el ensayo CBR utilizado para el diseño de pavimentos en una vía.

2.2.4. Población

La magnitud de los diversos tipos de suelos granulares existentes en la zona estudiada de las parroquias San Miguelito, Emilio María Terán y Baquerizo Moreno; ubicadas en el cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua.

2.2.5. Muestra

Para el presente trabajo investigativo se realizó una extracción de suelo para cada una de las calicatas pertenecientes a las parroquias San Miguelito, Emilio María Terán y Baquerizo Moreno. Se puede acotar que al ser una investigación perteneciente a un macro-proyecto se realizó 12 muestras extraíbles de un total de 72 muestras correspondientes.

Tabla 9. Ubicación geográfica de las calicatas

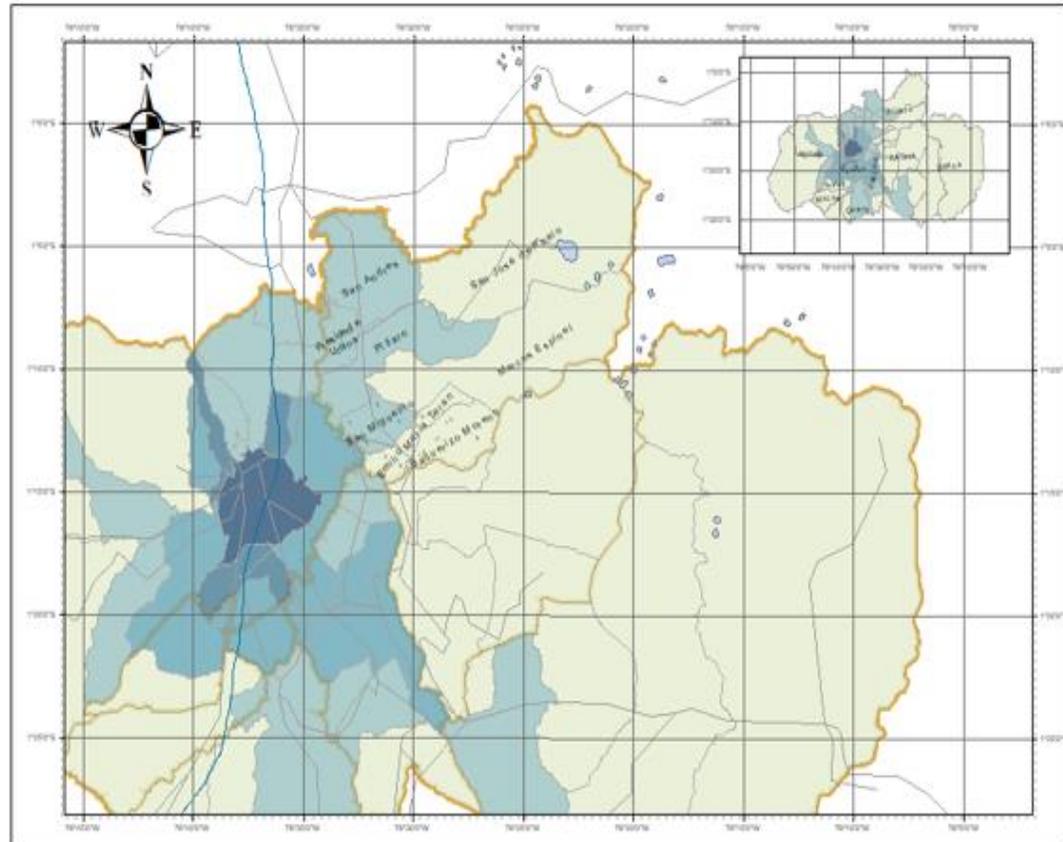
Ubicación Vía - Parroquia - Cantón	Calicata	Coordenadas		
		E	S	Altura
San Miguelito – Píllaro – Tungurahua	1	9867623	773054	2734
	2	9868188	774054	2795
	3	9867056	774664	2828
	4	9866189	773777	2758
Emilio María Terán - Píllaro – Tungurahua	1	9864624	776260	2739
	2	9865144	777542	2748
	3	9863942	776775	2710
	4	9864652	777750	2700
Baquerizo Moreno - Píllaro – Tungurahua	1	9864158	778511	2680
	2	9864475	778378	2711
	3	9863969	778237	2665
	4	9864127	777998	2572

Fuente: José Luis Paredes

Se presenta la ubicación de las calicatas dentro de cada parroquia correspondiente.

2.2.6. Ubicación de los pozos del proyecto

Figura 10: Georreferenciación de calicatas



Ubicación Via - Parroquia - Cantón	Calicata	Coordenadas		
		E	S	Altura
San Miguelito - Pillaro - Tungurahua	1	9867623	773054	2734
	2	9868188	774054	2795
	3	9867056	774664	2828
	4	9866189	773777	2758
Emilio María Terán - Pillaro - Tungurahua	1	9864624	776260	2739
	2	9865144	777542	2748
	3	9863942	776775	2710
	4	9864652	777750	2700
Baquerizo Moreno - Pillaro - Tungurahua	1	9864158	778511	2680
	2	9864475	778378	2711
	3	9863969	778237	2665
	4	9864127	777998	2572



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
INGENIERÍA CIVIL



Correlación entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelos de los cantones Pillaro; parroquias San Miguelito, Emilio María Terán y Baquerizo Moreno; provincia de Tungurahua

Autor:	José Luis Paredes	Fecha:	Feb-2021
Escala:	1:25000	Lamina:	A4

Fuente: José Luis Paredes

2.2.7. Plan de recolección de Datos

Se establece la recolección de datos en base a la inspección de lugar, recorriendo las parroquias San Miguelito, Emilio María Terán y Baquerizo Moreno del cantón de Píllaro, provincia de Tungurahua. Para lo cual se realizará los estudios correspondientes.

Exploración y muestreo

La realización del muestreo se da con el fin de identificar en laboratorio las distintas propiedades tanto físicas como mecánicas del suelo, identificar el tipo de suelo.

Pozo a cielo abierto

Este método se lo realiza cuando se vayan a necesitar muestras inalteradas, a través de un pozo con dimensiones suficientes para que entre un técnico quien va a analizar el suelo. La mayor desventaja es su profundidad, ya que no se lo puede realizar a grandes profundidades por el problema del nivel freático en los suelos, pero en los mismos pozos se pueden realizar muestras tanto inalteradas como alteradas. [19]

Muestras alteradas

Este tipo de muestreo se da cuando las técnicas que se utilizan para la exploración del suelo modifican el estado natural del suelo, comúnmente en explotaciones subterráneas ya que mientras se produce la perforación y el suelo es recolectado en frascos o bolsas con parafina. [19]

Muestras inalteradas

Este tipo de muestra se la realiza con técnicas que preservan el estado natural del suelo, en las paredes de un pozo o en el piso de éste, se las envuelve con tela de manta previamente impermeabilizada ya que con esto no se altera el contenido de humedad y relación de vacíos, estas muestras pueden ser recolectadas con procesos manuales, excavaciones o penetraciones de tubos. [19]

2.2.8. Plan de análisis de Datos

2.2.8.1. Propiedades índice

Las propiedades índice son aquellas en las cuales se puede identificar y clasificar los diferentes tipos de suelo de acuerdo con sus características para lo cual se deben realizar ensayos tanto en laboratorio como in situ.

Densidad de campo (cono y arena)

AASHTO T 191

ASTM D1556

se utiliza principalmente con el fin de comprobar el grado de compactación en materiales de rellenos compactados artificialmente, en los que existan especificación en cuanto a humedad y densidad. Este instrumento compuesto por 3 partes principales, cono metálico, frasco contenedor de arena, base, utiliza el cono lo cual es un aparato medidor del volumen provisto en una válvula cilíndrica que controla el llenado del cono, este aparato tiene una placa base que facilita la ubicación del cono de densidad. [20]

La arena normalizada se compone de partículas de cuarzo sanas, subredondeadas, no cementadas y comprendidas entre 2mm y 0,5 mm. El propósito de este ensayo es el de obtener el peso unitario in situ y determinar el porcentaje de compactación de terreno. [20]

Figura 11: Ilustración de cono y arena



Fuente: Manual de procedimiento de ensayos de suelo y memoria de cálculo.

Gravedad específica

AASHTO T100-70

ASTM D854-58

La gravedad específica de los suelos se toma como el promedio de los granos del suelo, este ensayo es necesario para determinar la relación de vacíos del suelo, se utiliza también para predecir el peso unitario del mismo. [20]

Tabla 10: Valores Típico de Gravedad Específica

Tipos de suelos	Valor de Gs
Grava	2,65-2,68
Arena	2,65-2,68
Arena Limosa	2,66-2,70
Limo	2,66-2,70
Suelo inorgánico	2,68-2,80
Suelo orgánico	< 2,00

Fuente: Gravedad Específica de Sólidos Coduto 1999

2.2.8.1.2. Relaciones fundamentales

El conocimiento de las relaciones fundamentales del suelo es muy indispensable para el manejo de las propiedades mecánicas, el tipo, y las características del suelo. [21]

Relación de vacíos e

Se puede definir como la relación existente entre el volumen de vacíos y el de los sólidos de un todo, en la práctica no es usual encontrar valores menores a 0.25 ya que son valores de suelos compactados, y casos de valores mayores a 15 en los cuales se podría encontrar arcillas comprensibles. [19]

Ecuación 1

$$e = \frac{V_V}{V_S}$$

Donde:

e = Relación de vacíos

V_V = Volumen de vacíos

V_S = Volumen de los sólidos

Porosidad n

La relación entre el volumen de vacíos y el volumen de masa de un suelo es lo que se conoce como porosidad, se lo expresa como porcentaje, y la relación varía entre 0 (como un suelo ideal para la construcción netamente compactado) a 100 (como un espacio netamente vacío). [19]

Ecuación 2

$$n (\%) = \frac{V_V}{V_S} * 100$$

Donde:

$n(\%)$ = Porosidad en porcentaje

V_V = Volumen de vacíos

V_S = Volumen total de la masa del suelo

Grado de saturación G_w%

Se denomina grado de saturación de un suelo a la relación existente entre el volumen de agua y el de sus vacíos, se expresa en porcentaje, y usualmente sus valores oscilan entre 0 (suelo seco) a 100 (suelo totalmente saturado), también se la conoce como grado de saturación de agua. [19]

Ecuación 3

$$G_w (\%) = \frac{V_w}{V_v} * 100$$

Donde:

G_w (%) = Grado de saturación del agua

V_w = Volumen de agua

V_v = Volumen de vacíos

Contenido de humedad w%

Se define como contenido de humedad a la relación existente entre el peso del agua contenida y el peso del sólido, [21] suele expresarse como porcentaje, para la determinación del contenido de humedad existen diversos métodos entre los cuales se tiene: método de laboratorio, de calentamiento directo, presión a gas de carburo y calentamiento por microondas. [19]

Ecuación 4

$$\omega \% = \frac{W_{\omega}}{W_S} * 100$$

Donde:

$\omega \%$ = Contenido de humedad

W_{ω} = Peso de agua

W_S = Peso de solidos

Grado de saturación del aire $G_a\%$

Es una relación de muy poca importancia en la magnitud práctica para la construcción y es aquella que relaciona el volumen de aire con respecto al volumen de vacíos. Este porcentaje representa el grado de consolidación del suelo, es decir que con un bajo porcentaje demuestra una alta consolidación y un alto porcentaje una baja consolidación.
[19]

Ecuación 5

$$G_a (\%) = \frac{V_a}{V_v} * 100$$

Donde

$G_a (\%)$ = Grado de saturación del aire

V_a = Volumen del aire

V_v = Volumen de vacíos

Compacidad relativa

Esta característica es peculiarmente de los suelos gruesos como gravas y arenas, ya que la compacidad de los suelos es muy importante, se lo expresa como porcentaje indica el grado de compacidad mediante la relación en el incremento de vacíos a la amplitud total da la variación de dicha relación. [19]

Ecuación 6

$$C_r (\%) = \frac{e_{m\acute{a}x} - e_{nat}}{e_{m\acute{a}x} - e_{m\acute{i}n}} \times 100$$

Donde

C_r (%) = Compacidad relativa

$e_{m\acute{a}x}$ = Relación de vacíos máximo del suelo

e_{nat} = Relación de vacíos natural del suelo

$e_{m\acute{i}n}$ = Relación de vacíos mínimo del suelo

Contenido de humedad natural

AASHTO T 87-70

ASTM 02216-71

La determinación del contenido de humedad es un ensayo rutinario de laboratorio el cual ayuda a determinar la cantidad de agua presente en el suelo. [19]

Para el ensayo se recomienda tomar las muestras de una manera rápida para que no pierda su humedad natural.

Granulometría

AASHTO T 88 2013

ASTM D421-58

La granulometría es muy esencial en la clasificación de los suelos, aceptabilidad de suelos para carreteras, autopistas, presas y diques. El análisis granulométrico determina las proporciones relativas de los suelos en diferentes tamaños presentes, la práctica de este ensayo agrupa a los granos por rangos de tamaño. [20]

Este método determina la cantidad de material que pasa a través de un tamiz dando a conocer el resultado por la cantidad retenida por el mismo, y se relaciona con la cantidad total de la muestra extraída del suelo. [20]

La granulometría se puede representar gráficamente para ello se dibuja los porcentajes vs los tamaños de las partículas en una escala semilogarítmica, la forma de la curva graficada representa la distribución granulométrica de un suelo constituido por partículas de un solo tamaño representados en una recta. [7]

A partir de una curva granulométrica se obtienen índices de diámetros, los cuales aportan para los coeficientes de uniformidad del suelo, la clasificación del suelo y su finalidad como medida estructural. [20]

Para este ensayo es necesario determinar el tamaño nominal máximo de los agregados que es aquel que retiene el suelo entre el 5% al 15% dependiendo del agregado grueso.

Diámetro efectivo (D_{10}). Este está representado en milímetros (mm) y corresponde al tamaño de las partículas que representa el 10% del material que pasa. [22]

Diámetro equiparable (D_{30}). Este está representado en milímetros (mm) y corresponde al tamaño de las partículas que representa el 30% del material que pasa. [22]

Diámetro dimensional (D_{60}). Este está representado en milímetros (mm) y corresponde al tamaño de las partículas que representa el 60% del material que pasa. [22]

Coefficiente de uniformidad (C_u). Este valor viene dado por el tipo de distribución que tenga las partículas de la muestra de suelo, este valor es la relación que existe entre el diámetro dimensional y el diámetro efectivo, al realizar dicha operación si el valor es superior a 3 se encuentra bien graduado, en caso de ser menor a 3 esto significa que ese tipo de suelo no es bien graduado o resulta ser uniforme. [22]

Coefficiente de curvatura (C_c). Este valor viene dado debido a la forma recibida de la curva en la muestra de suelo y es aquella en la cual se mide el grado de curvatura de la granulometría, en un suelo bien graduado tendrá un porcentaje menor de huecos, por ende, tendrá una mejor densidad, más permeabilidad y será trabajable. [22]

Coefficiente de uniformidad

Ecuación 7

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde

C_u = Coeficiente de uniformidad

D_{60} = Diámetro dimensional

D_{10} = Diámetro efectivo

Coeficiente de curvatura

Ecuación 8

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

Donde

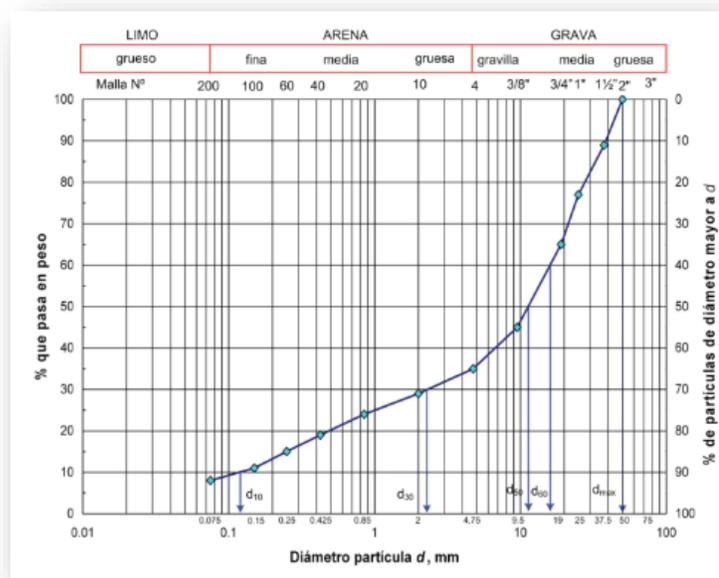
Cc = Coeficiente de curvatura

D_{60} = Diámetro dimensional

D_{10} = Diámetro efectivo

D_{30} = Diámetro equiparable

Figura 12: Curva granulométrica de un suelo



Fuente: Mecánica de Suelos Felipe Villalobos

Clasificación de los suelos

ASTM D2487

Los estudios realizados con el tiempo han dado variedades de clasificaciones de suelos entre ellos las tres más representativas y utilizadas siendo el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), American Society of Testing Material (ASTM), y American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). [9]

Tabla 1 Identificación de los Suelos por la SUCS

TIPO DE SUELO		CARACTERISTICA DEL SUELO	
SÍMBOLO	DEFINICIÓN	LETRA	DEFINICIÓN
G	Grava	P	Pobremente graduado (partículas uniformes)
S	Arena	W	Bien graduado (tamaño de partículas diversas)
M	Limo	H	Alta plasticidad
C	Arcilla	L	Baja plasticidad
O	Orgánico		

Fuente: SUCS, Sistema Unificado de clasificación de Suelos

Tabla 2 Clasificación del suelo según la SUCS

Divisiones principales			Símbolos del grupo	Nombre típico	Identificación de laboratorio			
Suelos de grano grueso (Más de la mitad del material es retenido por el tamiz N° 200)	Grava	Gravas Limpias	GW	Gravas bien graduadas, Mezcla de grava y arena.	Determinar el porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (material que pasa el tamiz N° 200) se clasifica: <5% - GW, GP, SW, SP, >12% GM, GC, SM, SC.	Cu=D60/D10 >4 Cc= (D30)²/D10*D60 entre 1 y 3.		
			GP	Grava mal Graduada, mezcla de grava y arena,		No cumple con las especificaciones de granulometría para GW.		
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, Mezcla de grava, arena y limo.		Límite de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4	Encima de la línea A con IP entre 4 y 7 son casos límites que requieren doble símbolo.	
			GC	Grava arcillosa, Mezcla de grava arena y arcilla		Límite de Atterberg sobre la línea A o IP >7		
	Arenas	Arenas Limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, sin finos o pocos finos		Cu=D60/D10 >6 Cc= (D30)²/D10*D60 entre 1 y 3.		
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, sin finos pocos finos		Cuando no cumple las condiciones para SW.		
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezcla de arena y limo		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 (son casos intermedios) que precisan de símbolo doble	
			SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla		Límites de Atterberg sobre de la línea A o IP > 7		
Suelos de grano fino (Más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200)	Limos y Arcillas LL<50	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas.					
		CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media.					
		OL	Limo orgánico y arcilla orgánica.					
	Limos y Arcillas LL>50	MH	Limo inorgánico y suelos arenosos.					
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.					
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada.					
Suelos muy Orgánicos			Pt	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.				

Fuente: SUCS, Sistema Unificado de clasificación de Suelos

Tabla 3: Clasificación del suelo según la AASHTO

Clasificación General	Materiales granulares 35% o menos pasan la malla 200						
	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Porcentaje que pasa:							
N.º 10 (2mm)	50 máx	-	-	-	-	-	
N.º 40 (0,425mm)	30 máx	50 máx	51 máx	-	-	-	
N.º 200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	-	-	
Características de la fracción que pasa por el tamiz N.º 40							
Límite líquido	-		No	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad	6 máx		plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			
Características como sub-grado	Excelente a bueno						

Fuente: AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials

Tabla 4: Clasificación del suelo según la AASHTO

Clasificación	Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N.º 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
% que pasa por N.º 10 (2mm)				
N.º 40 (0,425mm)	-	-	-	-
N.º 200 (0,075mm)	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pasa por el tamiz N.º 40				
Límite líquido	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
Índice de plasticidad	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Constituyentes principales	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como sub-grado	Pobre a malo			

Fuente: AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials

Son también muy comunes las clasificaciones de los suelos mediante las partículas y de la misma manera se presenta las más representativas según sus normas AASHTO, SUCS y ASTM. [10]

Tabla 5 Clasificación del suelo por el tamaño de partículas según la norma AASHTO

Tipo de Suelo	Tamaño mínimo (mm)	Tamaño máximo (mm)
Bloques	75	-
Grava	2.00	75
Arena	0.075	2.00
Limo	0.005	0.075
Arcilla	0.001	0.005

Fuente: AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials

Tabla 6 Clasificación del suelo por el tamaño de partículas según la SUCS

Tipo de Suelo	Tamaño mínimo (mm)	Tamaño máximo (mm)
Bloques	300	-
Boleos	75	300
Grava	4.76	75
Arena	0.075	4.76
Limo	0.002	0.075
Arcilla		0.002

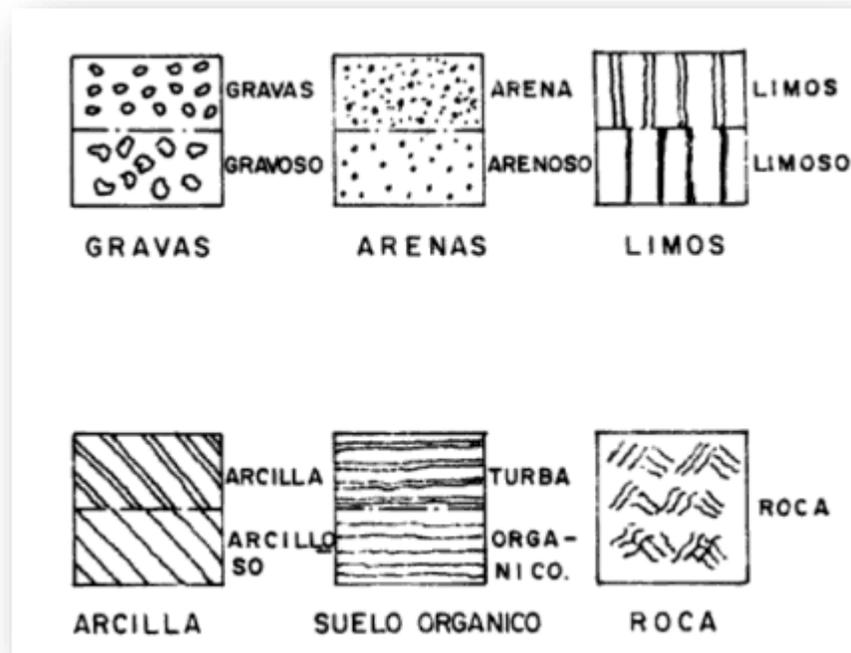
Fuente: SUCS, Sistema Unificado de clasificación de Suelos

Tabla 7 Clasificación del suelo por el tamaño de partículas según la norma ASTM

Tipo de Suelo	Tamaño mínimo (mm)	Tamaño máximo (mm)
Grava	4.76	-
Arena Gruesa	2.00	4.76
Arena Media	0.042	2.00
Arena Fina	0.075	0.042
Limo	0.005	0.075
Arcilla	0.001	0.005
Coloides	-	0.001

Fuente: ASTM, Sociedad Americana de Ensayo de Materiales

Figura 13: Clasificación general de suelos



Fuente: Mecánica de Suelos y Cimentaciones- Carlos Crespo Villalaz

Límites de Atterberg

AASHTO T89-68

ASTM 423-66 (Límite líquido) y D424-59 (Límite Plástico)

Los límites de Atterberg identifican la humedad en el suelo presentada en cada uno de sus estados los cuales pueden ser: sólido, semisólido, plástico y líquido siendo el mismo en presentar la mayor humedad posible en el suelo. [23]

Tabla 11: Estados de Consistencia definido por Atterberg

Estado del suelo	Característica
Líquido	Propiedades y apariencia de una suspensión
Semilíquido	Propiedades de fluido viscoso
Plástico	Comportamiento plástico
Semisólido	Apariencia de sólido, reducción de volumen, sujeto a secado.
Sólido	No varía el volumen

Fuente: Mecánica de Suelos Felipe Villalobos

Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad se puede definir como el porcentaje de peso seco en la muestra del suelo, este índice depende de la cantidad de arcilla existente y su alteración de volumen, también se puede definir como la diferencia de límites entre el líquido y el plástico. [24]

Mientras el índice de plasticidad sea alto mayor será su comprensibilidad del suelo.

Ecuación 9

$$I_p = LL - LP$$

Donde:

I_p = Índice de plasticidad

LL= Límite líquido

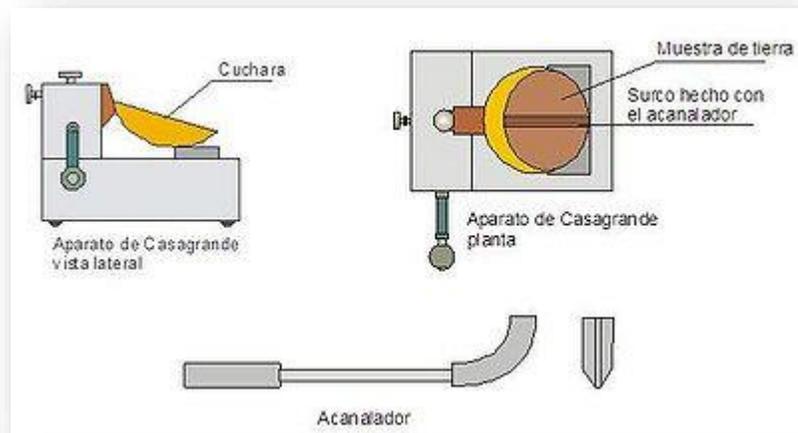
LP= Límite plástico

Límite Plástico LP

Norma: AASHTO T 89

Este límite determina el contenido de humedad presentado en el suelo, está expresado en porcentaje de peso en la muestra seca del suelo líquido. Para la determinación de este límite se utiliza el equipo de la copa de Casagrande la cual calcula la humedad mediante golpes desde la altura de 1 cm mientras que la pasta o suelo se cierra a lo largo de una abertura. [25]

Figura 14: Equipo Copa de Casagrande



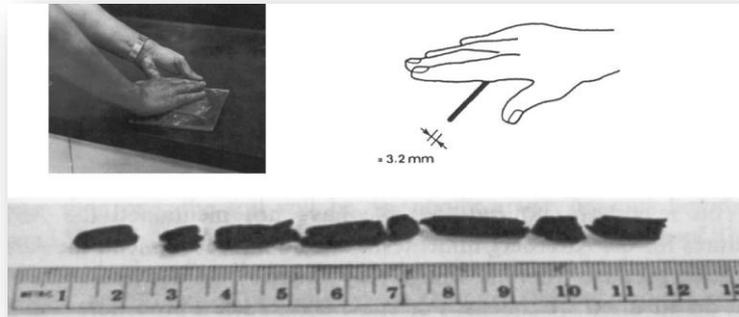
Fuente: Instituto tecnológico de Lleida

Límite plástico LL

Norma: AASHTO T 90

Este límite determina el contenido de humedad presentado en el suelo, está expresado en porcentaje de peso de la muestra secada al horno a 105°C durante 24 horas, para realizar esta prueba se realiza un rollito de 6 centímetros de materia con diámetro de 3mm, se pesa y se deja secando a 105°C durante 24 horas luego se pesa en seco. [25]

Figura 15: Ensayo del límite plástico.



Fuente: Introduction to Geotechnical Engineering

Proctor Modificado

Norma: AASHTO T 180 -70

ASTM D1557-70

Los ensayos Proctor se utilizan para determinar el grado de compactación que puede llegar a tener un suelo en relación de la humedad de laboratorio. La energía utilizada en este ensayo es mayor a la utilizada en el ensayo de Proctor normal. Entre mayor sea el peso y la altura de caída de dicho peso mayor será el grado compactado en el suelo. En este tipo de ensayos se determina la densidad máxima seca de los suelos. [9]

El ensayo Proctor modificado aplica una energía considerable de 2700 KNm/m^3 valor similar a los utilizados actualmente en compactación es por ello que el ensayo Proctor modificado es de los más utilizados en campo y laboratorio. [9]

La energía de compactación se obtiene considerando el número de golpes en cada capa del suelo con relación al peso y altura de caída del pistón sometido a compactación en el ensayo. [9]

Ecuación 10

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

Donde:

E = Energía de compactación

N = Número de golpes por capa

n = Número de capas en el suelo

W = Peso del pistón

h = Altura de caída del pistón

V = El volumen del suelo sometido a compactación

Tabla 12: Características del equipo Próctor modificado

Ensayo Proctor	Peso de martillo [N]	Altura de caída [mm]	Nº de capas	Energía de compactación [KN-m/m3]
Modificado	44,5	457,2	5	2696

Fuente: Manual de laboratorio de suelos de ingeniería civil Joseph E. Bowles

Tabla 13: Especificaciones del ensayo Próctor modificado

Método	A	B	C
Volumen molde (cm³)	943,3	943,3	2124
N° golpes	25	25	56
Material que pasa el tamiz	#4	3/8''	3/4''
Observaciones	% Ret N°4 ≤ 20%	% Ret N°4 > 20% % Ret 3/8'' ≤ 20%	% Ret 3/8'' > 20% % Ret 3/4'' < 30%

Fuente: Manual de laboratorio de suelos de ingeniería civil Universidad Andina

2.2.8.3. Propiedades mecánicas

Resistencia al corte

Al someter un suelo a una serie constante de presiones producidas por un agente externo siendo éste algún tipo de estructura u obra ingenieril, genera una serie de esfuerzos los mismos que intentarán mantener en equilibrio ante las presiones producidas. [26]

También se podría interpretar como la capacidad interna por área de masa de suelo a resistir una presión o carga, ésta depende de la densidad y contenido de humedad y momento de corte. [26]

La seguridad de una estructura es fundamental y depende de la resistencia al esfuerzo cortante ya que, a mayor esfuerzo cortante, más segura se encuentra la estructura. [26]

Relación de soporte California CBR

AASHTO T193-63

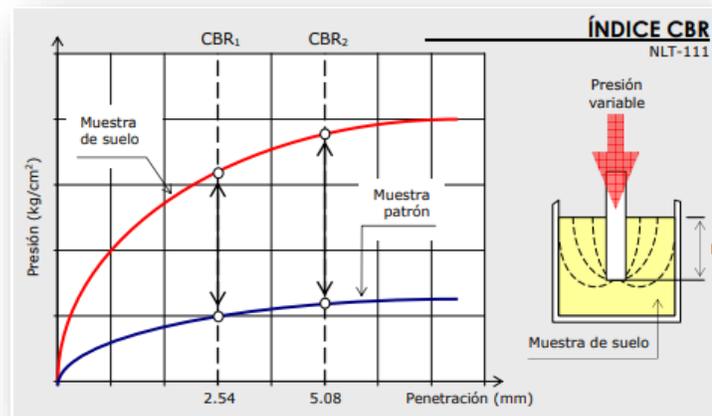
ASTM 01883-73

El CBR permite determinar las características mecánicas de un suelo, consiste en aplicar una carga creciente sobre una muestra previamente compactada, cuya humedad debe ser la óptima obtenida mediante el ensayo de Proctor modificado. [27]

El ensayo del CBR puede ser definido como una medida de penetración equivalente a una misma carga de un pistón estandarizado, se expresa en porcentaje siendo el equivalente del pistón penetrado a 0.1" (2.54) mm o 0.2" (5.08) mm. [9]

Para el índice del CBR se lo relaciona con la presión necesaria para que el pistón penetre el suelo una determinada profundidad y la necesaria para conseguir la misma penetración en una muestra de grava machacada expresada en porcentaje.

Figura 16: Determinación del índice CBR



Fuente: Construcción y Mantenimiento Bañón Luis.

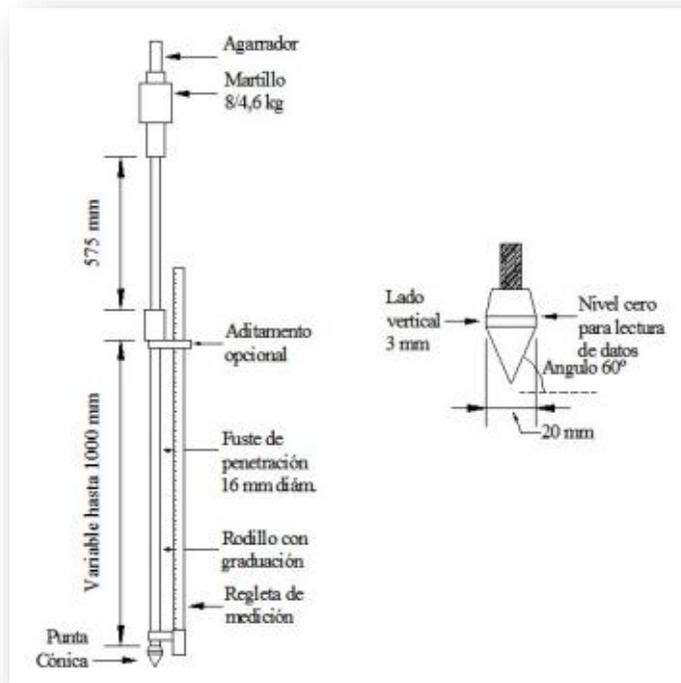
Penetración dinámica de cono DCP

ASTM D 6951-03

Este instrumento evalúa la resistencia de los suelos tanto compactados como no compactados y ayuda a estimar un valor de CBR en campo. El ensayo de penetración dinámica presenta ventajas como su trabajabilidad y su economía, además de que estima la capacidad estructural en capas de un mismo pavimento. [28]

En este ensayo se utiliza un cono dinámico con un martillo de 8 Kg el cual tiene una altura de caída de 0.575 m y un cono de 20 mm de diámetro. [28]

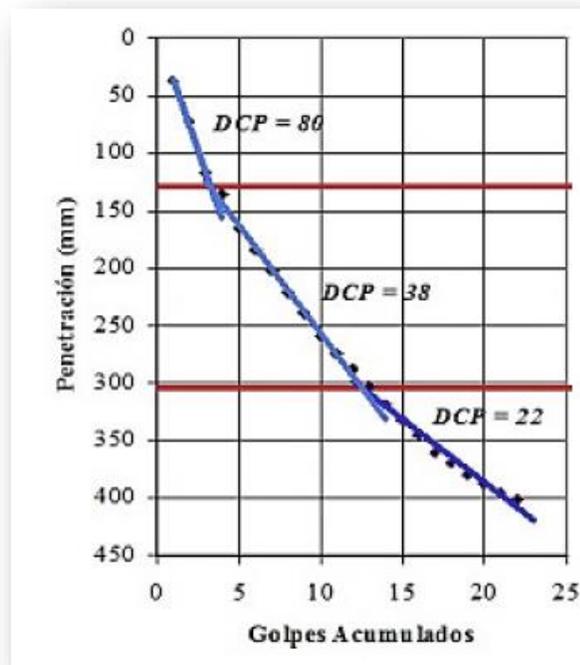
Figura 17: Ensayo de cono dinámico de penetración.



Fuente: (ASTM D 6951 – 03)

Para el ensayo DCP se representa la gráfica de la penetración acumulada en función del número de golpes para los respectivos datos. En la misma se puede identificar el número de capas existentes y su debido espesor. [28]

Figura 18: Curva DCP.



Fuente: Manual de pavimentos Ing. Milton Torres E.P.N

El número DCP representa la penetración obtenida por golpe la misma que se expresa en mm/golpe, este valor es determinada por la pendiente de la curva, es decir mientras más horizontal sea la curva será más resistente el suelo. [28]

De la misma manera este ensayo busca determinar la resistencia promedio de un suelo por medio de una carga a distinta profundidad, la cual se define como el trabajo realizado por el suelo para evitar la penetración del cono. [28]

2.2.9. Plan de procesamiento

Correlaciones existentes para el DCP

Según estudios se han realizado distintas correlaciones entre las propiedades físico-mecánicas del suelo y el ensayo DCP.

Tabla 14: Correlaciones existentes para el DCP

Relación entre DCP (mm/golpe) y:	Ecuación	Autor/Autores	Observaciones
Límite Líquido (%)	$LL = 0.62 * \text{Log}(DCP) * 1.14$	Gabr, M. et al. (2001)	Suelo con alto contenido de finos (60%).
Grado de Saturación (%)	$S = 1 - e^{-0.065 * DCP}$	Gabr, M. et al. (2001)	Suelo con alto contenido de finos (60%).
Valor de Soporte California (CBR %)	$CBR = \frac{292}{DCP^{1.12}}$	Van Vuren (1968), Kleyn (1975), Livneh e Ishai (1987), Webster (1992) y Siekmeier (1999).	Apta para todo tipo de suelos (granulares y cohesivos).
Valor de Soporte California (%)	$\text{Log}(CBR) = 2.317 - 0.858 \text{Log}(DCP)$	Transport Road Research TRRL (1986).	Apta para todo tipo de suelos.
Valor de Soporte California (%)	$CBR = \frac{1}{0.002871 * DCP}$	Webster S.L. et al. (1994).	Para suelos CH.
Valor de Soporte California (%)	$CBR = \frac{1}{(0.017019 * DCP)^2}$	Webster S.L. et al. (1994).	Para suelos CL con CBR < 10 %.
Módulo Resiliente (Mpa)	$MR = 537.76 * DCP^{-0.6645}$	Chen D. et al. (2005).	Estudio realizado en bases y sub-bases de diferentes autopistas de Estados Unidos.

Fuente: Tesis cono dinámico de penetración y su aplicación

en la evaluación de suelos Fabiana Viscarra Agreda

Teoría de correlación

Es la relación existente entre dos variables las cuales se asocian conjuntamente, es decir, relacionamos la correlación a una medida normalizada lineal entre dos variables cuantitativas o cualitativas. [29]

El grado de las correlaciones varía en ciertas funciones lo que permitirá determinar las propiedades índice en función a las propiedades mecánicas y comprender la funcionalidad de la vía actuante en el suelo. [29]

Coefficiente de Correlación (r)

Este coeficiente o índice de correlación puede variar dependiendo de la dirección de la relación y oscila entre -1 y +1. Cuando el valor del coeficiente es neutro (0) indica que no existe correlación lineal entre las dos variables, no obstante, puede existir correlación no lineal. [29]

Coefficiente de determinación (r^2)

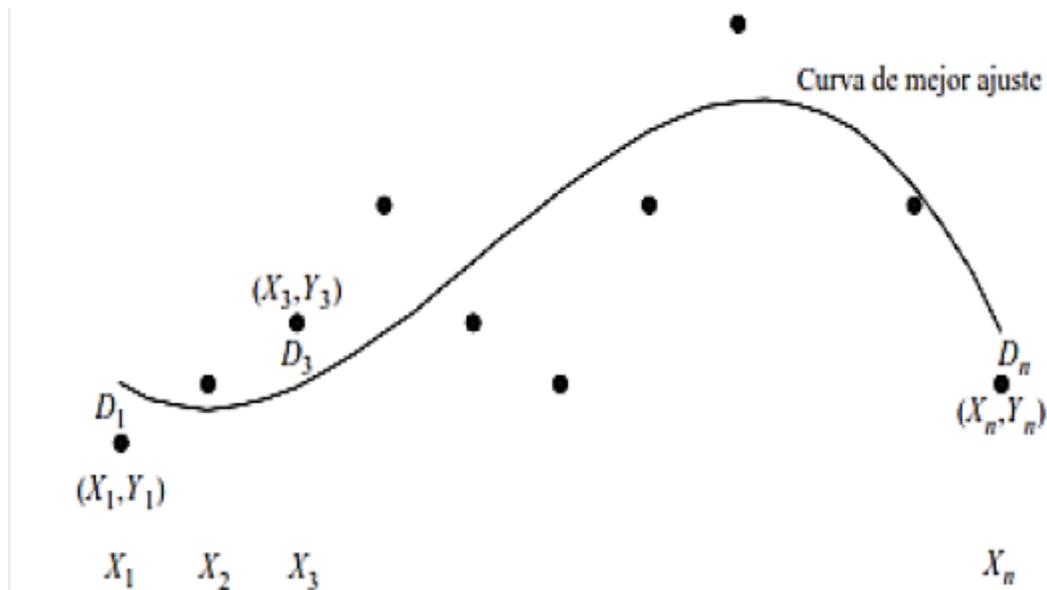
El coeficiente de determinación proporciona el grado y ajuste de acuerdo con la ecuación, este coeficiente varía entre los valores 0 y 1 y de la misma manera los coeficientes estudiados presentan alteraciones, mientras se acerque el coeficiente a 0 los datos estudiados no presentan relación entre variables, y en cambio cuando r^2 toma el valor de 1 se dice que el ajuste es perfecto. [29]

Método de mínimos cuadrados

Se puede considerar este método como una distribución de variables aleatorias en su propio entorno, representados en un diagrama de dispersión dados por puntos (X_n, Y_n) , se considerará que para cada valor de X existirá un valor de diferencia Y , y aquella diferencia se denota como desviación. [29]

El método de mínimos cuadrados proporciona la determinación de curvas a partir de un diagrama de dispersión, a partir de la representación se tendrá un ajuste al conjunto de datos, mientras menor sea el ajuste se obtendrá una mejor correlación, en cambio, cuando el ajuste es mayor serán pésimos los datos de correlaciones. [29]

Figura 19: Curva de mejor ajuste a los puntos de dispersión



Fuente: Estadística de Shawn

Tabla 15: Ecuaciones generales del criterio de mínimos cuadrados

Recta	$y = ax + b$
Parábola	$y = a + bx + cx^2$
Polinomio de grado n	$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots + zxn$
Hipérbola equilátera	$y = a + b/x$
Función Potencial	$y = ab^b$
Función exponencial	$y = a / (1 + be^{cx})$
Curva logística	$y = (a + be^{cx})$

Fuente: Estadística de Shawn

Recta de Mínimos Cuadrados

El método de mínimos cuadrados se representa a través de una recta la cual debe ajustarse de la mejor manera al conjunto de datos obtenidos, la recta explica la relación existente entre 2 variables, para ello se determina la recta mediante la siguiente ecuación: [29]

Ecuación 17

$$Y = a_0 + a_1X$$

Donde:

a_0 y a_1 : Constantes determinados por un sistema de ecuaciones

Ecuación 18

$$\Sigma Y = a_0N + a_1\Sigma X$$

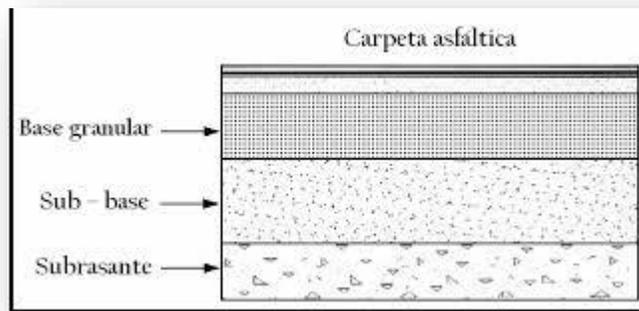
$$\Sigma XY = a_0\Sigma X + a_1\Sigma X^2$$

2.2.10. Plan de análisis de información

Componentes de un pavimento flexible

La estructura de un pavimento está formada por una estructura sobre una fundación, esta última constituida por la capa de revestimientos y la capa base; la fundación y por las capas sub-bases.

Fig. 20: Componentes de un pavimento flexible.



Fuente: Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible Gabriel Bonet Solano

Subrasante

Se define como la capa superficial de un terreno la cual cumple la función de soportar la estructura de un pavimento. Este componente puede ser formado por corte o relleno de material y una vez compactada debe tener pendientes específicas según la norma de diseño. [14]

El espesor de pavimento depende de las características de la subrasante, por lo mismo deberá cumplir con los requisitos de resistencia, incomprensibilidad, e inmunidad a la expansión y contracción por acción de humedad. [14]

Sub-Base

Esta capa de la estructura cumple la función de soportar, transmitir y distribuir las cargas aplicadas uniformemente en la superficie de rodadura, de tal manera que la capa de subrasante pueda absorber la variedad de cargas aplicadas. [14]

Esta capa de material es formada por material granular y la misma se la utiliza como drenaje y como controlador de ascensión capilar del agua. Esta misma se la coloca entre la subrasante y la base de la estructura de los pavimentos. [14]

Base

Es la capa de pavimento que tiene como principal función, distribuir y transmitir las cargas producidas en la superficie, ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante, y en esta capa se coloca la capa de rodadura de la estructura. [14]

Capa de rodadura

Cumple con proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa de las cargas producidas por el tránsito de vehículos. Asimismo, la superficie de rodadura ayuda a aumentar la capacidad soporte

del pavimento, absorbiendo cargas y proporciona al usuario de vehículos conformidad a la hora de transitar sobre la misma. [14]

Parámetros de diseño de un pavimento flexible

Módulo de elasticidad de la carpeta asfáltica

Es uno de los parámetros más importantes que ayuda a establecer los espesores necesarios para cada capa de un nuevo pavimento flexible, la AASHTO 2002 recomienda que el módulo de elasticidad de la carpeta asfáltica sea 210 MPA.

Se refiere al módulo de elasticidad como la relación entre el esfuerzo y la deformación en un tiempo de carga, se aplica una carga con una tasa de deformación controlada así para bajas temperaturas donde se comporta elásticamente. La medición del módulo de rigidez se realiza mediante equipos especializados las probetas son elaboradas en laboratorio o con núcleos extraídos de las vías existentes. [30]

Este módulo está relacionado al fisuramiento por fatiga, deformación permanente es decir ahuellamiento y a la capacidad de propagación de las cargas. Depende también en la temperatura y de la velocidad con la cual se aplica el esfuerzo. El factor que más influye en el módulo de elasticidad a bajas temperaturas y en cortos tiempos de aplicación de la carga, es el asfalto. [30]

Módulo resiliente para la subrasante

El módulo resiliente se caracteriza por el cálculo de la resistencia de la subrasante se estima con el resultado del ensayo CBR, el mismo que se correlaciona con nomogramas componentes del estudio de pavimentos. [31]

Para los valores del CBR según la AASHTO 93 se propone la siguiente fórmula:

Ecuación 12

$$Mr = 3000 CBR^{0.65} \rightarrow PSI$$

Módulo resiliente para la base y sub-base

En el diseño de pavimentos existe el coeficiente de resistencia que es propia de cada uno de sus componentes, para una capa de base granular se la determina con un CBR mínimo de 80 % según la MTOP y esperar un coeficiente de 0.14; mientras que para una capa de sub-base granular se presenta con un CBR del 30 % según la MTOP esperando 0.11 para su coeficiente. [31]

Periodo de diseño

Se puede definir el periodo de diseño como el tiempo en el cual el pavimento funcione de manera correcta con el fin de satisfacer las exigencias de servicio, en otras palabras, se presenta al periodo de diseño como la vida útil del pavimento. [32]

Tabla 16: Periodo de diseño según el tipo de carretera

Tipo de carretera	Periodo de diseño (años)
Urbana de tránsito elevado	30-50
Interurbana de tránsito elevado	20-50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15-25
De baja intensidad de tránsito, pavimentada con grava	10-20

Fuente: AASHTO 93, "Guía para el diseño de la estructura del Pavimento"

Número total de ejes equivalentes W18

Debido a que en este proyecto no se realizó un estudio de tráfico, no se tiene los valores de la composición vehicular por lo tanto se calculará los factores de carga equivalente.

Ecuación 13

$$w_{18} = \sum (TPD \times TF \times FC \times 365)$$

Ecuación 14

$$w_{18} = \sum (TPD \times TF \times FC \times 365) \times F_d \times F_c$$

Donde:

TPD = Tráfico promedio diario

TF = Factor de daño por vehículo

FC = Factor de crecimiento para un periodo de diseño en años

F_d = Factor direccional

F_c = Factor por distribución por carril

Factor de daño

Los factores equivalentes de carga expresan niveles de carga equivalentes, pero para el cálculo de un pavimento es necesario determinar el daño en términos de deterioro producidos por un vehículo en particular, es decir daños producidos por cada eje y depende del tipo de vehículo si los ejes son simples, dobles, tándem o trídem. [33]

Tabla 17: Pesos y dimensiones de la tabla nacional

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,30
3-A			27	12,20	2,60	4,30
4-C			31	12,20	2,60	4,30
4-0			32	12,20	2,60	4,30
V2DB			18	12,20	2,60	4,30
V3A			27	12,20	2,60	4,30
VZS			27	12,20	2,60	4,30
T2			18	8,50	2,60	4,30
T3			27	8,50	2,60	4,30
S3			24	13,00	2,60	4,30
S2			20	13,00	2,60	4,30
S1			11	13,00	2,60	4,30
R2			22	10,00	2,60	4,30
R3			31	10,00	2,60	4,30
B1			11	10,00	2,60	4,30
B2			20	10,00	2,60	4,30
B3			24	10,00	2,60	4,30

Para las unidades de carga (Remolques, semiremolques y remolques balanceados) en la combinación se restará el largo del traslape.

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials 1993

Factor de crecimiento para un período de diseño en años.

Una de las maneras más sencillas de calcular el factor de crecimiento es tomar una tasa de crecimiento anual y utilizar el promedio del tráfico al principio y final del diseño. [34]

La AASHTO recomienda calcular el factor de crecimiento para el tráfico de todo el periodo de diseño:

Ecuación 14

$$FC = \frac{(1 - r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento anual en decimales

n = Periodo de diseño en años

Los valores del factor de crecimiento para diferentes tasas anuales y periodos de diseño se muestran en la tabla siguiente, de acuerdo con el criterio de la AASHTO:

Tabla 28: Periodo de diseño anual según AASHTO

Periodo de diseño, años (n)	Tasa de crecimiento anual, gen porcentaje							
	Sin Crecimiento	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.18	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials 1993

Factor de distribución direccional (Fd)

Este factor debe ser considerado como el 50% de tránsito para cada dirección, debido a diferentes circunstancias puede variar este valor entre 0,3 a 0,7 dependiendo cuál de las direcciones toman mayor porcentaje de carga vehicular. [34]

Factor de distribución por carril (Fc)

En una vía de dos carriles, uno en cada dirección, el carril de diseño es uno de ellos, por lo tanto, el factor de distribución por carril es 100%. Para autopistas multicarriles el carril de diseño es el carril exterior y el factor de distribución depende del número de carriles en cada dirección que tenga la autopista. [34]

Tabla 19: Factor de distribución carril

Número de carriles 1 dirección	% de ESAL en el carril de diseño (Fc)
1	10
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials 1993

Confiabilidad (R)

El parámetro de confiabilidad influye en llegar a un punto de certeza para asegurar las diferentes alternativas estructurales de una sección que durará el mínimo de un periodo de diseño. [35]

El método AASHTO recomienda valores entre 50 hasta 99.9 como confiabilidad en pavimentos flexibles con diferentes clasificaciones funcionales. [35]

Tabla 20: Factor de niveles de confiabilidad

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL:	NIVEL RECOMENDADO POR AASHTO PARA CARRETERAS
Carretera Interestatal o Autopista.	80 - 99.9
Red Principal o Federal.	75 - 95
Red Secundaria o Estatal.	75 - 95
Red Rural o Local.	50 - 80

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials 1993

Desviación estándar global (S_o)

Este parámetro está ligado directamente con la confiabilidad y es la que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento. [35]

Los valores de la desviación estándar global según la AASHTO recomiendan ser utilizado entre los rangos $0.40 \leq S_o \leq 0.50$ y recomienda, $S_o = 0.45$. para pavimentos flexibles. [35]

Desviación estándar normal (Z_r)

Esta desviación depende del factor de confianza seleccionada.

Tabla 21: Nivel de confianza

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z_R
50	0.000
60	0.253
70	0.524
75	0.674
80	0.841
85	1.037
90	1.282
91	1.340
92	1.405
93	1.476
94	1.555
95	1.645
96	1.751
97	1.881
98	2.054
99	2.327
99.9	3.090
99.99	3.750

Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Serviciabilidad

Se define como una condición necesaria para proveer al usuario un manejo seguro y confortable el momento de ser utilizado.

Tabla 22: Índice de Serviabilidad

Índice de servicio (PSI)	Clasificación
0 - 1	Muy mala
1 - 2	Mala
2 - 3	Regular
3 - 4	Buena
4 - 5	Muy buena

Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Índice de servicio inicial P_o

Es el valor de servicio en un pavimento nuevo o reparado, los valores recomendados por la AASHTO usualmente son 4.2 para pavimentos flexibles y 4.5 para pavimento rígido. [36]

Para el índice de servicio final P_t

Es el valor mínimo del índice de servicio que se puede dar para un pavimento, los valores recomendados por la AASHTO usualmente están entre 1.5 para vías de muy baja importancia y de 2.5 a 3.0 para vías arteriales. [36]

Pérdida o disminución del índice de serviciabilidad

La disminución del índice de serviciabilidad permite determinar la pérdida del índice de servicio, que representa una disminución gradual de la calidad de servicio de la vía, originada por el deterioro del pavimento con relación al tiempo, clima y esfuerzos producidos por cargas vehiculares.

Ecuación 15

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Donde:

PSI= Índice de Servicio Presente

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado

P_o = Índice de servicio inicial

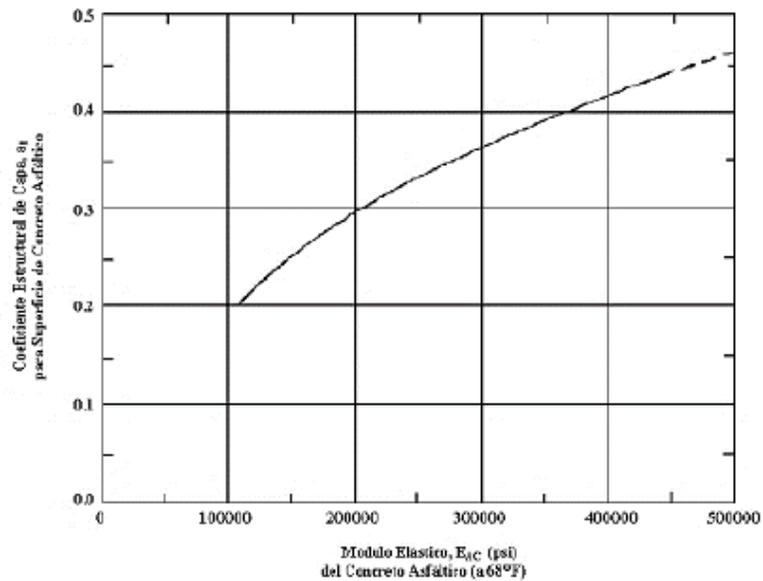
P_t = Índice de servicio final

Concreto asfáltico convencional (a1)

Al revisar los valores del CBR según las especialidades establecidas por la AASHTO se establecen los módulos de elasticidad y en base a ello se obtiene el coeficiente del concreto mediante el siguiente ábaco. [36]

En caso de no ser establecido los valores del coeficiente de elasticidad se emplearía un ábaco distinto en base a la estabilidad Marshall de la gráfica.

Figura 21: Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica “a1”

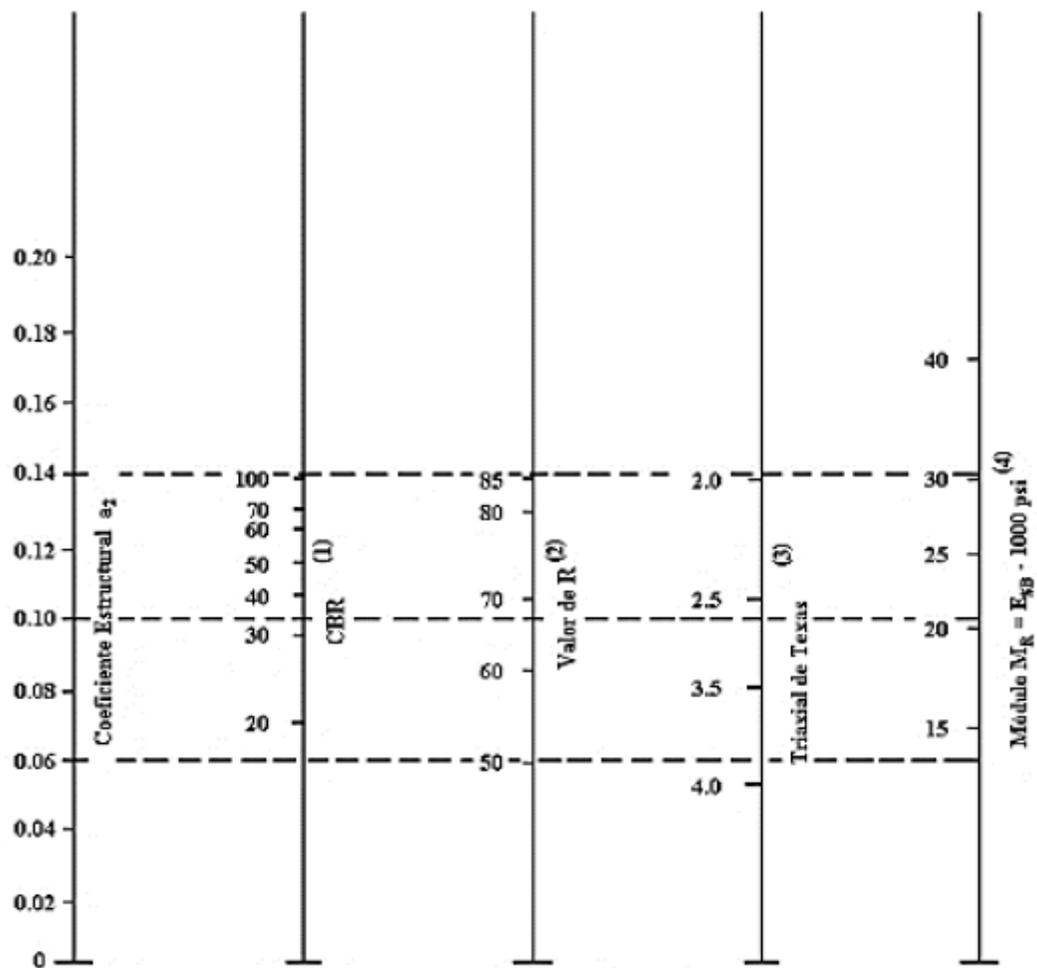


Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Base granular (a2)

Al igual que el coeficiente de asfalto para la base granular es necesario establecer el valor del CBR. Según las especificaciones del MTOP el valor mínimo para el CBR es mayor o igual al 80%. [36]

Figura 22: Ábaco para estimar el número estructural de la capa base granular "a2"



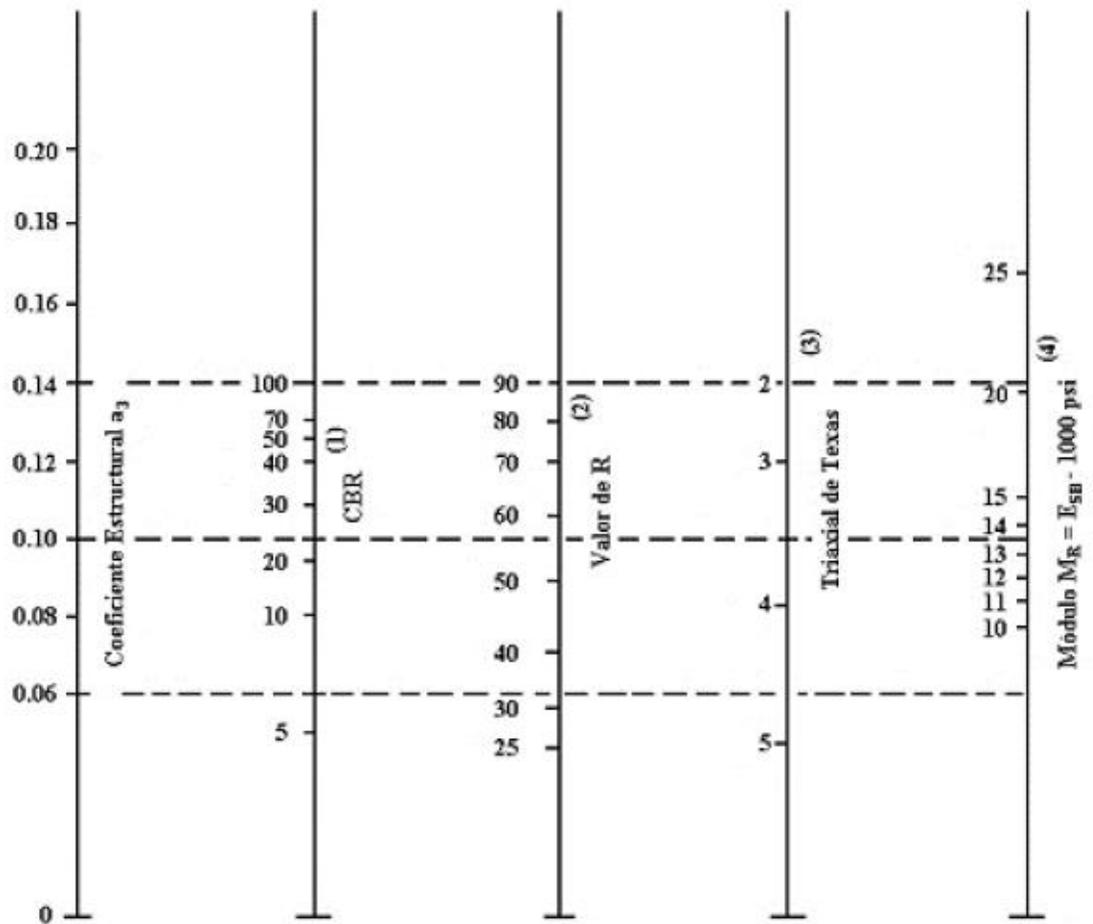
- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexico y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Fuente: AASHTO 93, "Guía para el diseño de la estructura del Pavimento"

Sub-base (a3)

De la misma manera el coeficiente de la sub base se encuentra estableciendo los coeficientes de CBR que proporciona el valor mayor o igual al 30% determinado en la MTOP. [36]

Figura 23: Ábaco para estimar el número estructural de la sub-base granular "a3"



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexico y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Fuente: AASHTO 93, "Guía para el diseño de la estructura del Pavimento"

Coefficiente de drenaje de capa

Para el coeficiente de drenaje es indispensable dos parámetros los cuales determinan de acuerdo con el tiempo de evacuación del agua en el pavimento y el porcentaje en el cual estará expuesto el pavimento, es decir, el nivel de saturación en el transcurso del año.

Este porcentaje depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje. La AASHTO define cinco capacidades de drenaje. [36]

Tabla 23: Capacidad de Drenaje

Calidad de drenaje	Agua removida en:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	Agua no drenada

Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

De acuerdo con las capacidades de drenaje la AASHTO establece los factores de corrección m² (bases) y m³ (sub-bases granulares sin estabilizar), estos factores están en relación con el tiempo a lo largo de un año, en el cual el pavimento se encuentra sometida a niveles extremos de saturación. [36]

Tabla 24: Valores mi para modificar los Coeficientes Estructurales, o capa de bases y Sub-bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles

Calidad de drenaje	Porcentaje de tiempo al cual está expuesta la estructura del a niveles de humedad próxima a la saturación			
	Menor del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mayor del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.	0.40

Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Número estructural (SN)

El diseño de pavimentos flexibles se basa principalmente en establecer un “número estructural (SN)” para el pavimento, que pueda soportar el nivel de carga requerido. Para determinar el número estructural, el método propuesto por la AASHTO se apoya en una ecuación que relaciona los coeficientes, con sus respectivos números estructurales, los cuales se calculan con ayuda de ciertos criterios. [36]

Ecuación 16

$$D1 \geq \frac{SN1}{a1}$$

$$SN1 = a1D1 \geq SN1$$

$$D2 \geq \frac{SN2 - SN1}{a2 * m2}$$

$$SN1 + SN2 \geq SN2$$

$$D3 * a3 * m3 + SN1 + SN2 \geq SN3$$

$$SN = a1D1 + a2D2m2 + a3D3m3$$

Donde:

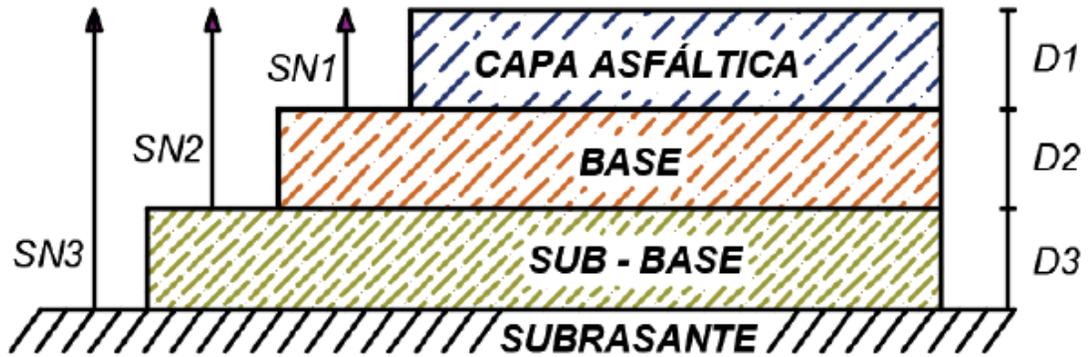
a1, a2 y a3: Coeficientes estructurales de la carpeta, base y sub-base

D1, D2 y D3: Espesores de la carpeta, base y sub-base

m2 y m3: Coeficiente de drenaje para base y sub-base

Esta ecuación permite obtener los espesores de cada capa involucrando los coeficientes de drenaje particulares para la base y sub-base. # [36]

Figura 24: Capas de un pavimento flexible



Fuente: AASHTO 93, "Guía para el diseño de la estructura del Pavimento"

La suma de los números estructurales de las capas que constituyen el pavimento debe ser:

Ecuación 17

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN$$

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de resultados

Se procede a analizar los resultados obtenidos en campo y laboratorio.

- Mediante el ensayo de contenido de humedad se pudo determinar que la humedad natural del suelo varía entre 12,33% y 30,46%.

- Se encuentra mediante el ensayo granulométrico que las muestras en campo están divididas de la siguiente manera: el porcentaje de arena oscila entre 78,56% a 97,83%, mientras que el porcentaje de limos se encuentra entre 2,17% a 21,44%.

- Al realizar los límites de Atterberg se determinó mediante el ensayo de Casagrande que el límite líquido difiere entre 16,5% y 38%.

- De la misma manera los límites plásticos de las muestras obtenidas en las diferentes parroquias son valores entre 1,14% y 8,43% y de tal forma que los índices plásticos oscilan entre 14,86% y 34,59%.

- Mediante el ensayo Densidad de campo se pudo identificar las propiedades índice del suelo en las cuales los valores varían de la siguiente manera.
 - Relación de vacíos:
 - 0,53 – 1,64
 - Porosidad
 - 34,57% - 62,19%
 - Saturación del agua
 - 47,93% - 79,21%

 - Saturación del aire
 - 17,6% - 53,07%
 - Densidad de campo
 - (1,007 – 1,743) Kg/m³

3.1.1. Resultados de las propiedades índice de los suelos

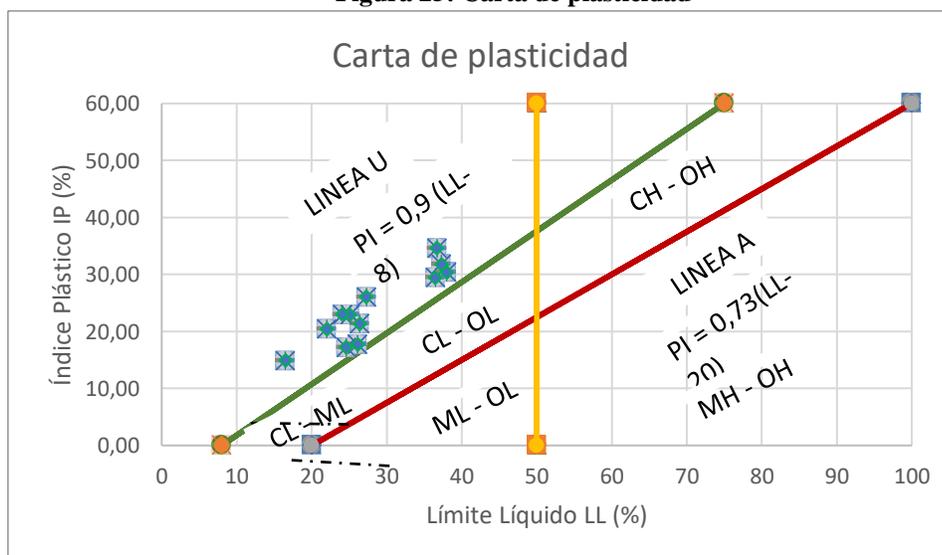
Tabla 25: Propiedades Índice de los suelos

Ubicación Vía - Parroquia - Cantón	Muestra	Límite Líquido (%)	Índice Plástico (%)	Límite plástico (%)	Humedad natural (%)	Gravedad específica (Gs)	Relación de vacíos e	Porosidad n (%)	Grado de saturación del agua Gw (%)	Grado de saturación del aire Ga (%)
San Miguelito - Píllaro - Tungurahua	1	37,30	31,75	5,55	20,59	2,29	0,95	48,68	64,19	35,81
	2	27,30	26,01	1,29	12,91	2,65	0,99	49,84	79,21	20,79
	3	36,50	29,42	7,08	30,46	2,43	1,03	50,8	82,4	17,6
	4	26,40	21,29	5,11	21,88	2,38	1,64	62,19	63,18	36,82
Emilio María Terán - Píllaro - Tungurahua	1	24,60	17,16	7,44	13,68	2,46	0,95	48,77	75,34	24,66
	2	26,10	17,67	8,43	23,14	2,27	0,94	45,00	76,67	23,33
	3	38,00	30,33	7,67	25,22	2,38	0,74	42,56	80,48	19,52
	4	36,70	34,59	2,11	13,54	2,27	0,86	46,25	53,42	46,58
Baquerizo Moreno - Píllaro - Tungurahua	1	25,10	22,89	2,21	20,47	2,38	1,55	60,8	63,16	36,84
	2	22,00	20,39	1,61	14,14	2,62	0,83	45,48	61,65	38,35
	3	24,10	22,96	1,14	12,69	2,36	1,21	54,78	56,31	43,69
	4	16,50	14,86	1,64	12,33	2,77	0,53	34,57	47,93	53,07

Fuente: José Luis Paredes

REPRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS EN LA CARTA DE PLASTICIDAD

Figura 25: Carta de plasticidad



Fuente: José Luis Paredes

3.1.2. Resultados de las propiedades Mecánica de los suelos

Tabla 26: Propiedades mecánicas de los suelos

Ubicación Vía - Parroquia - Cantón	Muestra	Densidad de campo (γ_d)	Compactación			CBR (%)					DCP
			γ_d máx (Kg/m ³)	W ópt (%)	Gc %	90% γ_d máx		90% γ_d máx			DN (mm/golpe)
						0,1 "	0,2"	0,1"	0,2"	Mayor	
San Miguelito – Píllaro – Tungurahua	1	1,363	1,797	14,80	91,90	6,20	6,80	9,20	11,60	11,60	15,96
	2	1,321	1,819	14,80	91,36	5,80	6,90	7,70	8,50	8,50	38,52
	3	1,316	1,496	24,70	98,51	3,20	3,80	4,00	4,60	4,60	12,49
	4	1,007	1,626	19,25	97,12	5,00	5,20	7,60	8,60	8,60	22,93
Emilio María Terán - Píllaro – Tungurahua	1	1,359	2,144	11,41	97,18	5,10	6,10	6,30	7,20	7,20	7,13
	2	1,362	1,727	18,68	99,08	4,30	5,80	7,20	9,80	9,80	12,82
	3	1,515	1,730	18,88	97,39	5,80	7,00	11,80	13,20	13,20	16,73
	4	1,420	1,772	16,13	95,29	6,60	10,20	12,00	19,00	19,00	7,94
Baquerizo Moreno - Píllaro – Tungurahua	1	1,046	1,635	21,50	97,15	12,40	19,20	17,80	26,00	26,00	19,65
	2	1,606	1,932	15,20	96,11	14,40	24,40	16,40	27,00	27,00	43,77
	3	1,199	1,869	16,00	97,46	6,40	7,20	8,50	9,00	9,00	16,81
	4	1,743	2,085	8,50	95,77	6,40	8,00	9,20	11,00	11,00	5,06

Fuente: José Luis Paredes

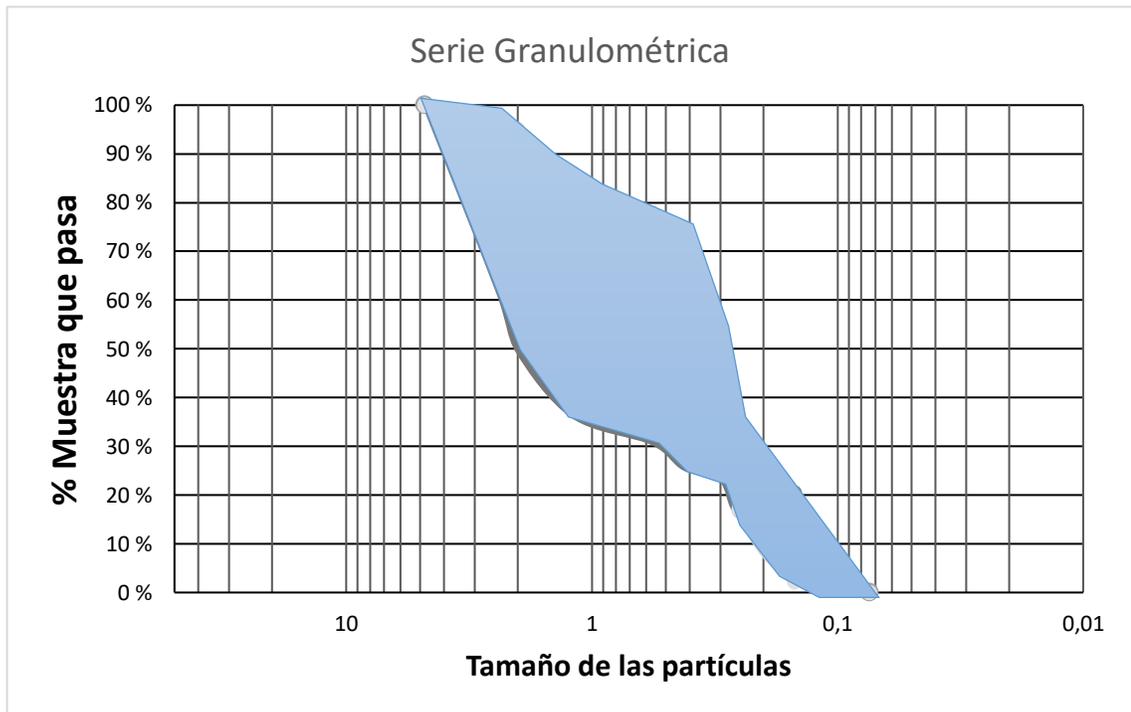
3.1.3. Zonificación de los suelos

Tabla 27: Granulometría y clasificación de los suelos

Ubicación Vía - Parroquia - Cantón	Clasificación		Granulometría		
	SUCS	AASHTO	GRAVA G%	ARENA S%	LIMO M%
San Miguelito – Píllaro – Tungurahua	A-2-4	SM-SC	0	95,88	4,13
	A-2-4	SM	0	97,83	2,17
	A-2-4	SM	0	83,35	16,65
	A-2-4	SC	0	79,56	20,44
Emilio María Terán - Píllaro – Tungurahua	A-4	SC	0	78,56	21,44
	A-2-4	SC	0	86,15	13,85
	A-2-4	SM	0	82,52	17,48
	A-2-4	SM	0	85,47	14,53
Baquerizo Moreno - Píllaro – Tungurahua	A-2-4	SC	0	80,15	19,85
	A-4	SC	0	89,14	10,26
	A-4	SC	0	92,09	7,91
	A-2-4	SM-SC	0	92,22	7,78

Fuente: José Luis Paredes

Figura 26: Representación gráfica de la serie granulométrica.

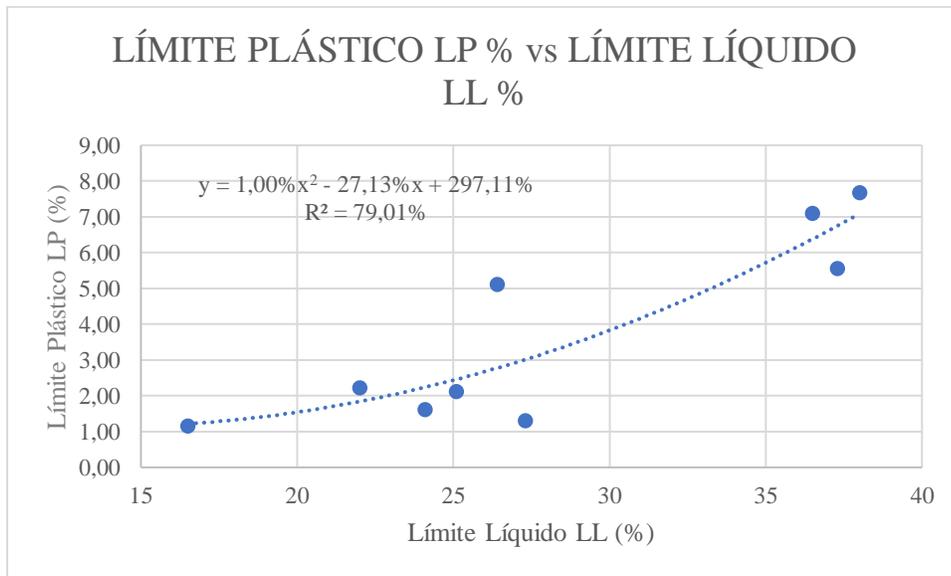


Fuente: José Luis Paredes

3.1.4. Correlaciones

3.1.4.1. Correlaciones entre las propiedades Índice

- **Correlación N°: 01**
 - LÍMITE PLÁSTICO LP % vs LÍMITE LÍQUIDO LL %



Ecuación	$LP = 0,1(LL)^2 - 0,2713(LL) + 2,9711$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 79,01 \%$

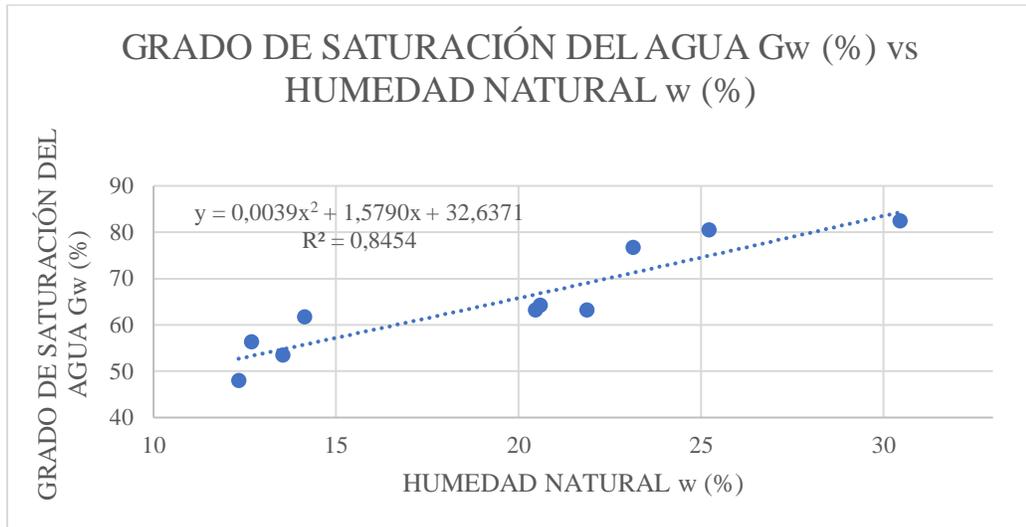
Cuestión

Al realizar los límites de Atterberg se demuestra que existe entre ellos una buena correlación ya que a medida que se incrementa el límite líquido también aumenta su plasticidad y comprensibilidad es decir que tienen una relación directamente proporcional.

Se determinó que la ecuación es polinómica de segundo grado que es a la cual se ajusta de mejor manera las propiedades.

- **Correlación N°: 02**

- GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA G_w (%) vs HUMEDAD NATURAL w (%)



Ecuación	$G_w = 0,0039(w)^2 - 1,5790(w) + 32,6371$
Coefficiente de determinación	r^2 (%) = 84,54 %

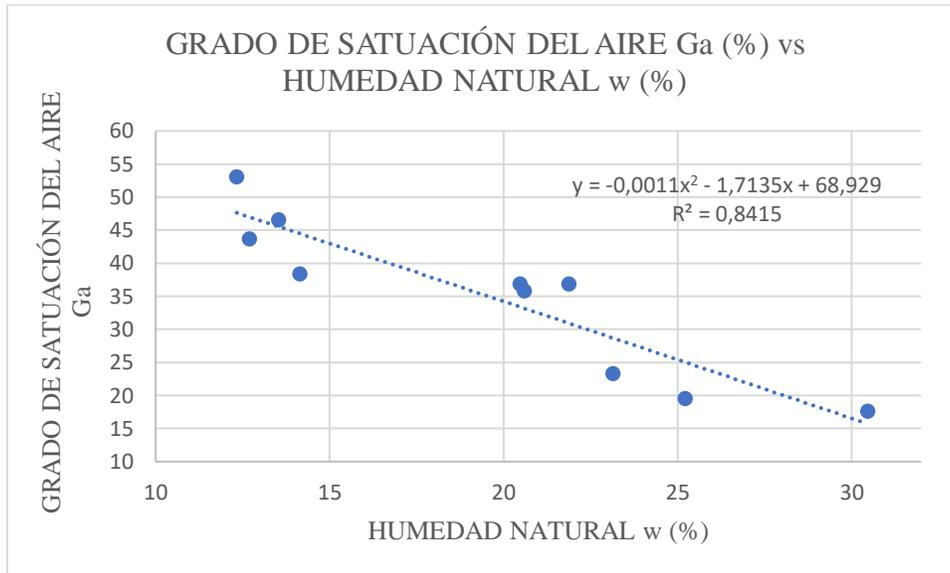
Cuestión

Para la correlación entre la saturación del agua y el contenido de humedad se aprecia que la ecuación polinómica de segundo grado es la que mejor se ajusta a la correlación y en la cual se obtiene un coeficiente de determinación $r^2 = 84,54\%$.

Mediante los cálculos analizados y ensayados se representa gráficamente el grado de saturación del agua y el contenido de humedad del 100% de la muestra total obtenida la misma que indica que el rango varía entre el (10%- 75%) y (4% - 26%) correspondientemente. Se toma en cuenta que la relación existente entre estas propiedades determina los vacíos de aire en el suelo que se llenan de agua alterando el total de la masa y perturbando su humedad.

- **Correlación N°: 03**

- GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE G_a (%) vs HUMEDAD NATURAL w (%)



Ecuación	$G_a = -0,0011(w)^2 - 1,7135(w) + 68,929$
Coefficiente de determinación	r^2 (%) = 84,15 %

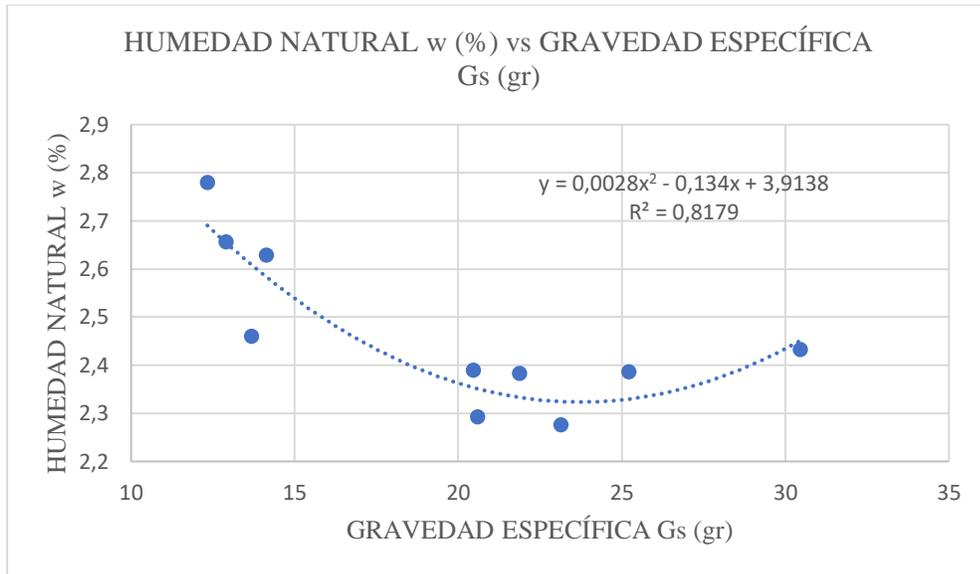
Cuestión

La correlación estudiada se evaluó con una ecuación polinómica de segundo grado en la cual el grado de saturación del aire varía entre 17,6 % a 53,07 % y el contenido de humedad entre 12,33 % a 30,46 %, siendo así la correlación eficiente de un 84,15 % de las muestras.

Para correlacionar las propiedades existe una relación ya que el contenido de humedad penetra el suelo ayudando a la compactación del suelo y reduciendo los vacíos existentes en el mismo.

- **Correlación N°: 04**

- HUMEDAD NATURAL w (%) vs GRAVEDAD ESPECÍFICA Gs (gr)



Ecuación	$w = -0,0028(Gs)^2 - 0,134(Gs) + 3,9138$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 81,79 \%$

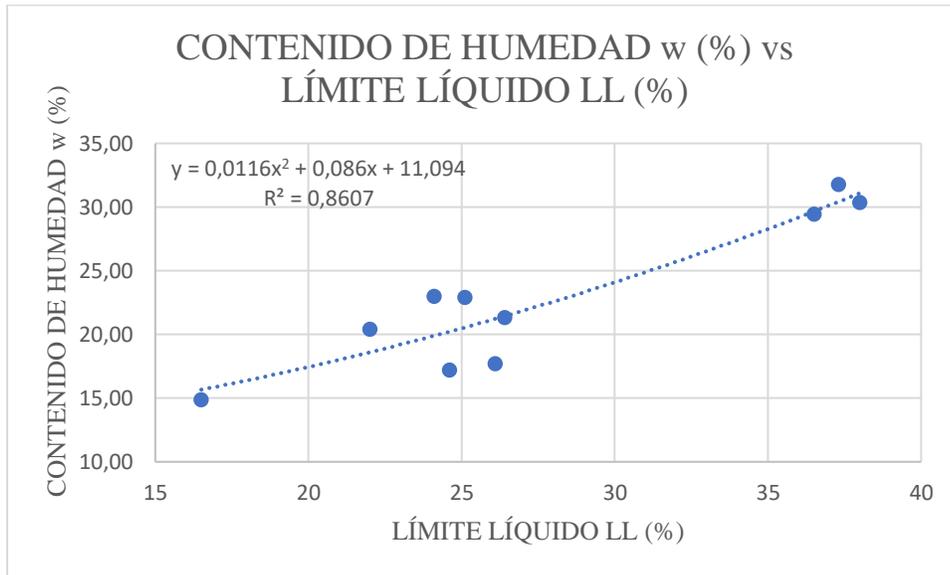
Cuestión

La correlación existente entre ambas propiedades tanto gravedad específica y contenido de húmeda muestran sus datos de la siguiente manera (2,276 a 2,779), (12,33 a 30,46) respectivamente.

Los valores representados en la correlación establecen el coeficiente de determinación de 84,15% el mismo que establece una ecuación polinómica de segundo grado siendo la más favorable para establecer una muy buena correlación entre ambas propiedades.

- **Correlación N°: 05**

- **CONTENIDO DE HUMEDAD w (%) vs LÍMITE LÍQUIDO LL (%)**



Ecuación	$w = 0,0116 (LL)^2 + 0,086(LL) + 11,094$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 86,07 \%$

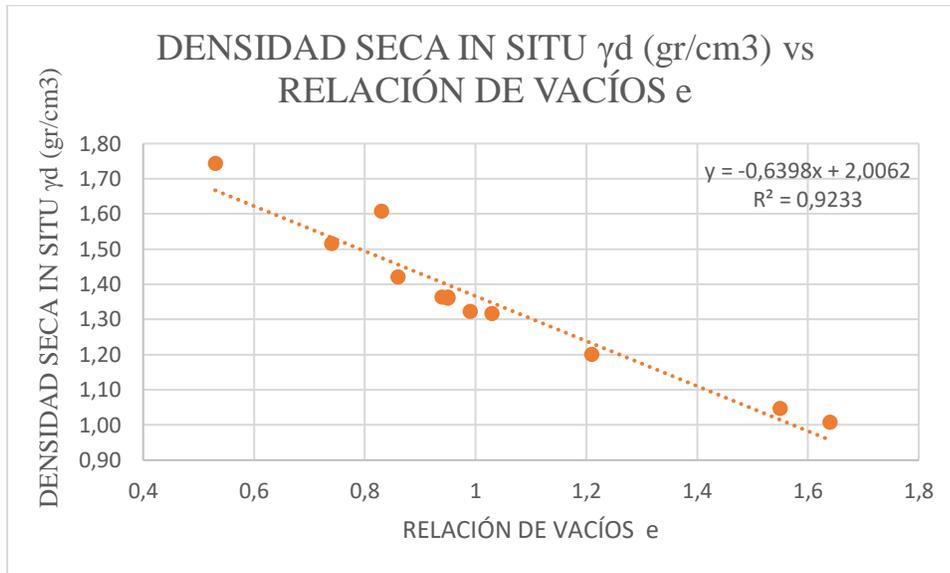
Cuestión

Se presenta la correlación existente entre contenido de humedad con relación al límite líquido es directamente proporcional ya que al aumentar el límite líquido de la muestra de la misma manera aumenta la humedad en el suelo y se pudo referenciar que el coeficiente de determinación es bueno ya que es de 86,07%

En dicha correlación se expresa valores de humedad que bordean los límites de (12,33 a 30,46) %, mientras que el límite líquido bordea los rangos de (16,5 a 38) %.

- **Correlación N°: 06**

- DENSIDAD SECA IN SITU γ_d (gr/cm³) vs RELACIÓN DE VACÍOS e



Ecuación	$\gamma_d = -0,6398 (e) + 2,0062$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 92,33 \%$

Cuestión

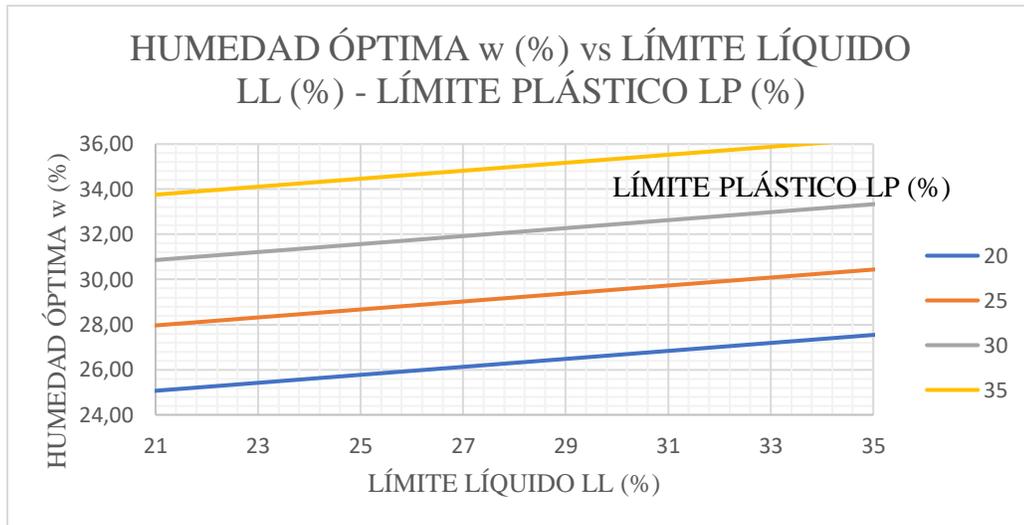
Al determinar la relación existente entre la densidad de campo con respecto a la relación de vacíos es excelente ya que se observa en el diagrama de dispersión que los valores son aproximados a la recta de tendencia la misma que determina un coeficiente de 92,33%

Se logró determinar los rangos señalados entre la relación de vacíos y su densidad de campo la misma que se establece en los siguientes rangos 0,53 – 2,64 y 1,007 – 1,743 respectivamente.

Su relación es inversamente proporcional ya que al aumentar los vacíos existentes disminuye su propiedad de densidad.

- **Correlación N°: 07**

- HUMEDAD ÓPTIMA w (%) vs LÍMITE LÍQUIDO LL (%) - LÍMITE PLÁSTICO LP (%)



Ecuación	$w = 10,49 \log (LL)^2 + 0,48(LP) - 0,10$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 54,21 \%$

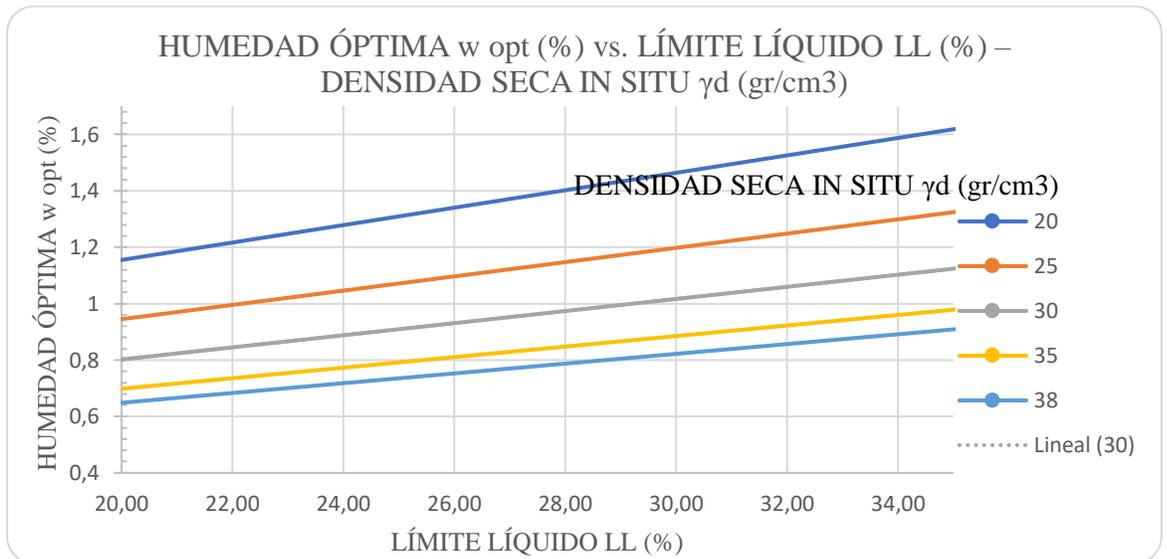
Cuestión

Se correlacionó las propiedades tanto de humedad como límite líquido y plástico mediante una regresión logarítmica, aquella permite tener un coeficiente de determinación del 54,21%, es decir, que la correlación entre estas propiedades es regular, Al establecer un límite líquido se comparó con el valor de las diferentes rectas plásticas para poder correlacionarlas con su humedad óptima.

Se tomó en cuenta los valores requeridos entre sus límites los cuales varían entre el (20 y 35) % los mismos que ayudan a prolongar las rectas para la obtención de su humedad.

- **Correlación N°: 08**

- HUMEDAD ÓPTIMA w_{opt} (%) vs. LÍMITE LÍQUIDO LL (%) – DENSIDAD SECA IN SITU γ_d (gr/cm³)



Ecuación	$w = 2,9652 (LL)^{0,58906189} \times \gamma_d^{-0,89882047}$
Coefficiente de determinación	r^2 (%) = 52,52 %

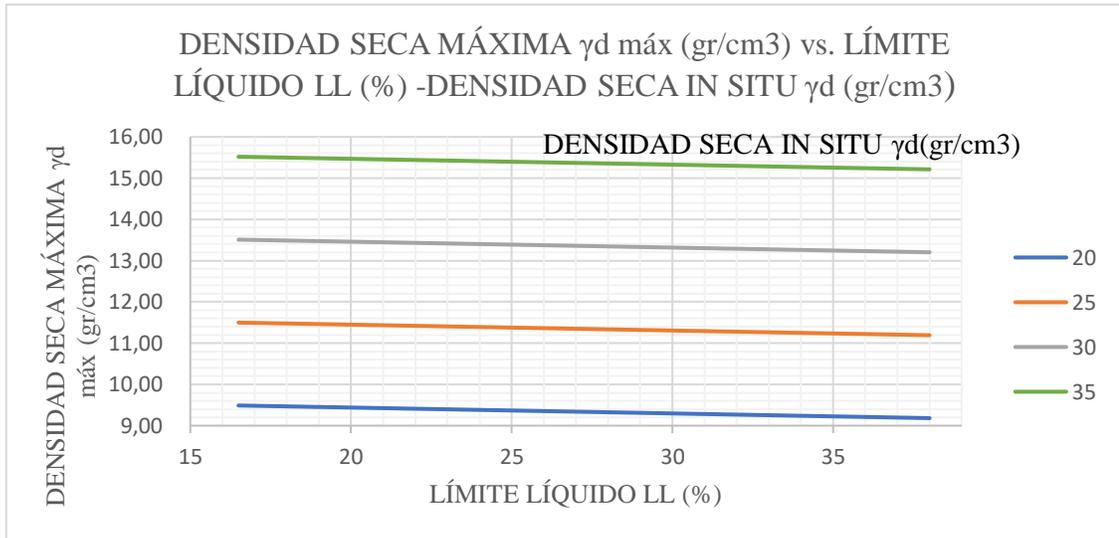
Cuestión

El comportamiento de la relación entre la humedad óptima, límite líquido y su densidad in situ, se la relacionó con una regresión exponencial en la cual su coeficiente de determinación es regular ya que presenta el 52,52%

Fueron utilizados el 100 % de las muestras para obtener un valor de correlación más real y accesible determinando la humedad óptima en base a su límite líquido y su densidad in situ o de campo cuyos valores rodean el rango de (20 – 38) gr/cm³

- **Correlación N°: 09**

- DENSIDAD SECA MÁXIMA γ_d máx (gr/cm³) vs. LÍMITE LÍQUIDO LL (%) -DENSIDAD SECA IN SITU γ_d (gr/cm³)



Ecuación	$\gamma_d \text{ máx} = -0,85 \log (LL) + 0,40 \gamma_d + 2,48$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 55,71 \%$

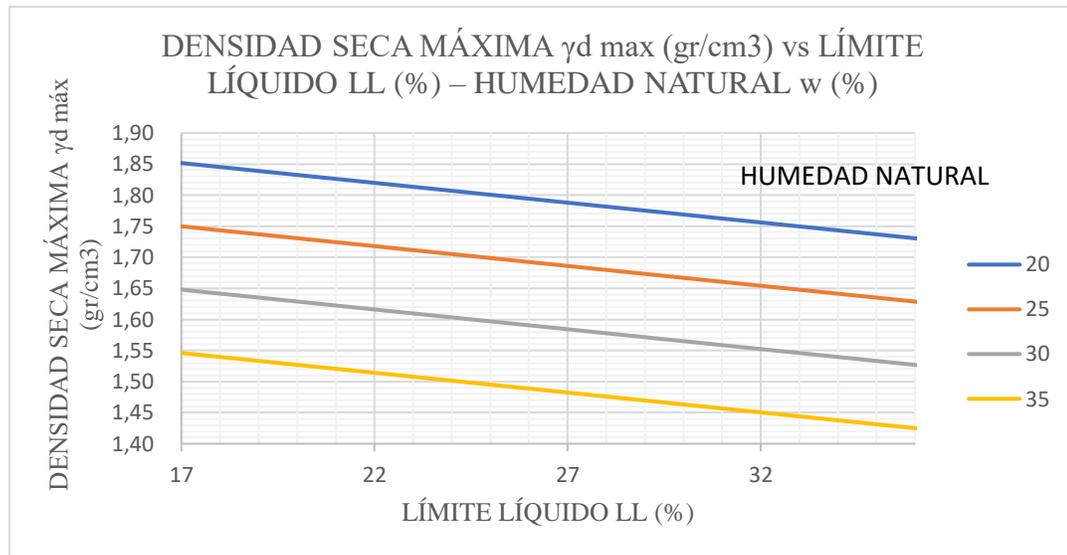
Cuestión

Se establece una correlación regular en la cual existe un coeficiente de determinación igual a 55,71 % que expresa mediante su límite líquido y su densidad de campo la densidad máxima existente en el suelo.

La gráfica se la realizó mediante una regresión logarítmica en la cual los datos de densidad varían entre 20 a 35 gr/cm³ es inversamente proporcional a la densidad máxima y su densidad in situ mientras que directamente proporcional a su límite líquido.

- **Correlación N°: 10**

- DENSIDAD SECA MÁXIMA γ_d max (gr/cm³) vs LÍMITE LÍQUIDO LL (%) – HUMEDAD NATURAL w (%)



Ecuación	$\gamma_d \text{ máx} = -0,38 \log (LL) - 0,02 w + 2,72$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 65,199 \%$

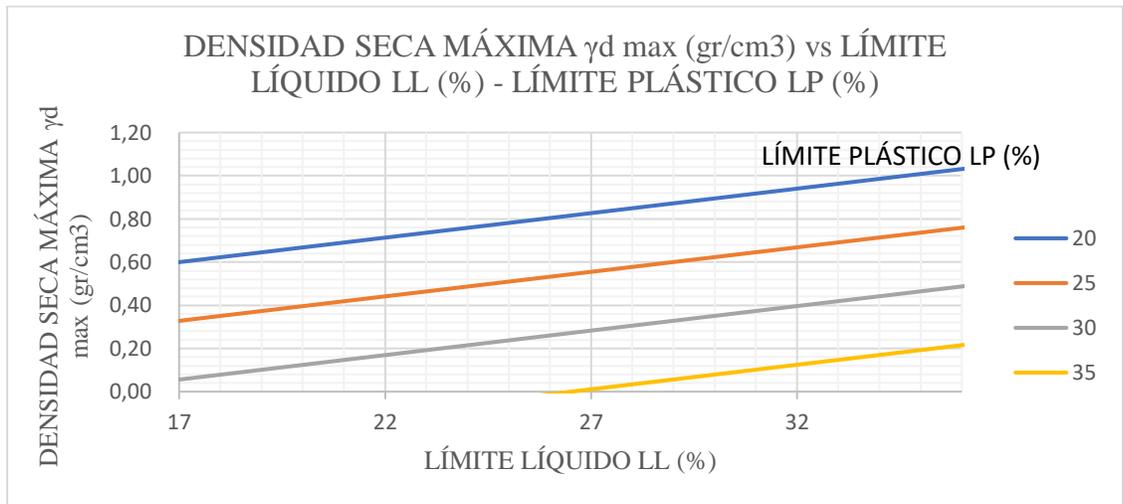
Cuestión

Se correlaciona las propiedades mediante una regresión logarítmica entre la densidad máxima del suelo y sus propiedades tanto límite líquido como contenido de humedad en la cual establecemos un coeficiente de determinación regular de 65,199 % al utilizar el 100 % de sus muestras.

Se encontró las propiedades en el suelo que refleja los valores más relevantes de humedad para la correlación se encuentran en los rangos de 20 a 35 % para ello la determinación del límite líquido y su contraparte en la densidad de campo.

- **Correlación N°: 11**

- DENSIDAD SECA MÁXIMA γ_d max (gr/cm³) vs LÍMITE LÍQUIDO LL (%) - LÍMITE PLÁSTICO LP (%)



Ecuación	$\gamma_d \text{ máx} = 1,32 \log (LL) - 0,05 w + 0,07$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 55,75 \%$

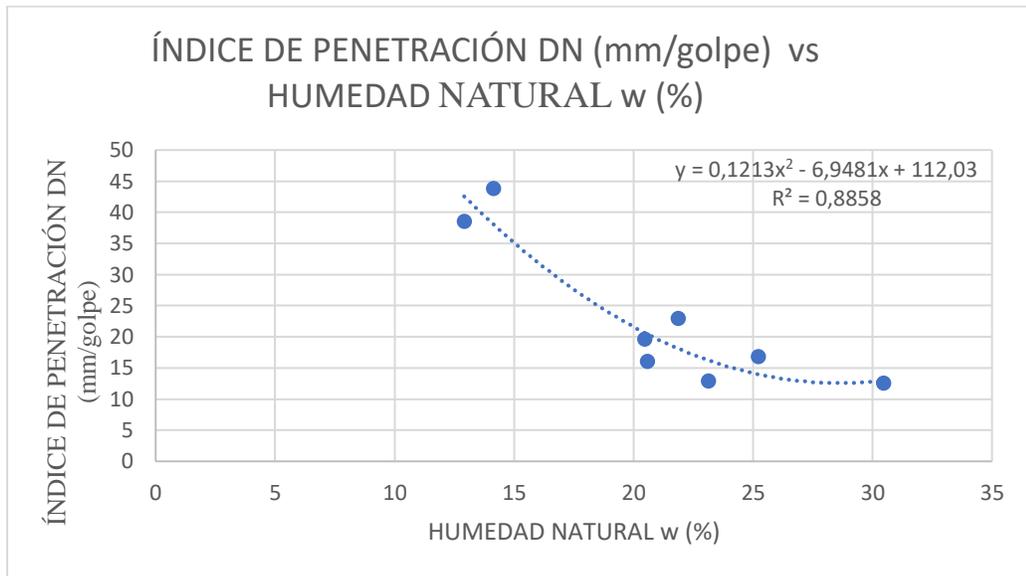
Cuestión

Al correlacionar la densidad máxima del suelo es directamente proporcional a la relación existente entre el límite líquido y el límite plástico, ya que, al aumentar el límite líquido, aumenta el límite plástico y a su vez incrementa su densidad, en ella se obtiene un coeficiente de determinación regular de 55,75%, sin embargo, las limitaciones producidas entre los límites de atterberg son de 20 a 35 %.

Se correlacionó estas propiedades mediante una regresión logarítmica de 3 variables en las cuales se estableció una densidad de campo con respecto a sus límites líquidos y plásticos.

- **Correlación N°: 13**

- ÍNDICE DE PENETRACIÓN DN (mm/golpe) vs HUMEDAD NATURAL w (%)



Ecuación	$DN = 0,1213 (w)^2 - 6,9481 w + 112,03$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 88,58 \%$

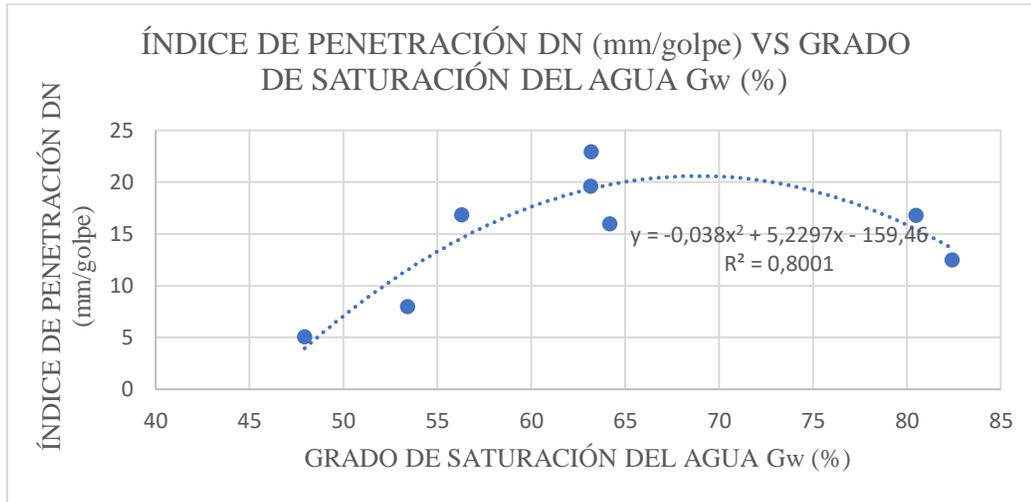
Cuestión

Al realizar la correlación se puede definir una inversa proporcionalidad entre las propiedades ya que cuando el índice de penetración aumenta, la humedad natural del agua disminuye en los rangos establecidos de la siguiente manera: 5,068 mm/golpes a 43,773 mm/golpes y 12,33 % a 30,46 % respectivamente

La correlación tiene un coeficiente de determinación favorable ya que presenta un 88,58% de efectividad en una ecuación de segundo grado demostrando una buena relación entre ambas propiedades.

- **Correlación N°: 14**

- ÍNDICE DE PENETRACIÓN DN (mm/golpe) VS GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA Gw (%)



Ecuación	$DN = -0,038 (Gw)^2 + 5,2297 Gw - 159,46$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 80,01 \%$

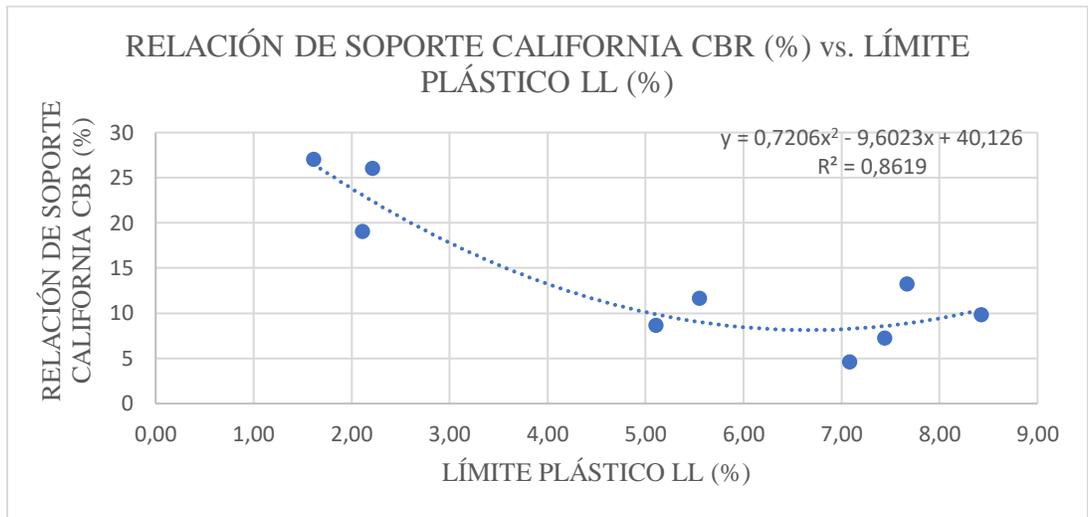
Cuestión

Existe una correlación muy buena existente entre estas propiedades tanto mecánica como índice ya que presenta un coeficiente de determinación de 80,01% y se puede decir que su relación es semi proporcional ya que al aumentar la saturación del agua poco a poco llega a su máxima resistencia del suelo en su índice de penetración y a su vez desciende.

Se establece que la saturación del agua varía entre 47,93 % y 79,21% mientras que el índice de penetración oscila entre 5,068 a 43,773 mm/golpes, para llegar al coeficiente de determinación se aplica una ecuación polinómica de segundo grado.

- **Correlación N°: 15**

- RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA CBR (%) vs. LÍMITE PLÁSTICO LL (%)



Ecuación	$CBR = 0,7206 (LL)^2 - 9,6023 LL - 40,126$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 86,19 \%$

Cuestión

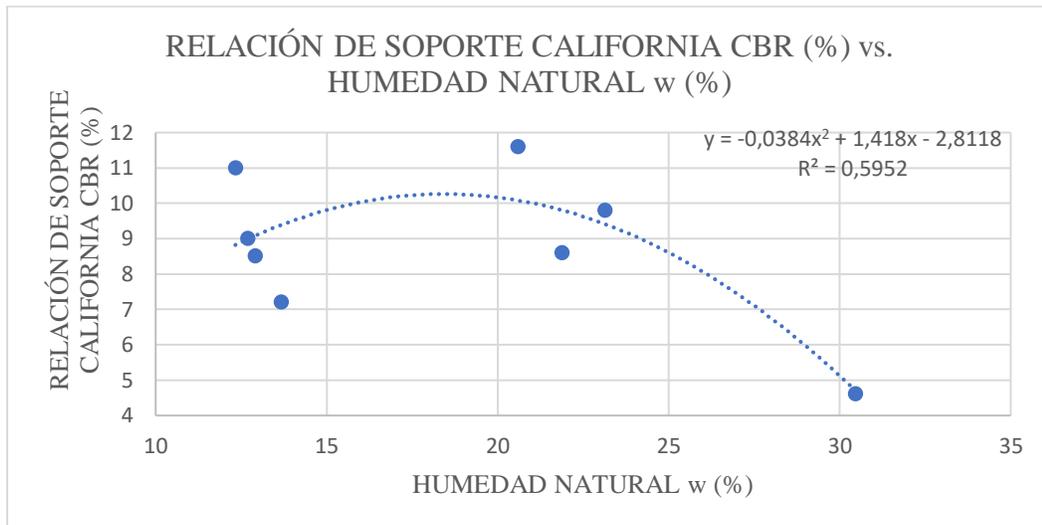
Mediante el ensayo de compactación o CBR relacionado al límite líquido se pudo comparar el coeficiente de determinación excelente de 86,19% el cual se lo obtuvo mediante una ecuación polinómica de segundo grado aplicado al 100 % de las muestras de suelo.

Se establece que su relación es inversamente proporcional ya que, al aumentar el valor del límite líquido, disminuye el valor de compactación CBR.

Para aquellos valores del diagrama de dispersión se establece límites entre 7,2 % y 27 % para el CBR y 16,5% a 38% para su límite líquido.

- **Correlación N°: 16**

- RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA CBR (%) vs. HUMEDAD NATURAL w (%).



Ecuación	$CBR = -0,0384 (w)^2 + 1,418 w - 2,8118$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 59,52 \%$

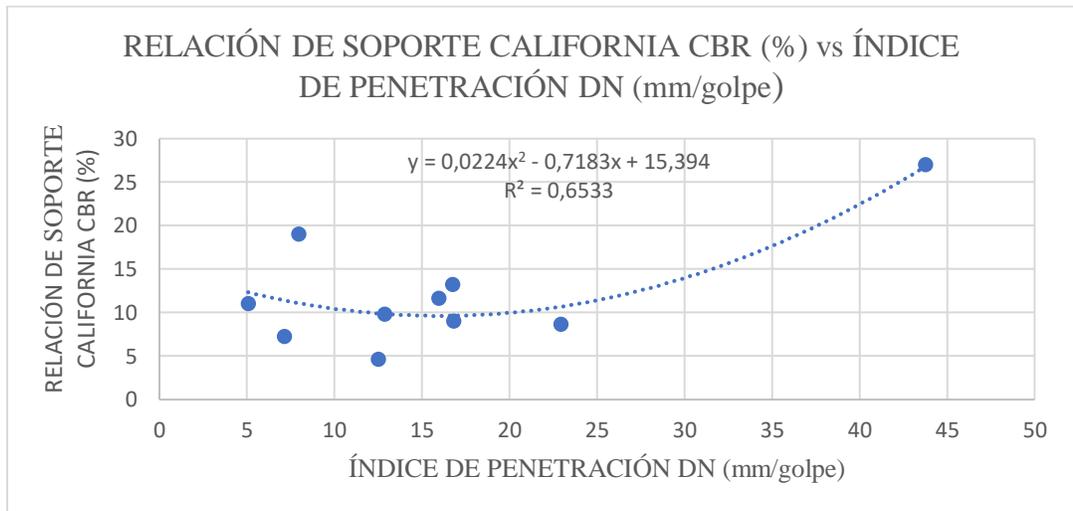
Cuestión

Al realizar esta relación se establece que el coeficiente de determinación es regular ya que presenta el 59,52% de correlación en el cual comprueba que el ensayo de compactación se lo realiza para determinar la humedad óptima con ello se comparó los resultados entre ambas propiedades mediante una ecuación de segundo grado.

Se puede establecer que el valor más referencial del ensayo de compactación será 27 gr/cm³ ya que es el límite superior, es decir su mayor resistencia que se determina con una humedad natural de 14,14%.

- **Correlación N°: 17**

- RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA CBR (%) vs ÍNDICE DE PENETRACIÓN DN (mm/golpe).



Ecuación	$CBR = 0,0224 (DN)^2 - 0,7183 DN - 15,394$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 65,33 \%$

Cuestión

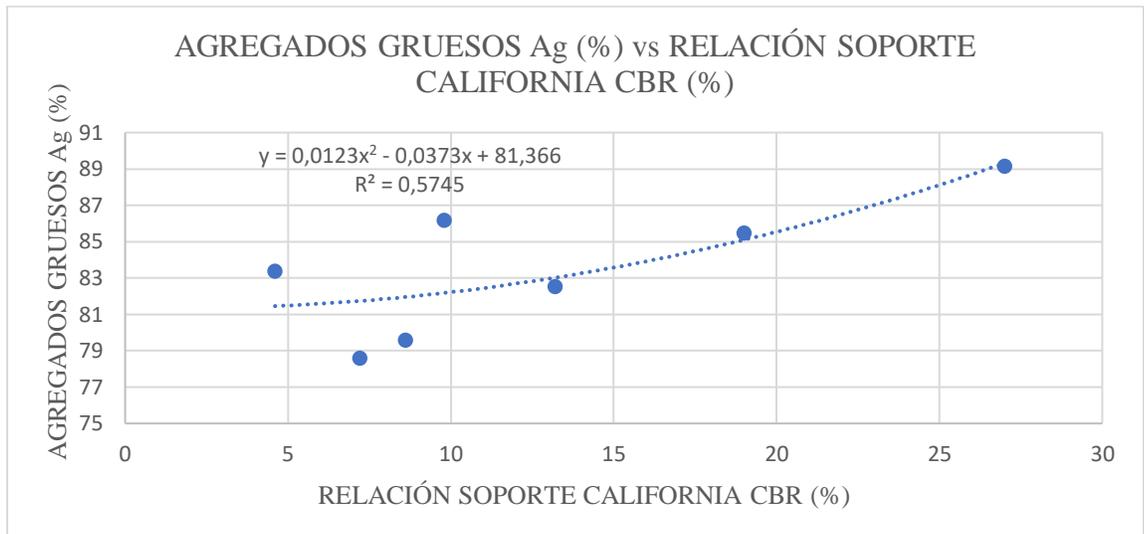
Al analizar los datos obtenidos tanto en el ensayo de compresión como de resistencia CBR y DCP se puede establecer que existe una proporcionalidad directa en la cual al aumentar la resistencia del suelo se determina que el mismo es más compacto.

Se establece en la relación propuesta un coeficiente de determinación regular de 65,33% en el cual presenta una ecuación polinómica de segundo grado. Donde los valores de CBR y DCP varían entre 7,2 a 27 y 5,068 a 43,773 correspondientemente.

En base a esta correlación se efectúa la presente investigación que ayudará a reducir tanto tiempo como recursos para el diseño favorable de un pavimento flexible.

- **Correlación N°: 18**

- AGREGADOS GRUESOS Ag (%) vs RELACIÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR (%).



Ecuación	$Ag = 0,0123 (CBR)^2 - 0,0373 CBR + 81,366$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 57,45 \%$

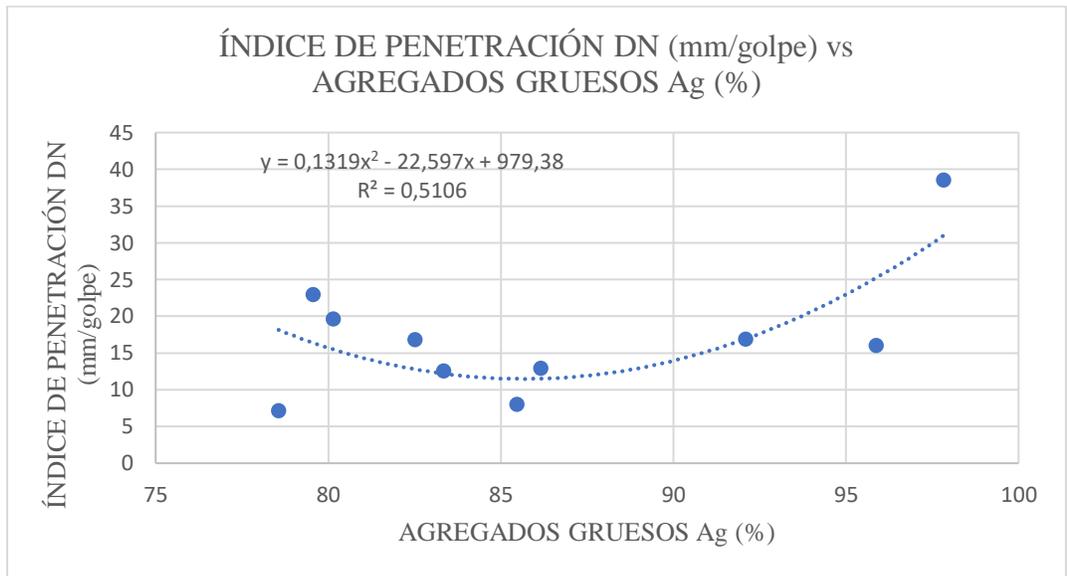
Cuestión

Al establecer un coeficiente de determinación regular en la relación entre los agregados gruesos y su valor de compactación se referencia que existe una proporción directa que mientras mayor sea el % de agregados gruesos mejor será su compactación

Dicha relación muestra el 57,45% de determinación en un diagrama de dispersión donde se utilizó una ecuación polinómica de segundo grado en la cual los datos límites para el tamaño de los agregados gruesos son 78,56% a 97,83% mientras que para el valor de CBR será: 7,2 % a 27 %.

- **Correlación N°: 19**

- ÍNDICE DE PENETRACIÓN DN (mm/golpe) vs AGREGADOS GRUESOS Ag (%)



Ecuación	$DN = 0,1319 (Ag)^2 - 22,597 Ag + 979,38$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 51,06 \%$

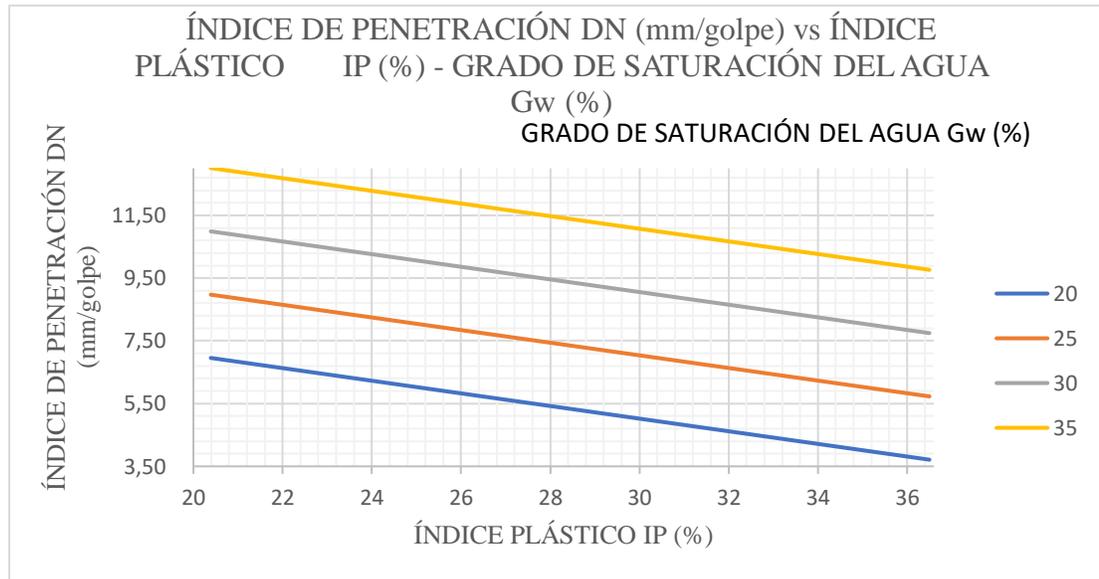
Cuestión

Se establece por medio de la correlación una baja determinación ya que se calculó su coeficiente de 51,06% donde se puede observar que mientras aumenta los agregados su resistencia será mejor, entonces se diría que es directa la proporción entre las propiedades mecánicas del suelo.

Al establecer las propiedades se puede acotar en el diagrama de dispersión los valores frecuenciales que oscilan entre 5,068 – 43,773 de la resistencia del suelo mientras que para los agregados son 78,56% - 97,83%.

- **Correlación N°: 20**

- ÍNDICE DE PENETRACIÓN DN (mm/golpe) vs ÍNDICE PLÁSTICO IP (%) - GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA Gw (%).



Ecuación	$DN = -0,20 (IP) + 0,40 Gw + 2,99$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 53,84 \%$

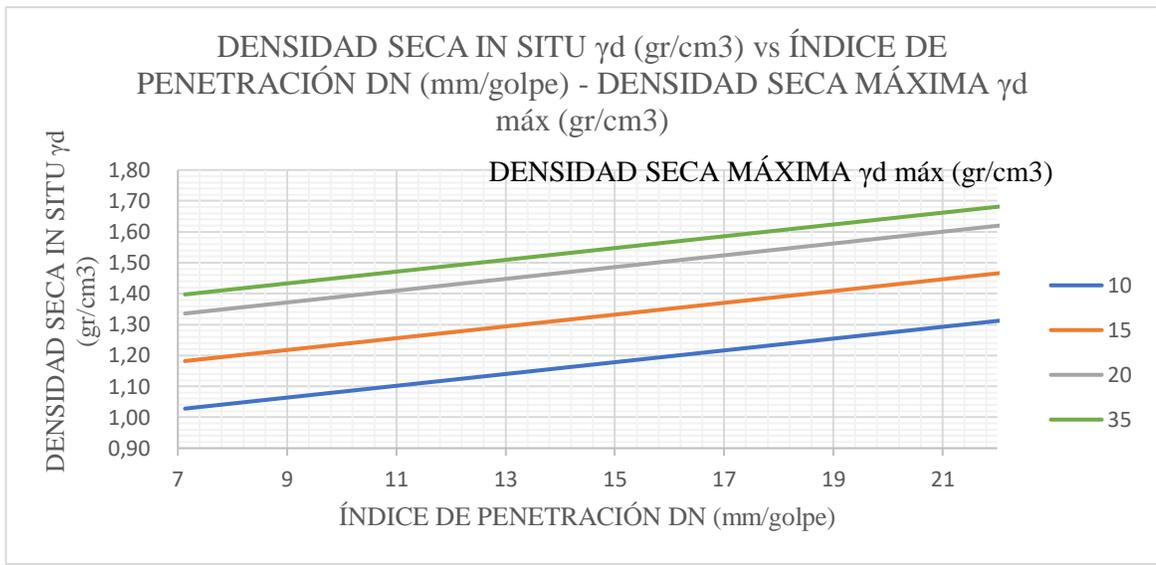
Cuestión

Se logró relacionar las propiedades tanto el índice de penetración con los índices plástico y la saturación del agua dependiendo de la misma para determinar la correlación en una ecuación polinómica de segundo grado con un coeficiente de 53,84%, de la misma manera, se puede identificar una proporcionalidad inversa ya que al momento de aumentar su índice de penetración disminuye la relación entre el índice plástico y el grado de saturación del agua.

La correlación está basada en una regresión polinómica lineal establecida en los datos de saturación del agua entre 20 a 35%.

- **Correlación N°: 21**

- DENSIDAD SECA IN SITU γ_d (gr/cm³) vs ÍNDICE DE PENETRACIÓN DN (mm/golpe) - DENSIDAD SECA MÁXIMA γ_d máx (gr/cm³).



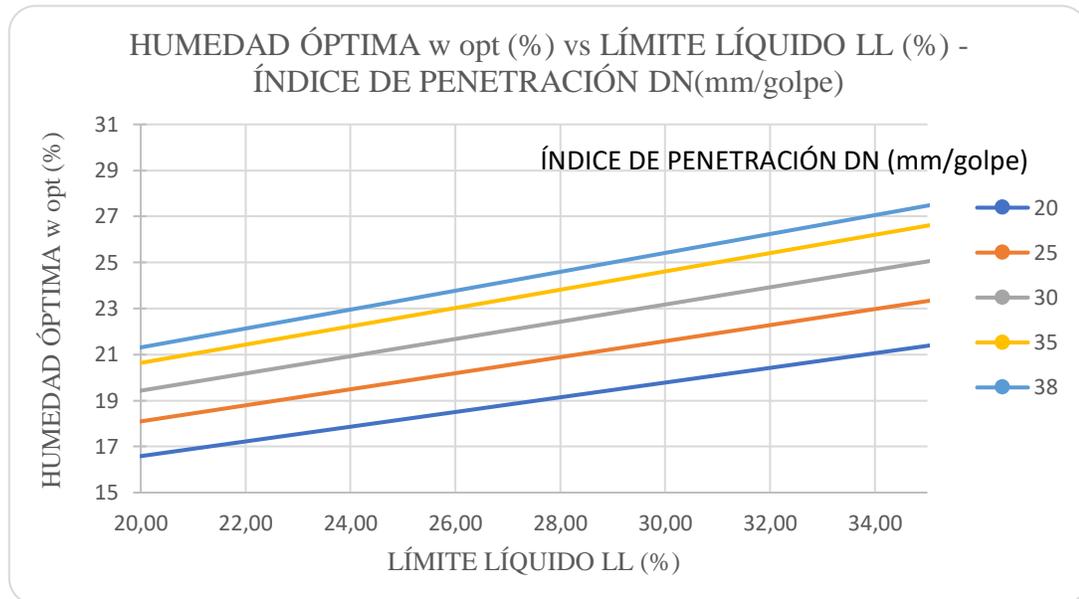
Ecuación	$\gamma_d = 0,02 (DN) + 0,03 \gamma_d \text{ máx} + 0,58$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 61,29 \%$

Cuestión

Al expresar una regresión lineal entre su densidad en campo y su índice de penetración o ensayo de resistencia y su densidad máxima en estado seco se pudo determinar una correlación regular presentando así un coeficiente de determinación del 61,29% el mismo que expresa su relación proporcional, ya que a medida que la resistencia del suelo aumenta, a su vez se incrementa tanto su densidad máxima seca como su densidad de campo, tomando en cuenta los valores de densidad seca más significativos varían entre 10 a 35 gr/cm³.

- **Correlación N°: 22**

- HUMEDAD ÓPTIMA w_{opt} (%) vs LÍMITE LÍQUIDO LL (%) - ÍNDICE DE PENETRACIÓN DN (mm/golpe).



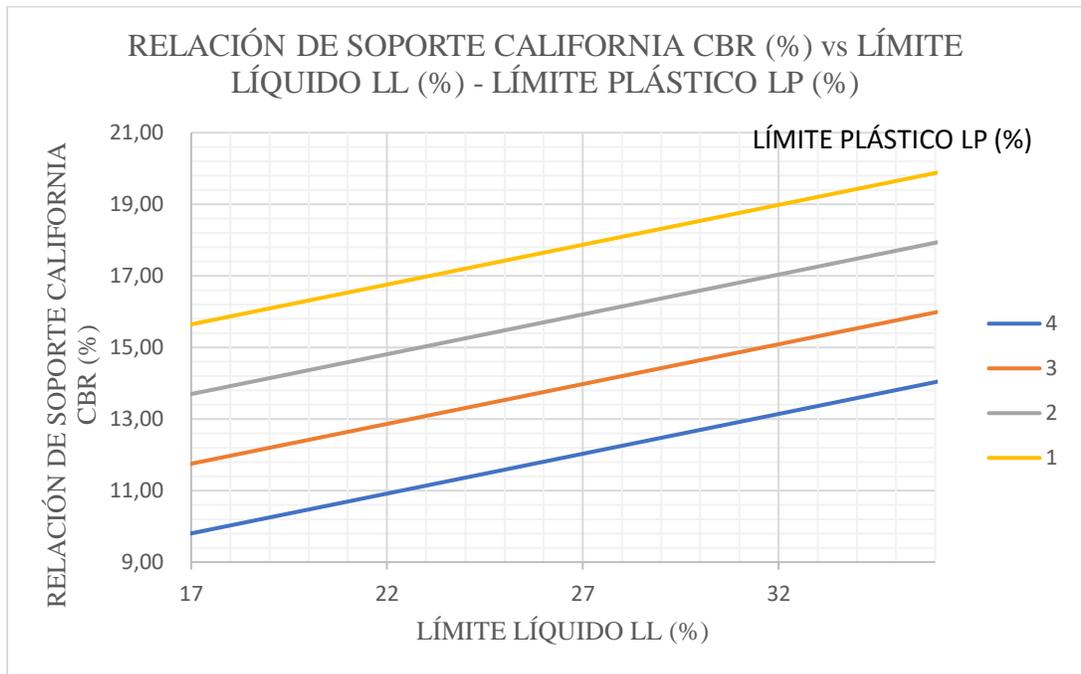
Ecuación	$W_{opt} = 1,3958 (LL)^{0,4407} \times 0,03 DN^{0,3905}$
Coefficiente de determinación	r^2 (%) = 52,85 %

Cuestión

Se pudo apreciar que la correlación existente entre las propiedades es directamente proporcional ya que al aumentar la humedad también aumenta tanto el límite líquido como la densidad máxima del suelo, se realizó la correlación mediante una regresión exponencial en el cual los valores del coeficiente de determinación son aceptables ya que tenemos un 52,85% de efectividad del mismo, en cuanto a los valores más relevantes en su densidad podría corroborar entre 20 a 38 % para su misma exactitud tanto en su límite líquido como en su humedad óptima.

- **Correlación N°: 23**

- RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA CBR (%) vs LÍMITE LÍQUIDO LL (%) - LÍMITE PLÁSTICO LP (%).



Ecuación	$CBR = 12,95 \log (LL) - 1,95 LP + 1,72$
Coefficiente de determinación	$r^2 (\%) = 55,75 \%$

Cuestión

Correlacionalmente se presentó un coeficiente de determinación regular de 55, 75% con una regresión logarítmica de tres variables en el cual previamente analizado sus valores entre sus límites tanto plásticos como líquidos se estableció una correlación directa la misma que al añadirle su propiedad de compactación se puede discutir que su proporcionalidad directa continúa ya que, su valor de compactación aumenta al aumentar sus límites de consistencia.

Todas las correlaciones se las determinó mediante el 100% de sus muestras.

3.1.5. Diseño del pavimento

El diseño del pavimento se lo realizara en base a un promedio obtenido entre los valores del CBR el mismo que es de 12,95, y según los estudios realizados previamente el valor más cercano es de 13,2 gr/cm³ el mismo que pertenece a la parroquia de Emilio María Terán.

3.1.5.1. Estudio de tráfico

Contabilización de vehículos

Tabla 28: Volumen tráfico promedio en la hora pico

Horas	Livianos			Buses			Camiones	Total
	Automóviles	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados		
7:00 – 7:15	7	2	2	0	0	0	0	11
7:15 – 7:30	7	4	3	0	1	0	1	16
7:30 – 7:45	6	4	2	0	0	0	0	12
7:45 – 8:00	6	3	2	1	1	0	1	14
Total	26	13	9	1	2	0	2	53
%	49,06	24,53	16,98	1,89	3,77	0	3,77	100

Fuente: José Luis Paredes

Factor de hora pico

$$FHP = \frac{\text{Total de vehículos}}{4 * (\text{mayor tráfico en 15 min})}$$

$$FHP = \frac{53}{4 * (16)}$$

$$FHP = 0,83$$

Trigésima hora

$$TPDA_{actual} = \frac{VHP * FHP}{15\%}$$

Autos livianos

$$TPDA_{actual} = \frac{39 * 0,83}{15\%} = 216$$

Buses

$$TPDA_{actual} = \frac{3 * 0,83}{15\%} = 17$$

Camiones

$$TPDA_{actual} = \frac{2 * 0,83}{15\%} = 11$$

Número de ejes equivalentes

Factor de daño

Se presenta un factor de daño diseñado para los diferentes tipos de vehículos tanto livianos, buses y camiones con el fin de representar el tráfico promedio futuro y de la misma manera determinar su número total de ejes equivalentes.

Tabla 29: Factor de daño

Tipo	Simple		Simple Doble		Factor de daño
	Ton	(P/6,6) ^4	Ton	(P/8,2) ^4	
Liviano	3	0,04			0,04
Bus	4	0,13	8	0,91	1,04
Camiones	2,5	0,02			1,29
	7	1,27			

Fuente: José Luis Paredes

Periodo de análisis

Se establece un periodo de análisis en el cual se determina la vida útil de la estructura del pavimento, el mismo que se basa en el tipo de carretera de la norma AASHTO según la siguiente tabla:

Tabla 30: Periodo de diseño

Tipo de carretera	Periodo de análisis (Años)
Urbana de alto volumen	30 a 50
Rural de alto volumen	20 a 50
<u>Pavimentada de bajo Volumen</u>	<u>15 a 25</u>
Tratada superficialmente de bajo volumen	10 a 20

Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Se determinó para la vía, según la guía de diseño AASHTO 93 un pavimento de bajo volumen con un periodo de diseño de 20 años

Factor de distribución por carril

Para la realización estructural del pavimento se determina el factor de distribución según el número de carriles, el mismo que se establece en una zona rural es decir 1 carril por cada dirección.

Tabla 31: Factor de distribución por carril

Número de Carriles de cada Dirección	Porcentaje de Ejes Equivalentes de 8,2 ton (W18) en el carril de Diseño
<u>1</u>	<u>100</u>
2	80 – 100
3	60 – 80
4 o más	50 - 75

Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Se presenta el cálculo establecido de ejes equivalentes W18 ejercidos hasta el año 2040.

Tabla 32: Número de ejes equivalentes W18

Año	% Crecimiento			Tránsito promedio diario anual				W 18 diseño por año	W 18 diseño acumulado
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	Total		
2021	0,0357	0,0178	0,0174	380	23	15	418	2,13E+04	2,13E+04
2022	0,0357	0,0178	0,0174	393	23	15	431	2,15E+04	4,29E+04
2023	0,0357	0,0178	0,0174	393	23	15	431	2,15E+04	6,44E+04
2024	0,0357	0,0178	0,0174	393	23	15	431	2,15E+04	8,59E+04
2025	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	1,07E+05
2026	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	1,29E+05
2027	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	1,50E+05
2028	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	1,72E+05
2029	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	1,94E+05
2030	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	2,15E+05
2031	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	2,37E+05
2032	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	2,58E+05
2033	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	2,80E+05
2034	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	3,01E+05
2035	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	3,23E+05
2036	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	3,44E+05
2037	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	3,66E+05
2038	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	3,87E+05
2039	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	4,09E+05
2040	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	4,30E+05
2041	0,0325	0,0162	0,0158	392	23	15	430	2,15E+04	4,52E+05

NET= 451724,00

Fuente: José Luis Paredes

3.1.5.2. Diseño de la estructura del pavimento

Confiabilidad “R”

El valor de confiabilidad determina la probabilidad para que la estructura tenga mejor desempeño y vida de diseño

El diseño de la estructura de pavimento de la vía se caracteriza por estar en la clasificación de carreteras secundarias, de una urbanización rural, es decir un valor de confiabilidad entre el 75 y 95 % el mismo que se utiliza de 80%.

Tabla 33: Número de ejes equivalentes W18

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Autopistas	85-99,9	80-99,9
Carreteras de primer orden	80-99	75-95
<u>Carreteras secundarias</u>	80-95	<u>75-95</u>
Caminos vecinales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Desviación estándar normal “Z_R”

La desviación estándar normal está directamente relacionada con valores de confiabilidad y para este caso se obtiene un valor de confiabilidad de 80% el mismo que se reconoce como -0,841 para valor de normal desviación estándar.

Tabla 34: Número de ejes equivalentes W18

Confiabilidad, R (%)	Desviador Normal Estándar, ZR
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
<u>80</u>	<u>-0,841</u>
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,09
99,99	-3,750

Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Desviación estándar global “So”

Al realizar el diseño de nuestra estructura de pavimento según normativa AASHTO es recomendable usar una desviación estándar global de 0,40 a 0,50 para pavimentos flexibles el mismo que al realizar la media aritmética se toma el valor de 0,45.

Índice de serviciabilidad “PSI”

De la misma manera se procederá a establecer los valores tanto de índice de serviciabilidad inicial como final según la norma AASHTO.

Índice de serviciabilidad inicial se establece un valor de 4,2 para pavimentos flexibles.

Índice de serviciabilidad final según la norma se establece en base al tipo de vía, y en base a ello se establece el valor de 2,0 para caminos vecinales.

Módulo de Resiliencia “Mr”

Se determinó el módulo de resiliencia tanto para el valor del CBR y el valor existente en la relación CBR vs DCP, para ello se lo realiza con la fórmula obtenida en la AASHTO

- CBR=13,2

$$Mr_1 = 3000 * CBR^{0,65}$$

$$Mr_1 = 3000 * 13,2^{0,65}$$

$$Mr_1 = 16050,71 \text{ PSI}$$

$$Mr_1 = 16,051 \text{ KSI}$$

- Relación CBR y DCP = 11,8

$$Mr_2 = 3000 * CBR^{0,65}$$

$$Mr_2 = 3000 * 11,6^{0,65}$$

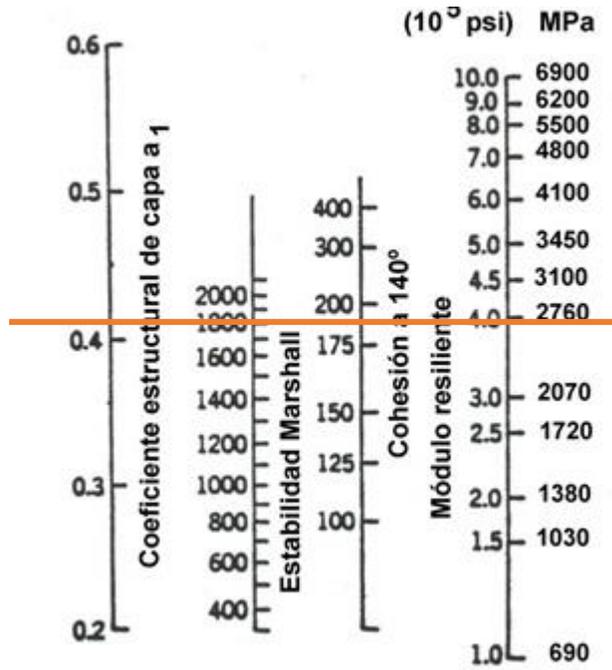
$$Mr_2 = 14757,60 \text{ PSI}$$

$$Mr_2 = 14,758 \text{ KSI}$$

Coeficientes de carpeta asfáltica

- Coeficiente a_1

Figura 15. Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a_1



Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Para realizar la vía se obtiene un valor de $a_1 = 0.405$; ya que por normativa AASHTO se establece una estabilidad mínima de 1 800 lb para vehículos pesados que transitan sobre la vía.

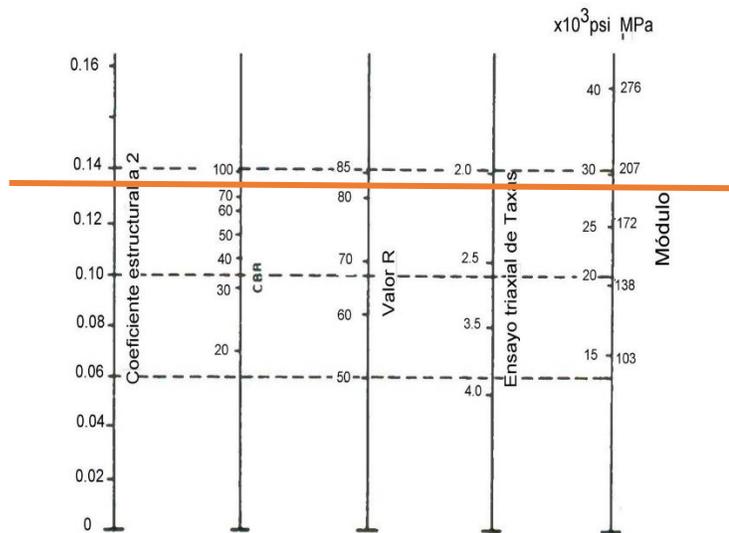
Tabla 35. Tabla de valores del coeficiente a1

Módulos Elásticos		Valores a1
PSI	Mpa	
125 000	875	0.220
150 000	1050	0.250
175 000	1225	0.280
200 000	1400	0.295
225 000	1575	0.320
250 000	1750	0.330
275 000	1925	0.350
300 000	2100	0.360
325 000	2275	0.375
350 000	2450	0.385
<u>375 000</u>	<u>2625</u>	<u>0.405</u>
400 000	2800	0.420
425 000	2975	0.435
450 000	3150	0.440

Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

➤ **Coeficiente a2**

Figura 61. Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a2



Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

De la misma manera se puede establecer según la MTOP 2003 el CBR máximo de la capa base será de 80% establecido para el valor $a_2 = 0,133$ según el ábaco de estimación.

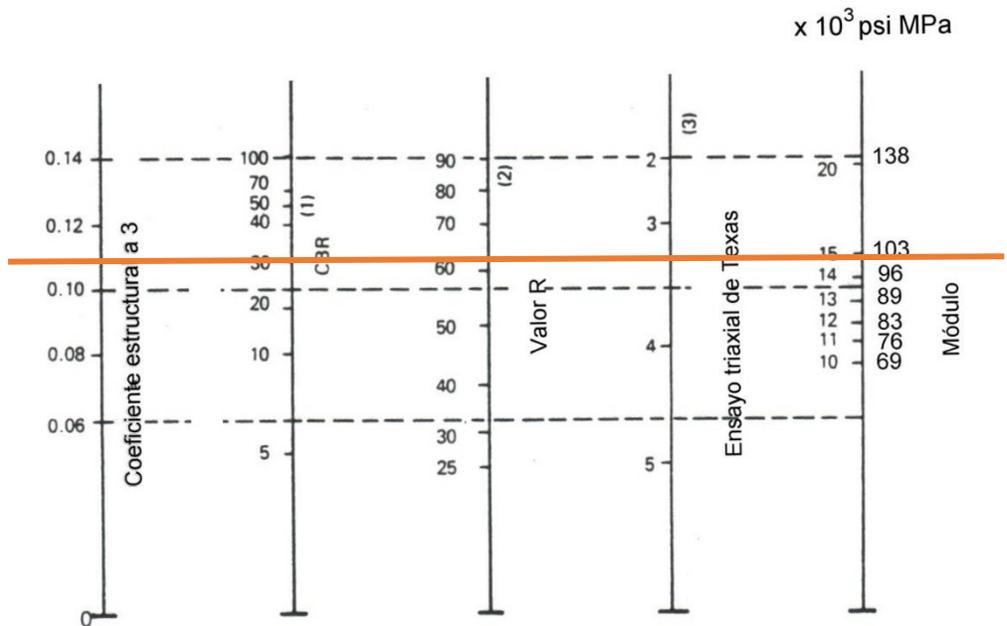
Tabla 36. Tabla de valores del coeficiente a_2

Base de agregados	
CBR	a_2
50	0.115
55	0.120
60	0.125
70	0.130
<u>80</u>	<u>0.133</u>
90	0.137
100	0.140

Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Coeficiente a_3

Figura 62. Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a_3



Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Para las especificaciones de la sub base la norma MTOP 2003 establece un CBR mínimo de 30% el mismo que relacionando el ábaco de coeficiente a3 da un valor de 0,108.

Tabla 37. Tabla de valores del coeficiente a3

Base de agregados	
CBR	a3
10	0.080
15	0.090
20	0.093
25	0.102
<u>30</u>	<u>0.108</u>
35	0.115
40	0.120
45	0.125
50	0.128
55	0.13
60	0.135
65	0.138
70	0.14

Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Coeficientes de drenaje m2 y m3

La calidad de drenaje depende del suelo y a su vez en cuanto tarda la eliminación del agua de sus capas tanto base como sub base, al mismo tiempo tomar en cuenta que sus capas son determinadas mediante normativa es decir que según la AASHTO sus coeficientes de drenaje serán $m_2 = 1,15$ y $m_3 = 1,15$. Esto se lo determina mediante las siguientes tablas en las cuales se establece que tendrá una eliminación de agua regular.

Tabla 38. Calidad del drenaje

Calidad de Drenaje	Eliminación de agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
<u>Regular</u>	<u>1 semana</u>
Pobre	1 mes
Deficiente	Sin drenaje

Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Tabla 39. Coeficientes de drenaje debido a la humedad m2 y m3

Calidad De Drenaje	Porcentaje del tiempo en el que la estructura de pavimento está compuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	Menos de 1%	1-5%	5-25%	Más del 25%
Excelente	1,40 - 1,35	1,35-1,30	1,30 - 1,20	1,2
Buena	1,35 - 1,25	1,25-1,15	1,15 - 1,00	1
<u>Regular</u>	1,25 - <u>1,15</u>	<u>1,15</u> -1,05	1,00 - 0,80	0,8
Pobre	1,15 - 1,05	1,05-0,80	0,80 - 0,60	0,6
Deficiente	1,05 - 0,95	0,95-0,75	0,75 - 0,40	0,4

Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

3.1.6. Primer cálculo estructural vial para un CBR = 12,3

Este cálculo se lo realizó en función a el CBR obtenido en campo el mismo que se escogió en base al promedio del total de datos obtenidos, el cual comprende un valor de CBR de 12,3.

Al establecer el valor estructural SN por el método de pavimentos flexibles según la AASHTO 93, se obtuvo la condición propuesta que el número estructural propuesto sea mayor al número estructural requerido, es decir SN ($2,10 \geq 2,08$), respectivamente a la figura 63 y la tabla 40, los espesores correspondientes a las diferentes capas de una estructura de pavimento son:

- Espesor carpeta asfáltica = 5 cm
- Espesor base = 10 cm
- Espesor sub base = 10,5 cm
- Espesor total de la estructura de pavimentos = 25,5 cm

Figura 63. Determinación del Número Estructural SN según AASHTO 93

The screenshot shows a software window titled "Ecuación AASHTO 93". It contains several input fields and buttons for calculating the structural number (SN). The "Tipo de Pavimento" section has "Pavimento flexible" selected. "Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)" is set to "80 % Zr=-0.841" and "So = 0.45". "Serviciabilidad inicial y final" shows "PSI inicial = 4.2" and "PSI final = 2". "Módulo resiliente de la subrasante" is set to "Mr = 16051 psi". The "Información adicional para pavimentos rígidos" section has empty fields for "Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)", "Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)", "Coeficiente de transmisión de carga - (J)", and "Coeficiente de drenaje - (Cd)". "Tipo de Análisis" has "Calcular SN" selected, with "W18 = 451724" entered. The "Número Estructural" section shows "SN = 2.08". There are "Calcular" and "Salir" buttons at the bottom.

Fuente: AASHTO 93, "Guía para el diseño de la estructura del Pavimento"

Tabla 40. Cálculo de estructura del pavimento según la AASHTO 93

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO	: Vía estructural CBR 13.2	TRAMO	: EMILIO MARIA TERAN 3
SECCION	: km a km	FECHA	: 20 DICIEMBRE 2020
DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			425,00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			29,00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			15,45
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			451.724
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			80%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-0,841
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			16,05
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pf)			2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0,430
Base granular (a ₂)			0,138
Subbase (a ₃)			0,133
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m ₂)			1,150
Subbase (m ₃)			1,150
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})		2,08	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		1,65	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0,46	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		-0,03	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	9,7 cm	5,0 cm	0,85
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	7,3 cm	10,0 cm	0,62
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-0,5 cm	10,5 cm	0,63
ESPESOR TOTAL (cm)		25,5 cm	2,10
DISEÑADO POR	: José Luis Paredes Ipiales		fm

Fuente: AASHTO 93

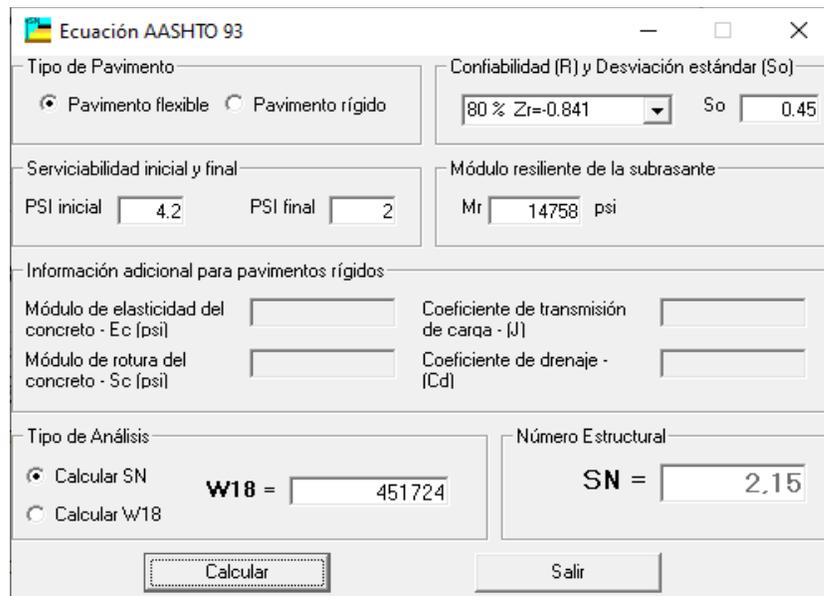
3.1.7. Segundo cálculo estructural vial para un CBR = 11,6

Este cálculo se lo efectuó en función a la relación obtenida entre los ensayos CBR y DCP en los mismo que se consiguió un valor de índice de penetración = 16,76 que se puede observar en la correlación #17 y el equivalente que al realizar la relación obtiene un CBR de 11,6.

Al establecer un valor estructural SN, por el método de pavimentos flexibles según la AASHTO 93, se obtuvo la condición propuesta que el número estructural propuesto sea mayor al número estructural requerido, es decir SN ($2,19 \geq 2,15$), respectivamente a la figura 64 y la tabla 41, en los cuales los espesores correspondientes a las diferentes capas de una estructura de pavimento son:

- Espesor carpeta asfáltica = 5 cm
- Espesor base = 10 cm
- Espesor sub base = 12 cm
- Espesor total de la estructura de pavimentos = 27 cm

Figura 64. Determinación del Número Estructural SN según AASHTO 93



The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It contains several input fields and a calculation button. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' is set to '80 % Zr=-0.841' and 'So = 0.45'. 'Serviciabilidad inicial y final' shows 'PSI inicial = 4.2' and 'PSI final = 2'. 'Módulo resiliente de la subrasante' is 'Mr = 14758 psi'. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, resulting in 'W18 = 451724' and 'Número Estructural SN = 2.15'. A 'Calcular' button is highlighted with a dashed border.

Fuente: AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Tabla 41. Cálculo de estructura del pavimento según la AASHTO 93

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO	: Vía estructural CBR 13,2	TRAMO	: EMILIO MARIA TERAN 3
SECCION	: km a km	FECHA	: 20 DICIEMBRE 2020
DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			425,00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			29,00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			15,45
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			451.724
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			80%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-0.841
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			14,76
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pf)			2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a1)			0,430
Base granular (a2)			0,138
Subbase (a3)			0,133
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m2)			1,150
Subbase (m3)			1,150
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})		2,14	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		1,65	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0,46	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		0,03	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	9,7 cm	5,0 cm	0,85
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	7,3 cm	10,0 cm	0,62
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	0,5 cm	12,0 cm	0,72
ESPESOR TOTAL (cm)		27,0 cm	2,19
DISEÑADO POR	: José Luis Paredes Ipiales		<i>fm</i>

Fuente: AASHTO 93

3.2 Verificación de hipótesis.

Al empezar la investigación se propuso una hipótesis alterna:

“Los valores obtenidos de CBR se los puede determinar mediante correlaciones realizadas por ensayos de campo y laboratorio mediante sus propiedades índice y mecánicas.”

Culminado el estudio se expresa que la hipótesis alterna es válida debido a su incidencia en los valores obtenidos tanto de CBR y DCP para el análisis de estructuras viales.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se determinó un total de 23 correlaciones producidas por el desarrollo de ensayos de campo y laboratorio con relación a propiedades tanto físicas como mecánicas en los sectores de las parroquias San Miguelito, Emilio María Terán y Baquerizo Moreno, cantón Píllaro, provincia de Tungurahua.
- Se amplió la base de datos existente de la Universidad Técnica de Ambato en función a las correlaciones propuestas entre el CBR de laboratorio, DCP de campo, y sus propiedades índice y mecánicas de los distintos sectores de la provincia de Tungurahua.
- Se realizó el estudio de las estructuras viales en base a los datos obtenidos en campo y a la correlación #17 entre el CBR y el DCP la misma que es de 65,33 % de efectividad siendo así un valor aceptable para su coeficiente de determinación.
- Se zonificó las diferentes áreas parroquiales de acuerdo con los parámetros establecidos según la normativa AASHTO y ASTM en los cuales se clasificó las distintas parroquias por sus suelos y se encontró que la mayor parte, son suelos limosos y arenosos.
- Se diseñó una estructura vial con un CBR= 11,6 obtenido con ayuda de la correlación #17 en la cual se obtuvo los distintos valores de compactación según el diagrama de dispersión efectuado en las 12 muestras obtenidas en campo de las parroquias San Miguelito, Emilio María Terán y Baquerizo Moreno, cantón Píllaro, provincia de Tungurahua.

- Se determinó las distintas propiedades índice y mecánicas mediante correlaciones y regresiones de 3 variables en las cuales se obtendrían sus mismos valores con una efectividad mínima de 50% para cada una de las correlaciones.
- Se obtuvo valores en la muestra #3 de San Miguelito en la cual su valor de resistencia ante compresión es de 4,6 la misma que, su número estructuras SN es de 12,496, se establece un CBR de 10,23 con la ayuda de la correlación #17, se observa un aumento de compactación y se establece de mejor manera una estructura del pavimento.
- Se estableció una granulometría combinada entre arena y limo en las cuales su porcentaje mínimo de arena es de 78,56 % mientras que para el limo es de 2,17, por lo tanto, en las parroquias establecidas existe mayor cantidad de suelo arenoso.
- Se calculó los diferentes límites de Atterberg en los cuales se destaca el límite líquido, ya que se la utilizó en 10 de las 23 correlaciones efectuadas, es una propiedad indispensable para el cálculo de los diagramas de dispersión de cada una de las correlaciones.
- Se concluyó que a partir del ensayo de penetración y las correlaciones existentes, se puede establecer una estimación de diferentes propiedades del suelo entre los cuales se destaca al CBR, límites de Atterberg, densidades de laboratorio y campo, humedad natural y grado de saturación del agua.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un reconocimiento previo a los lugares correspondientes del ensayo para prevenir molestias entre la gente por la obtención de muestras y realización de ensayos.
- Se recomienda seguir la normativa correspondiente para cada uno de los ensayos de suelo a realizar así se evitaría malos resultados por ende la ejecución del proyecto se o realizará de mejor manera.
- Se recomienda la utilización de distintos moldes y muestras el momento de realizar los ensayos Proctor modificado tipo B, ya que podría alterar sus resultados debido a la humedad añadida en cada uno de ellos.
- Se recomienda expandir las zonas de la investigación establecida en diferentes regiones para obtener una mejor relación entre ambas propiedades tanto CBR como DCP ya que son indispensables para realizar una estructuración de pavimento.
- Se recomienda realizar el ensayo DCP de una manera meticulosa ya que el valor del DN puede variar con el simple hecho de enrazar el suelo para posteriormente ser ensayado.
- Se recomienda realizar el ensayo de pozo abierto de una manera correcta ya que se podría observar de mejor manera el suelo descartando posibles rellenos en los distintos sectores.

- Se recomienda la realización de la estructura del pavimento con los valores de CBR obtenidos en la correlación N°17 ya que los mismos hacen referencia a la investigación propuesta.
- Se recomienda la utilización de las distintas correlaciones para la obtención de las propiedades tanto índice como mecánicas en las diferentes áreas de estudio propuestas en esta investigación.
- Se recomienda la utilización de las medidas de bio seguridad para permanecer protegidos ante una posible amenaza COVID 19.

Bibliografía

- [1] T. A.-R. A. Al-Suhaibani, «Predicción de CBR usando penetrómetro de cono dinámico,» *Revista de la Universidad King Saud - Ciencias de la ingeniería*, pp. 191-203, 1997.
- [2] M. Livneh, «Verificación de CBR y valores de módulos elásticos derivados de,» *PUNZÓN PROC NIMK Asian RegioMl Coafmme ~ o ~ Soil Mtcka ~ s*, pp. 45-50, 1991.
- [3] M. A. P. P. Dadhich, «Predicción de los parámetros de resistencia de la subrasante a partir del índice del penetrómetro de cono dinámico, el límite de líquido modificado y el contenido de humedad,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. Volume 104, pp. 245-254, 2013.
- [4] S. I. K. Ampadu, «Un estudio de laboratorio del efecto del confinamiento horizontal sobre el índice de penetración del cono dinámico de un suelo laterítico,» *Transportation Geotechnics*, vol. 10, pp. 47-61, 2017.
- [5] A. A. H, *El origen de los suelos, Costa Rica*: W. K. Kellogg, 1985.
- [6] C. C. Villalaz, *Mecanica de suelos y cimentaciones*, Mexico: Noriega, 1980.
- [7] E. J. Badillo, *Mecanica De Suelos I*, Mexico: Noriega, 2005.
- [8] L. B. Blazquez, *Construccion Mantenimien*, Mexico, 2005.
- [9] F. Villalobos, *Mecánica de Suelos*, Chile: Copyright, 2016.
- [10] I. Huancas, *CLASIFICACIÓN DE SUELOS*, Chile: Copyright, 2014.
- [11] E. Hrbs., «Identificación de Turba.,» Blogger., 06 Junio 2010. [En línea]. Available: https://www.ingenierocivilinfo.com/2011/01/blog-post_04.html. [Último acceso: 09 Noviembre 2020].
- [12] i. villanueva, *Pavimentos*, Bolivia: Universidad Mayor de San Simon, 2004.
- [13] H. R. Q. Fredy Reyes Lizcano, *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*, Bogota: Ecoe, 2015.
- [14] G. Susan, *Pavimento Flexible*, Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2014.

- [15] A. S. A. ANDRES, DETERMINACIÓN DEL CBR DE LABORATORIO Y NATURAL EN SUELOS FINOS Y SU CORRELACIÓN CON EL DCP PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB-RASANTE, EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DE LA CIUDAD DE QUITO, Quito: UCE- UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, 2013.
- [16] G. A. Martinez, Metodología de la Investigación Científica, Bogotá: Pontifica Universidad Javeriana., 2006.
- [17] P. F. P. A., Determinación del CBR de laboratorio en suelos granulares y su correlación con el DCP para la aplicación en el diseño de pavimentos de caminos vecinales, Quito: PUCE, 2001.
- [18] C. P. W. A. D. M. Wood, "The correlation of index properties with some basic engineering properties of soils, CANADA: THE NATIONAL RESEARCH, 1998.
- [19] C. J. H. CONDE, GUIA DE ENSAYOS DE LABORATORIO, BOLIVIA: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES, 2018.
- [20] J. E. Bowles, Manual de laboratorio de Suelo de ingeniería civil, Mexico: Camara Nacional de la Industria , 1978.
- [21] D. Chavarria, relaciones fundamentales de las propiedades de la mecánica del suelo, Mexico: LIMUSA, 2014.
- [22] F. P. Freire, «Geotecnia,» Noncomercial, 30 15 2004. [En línea]. Available: <https://geotecniafacil.com/granulometria-de-suelos-por-tamizado/>. [Último acceso: 2020 12 20].
- [23] H. Lopez Gomez, Límites de Atterberg, Colombia: Universidad de los Andes, 2013.
- [24] M. P. Gavilanes, CONSISTENCIA DEL SUELO, Mexico: tempref, 2016.
- [25] M. E. C. Romero, LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG, Bogota: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2015.
- [26] N. A. CACERES, LABORATORIO DE PROCTOR Y COMPACTACION, BOGOTÁ: UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA, 2015.
- [27] L. B. y. J. F. Beviá, Construcción y Mantenimiento, Mexico: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000.

- [28] F. V. Agreda, EL CONO DINÁMICO DE PENETRACIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE SUELOS, Bolivia: Universidad Privada Boliviana, 2006.
- [29] P. Vinuesa, Correlación: teoría y práctica, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2016.
- [30] G. E. B. SOLANO, GUÍA DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE UNA VIA EN PAVIMENTO FLEXIBLE, BOGOTÁ: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, 2014.
- [31] E. M. Lozano, Diseño de pavimento flexible de la via mediante parametros obtenidos del estudio fase I, Colombia: Universidad Nacional de Colombia , 2005.
- [32] E. Hrbs., «PERIODO DE DISEÑO - Pavimentos de concreto asfáltico,» ingenierocivilinfo, 13 Septiembre 2011. [En línea]. Available: ingenierocivilinfo.com/2011/09/periodo-de-diseno-pavimentos-de.html. [Último acceso: 25 Diciembre 2020].
- [33] A. Garcia, diseño de pavimentos flexibles instituto de asfalto, Peru: Instituto del asfalto, 2016.
- [34] E. Hrbs., «Pavimentos de concreto asfáltico método AASHTO-93.,» ingenierocivilinfo, 12 Julio 2011. [En línea]. Available: <https://www.ingenierocivilinfo.com/2011/09/analisis-de-traffic-pavimentos-de.html>. [Último acceso: 07 Diciembre 2020].
- [35] A. R. Rodríguez, PAVIMENTOS FLEXIBLES. PROBLEMÁTICA, METODOLOGÍAS DE DISEÑO Y TENDENCIAS, Mexico: Instituto Mexicano de Transporte, 1998.
- [36] M. A. S. NIÑO, DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE LOS MÉTODOS EN VIAS, AASHTO 93 E INSTITUTO DEL ASFALTO, Colombia: Universidad Libre Colombia , 2014.

ANEXOS

ANEXO FOTOGRAFICO

Fotografía 1	Fotografía 2
	
<p>Ensayo Pozo cielo abierto</p>	<p>Granulometría</p>
Fotografía 3	Fotografía 4
	
<p>Límites de Atterberg</p>	<p>Ensayo cono de arena de Ottawa</p>

Fotografía 5	Fotografía 6
	
Gravedad Específica	Proctor Modificado tipo B
Fotografía 7	Fotografía 8
	
Cono dinámico de penetración “DCP”	California Bearing Ratio “CBR”

ANEXO

TABLAS DE

RESULTADOS

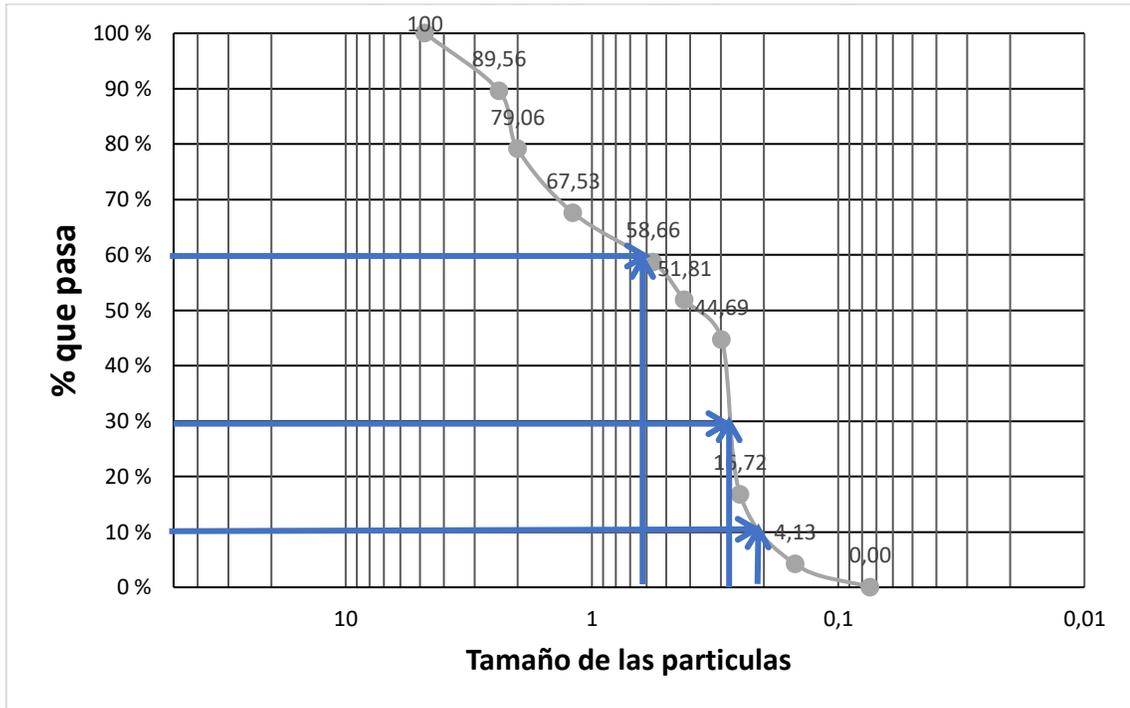
- San Miguelito Punto 1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
Parroquia:	San Miguelito	Norma:
Muestra	1	AASHTO 93 ASTM

HUMEDAD NATURAL AASHTO T 265 2016				
W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
51,2	584,3	501,3	16,56	20,59
47,4	536,3	432,4	24,03	
47,4	625,8	516,4	21,19	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AASHTO T 88 2013					
TAMAÑO MM	Tamiz	Pesos Retenidos	Pesos retenidos Acumulados	% Retenido	% que pasa
4,76	4	0	0	0	100
2,38	8	20,6	33,40	10,44	89,56
2	10	12,8	67,00	20,94	79,06
1,19	16	33,6	103,90	32,47	67,53
0,565	30	36,9	132,30	41,34	58,66
0,42	40	28,4	154,20	48,19	51,81
0,297	50	21,9	177,00	55,31	44,69
0,25	60	22,8	266,50	83,28	16,72
0,149	100	89,5	306,80	95,88	4,13
0,074	200	40,3	320,00	100,00	0,00
0,03	fuelle	13,2			
Total		320,00			

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA

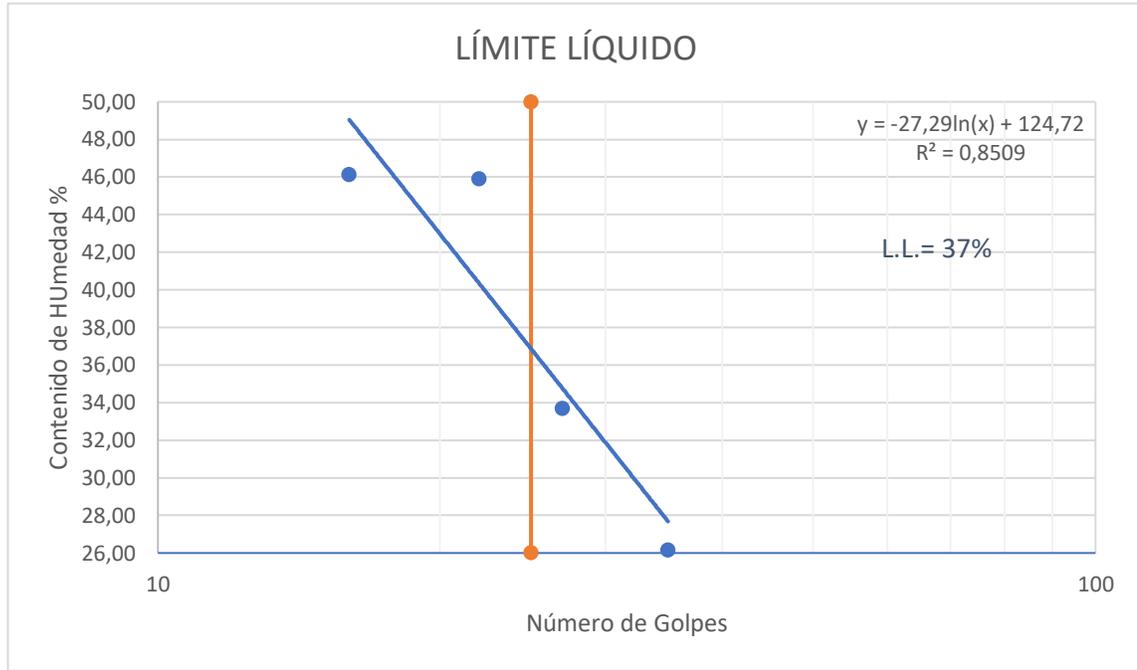


D10 en mm	0,22	$Cu = D60/D10$	2,73
D30 en mm	0,28	$Cc = D30^2/(D60 * D10)$	0,59
D60 en mm	0,6	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	2,38mm

LÍMITE LÍQUIDO AASHTO T 89 2013

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
2	27	66,00	61,30	50,20	4,70	11,10	42,34	33,67
27		68,70	64,80	49,20	3,90	15,60	25,00	
6	16	73,40	64,80	50,20	8,60	14,60	58,90	46,12
28		60,20	57,20	48,20	3,00	9,00	33,33	
19	35	72,40	66,00	50,20	6,40	15,80	40,51	26,16
12		64,30	62,60	48,20	1,70	14,40	11,81	
24	22	63,40	58,40	47,40	5,00	11,00	45,45	45,90
20		66,20	60,50	48,20	5,70	12,30	46,34	

REPRESENTACIÓN LÍMITE LÍQUIDO



LÍMITE PLÁSTICO AASHTO T 89 2013							
N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
21	13,30	12,70	0,60	10,90	1,80	33,33	31,75
18	12,60	12,20	0,40	10,90	1,30	30,77	
22	13,10	12,50	0,60	10,90	1,60	37,50	
17	12,80	12,30	0,50	10,90	1,40	35,71	
29	12,60	12,30	0,30	10,90	1,40	21,43	

LÍMITES DE ATTERBERG		
Límite líquido		37,3
Límite plástico		31,75
Índice plástico		5,55
CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4 (Arena Limosa)
	SUCS	SM-SC (Arenas con finos)

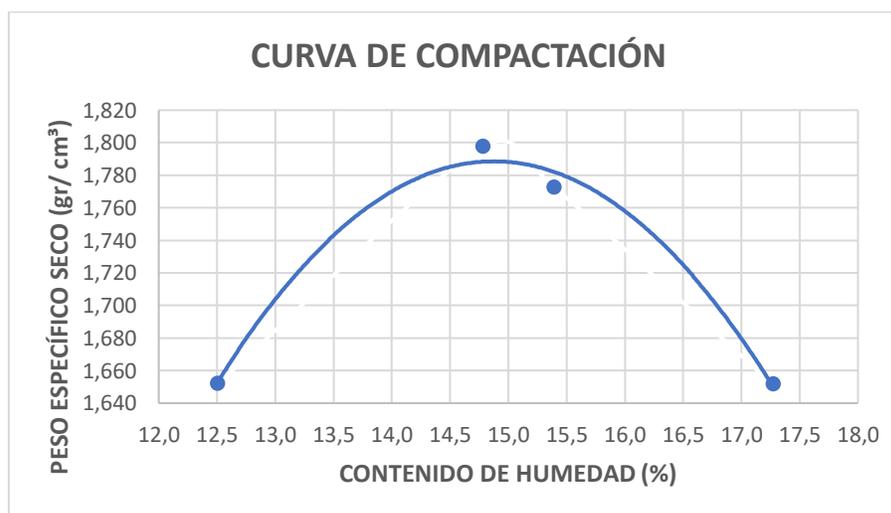
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS AASHTO T 100 2015		
Peso del picnómetro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	697,3	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	21,80	gr
Temperatura de agua y suelo °C	16	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,9990	
Peso de recipiente + agua + suelo (gr)	573	gr
Recipiente + Peso de suelo seco	97	gr
Peso de recipiente	47	gr
Peso del suelo seco Ws	50	gr
Gravedad específica Gs	2,292	gr

# Ensayo	1	2	3
Peso del Picnómetro kg	170	170	170
Temperatura del agua °C	16	16	16
Peso del Suelo seco gr (Ws)	50	50	50
Peso del picnómetro + Suelo seco	220	220	220
Picnómetro + agua (Wbw)	669,1	669,1	669,1
Ws + Wbw	719,1	719,1	719,1
Picnómetro + agua + suelo (sumergido) (Wbws)	697,2	696,8	697,9
Desplazamiento del agua	21,9	22,3	21,2
Factor de correlación K	0,9990	0,9990	0,9990
Gravedad especifica	2,281	2,240	2,356
Gs promedio	2,292		

DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA AASHTO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)			
Peso de la masa del suelo + funda gr	$W_m + Rec$		1536
Peso de la funda gr	Rec		3
Peso de la masa de suelo gr	$W_m = W_m + Rec - Rec$		1533
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena			7140,00
Peso final frasco + cono + arena			5480,00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			209,97
Peso arena en la perforación			1450,03
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)			1,582
Volumen de la perforación	V_m		916,58
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente #		27	9
Peso húmedo + recipiente	$W_m + rec$	131	139
Peso seco + recipiente	$W_s + rec$	116	122
Peso del recipiente	rec	49	48
Peso del agua	W_w	15	17
Peso de los sólidos	W_s	67	74
Contenido de humedad	w%	22,39	22,97
contenido de humedad promedio	w% prom		22,68
Determinación de las fases del suelo			
		Volumen	Peso
V_v		26,48	-
V_a	W_a	9,48	0
V_w	W_w	17	17
V_s	W_s	27,92	74
V_m	W_m	54,41	91
Determinación de las propiedades índice del suelo			
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,673	gr/cm ³
Densidad seca	(γ_d)	1,363	gr/cm ³
Contenido de humedad	w%	22,68	%
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0,95	Natural
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	48,68	%
Grado de saturación de agua	$G_w\% = V_w/V_v * 100$	64,19	%
Grado de saturación de aire	$G_a\% = V_a/V_v * 100$	35,81	%

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

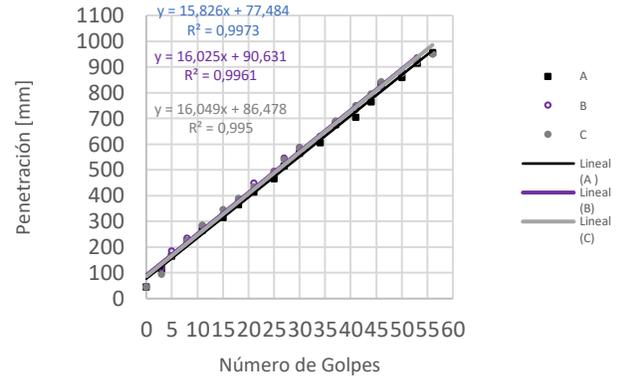
TIPO DE PRUEBA	P.M		MASA	10 lb				
DATOS DEL MOLDE			MARTILLO:	18 plg				
VOLUMEN:	2124		ALTURA DE CAIDA:	5				
MASA:	16864 gr		NÚMERO DE CAPAS:	56				
MASA:	16864 gr		GOLPE POR CAPAS:	56				
PRUEBA N.º	1	2	3	4				
% Rango en aumento	0	2	4	6				
Suelo húmedo molde (gr)	19450	19920	19890	19680				
Masa molde (gr)	15440	15440	15440	15440				
Masa suelo húmedo (gr)	4010	4480	4450	4240				
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,888	2,109	2,095	1,996				
Masa del tarro (gr)	55,6	44,7	55,5	53,9	58,7	37,2	57,7	37,7
Masa suelo húm. +tarro (gr)	185,2	180,3	235,8	208,3	295,5	257,7	224,2	243,2
Masa suelo seco+tarro (gr)	163,4	169,2	204,8	189,2	248,7	233,4	186,7	218,5
Masa del agua (gr)	21,8	11,1	31	19,1	46,8	24,3	37,5	24,7
Masa suelo seco (gr)	129,6	135,6	180,3	154,4	236,8	220,5	166,5	205,5
Contenido de agua (%)	16,821	8,186	17,194	12,370	19,764	11,020	22,523	12,019
w (%) Promedio	12,503		14,782		15,392		17,271	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,652		1,797		1,773		1,651	
Densidad Seca Máxima (γ máx):	1,797							
Humedad Óptima:	14,80							
Gravedad de compactación	91,90							



ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

Número de golpes	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
2	120	110	132
5	158	165	190
7	235	225	235
10	282	278	290
12	315	300	342
16	362	385	381
20	415	450	425
23	455	480	478
26	514	535	524
28	575	588	570
31	614	635	632
34	675	695	670
38	705	740	705
42	755	785	755
47	810	825	798
51	860	880	835
54	928	935	887
57	955	0	935

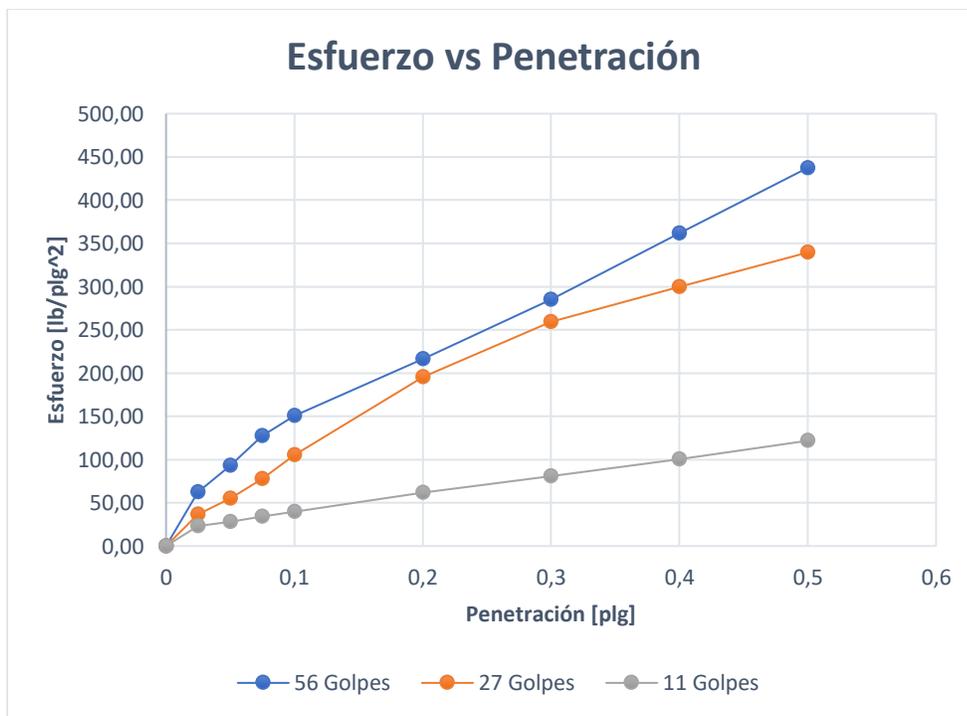
Penetración vs Número de Golpes



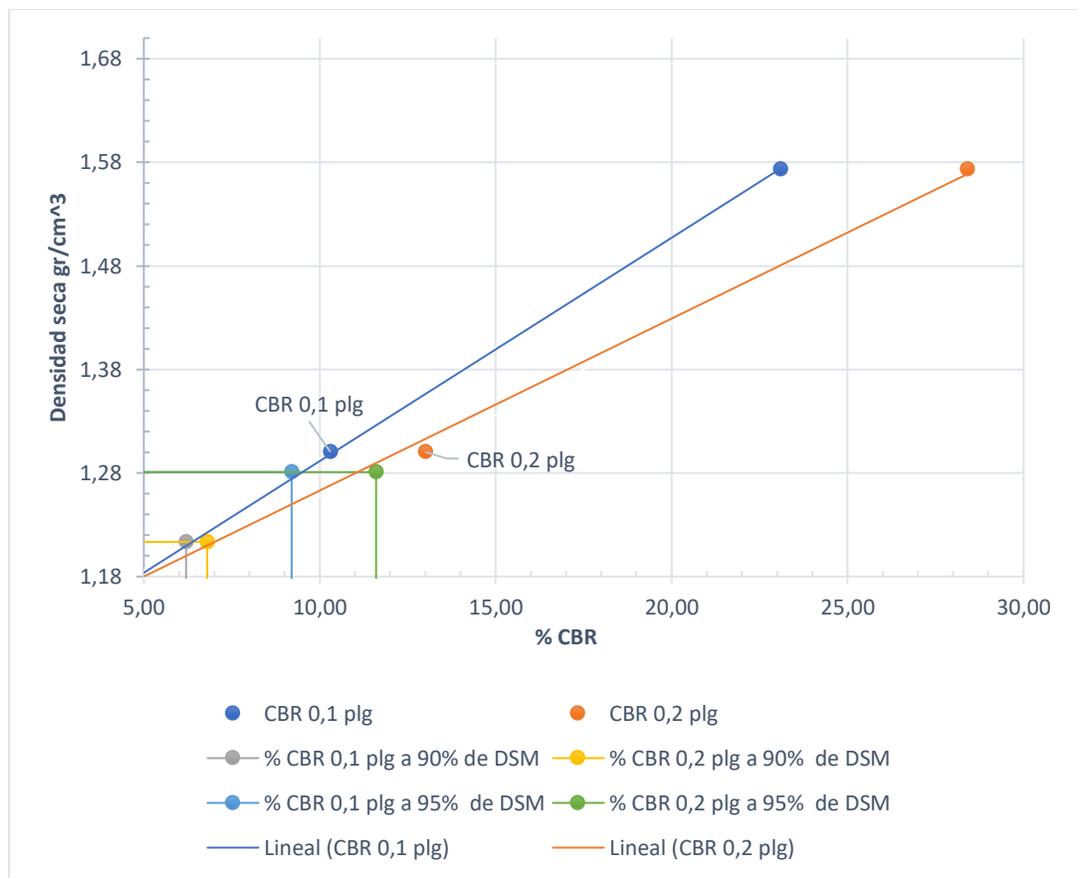
DN (mm/golpe)		DN (prom)
A	20,081	
B	30,304	22,938
C	18,43	

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	12689		13284		12424	
Masa del molde [gr]	8291		9540		8731	
Masa muestra húmeda [gr]	4398		3744		3693	
Volumen muestra [cm ³]	2343,37		2340,42		2143,87	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,877		1,600		1,723	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	138,1	142,3	132,6	135,7	121,4	121,9
Masa suelo seco + recip [gr]	116,3	129,2	114,3	115,9	84,9	102,2
Masa de agua [gr]	21,8	13,1	18,3	19,8	36,5	19,7
Masa del recip [gr]	31,8	32,8	32,9	31,8	34,4	33,3
Masa suelo seco [gr]	84,5	96,4	81,4	84,1	50,5	68,9
Contenido de humedad W%	25,80	13,59	22,48	23,54	72,28	28,59
W % promedio	19,69		23,01		50,43	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,573		1,300		1,171	
Datos después de la saturación						
Muestra húmeda + molde [gr]	12867		13742		12828	
Masa del molde [gr]	8291		9540		8731	
Masa muestra húmeda [gr]	4576		4202		4097	
Masa de agua absorbida [gr]	178		458		404	
% de agua absorbida	3,8899		10,8996		9,8609	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	142,8	146,3	138,4	142,5	128,4	134,6
Masa de suelo seco + tarro [gr]	115,3	117,5	123,2	126,6	103,6	111,7
Masa del agua [gr]	27,5	28,8	15,2	15,9	24,8	22,9
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	82,7	86,8	92,1	94,1	71,8	78,6
Contenido de agua %	33,25	33,18	16,50	16,90	34,54	29,13
W % promedio	33,22		16,70		31,84	

Ensayo						
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	187,27	62,42	110,4092	36,80	69,277082	23,09
0,05	279,38	93,13	165,2596	55,09	84,627106	28,21
0,075	381,28	127,09	232,3552	77,45	101,794896	33,93
0,1	452,78	150,93	315,3392	105,11	119,568608	39,86
0,15	523,61	174,54	452,4329	150,81	157,927574	52,64
0,2	648,31	216,10	586,8588	195,62	184,705223	61,57
0,25	714,82	238,27	634,8452	211,62	212,364923	70,79
0,3	854,35	284,78	778,3292	259,44	242,469787	80,82
0,4	1084,36	361,45	899,2632	299,75	300,335338	100,11
0,5	1312,03	437,34	1018,3756	339,46	365,168992	121,72



Porcentaje CBR (corregidos)						
Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	150	15,00	1,573	215	14,33	1,573
2	103	10,30	1,300	195	13,00	1,300
3	45	4,50	1,171	60	4,00	1,171
Densidad seca máxima gr/cm ³			1,348			
DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg		% CBR mayor	
90	1,213	6,2	6,8		6,8	
95	1,281	9,2	11,6		11,6	



Nota:	El CBR para el diseño de pavimentos es el	11,6	%
-------	---	------	---

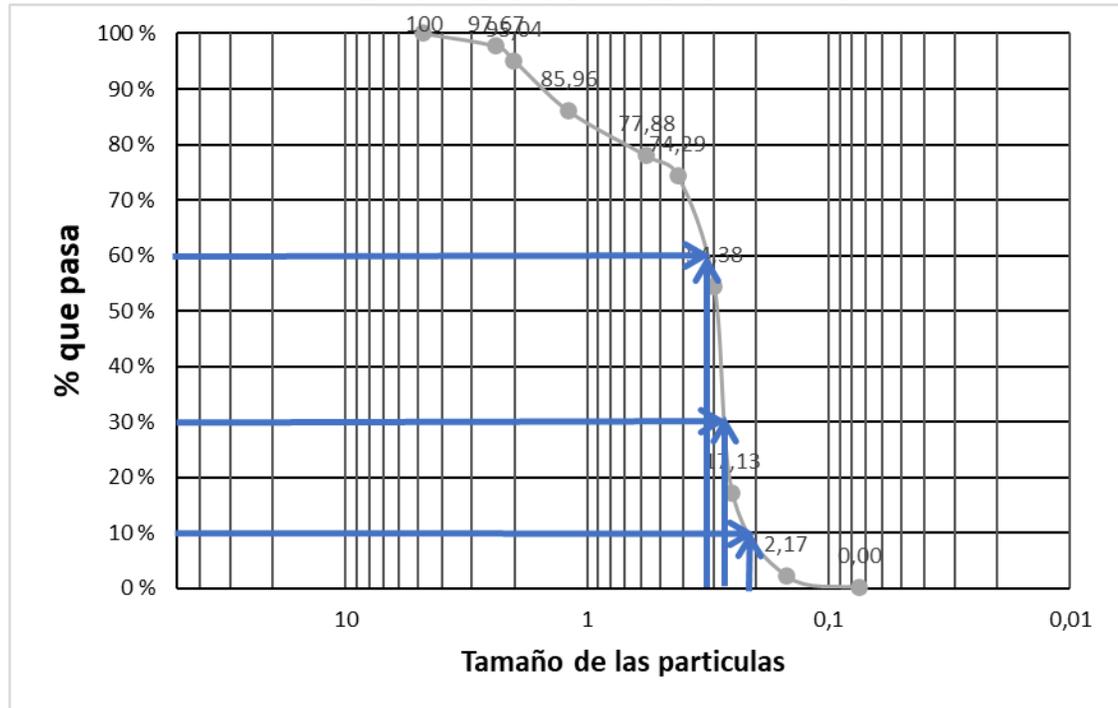
- San Miguelito Punto 2

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
Parroquia: San Miguelito	Norma:	AASHTO9 3
Muestra 2		ASTM

HUMEDAD NATURAL AASHTO T 265 2016				
W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
47,4	463	434,2	6,63	12,91
47,4	443,9	360,7	23,07	
49,2	457,1	419,2	9,04	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AASHTO T 88 2013					
TAMAÑO MM	Tamiz	Pesos Retenidos	Pesos retenidos Acumulados	% Retenido	% que pasa
4,76	4	0	0	0	100
2,38	8	2,7	5,60	2,33	97,67
2	10	2,9	11,90	4,96	95,04
1,19	16	6,3	33,70	14,04	85,96
0,565	30	21,8	53,10	22,13	77,88
0,42	40	19,4	61,70	25,71	74,29
0,297	50	8,6	109,50	45,63	54,38
0,25	60	47,8	198,90	82,88	17,13
0,149	100	89,4	234,80	97,83	2,17
0,074	200	35,9	240,00	100,00	0,00
0,03	fuelle	5,2			
Total		240,00			

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA

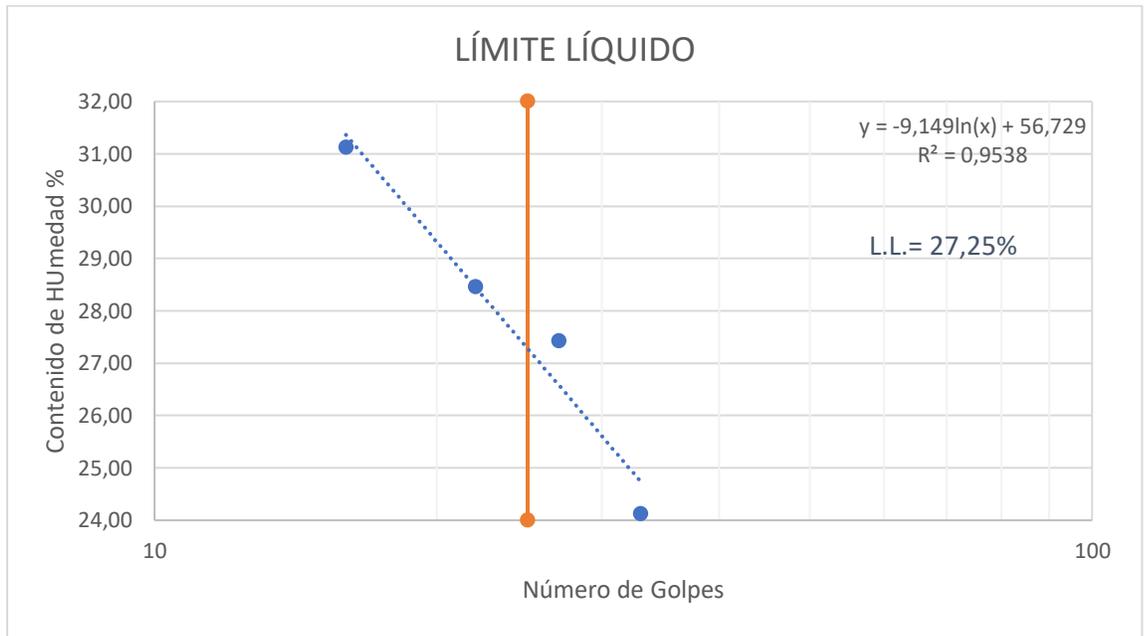


D10 en mm	0,11	$Cu = D_{60}/D_{10}$	14,54
D30 en mm	0,23	$Cc = D_{30}^2/(D_{60} \cdot D_{10})$	0,30
D60 en mm	1,6	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	1,19 mm

LÍMITE LÍQUIDO AASHTO T 89 2013

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
14	22	87,40	80,20	52,30	7,20	27,90	25,81	28,46
10		59,20	56,40	47,40	2,80	9,00	31,11	
4	27	73,10	68,10	49,20	5,00	18,90	26,46	27,43
26		59,60	57,30	49,20	2,30	8,10	28,40	
29	33	83,00	75,40	47,40	7,60	28,00	27,14	24,12
9		61,40	59,10	48,20	2,30	10,90	21,10	
21	16	80,40	72,80	47,40	7,60	25,40	29,92	31,12
31		61,30	58,10	48,20	3,20	9,90	32,32	

REPRESENTACIÓN LÍMITE LÍQUIDO



LÍMITE PLÁSTICO AASHTO T 89 2013							
N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
22	12,1	11,80	0,30	10,70	1,10	27,27	26,01
23	11,70	11,50	0,20	10,70	0,80	25,00	
24	11,80	11,60	0,20	10,70	0,90	22,22	
25	11,80	11,60	0,20	10,70	0,90	22,22	
26	11,50	11,30	0,20	10,70	0,60	33,33	

LÍMITES DE ATTERBERG		
Límite líquido		27,3
Límite plástico		26,01
Índice plástico		1,29
CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4 (Arena Limosa)
	SUCS	SM (Suelo limo arcilloso)

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS AASHTO T 100 2015		
Peso del picnómetro + agua W _{bw}	668,03	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido W _{bws}	699,233333	gr
Desplazamiento del agua W _s + W _{bw} - W _{bws}	18,80	gr
Temperatura de agua y suelo °C	22,2	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,99776	
Peso de recipiente + agua + suelo (gr)	788,6	gr
Recipiente + Peso de suelo seco	310,4	gr
Peso de recipiente	261,2	gr
Peso del suelo seco W _s	49,2	gr
Gravedad específica G _s	2,656	gr

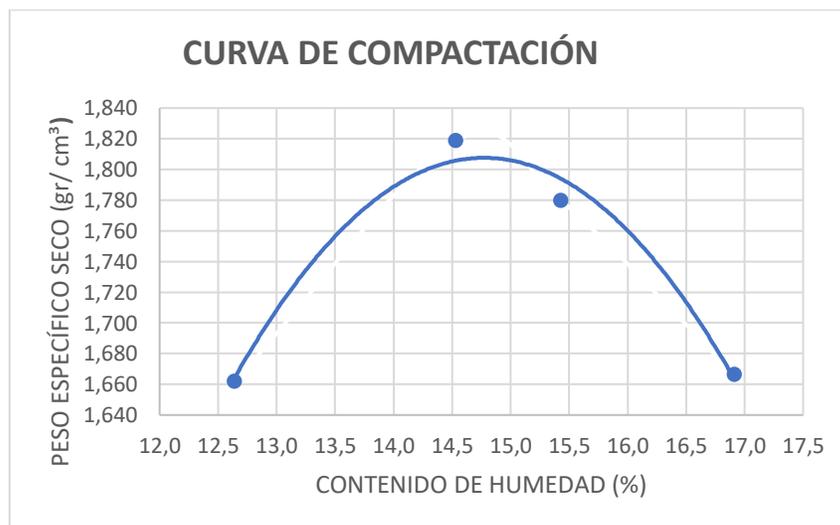
# Ensayo	1	2	3
Peso del Picnómetro kg	170	170	170
Temperatura del agua °C	22,2	22,2	22,2
Peso del Suelo seco gr (W _s)	50	50	50
Peso del picnómetro + Suelo seco	220	220	220
Picnómetro + agua (W _{bw})	668,2	668,1	667,8
W _s + W _{bw}	718,2	718,1	717,8
Picnómetro + agua + suelo (sumergido) (W _{bws})	699,5	698,5	699,7
Desplazamiento del agua	18,7	19,6	18,1
Factor de correlación K	0,99776	0,99776	0,99776
Gravedad específica	2,668	2,545	2,756
G _s promedio	2,656		

DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA AASHTO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)			
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec		1703
Peso de la funda gr	Rec		3
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec		1700
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena			7190,00
Peso final frasco + cono + arena			5420,00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			209,97
Peso arena en la perforación			1560,03
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)			1,582
Volumen de la perforación	Vm		986,11
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente #		10	14
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	178	161
Peso seco + recipiente	Ws + rec	148	135
Peso del recipiente	rec	47	52
Peso del agua	Ww	30	26
Peso de los solidos	Ws	101	83
Contenido de humedad	w%	29,70	31,33
contenido de humedad promedio	w% prom	30,51	
Determinación de las fases del suelo			
		Volumen	Peso
Vv		37,88	-
Va		7,88	0
Vw	Ww	30	30
Vs	Ws	38,11	101
Vm	Wm	75,99	131
Determinación de las propiedades índice del suelo			
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,724	gr/cm ³
Densidad seca	(γ_d)	1,321	gr/cm ³
Contenido de humedad	w%	30,51	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0,99	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	49,84	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	79,21	%
Grado de saturación de aire	Ga%=Va/Vv*100	20,79	%

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

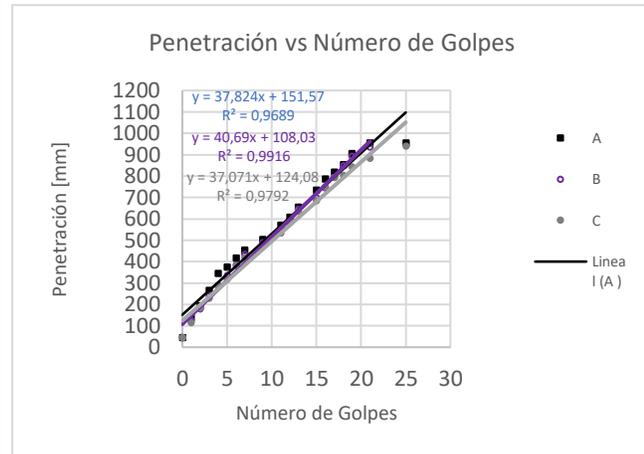
TIPO DE PRUEBA	P.M	MASA MARTILLO:	10 lb
DATOS DEL MOLDE		ALTURA DE CAIDA:	18 plg
VOLUMEN:	2124 16864	NÚMERO DE CAPAS:	5
MASA:	gr	GOLPE POR CAPAS:	56

PRUEBA N.º	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		2		4		6	
Suelo húmedo molde (gr)	19480		19960		19910		19700	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	4040		4520		4470		4260	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,902		2,128		2,105		2,006	
Masa del tarro (gr)	50,2	49,2	50,2	48,2	48,2	47,4	47,4	47,4
Masa suelo húm. +tarro (gr)	180,7	185,6	230,3	213,9	285,1	267,5	214,6	253,9
Masa suelo seco+tarro (gr)	163,4	169,2	204,8	189,2	248,7	233,4	186,7	218,5
Masa del agua (gr)	17,3	16,4	25,5	24,7	36,4	34,1	27,9	35,4
Masa suelo seco (gr)	130,5	136,4	180,1	165,7	236,9	220,1	167,2	206,5
Contenido de agua (%)	13,257	12,023	14,159	14,906	15,365	15,493	16,687	17,143
w (%) Promedio	12,640		14,533		15,429		16,915	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,662		1,819		1,780		1,666	
Densidad Seca Máxima (γ máx):	1,819							
Humedad Óptima:	14,80							
Gravedad de compactación	91,36							



ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

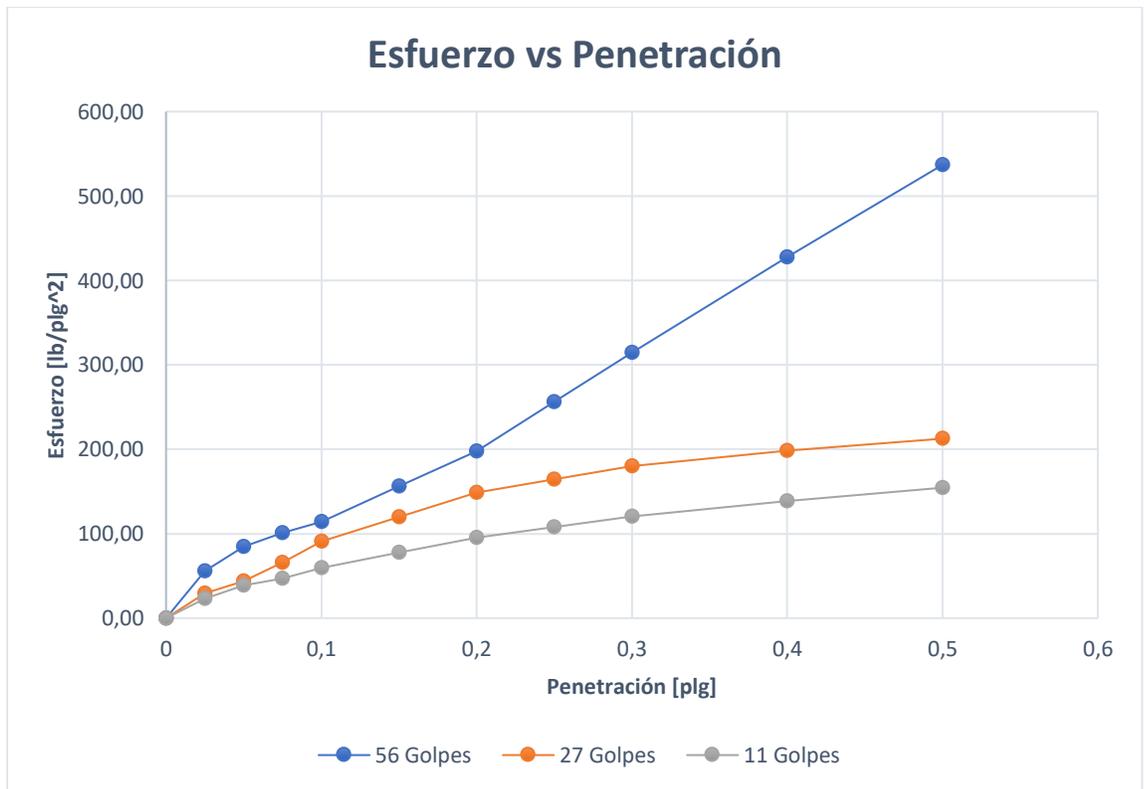
#	A	B	C
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
1	140	125	115
2	195	180	185
3	267	245	230
4	346	290	285
5	375	335	320
6	418	385	380
7	455	435	420
9	505	490	475
11	572	545	535
12	610	585	590
13	655	647	635
15	734	700	685
16	787	746	750
17	820	795	795
18	855	850	805
19	907	895	845
21	955	935	885
25	955	0	940



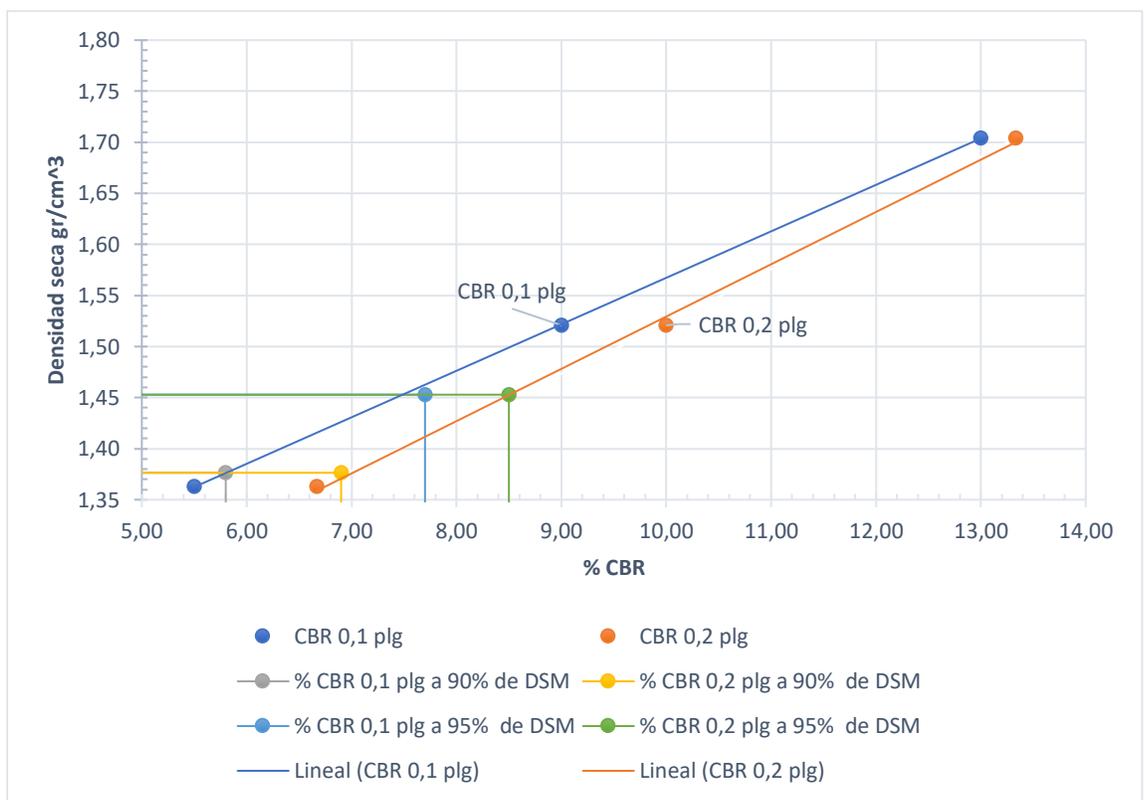
DN (mm/golpe)		DN (prom)
A	37,824	38,528
B	40,69	
C	37,071	

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	11266		10532		9925	
Masa del molde [gr]	6975		6273		5844	
Masa muestra húmeda [gr]	4291		4259		4081	
Volumen muestra [cm ³]	2301,32		2292,40		2049,62	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,865		1,858		1,991	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	162,9	180,8	110,3	143,6	139,2	137,8
Masa suelo seco + recip [gr]	152,4	167,4	96,5	123,2	110,5	99,3
Masa de agua [gr]	10,5	13,4	13,8	20,4	28,7	38,5
Masa del recip [gr]	32,3	33,4	32	33,4	30,6	33,4
Masa suelo seco [gr]	120,1	134	64,5	89,8	79,9	65,9
Contenido de humedad W%	8,74	10,00	21,40	22,72	35,92	58,42
W % promedio	9,37		22,06		47,17	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,704		1,521		1,363	
Datos después de la saturación						
Muestra húmeda + molde [gr]	11511		10710		10475	
Masa del molde [gr]	6975		6273		5844	
Masa muestra húmeda [gr]	4536		4437		4631	
Masa de agua absorbida [gr]	245		178		550	
% de agua absorbida	5,4012		4,0117		11,8765	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	164,4	184,5	123,3	159,1	165,5	145,6
Masa de suelo seco + tarro [gr]	148,8	168,8	106,1	132,4	132,3	131,5
Masa del agua [gr]	15,6	15,7	17,2	26,7	33,2	14,1
Masa del tarro [gr]	32,4	33,2	33,4	30,6	31,9	32,3
Masa suelo seco	116,4	135,6	72,7	101,8	100,4	99,2
Contenido de agua %	13,40	11,58	23,66	26,23	33,07	14,21
W % promedio	12,49		24,94		23,64	

Ensayo						
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	168,30	56,10	89,00	29,67	70,20	23,40
0,05	253,20	84,40	130,90	43,63	116,00	38,67
0,075	303,80	101,27	198,50	66,17	140,70	46,90
0,1	343,00	114,33	273,00	91,00	178,30	59,43
0,15	468,00	156,00	359,50	119,83	232,60	77,53
0,2	593,00	197,67	446,00	148,67	286,90	95,63
0,25	768,00	256,00	493,50	164,50	324,35	108,12
0,3	943,00	314,33	541,00	180,33	361,80	120,60
0,4	1283,00	427,67	595,80	198,60	417,00	139,00
0,5	1610,80	536,93	637,90	212,63	463,70	154,57



Porcentaje CBR (corregidos)						
Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	130	13,00	1,704	200	13,33	1,704
2	90	9,00	1,521	150	10,00	1,521
3	55	5,50	1,363	100	6,67	1,363
Densidad seca máxima gr/cm ³			1,529			
DSM		% CBR 0,1 plg		% CBR 0,2 plg		% CBR mayor
90	1,376	5,8		6,9		6,9
95	1,453	7,7		8,5		8,5



Nota:

El CBR para el diseño de pavimentos es el

8,5

%

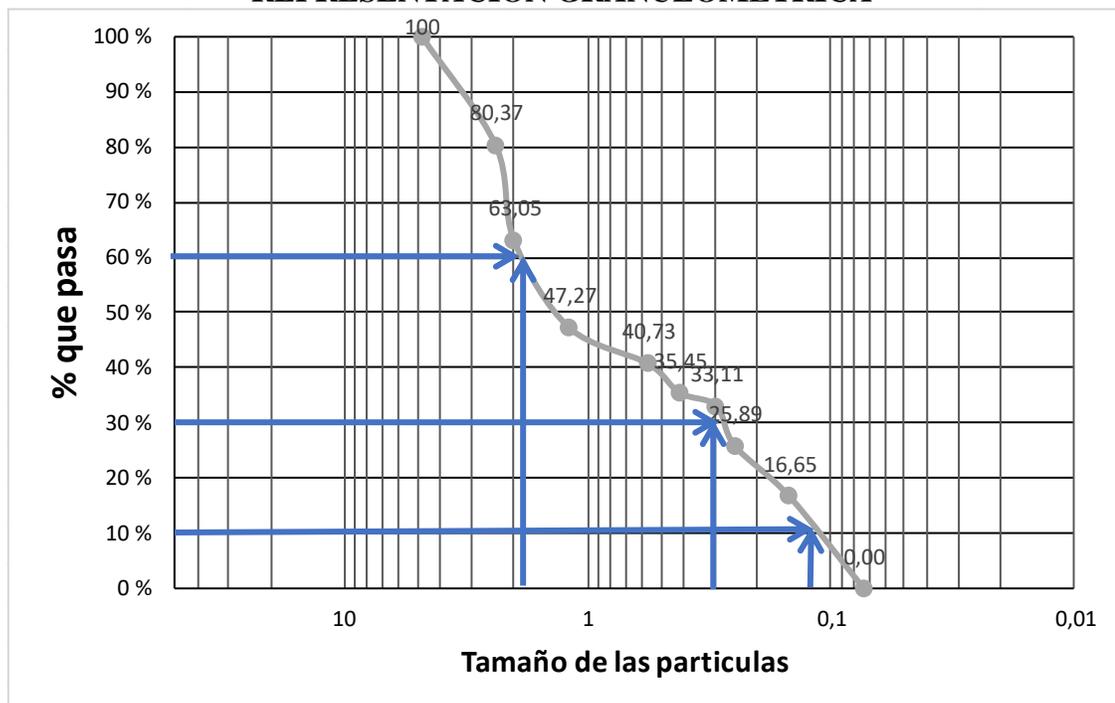
- San Miguelito Punto 3

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>MECÁNICA DE SUELOS I</p>	
Parroquia: San Miguelito	Norma: AASHTO93	
Muestra 3	ASTM	

HUMEDAD NATURAL AASHTO T 265 2016				
W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
50,1	353	273	29,30	30,46
51,1	327,2	250,3	30,72	
50,2	359,9	274	31,35	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AASHTO T 88 2013					
TAMAÑO MM	Tamiz	Pesos Retenidos	Pesos retenidos Acumulados	% Retenido	% que pasa
4,76	4	0	0	0	100
2,38	8	86,80	132,40	19,63	80,37
2	10	45,60	249,20	36,95	63,05
1,19	16	116,80	355,60	52,73	47,27
0,565	30	106,40	399,70	59,27	40,73
0,42	40	44,10	435,30	64,55	35,45
0,297	50	35,60	451,10	66,89	33,11
0,25	60	15,80	499,80	74,11	25,89
0,149	100	48,70	562,10	83,35	16,65
0,074	200	62,30	674,40	100,00	0,00
0,03	Fuente	112,30			
Total		674,40			

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA

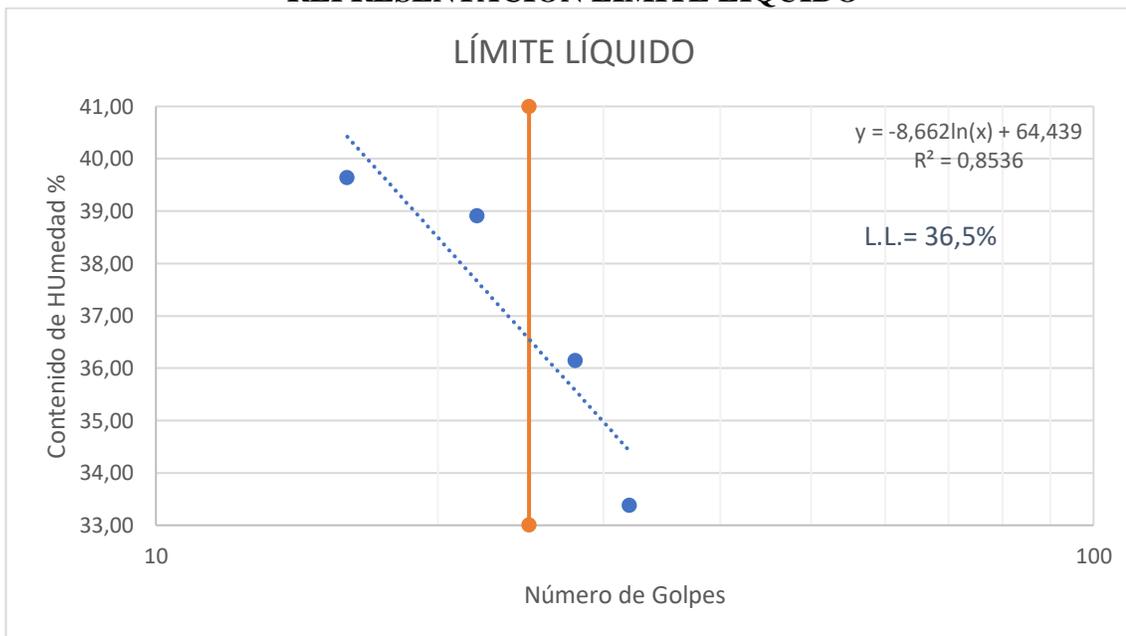


D10 en mm	0,13	$Cu = D_{60}/D_{10}$	8,38
D30 en mm	0,3	$Cc = D_{30}^2/(D_{60} \cdot D_{10})$	0,64
D60 en mm	1,09	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	4,76 mm

LÍMITE LÍQUIDO AASHTO T 89 2013

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
10	28	66,20	61,20	47,40	5,00	13,80	36,23	36,15
14		93,80	82,80	52,30	11,00	30,50	36,07	
19	22	76,50	68,20	49,20	8,30	19,00	43,68	38,91
7		90,00	80,10	51,10	9,90	29,00	34,14	
4	32	86,10	76,90	49,20	9,20	27,70	33,21	33,38
18		93,30	83,00	52,30	10,30	30,70	33,55	
32	16	91,20	79,40	47,40	11,80	32,00	36,88	39,64
1		83,80	73,20	48,20	10,60	25,00	42,40	

REPRESENTACIÓN LÍMITE LÍQUIDO



LÍMITE PLÁSTICO AASHTO T 89 2013

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
40	30,10	29,70	0,40	28,00	1,70	23,53	29,42
39	29,80	29,10	0,70	27,00	2,10	33,33	
48	5,70	5,20	0,50	3,00	2,20	22,73	
49	4,60	4,00	0,60	2,00	2,00	30,00	
26	51,20	50,60	0,60	49,00	1,60	37,50	

LÍMITES DE ATTERBERG		
Límite líquido	36,5	
Límite plástico	29,42	
Índice plástico	7,08	
CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4 (Arena Limosa)
	SUCS	SM (Suelo limo arcilloso)

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS AASHTO T 100 2015		
Peso del picnómetro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	698,566667	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	20,53	gr
Temperatura de agua y suelo °C	17	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,9988	
Peso de recipiente + agua + suelo (gr)	574,2	gr
Recipiente + Peso de suelo seco	98	gr
Peso de recipiente	48,5	gr
Peso del suelo seco Ws	49,5	gr
Gravedad específica Gs	2,432	gr

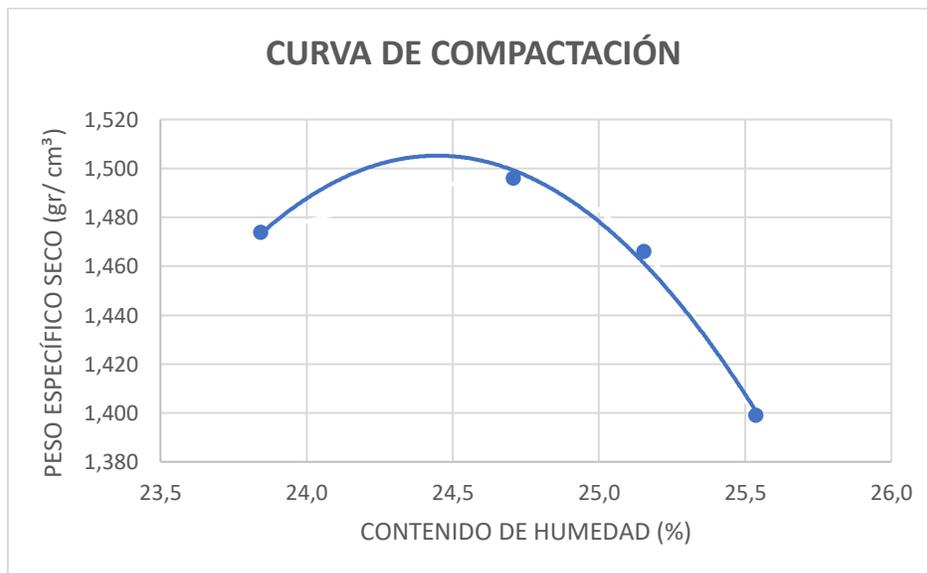
# Ensayo	1	2	3
Peso del Picnómetro kg	170	170	170
Temperatura del agua °C	17	17	17
Peso del Suelo seco gr (Ws)	50	50	50
Peso del picnómetro + Suelo seco	220	220	220
Picnómetro + agua (Wbw)	669,1	669,1	669,1
Ws + Wbw	719,1	719,1	719,1
Picnómetro + agua + suelo (sumergido) (Wbws)	698,5	698,5	698,7
Desplazamiento del agua	20,6	20,6	20,4
Factor de correlación K	0,9988	0,9988	0,9988
Gravedad especifica	2,424	2,424	2,448
Gs promedio	2,432		

DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA AASHTO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)			
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec		1646
Peso de la funda gr	Rec		2
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec		1644
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena			7140,00
Peso final frasco + cono + arena			5420,00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			209,97
Peso arena en la perforación			1510,03
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)			1,582
Volumen de la perforación	Vm		954,51
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente #		21	18
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	175	194
Peso seco + recipiente	Ws + rec	146	159
Peso del recipiente	rec	48	50
Peso del agua	Ww	29	35
Peso de los solidos	Ws	98	109
Contenido de humedad	w%	29,59	32,11
contenido de humedad promedio	w% prom		30,85
Determinación de las fases del suelo			
		Volumen	Peso
Vv		42,47	-
Va	Wa	7,47	0
Vw	Ww	35	35
Vs	Ws	41,13	109
Vm	Wm	83,61	144
Determinación de las propiedades índice del suelo			
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,722	gr/cm ³
Densidad seca	(γ_d)	1,316	gr/cm ³
Contenido de humedad	w%	30,85	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,03	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	50,80	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	82,40	%
Grado de saturación de aire	Ga%=Va/Vv*100	17,60	%

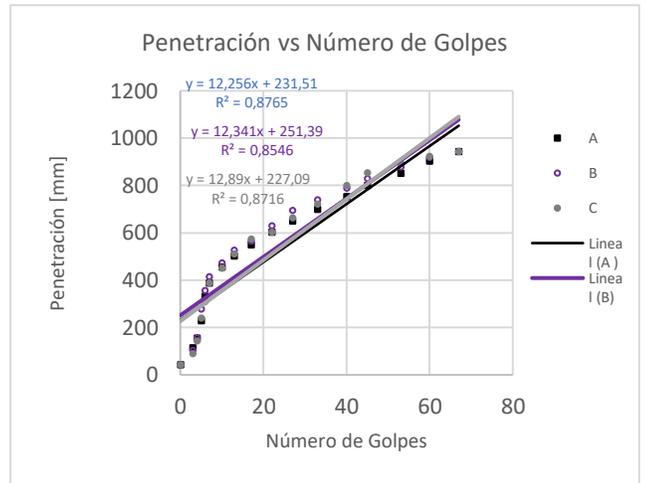
PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

TIPO DE PRUEBA	P.M	MASA MARTILLO:	10 lb
DATOS DEL MOLDE		ALTURA DE CAIDA:	18 plg
VOLUMEN:	2124	NÚMERO DE CAPAS:	5
MASA:	16864 gr	GOLPE POR CAPAS:	56

PRUEBA N.º	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		1		2		3	
Suelo húmedo+molde (gr)	19550		19660		19600		19430	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	4110		4220		4160		3990	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,935		1,987		1,959		1,879	
Masa del tarro (gr)	50,2	50,2	52,3	47,4	47,4	47,4	50,2	49,2
Masa suelo húm. +tarro (gr)	241,5	210,5	149,8	148,2	213,9	255,9	289	290,1
Masa suelo seco+tarro (gr)	193,6	174,2	125,9	123,1	172,3	203,1	228,4	228,2
Masa del agua (gr)	47,9	36,3	23,9	25,1	41,6	52,8	60,6	61,9
Masa suelo seco (gr)	191,3	160,3	97,5	100,8	166,5	208,5	238,8	240,9
Contenido de agua (%)	25,039	22,645	24,513	24,901	24,985	25,324	25,377	25,695
w (%) Promedio	23,842		24,707		25,154		25,536	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,474		1,496		1,466		1,399	
Densidad Seca Máxima (γ máx):	1,496							
Humedad Óptima:	24,70							
Gravedad de compactación	98,51							



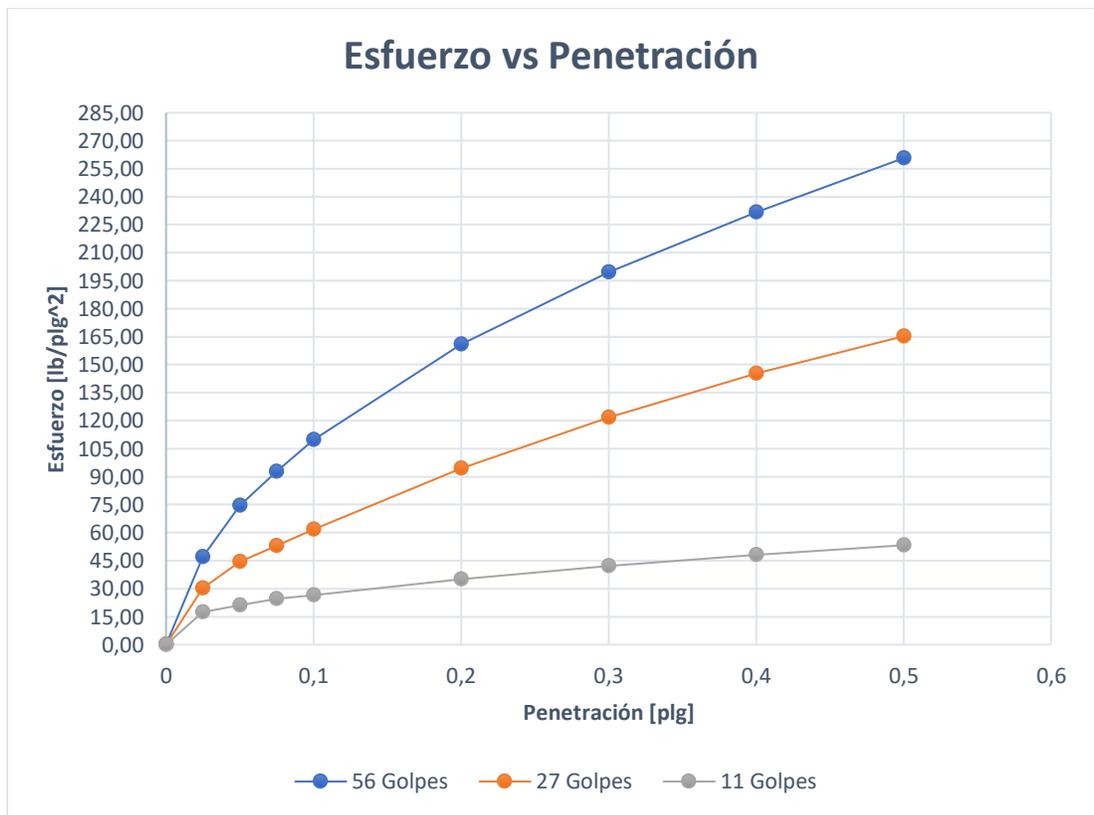
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
#	A	B	C
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
3	115	105	90
4	155	158	145
5	230	280	240
6	332	358	310
7	390	415	390
10	455	475	452
13	504	527	513
17	550	565	575
22	604	630	605
27	650	695	665
33	700	740	722
40	755	790	800
45	800	830	855
53	852	880	895
60	903	920	924
67	945	945	945



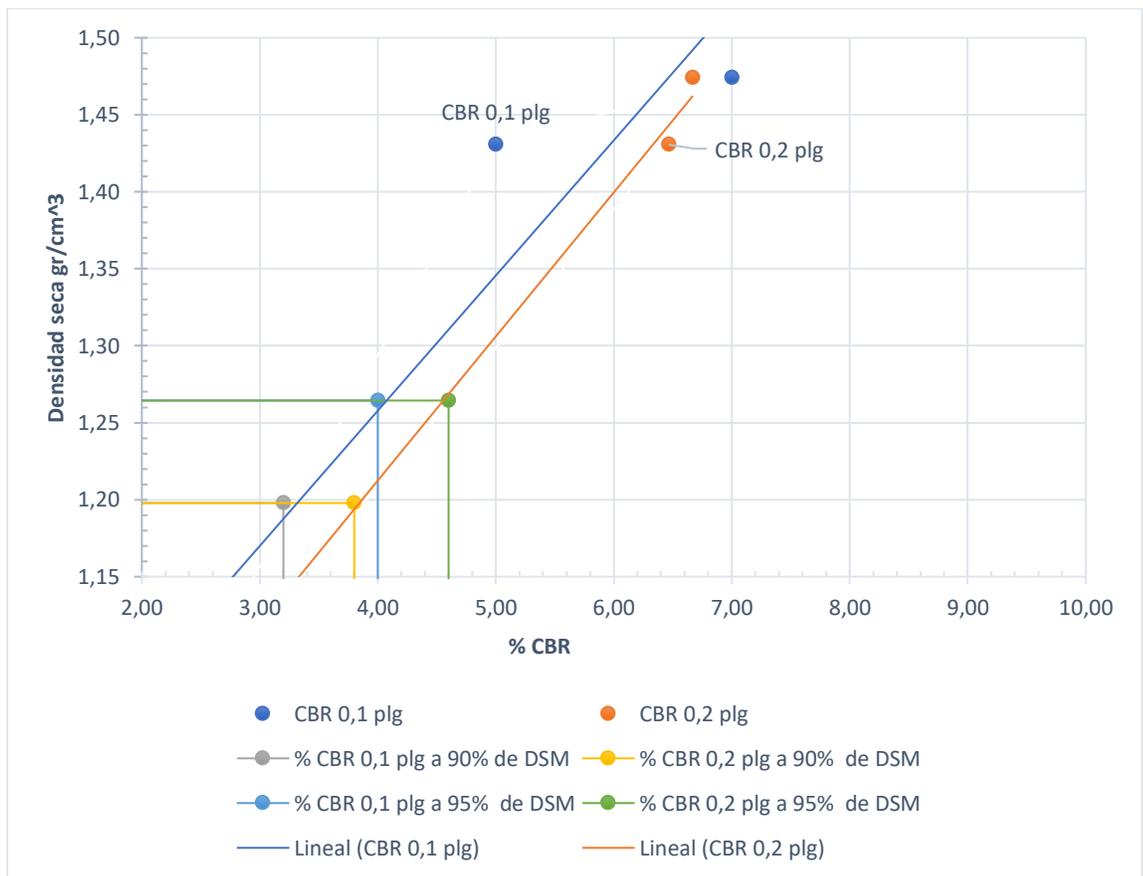
DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	12,496
B	
C	

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	12654		13822		12094	
Masa del molde [gr]	8299		9540		8753	
Masa muestra húmeda [gr]	4355		4282		3341	
Volumen muestra [cm ³]	2337,80		2377,87		2365,65	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,863		1,801		1,412	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	137,7	136,6	133,1	155,6	163,7	127,8
Masa suelo seco + recip [gr]	116,3	114,2	113,4	129,1	133,4	105,9
Masa de agua [gr]	21,4	22,4	19,7	26,5	30,3	21,9
Masa del recip [gr]	34,4	30,1	33,1	30,9	31,5	32,4
Masa suelo seco [gr]	81,9	84,1	80,3	98,2	101,9	73,5
Contenido de humedad W%	26,13	26,63	24,53	26,99	29,74	29,80
W % promedio	26,38		25,76		29,77	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,474		1,431		1,088	
Datos después de la saturación						
Muestra húmeda + molde [gr]	12853		139163		12235	
Masa del molde [gr]	8299		9540		8753	
Masa muestra húmeda [gr]	4554		129623		3482	
Masa de agua absorbida [gr]	199		125341		141	
% de agua absorbida	4,3698		96,6966		4,0494	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	147,8	141,3	145,2	160,1	165,8	136,8
Masa de suelo seco + tarro [gr]	122,3	115,1	126,8	143,4	146,6	117,9
Masa del agua [gr]	25,5	26,2	18,4	16,7	19,2	18,9
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	89,7	84,4	95,7	110,9	114,8	84,8
Contenido de agua %	28,43	31,04	19,23	15,06	16,72	22,29
W % promedio	29,74		17,14		19,51	

Ensayo						
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	140,90	46,97	90,30	30,10	52,70	17,57
0,05	223,50	74,50	133,10	44,37	63,30	21,10
0,075	278,40	92,80	158,80	52,93	73,40	24,47
0,1	329,00	109,67	185,00	61,67	79,60	26,53
0,15	406,00	135,33	234,15	78,05	92,50	30,83
0,2	483,00	161,00	283,30	94,43	105,40	35,13
0,25	540,85	180,28	324,25	108,08	115,85	38,62
0,3	598,70	199,57	365,20	121,73	126,30	42,10
0,4	695,10	231,70	436,00	145,33	144,60	48,20
0,5	782,00	260,67	495,70	165,23	159,80	53,27



Porcentaje CBR (corregidos)						
Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	110	11,00	1,474	160	10,67	1,474
2	60	6,00	1,431	95	6,33	1,431
3	20	2,00	1,088	40	2,67	1,088
Densidad seca máxima gr/cm ³			1,331			
DSM		% CBR 0,1 plg		% CBR 0,2 plg		% CBR mayor
90	1,198	3,2		3,8		3,8
95	1,264	4		4,6		4,6



Nota: El CBR para el diseño de pavimentos es el 4,6 %

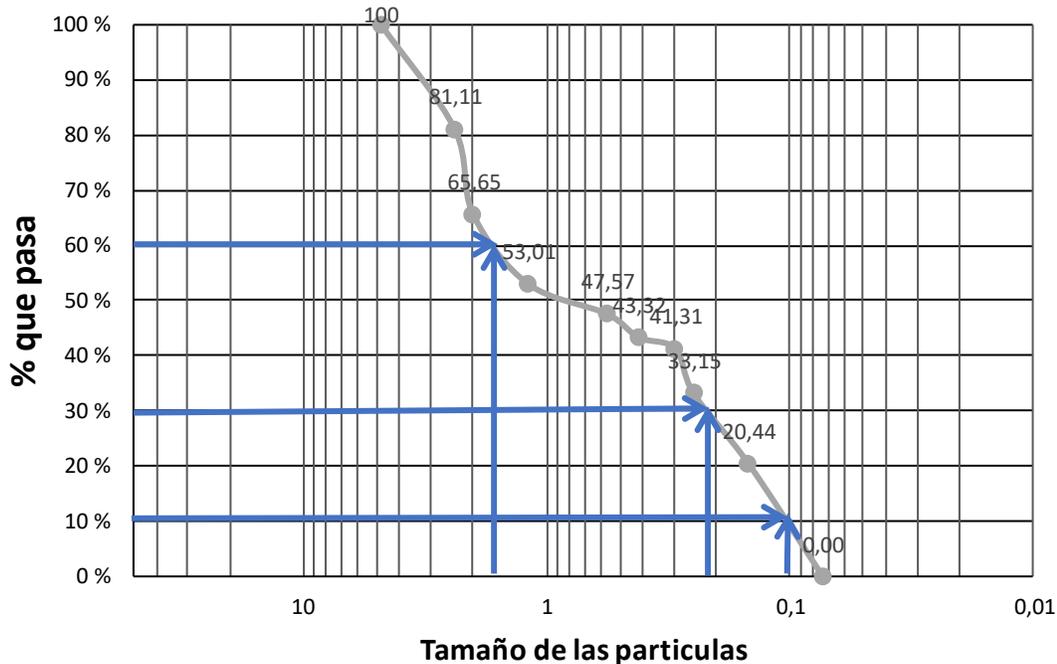
- San Miguelito Punto 4

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>MECÁNICA DE SUELOS I</p>	
Parroquia: San Miguelito	Norma: AASHTO93	
Muestra 4	ASTM	

HUMEDAD NATURAL AASHTO T 265 2016				
W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
47,4	328,7	268,4	22,47	21,88
48,2	462,2	383	20,68	
47,4	364,4	297,5	22,49	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AASHTO T 88 2013					
TAMAÑO MM	Tamiz	Pesos Retenidos	Pesos retenidos Acumulados	% Retenido	% que pasa
4,76	4	0	0	0	100
2,38	8	106,80	151,40	18,89	81,11
2	10	44,60	275,30	34,35	65,65
1,19	16	123,90	376,60	46,99	53,01
0,565	30	101,30	420,20	52,43	47,57
0,42	40	43,60	454,30	56,68	43,32
0,297	50	34,10	470,40	58,69	41,31
0,25	60	16,10	535,80	66,85	33,15
0,149	100	65,40	637,70	79,56	20,44
0,074	200	101,90	801,50	100,00	0,00
0,03	fuelle	163,80			
Total		801,50			

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA

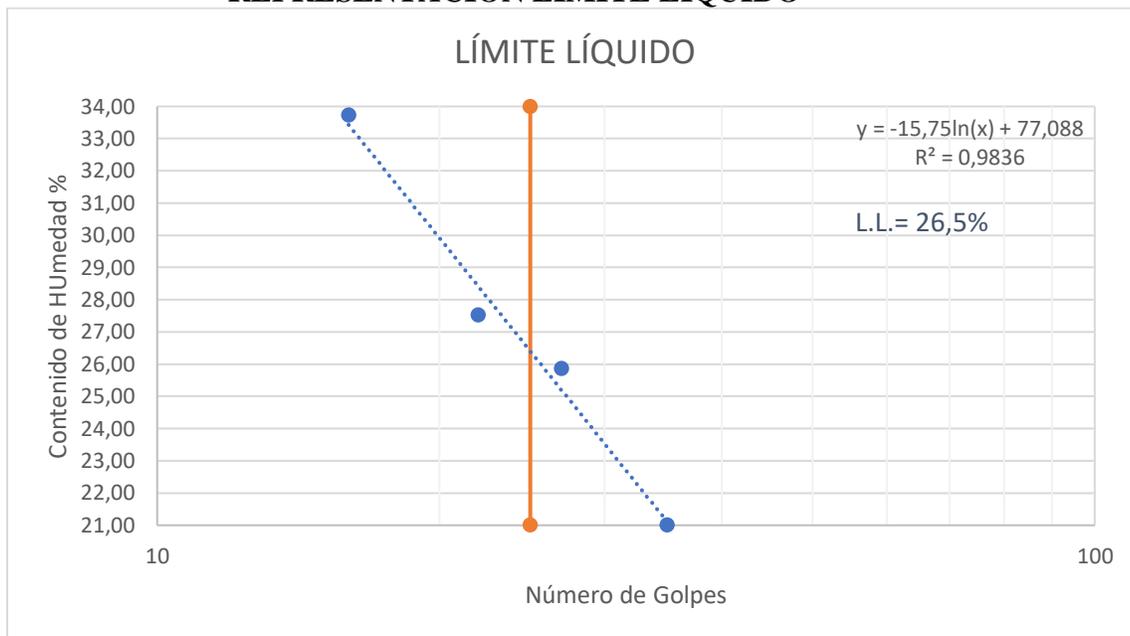


D10 en mm	0,11	$Cu = D60/D10$	15,91
D30 en mm	0,21	$Cc = D30^2/(D60 * D10)$	0,23
D60 en mm	1,75	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	4,76 mm

LÍMITE LÍQUIDO AASHTO T 89 2013

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
24	22	68,00	63,30	47,40	4,70	15,90	29,56	27,52
27		68,40	64,50	49,20	3,90	15,30	25,49	
8	16	83,60	75,10	50,20	8,50	24,90	34,14	33,73
28		60,20	57,20	48,20	3,00	9,00	33,33	
23	35	77,40	71,00	47,40	6,40	23,60	27,12	21,02
12		61,30	59,60	48,20	1,70	11,40	14,91	
36	27	73,40	68,30	48,20	5,10	20,10	25,37	25,87
15		64,10	61,20	50,20	2,90	11,00	26,36	

REPRESENTACIÓN LÍMITE LÍQUIDO



LÍMITE PLÁSTICO AASHTO T 89 2013

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
17	14,30	13,80	0,50	10,90	2,90	17,24	21,29
18	13,10	12,80	0,30	10,90	1,90	15,79	
19	12,70	12,30	0,40	10,90	1,40	28,57	
20	13,80	13,50	0,30	10,90	2,60	11,54	
21	12,90	12,40	0,50	10,90	1,50	33,33	

LÍMITES DE ATTERBERG		
Límite líquido		26,4
Límite plástico		21,29
Índice plástico		5,11
CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4 (Arena Limosa)
	SUCS	SC (Mezcla de arena - arcilla)

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS AASHTO T 100 2015		
Peso del picnómetro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	698,133333	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	20,97	gr
Temperatura de agua y suelo °C	20	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,9982	
Peso de recipiente + agua + suelo (gr)	576	gr
Recipiente + Peso de suelo seco	100	gr
Peso de recipiente	50,2	gr
Peso del suelo seco Ws	49,8	gr
Gravedad específica Gs	2,381	gr

# Ensayo	1	2	3
Peso del Picnómetro kg	170	170	170
Temperatura del agua °C	20	20	20
Peso del Suelo seco gr (Ws)	50	50	50
Peso del picnómetro + Suelo seco	220	220	220
Picnómetro + agua (Wbw)	669,1	669,1	669,1
Ws + Wbw	719,1	719,1	719,1
Picnómetro + agua + suelo (sumergido) (Wbws)	698,4	698,1	697,9
Desplazamiento del agua	20,7	21	21,2
Factor de correlación K	0,9982	0,9982	0,9982
Gravedad especifica	2,411	2,377	2,354
Gs promedio	2,381		

DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA AASHTO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)			
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1210	
Peso de la funda gr	Rec	2	
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1208	
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		7210,00	
Peso final frasco + cono + arena		5630,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		209,97	
Peso arena en la perforación		1370,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)		1,582	
Volumen de la perforación	Vm	866,01	
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente #		21	18
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	182	194
Peso seco + recipiente	Ws + rec	145	154
Peso del recipiente	rec	47	52
Peso del agua	Ww	37	40
Peso de los solidos	Ws	98	102
Contenido de humedad	w%	37,76	39,22
contenido de humedad promedio	w% prom	38,49	
Determinación de las fases del suelo			
		Volumen	Peso
Vv		63,31	-
Va	Wa	23,31	0
Vw	Ww	40	40
Vs	Ws	38,49	102
Vm	Wm	101,80	142
Determinación de las propiedades índice del suelo			
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,395	gr/cm3
Densidad seca	(γ_d)	1,007	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	38,49	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,64	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	62,19	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	63,18	%
Grado de saturación de aire	Ga%= Va/Vv*100	36,82	%

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

TIPO DE PRUEBA P.M

MASA MARTILLO: 10 lb

DATOS DEL MOLDE

ALTURA DE CAIDA: 18 plg

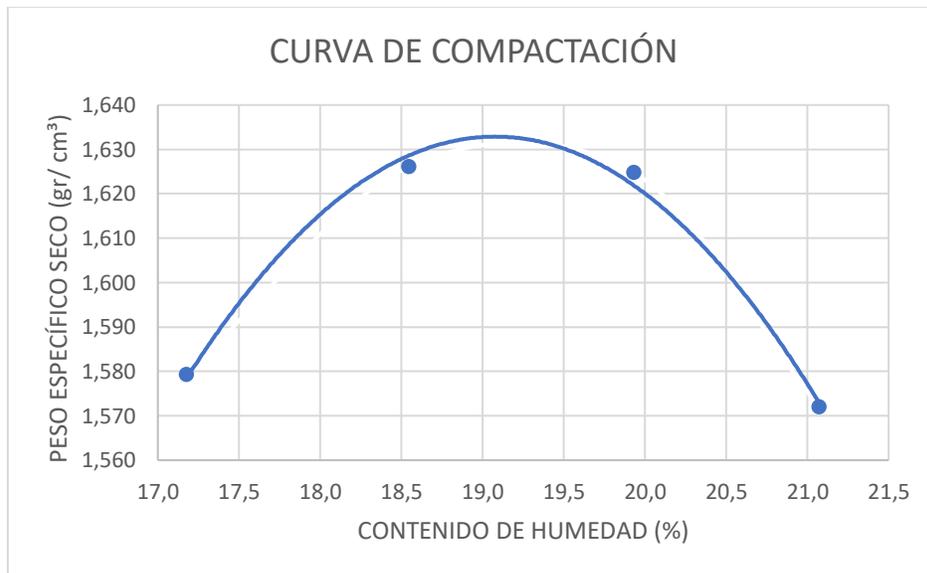
VOLUMEN: 2124
16864

NÚMERO DE CAPAS: 5

GOLPE POR CAPAS: 56

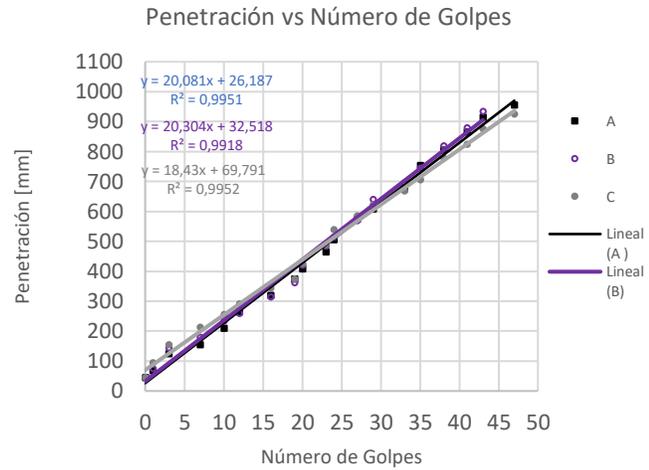
MASA: gr

PRUEBA N.º	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		2		4		6	
Suelo húmedo+molde (gr)	19490		19680		19750		19670	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	4050		4240		4310		4230	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,907		1,996		2,029		1,992	
Masa del tarro (gr)	51,1	49,2	47,4	47,4	48,2	47,4	48,2	49,2
Masa suelo húm. +tarro (gr)	250,1	230,2	237,6	234,7	300,3	286,5	260,1	286,4
Masa suelo seco+tarro (gr)	215,6	199,4	202,9	199,4	250	238,9	215,2	236,7
Masa del agua (gr)	34,5	30,8	34,7	35,3	50,3	47,6	44,9	49,7
Masa suelo seco (gr)	199	181	190,2	187,3	252,1	239,1	211,9	237,2
Contenido de agua (%)	17,337	17,017	18,244	18,847	19,952	19,908	21,189	20,953
w (%) Promedio	17,177		18,545		19,930		21,071	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,579		1,626		1,625		1,572	
Densidad Seca Máxima (γ máx):	1,626							
Humedad Óptima:	19,25							
Gravedad de compactación	97,12							



ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

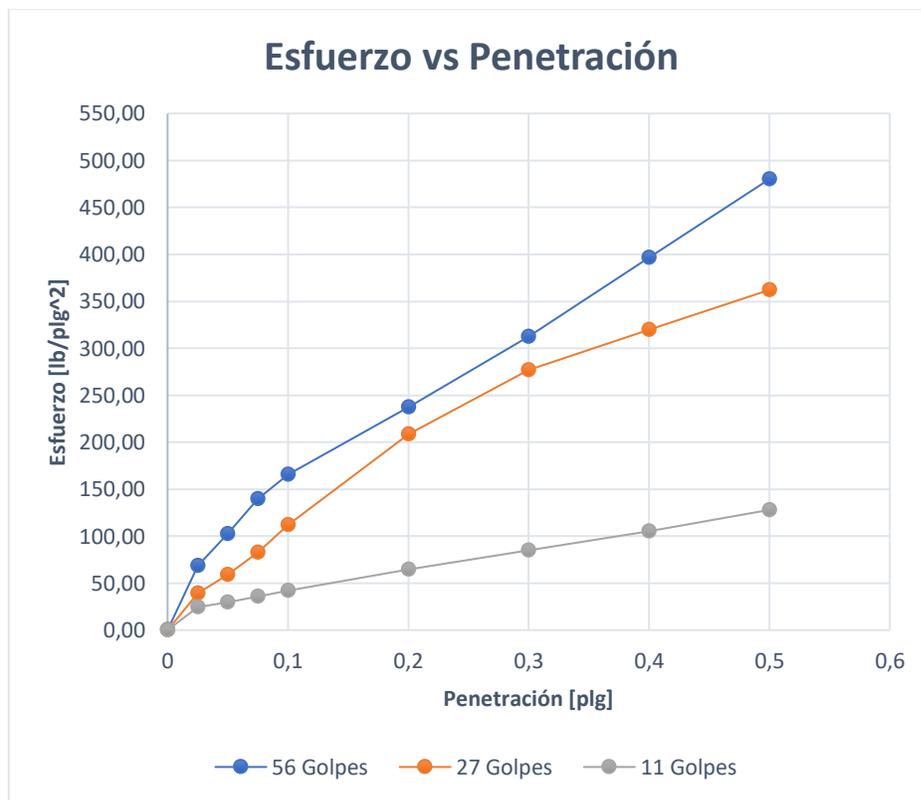
Número de golpes	Penetración acumulada	Penetración acumulada	Penetración acumulada
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
2	120	110	132
5	158	165	190
7	235	225	235
10	282	278	290
12	315	300	342
16	362	385	381
20	415	450	425
23	455	480	478
26	514	535	524
28	575	588	570
31	614	635	632
34	675	695	670
38	705	740	705
42	755	785	755
47	810	825	798
51	860	880	835
54	928	935	887
57	955	0	935



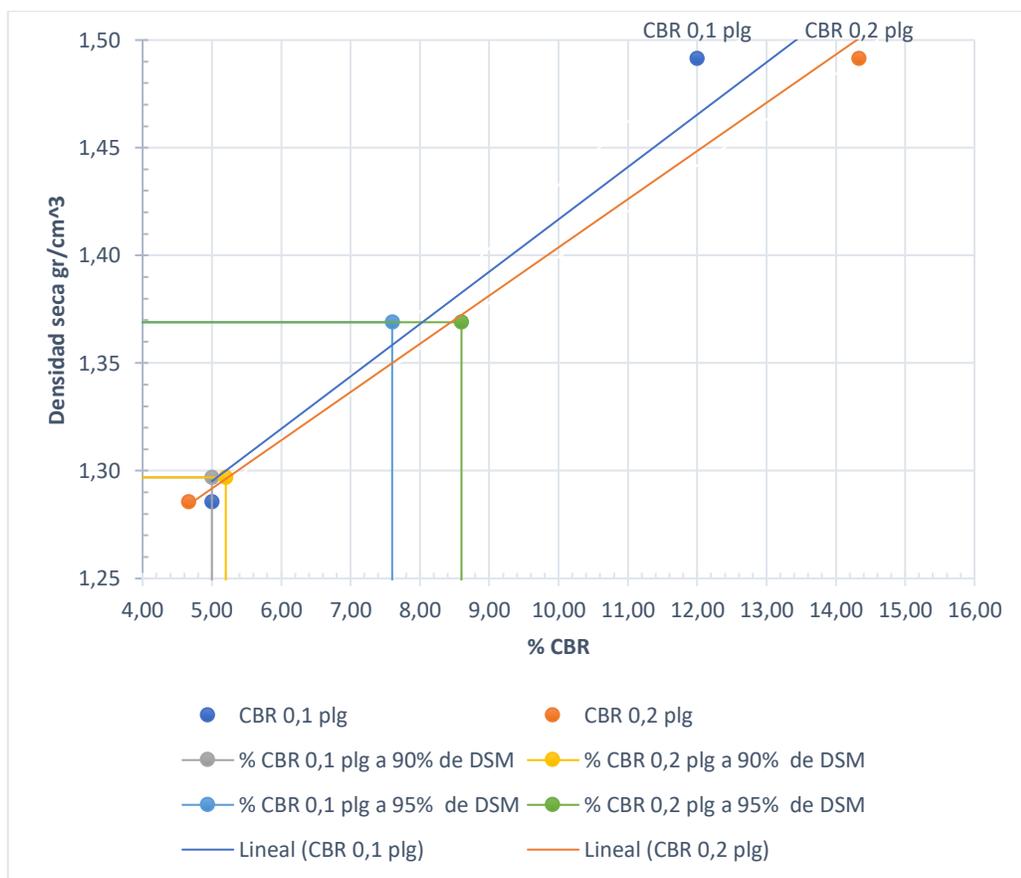
	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	20,081	22,938
B	30,304	
C	18,43	

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	12735		13632		12532	
Masa del molde [gr]	8291		9540		8731	
Masa muestra húmeda [gr]	4444		4092		3801	
Volumen muestra [cm ³]	2343,37		2340,42		2143,87	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,896		1,748		1,773	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	122,8	126,3	128,4	122,1	103,8	109,8
Masa suelo seco + recip [gr]	108,4	106,6	114,8	108,4	85,6	87,9
Masa de agua [gr]	14,4	19,7	13,6	13,7	18,2	21,9
Masa del recip [gr]	31,8	32,8	32,9	31,8	34,4	33,3
Masa suelo seco [gr]	76,6	73,8	81,9	76,6	51,2	54,6
Contenido de humedad W%	18,80	26,69	16,61	17,89	35,55	40,11
W % promedio	22,75		17,25		37,83	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,546		1,492		1,286	
Datos después de la saturación						
Muestra húmeda + molde [gr]	12872		13836		12830	
Masa del molde [gr]	8291		9540		8731	
Masa muestra húmeda [gr]	4581		4296		4099	
Masa de agua absorbida [gr]	137		204		298	
% de agua absorbida	2,9906		4,7486		7,2701	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	148,5	149,5	125,7	124,1	143,8	147,9
Masa de suelo seco + tarro [gr]	129,7	128,6	113,4	114,7	118,3	113,2
Masa del agua [gr]	18,8	20,9	12,3	9,4	25,5	34,7
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	97,1	97,9	82,3	82,2	86,5	80,1
Contenido de agua %	19,36	21,35	14,95	11,44	29,48	43,32
W % promedio	20,35		13,19		36,40	

Ensayo						
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	205,63	68,54	117,83	39,28	72,85	24,28
0,05	306,77	102,26	176,36	58,79	89,00	29,67
0,075	418,66	139,55	247,97	82,66	107,05	35,68
0,1	497,17	165,72	336,53	112,18	125,74	41,91
0,15	604,52	201,51	481,41	160,47	159,99	53,33
0,2	711,87	237,29	626,29	208,76	194,24	64,75
0,25	824,99	275,00	728,46	242,82	224,61	74,87
0,3	938,11	312,70	830,63	276,88	254,99	85,00
0,4	1190,67	396,89	959,69	319,90	315,84	105,28
0,5	1440,66	480,22	1086,80	362,27	384,02	128,01



Porcentaje CBR (corregidos)						
Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	165	16,50	1,546	240	16,00	1,546
2	120	12,00	1,492	215	14,33	1,492
3	45	4,50	1,286	70	4,67	1,286
Densidad seca máxima gr/cm ³			1,441			
DSM		% CBR 0,1 plg		% CBR 0,2 plg		% CBR mayor
90	1,297	5		5,2		5,2
95	1,369	7,6		8,6		8,6



Nota: El CBR para el diseño de pavimentos es el 8,6 %

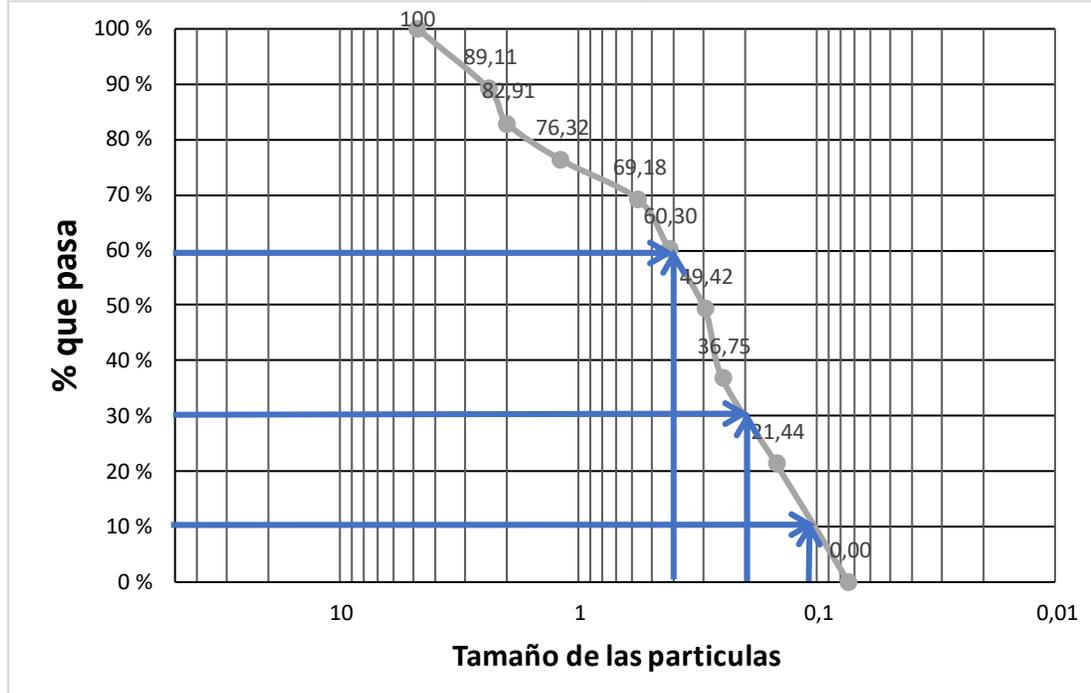
- Emilio María Terán Punto 1

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>MECÁNICA DE SUELOS I</p>	
Parroquia: Emilio María Terán	Norma:	AASHTO93
Muestra 1		ASTM

HUMEDAD NATURAL AASHTO T 265 2016				
W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
48,2	914,6	805	13,61	13,68
52,3	626,95	560,8	11,80	
48,2	683,2	590,9	15,62	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AASHTO T 88 2013					
TAMAÑO MM	Tamiz	Pesos Retenidos	Pesos retenidos Acumulados	% Retenido	% que pasa
4,76	4	0	0	0	100
2,38	8	46,8	96,20	10,89	89,11
2	10	49,4	151,00	17,09	82,91
1,19	16	54,8	209,30	23,68	76,32
0,565	30	58,3	272,40	30,82	69,18
0,42	40	63,1	350,80	39,70	60,30
0,297	50	78,4	447,00	50,58	49,42
0,25	60	96,2	558,90	63,25	36,75
0,149	100	111,9	694,20	78,56	21,44
0,074	200	135,3	883,70	100,00	0,00
0,03	fuelle	189,5			
Total		883,70			

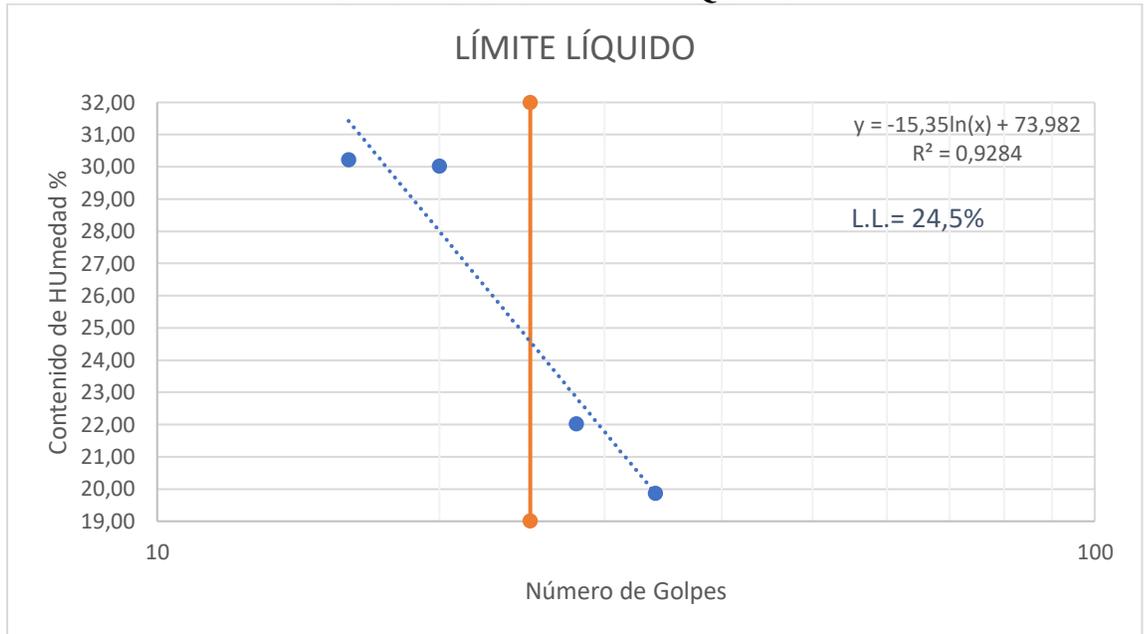
REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA



D10 en mm	0,11	$C_u = D_{60}/D_{10}$	3,64
D30 en mm	0,2	$C_c = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$	0,91
D60 en mm	0,4	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	2,38 mm

LÍMITE LÍQUIDO AASHTO T 89 2013								
Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
26	28	68,20	64,60	49,20	3,60	15,40	23,38	22,02
4		67,30	64,20	49,20	3,10	15,00	20,67	
9	16	75,40	70,50	48,20	4,90	22,30	21,97	30,22
29		58,20	55,20	47,40	3,00	7,80	38,46	
21	20	59,10	56,10	47,40	3,00	8,70	34,48	30,02
31		70,00	65,40	47,40	4,60	18,00	25,56	
27	34	74,90	69,80	49,20	5,10	20,60	24,76	19,87
24		71,20	68,10	47,40	3,10	20,70	14,98	

REPRESENTACIÓN LÍMITE LÍQUIDO



LÍMITE PLÁSTICO AASHTO T 89 2013

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
47	29,20	29,00	0,20	27,60	1,40	14,29	17,16
48	29,90	29,60	0,30	27,60	2,00	15,00	
49	30,00	29,70	0,30	27,60	2,10	14,29	
50	29,40	29,10	0,30	27,60	1,50	20,00	
51	29,80	29,40	0,40	27,60	1,80	22,22	

LÍMITES DE ATTERBERG		
Límite líquido		24,6
Límite plástico		17,16
Índice plástico		7,44
CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SISTEMA	AASHTO	A-4 (Suelo Limoso)
	SUCS	SC (Arena arcillosa)

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS AASHTO T 100 2015		
Peso del picnómetro + agua Wbw	668,30	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	698	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	20,30	gr
Temperatura de agua y suelo °C	22,2	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,99776	
Peso de recipiente + agua + suelo (gr)	778,4	gr
Recipiente + Peso de suelo seco	303,7	gr
Peso de recipiente	254,8	gr
Peso del suelo seco Ws	48,9	gr
Gravedad específica Gs	2,460	gr

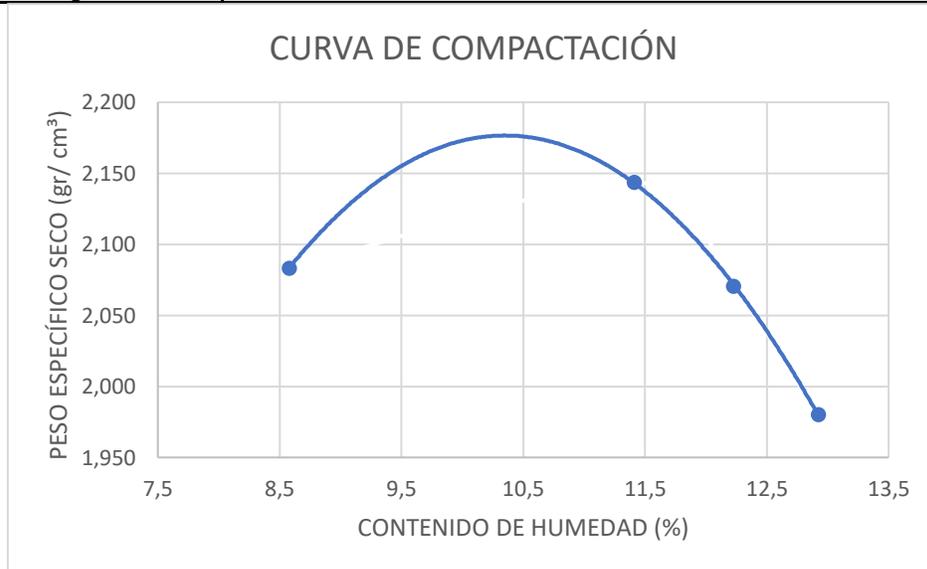
# Ensayo	1	2	3
Peso del Picnómetro kg	170	170	170
Temperatura del agua °C	22,2	22,2	22,2
Peso del Suelo seco gr (Ws)	50	50	50
Peso del picnómetro + Suelo seco	220	220	220
Picnómetro + agua (Wbw)	668,1	668,2	668,6
Ws + Wbw	718,1	718,2	718,6
Picnómetro + agua + suelo (sumergido) (Wbws)	698,4	698,1	697,5
Desplazamiento del agua	19,7	20,1	21,1
Factor de correlación K	0,99776	0,99776	0,99776
Gravedad especifica	2,532	2,482	2,364
Gs promedio	2,460		

DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA ASSHTO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)			
Peso de la masa del suelo + funda gr	$W_m + Rec$		2041
Peso de la funda gr	Rec		2
Peso de la masa de suelo gr	$W_m = W_m + Rec - Rec$		2039
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena			7210,00
Peso final frasco + cono + arena			5130,00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			209,97
Peso arena en la perforación			1870,03
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)			1,582
Volumen de la perforación	V_m		1182,07
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente #		28	30
Peso húmedo + recipiente	$W_m + rec$	217	211
Peso seco + recipiente	$W_s + rec$	181	177
Peso del recipiente	rec	48	50
Peso del agua	W_w	36	34
Peso de los solidos	W_s	133	127
Contenido de humedad	w%	27,07	26,77
contenido de humedad promedio	w% prom	26,92	
Determinación de las fases del suelo			
		Volumen	Peso
Vv		47,79	-
Va	W_a	11,79	0
Vw	W_w	36	36
Vs	W_s	50,19	133
Vm	W_m	97,97	169
Determinación de las propiedades índice del suelo			
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,725	gr/cm3
Densidad seca	(γ_d)	1,359	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	26,92	%
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0,95	Natural
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	48,77	%
Grado de saturación de agua	$G_w\% = V_w/V_v * 100$	75,34	%
Grado de saturación de aire	$G_a\% = V_a/V_v * 100$	24,66	%

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

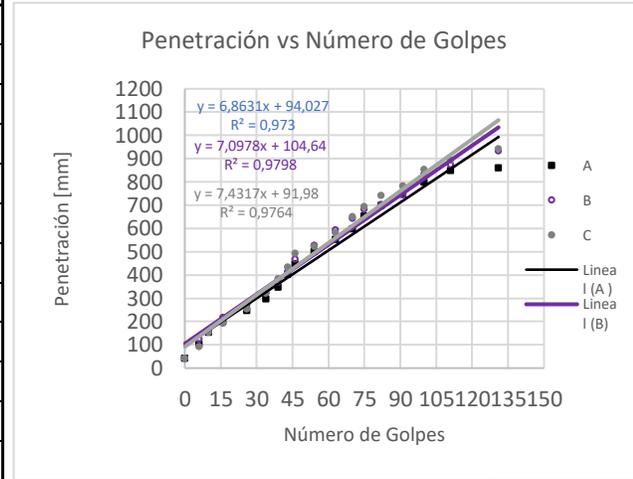
TIPO DE PRUEBA	P.M	MASA MARTILLO:	10 lb
DATOS DEL MOLDE		ALTURA DE CAIDA:	18 plg
VOLUMEN:	2124	NÚMERO DE CAPAS:	5
	16864	GOLPE POR CAPAS:	56
MASA:	gr		

PRUEBA N.º	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		2		4		6	
Suelo húmedo+molde (gr)	20280		20580		20450		20270	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	4840		5140		5010		4830	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	2,279		2,420		2,359		2,274	
Masa del tarro (gr)	49,2	48,2	48,2	49,2	46,5	52,3	50,2	48,2
Masa suelo húm. +tarro (gr)	225,4	215,5	308,1	246,8	293,2	284,1	332,9	325,4
Masa suelo seco+tarro (gr)	209,6	201,8	278,1	224,5	261,4	257,3	294,2	291,7
Masa del agua (gr)	15,8	13,7	30	22,3	31,8	26,8	38,7	33,7
Masa suelo seco (gr)	176,2	167,3	259,9	197,6	246,7	231,8	282,7	277,2
Contenido de agua (%)	8,967	8,189	11,543	11,285	12,890	11,562	13,689	12,157
w (%) Promedio	8,578		11,414		12,226		12,923	
Peso unitario seco (gr/cm³)	2,083		2,144		2,070		1,980	
Densidad Seca Máxima (y máx):	2,144							
Humedad Óptima:	11,41							
Gravedad de compactación	97,18							



ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

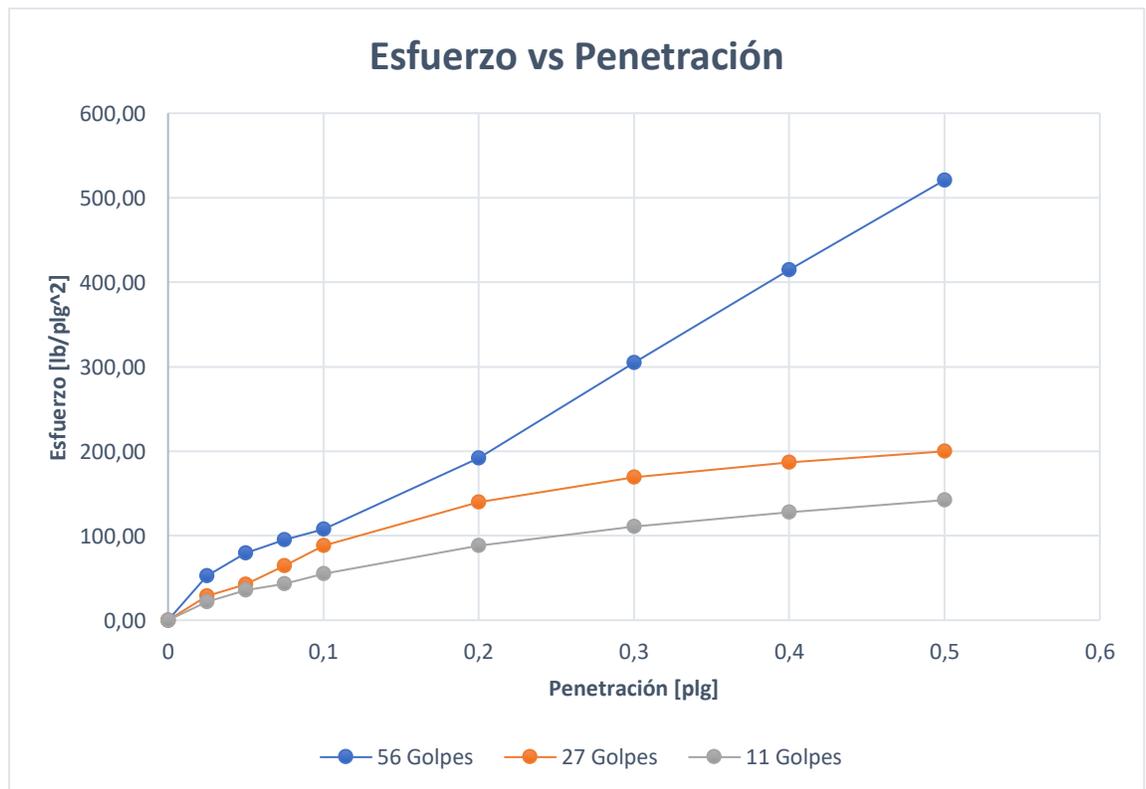
Número de golpes	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]
0	45	45	45
6	105	125	95
10	155	165	155
16	200	220	195
26	250	275	256
34	300	325	325
39	350	370	385
43	405	415	435
46	450	470	495
54	502	530	525
63	555	595	585
70	600	645	652
75	655	685	695
82	700	705	743
91	750	745	784
100	800	835	855
111	850	875	895
131	863	935	945



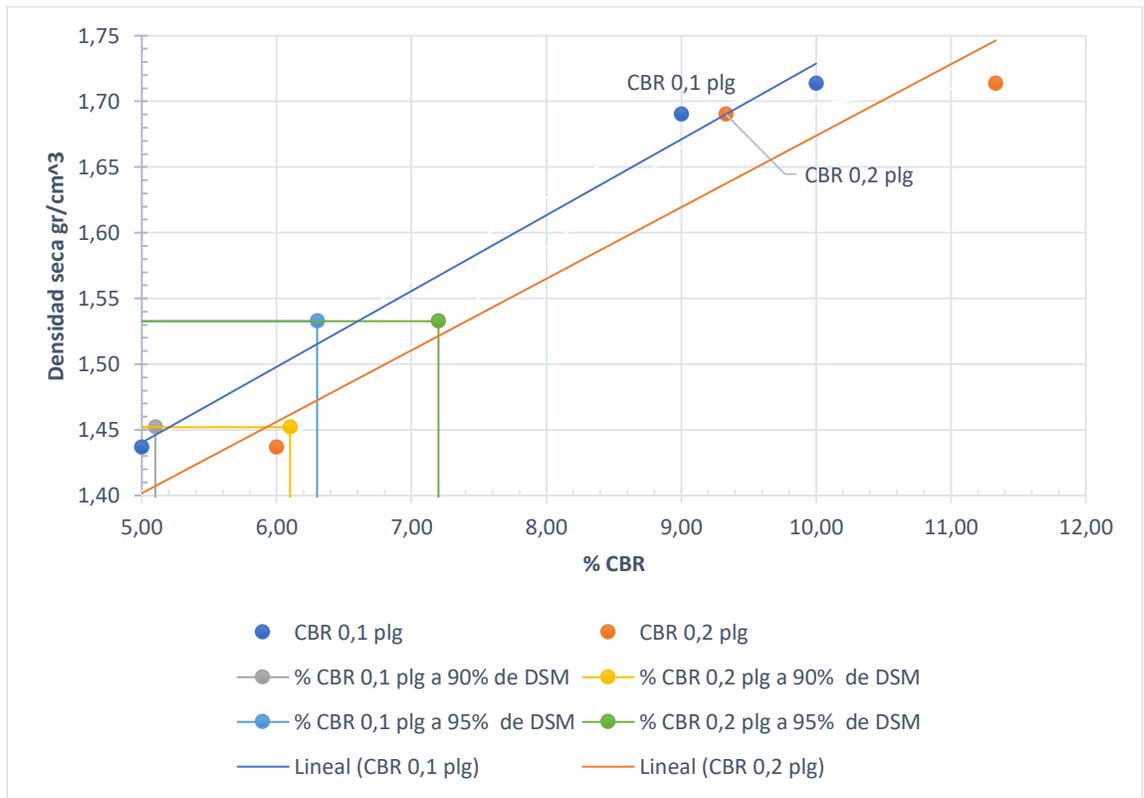
DN (mm/golpe)	DN (prom)
A 6,8631	7,131
B 7,0978	
C 7,4317	

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	11532		10784		9372	
Masa del molde [gr]	6975		6273		5844	
Masa muestra húmeda [gr]	4557		4511		3528	
Volumen muestra [cm ³]	2301,32		2292,40		2049,62	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,980		1,968		1,721	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	119,4	114,2	121,1	121,4	125,5	115,6
Masa suelo seco + recip [gr]	108,2	102,8	108,1	109,4	110,3	101,5
Masa de agua [gr]	11,2	11,4	13	12	15,2	14,1
Masa del recip [gr]	32,3	33,4	32	33,4	30,6	33,4
Masa suelo seco [gr]	75,9	69,4	76,1	76	79,7	68,1
Contenido de humedad W%	14,76	16,43	17,08	15,79	19,07	20,70
W % promedio	15,59		16,44		19,89	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,714		1,690		1,437	
Datos después de la saturación						
Muestra húmeda + molde [gr]	11628		10832		9584	
Masa del molde [gr]	6975		6273		5844	
Masa muestra húmeda [gr]	4653		4559		3740	
Masa de agua absorbida [gr]	96		48		212	
% de agua absorbida	2,0632		1,0529		5,6684	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	142,9	146,8	139,2	137,8	110,3	123,6
Masa de suelo seco + tarro [gr]	132,4	135,4	126,5	129,3	101,5	112,2
Masa del agua [gr]	10,5	11,4	12,7	8,5	8,8	11,4
Masa del tarro [gr]	32,4	33,2	33,4	30,6	31,9	32,3
Masa suelo seco	100	102,2	93,1	98,7	69,6	79,9
Contenido de agua %	10,50	11,15	13,64	8,61	12,64	14,27
W % promedio	10,83		11,13		13,46	

Ensayo						
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	158,202	52,73	86,33	28,78	64,58	21,53
0,05	238,008	79,34	126,973	42,32	106,72	35,57
0,075	285,572	95,19	192,545	64,18	129,44	43,15
0,1	322,42	107,47	264,81	88,27	164,04	54,68
0,15	448,815	149,61	342,025	114,01	213,99	71,33
0,2	575,21	191,74	419,24	139,75	263,95	87,98
0,25	744,96	248,32	463,89	154,63	298,40	99,47
0,3	914,71	304,90	508,54	169,51	332,86	110,95
0,4	1244,51	414,84	560,052	186,68	383,64	127,88
0,5	1562,476	520,83	599,626	199,88	426,60	142,20



Porcentaje CBR (corregidos)						
Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	110	11,00	1,714	190	12,67	1,714
2	90	9,00	1,690	140	9,33	1,690
3	50	5,00	1,437	90	6,00	1,437
Densidad seca máxima gr/cm ³			1,613			
DSM		% CBR 0,1 plg		% CBR 0,2 plg		% CBR mayor
90	1,452	5,1		6,1		6,1
95	1,533	6,3		7,2		7,2



Nota: El CBR para el diseño de pavimentos es el 7,2 %

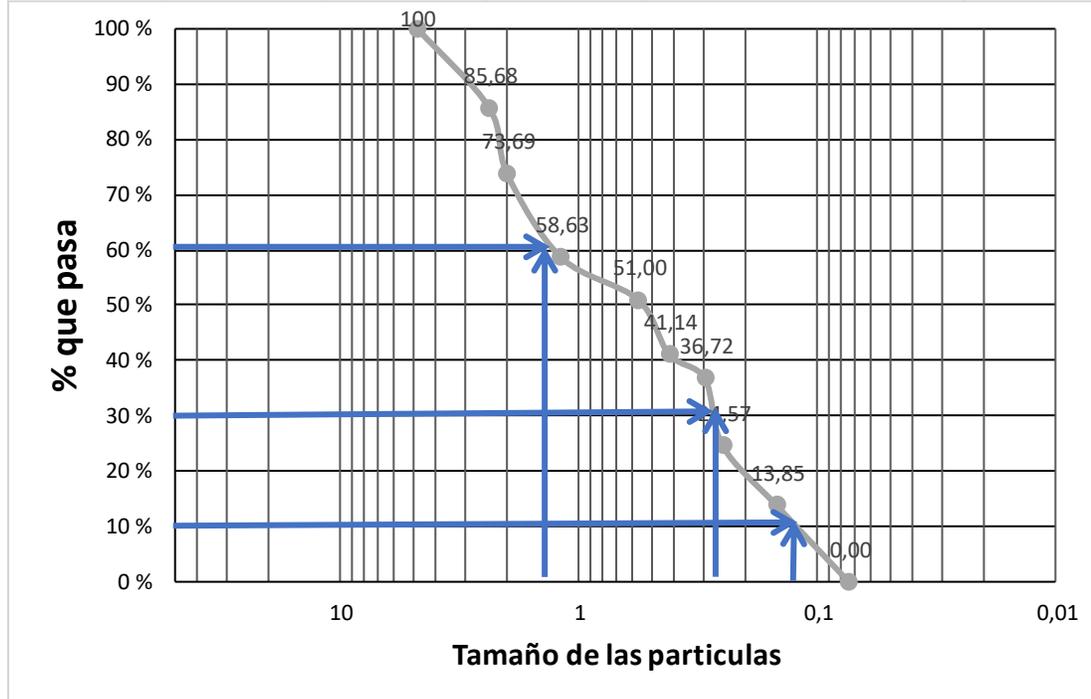
- Emilio María Terán Punto 2

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>MECÁNICA DE SUELOS I</p>	
Parroquia: Emilio María Terán	Norma: AASHTO93	
Muestra 2	ASTM	

HUMEDAD NATURAL AASHTO T 265 2016				
W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
48,2	478,5	389,9	22,72	23,14
50,1	440,2	355,8	23,72	
52,3	404,5	328,9	22,99	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AASHTO T 88 2013					
TAMAÑO MM	Tamiz	Pesos Retenidos	Pesos retenidos Acumulados	% Retenido	% que pasa
4,76	4	0	0	0	100
2,38	8	87,90	125,40	14,32	85,68
2	10	37,50	230,50	26,31	73,69
1,19	16	105,10	362,40	41,37	58,63
0,565	30	131,90	429,20	49,00	51,00
0,42	40	66,80	515,60	58,86	41,14
0,297	50	86,40	554,30	63,28	36,72
0,25	60	38,70	660,80	75,43	24,57
0,149	100	106,50	754,70	86,15	13,85
0,074	200	93,90	876,00	100,00	0,00
0,03	fuelle	121,30			
Total		876,00			

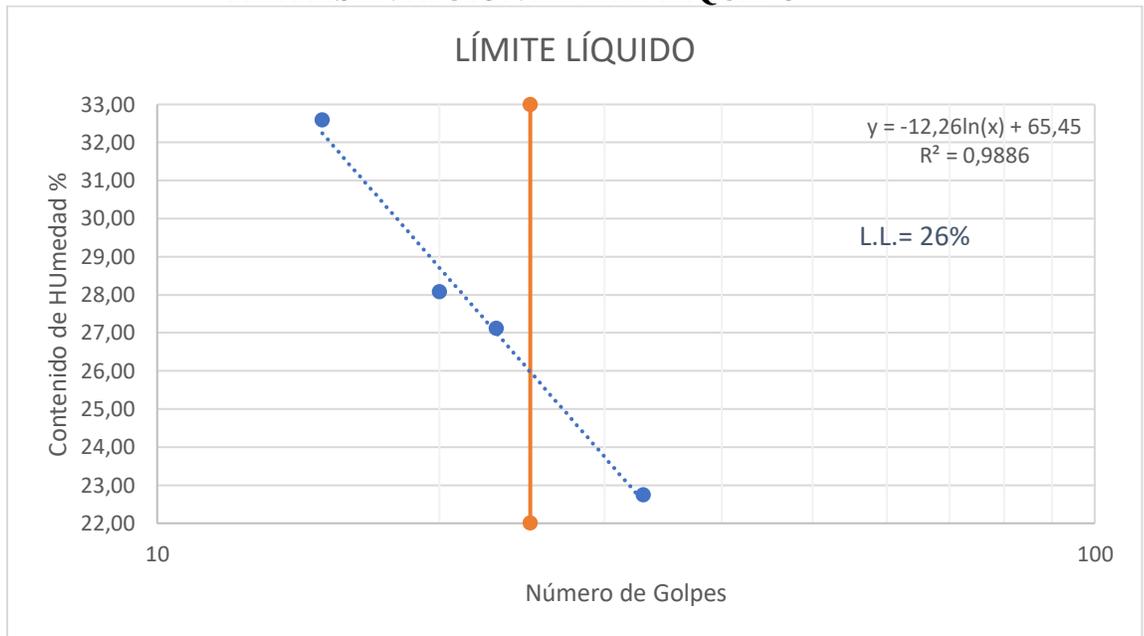
REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA



D10 en mm	0,14	$C_u = D_{60}/D_{10}$	10,71
D30 en mm	0,28	$C_c = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$	0,37
D60 en mm	1,5	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	2,38 mm

LÍMITE LÍQUIDO AASHTO T 89 2013								
Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
24	33	69,60	64,20	47,40	5,40	16,80	32,14	22,74
3		60,10	58,70	48,20	1,40	10,50	13,33	
7	23	79,40	73,30	51,10	6,10	22,20	27,48	27,12
12		64,30	60,90	48,20	3,40	12,70	26,77	
6	20	76,50	70,40	50,20	6,10	20,20	30,20	28,09
10		57,10	55,10	47,40	2,00	7,70	25,97	
19	15	80,60	73,20	50,20	7,40	23,00	32,17	32,59
2		63,50	60,20	50,20	3,30	10,00	33,00	

REPRESENTACIÓN LÍMITE LÍQUIDO



LÍMITE PLÁSTICO AASHTO T 89 2013

Nº Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
62	30,90	30,00	0,90	26,50	3,50	25,71	17,67
63	33,20	32,30	0,90	26,50	5,80	15,52	
64	30,70	29,60	1,10	26,50	3,10	35,48	
65	30,00	29,70	0,30	26,50	3,20	9,38	
66	31,00	30,90	0,10	26,50	4,40	2,27	

LÍMITES DE ATTERBERG		
Límite líquido		26,1
Límite plástico		17,67
Índice plástico		8,43
CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4 (Arena Limosa)
	SUCS	SC (Mezcla de arena - arcilla)

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS AASHTO T 100 2015		
Peso del picnómetro + agua Wbw	668,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	696,166667	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	21,93	gr
Temperatura de agua y suelo °C	22,2	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,99776	
Peso de recipiente + agua + suelo (gr)	789,6	gr
Recipiente + Peso de suelo seco	306,2	gr
Peso de recipiente	256,4	gr
Peso del suelo seco Ws	49,8	gr
Gravedad específica Gs	2,276	gr

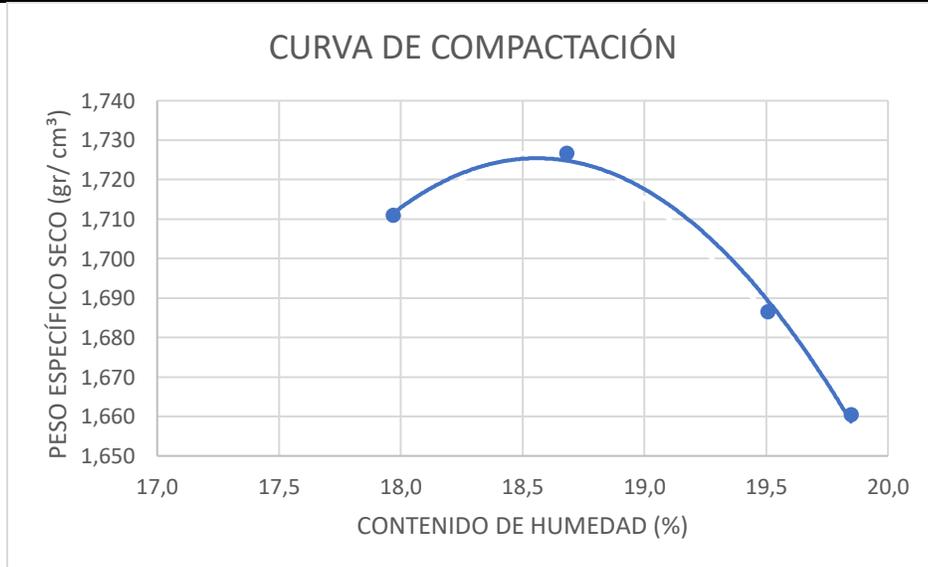
# Ensayo	1	2	3
Peso del Picnómetro kg	170	170	170
Temperatura del agua °C	22,2	22,2	22,2
Peso del Suelo seco gr (Ws)	50	50	50
Peso del picnómetro + Suelo seco	220	220	220
Picnómetro + agua (Wbw)	668,1	667,8	668,4
Ws + Wbw	718,1	717,8	718,4
Picnómetro + agua + suelo (sumergido) (Wbws)	696,3	696,5	695,7
Desplazamiento del agua	21,8	21,3	22,7
Factor de correlación K	0,99776	0,99776	0,99776
Gravedad especifica	2,288	2,342	2,198
Gs promedio	2,276		

DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA AASHTO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)			
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1935	
Peso de la funda gr	Rec	2	
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1933	
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		7190,00	
Peso final frasco + cono + arena		5220,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		209,97	
Peso arena en la perforación		1760,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)		1,582	
Volumen de la perforación	Vm	1112,54	
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente #		7	4
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	196	159
Peso seco + recipiente	Ws + rec	165	135
Peso del recipiente	rec	51	49
Peso del agua	Ww	31	24
Peso de los solidos	Ws	114	86
Contenido de humedad	w%	27,19	27,91
contenido de humedad promedio	w% prom	27,55	
Determinación de las fases del suelo			
		Volumen	Peso
Vv		40,44	-
Va		9,44	0
Vw		31	31
Vs		43,02	114
Vm		83,45	145
		Wa	
		Ww	
		Ws	
		Wm	
Determinación de las propiedades índice del suelo			
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,737	gr/cm3
Densidad seca	(γ_d)	1,362	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	27,55	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0,94	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	48,45	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	76,67	%
Grado de saturación de aire	Ga%= Va/Vv*100	23,33	%

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

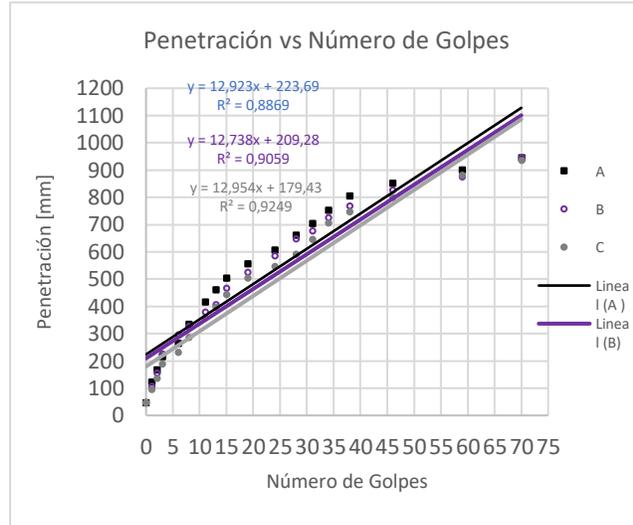
TIPO DE PRUEBA	P.M	MASA	10 lb
DATOS DEL MOLDE		MARTILLO:	
		ALTURA DE CAIDA:	18 plg
VOLUMEN:	2124	NÚMERO DE CAPAS:	5
	16864	GOLPE POR CAPAS:	56
MASA:	gr		

PRUEBA N.º	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		1		2		3	
Suelo húmedo+molde (gr)	19870		19950		19890		19840	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	4430		4510		4450		4400	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	2,086		2,123		2,095		2,072	
Masa del tarro (gr)	48,2	50,2	50,2	49,2	52,3	50,2	50,2	47,4
Masa suelo húm. +tarro (gr)	276,8	255,3	322,4	285,6	288,9	287,3	383,4	343
Masa suelo seco+tarro (gr)	231,2	222,5	270,1	242,7	242,1	241,7	318,2	283,5
Masa del agua (gr)	45,6	32,8	52,3	42,9	46,8	45,6	65,2	59,5
Masa suelo seco (gr)	228,6	205,1	272,2	236,4	236,6	237,1	333,2	295,6
Contenido de agua (%)	19,948	15,992	19,214	18,147	19,780	19,232	19,568	20,129
w (%) Promedio	17,970		18,681		19,506		19,848	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,711		1,727		1,686		1,660	
Densidad Seca Máxima (γ máx):	1,727							
Humedad Óptima:	18,68							
Gravedad de compactación	99,08							



ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

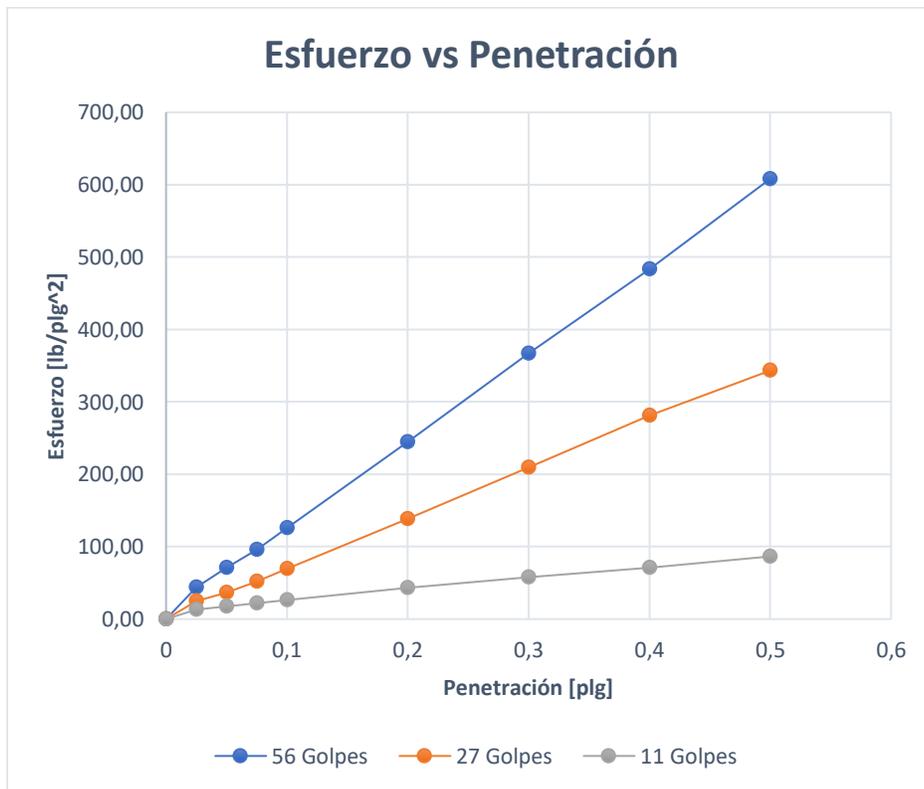
Número de golpes	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
1	122	105	95
2	166	155	135
3	215	224	187
6	263	294	230
8	334	325	285
11	416	378	356
13	460	405	395
15	502	465	442
19	555	524	502
24	606	585	545
28	660	647	590
31	703	675	645
34	752	725	705
38	805	768	745
46	850	825	798
59	900	874	880
70	945	945	935



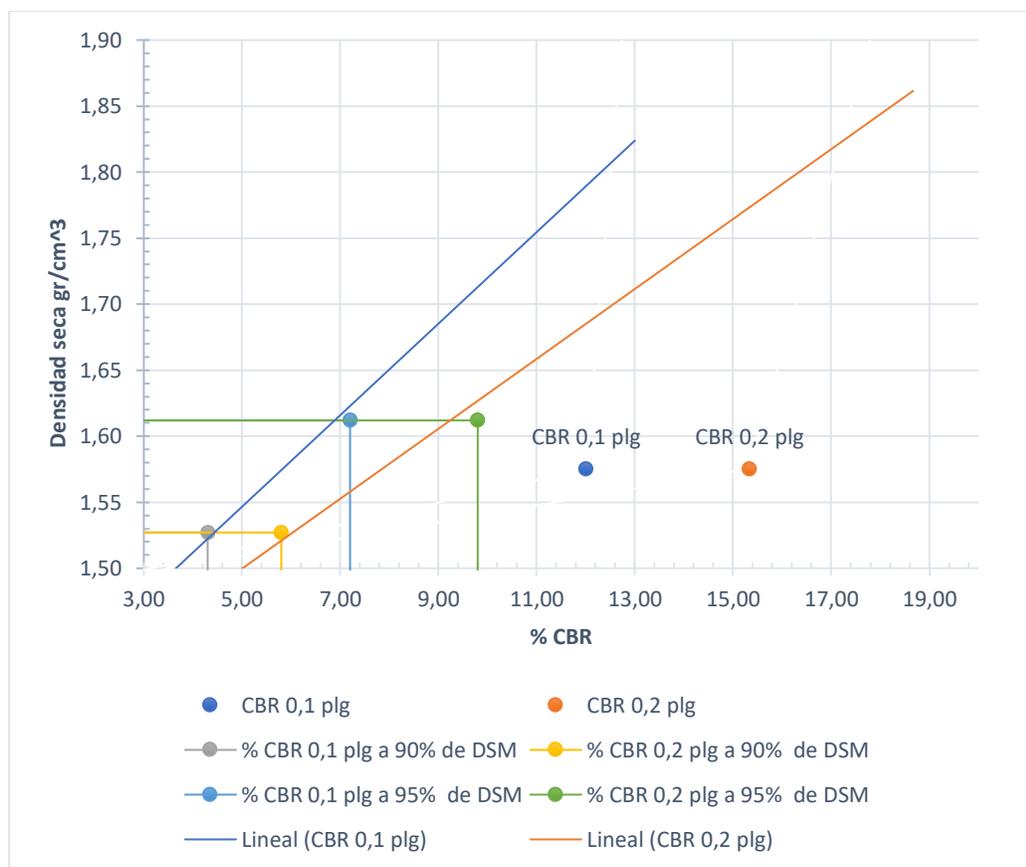
	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	12,923	12,872
B	12,738	
C	12,954	

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	11		27		56	
Muestra húmeda + Molde [gr]	13725		12729		11382	
Masa del molde [gr]	8009		8269		6915	
Masa muestra húmeda [gr]	5716		4460		4467	
Volumen muestra [cm ³]	2301,44		2353,33		2347,17	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	2,484		1,895		1,903	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	84,5	82,6	76,3	77,2	102,5	103,7
Masa suelo seco + recip [gr]	73,5	74,1	68,9	69,7	89,4	86,9
Masa de agua [gr]	11	8,5	7,4	7,5	13,1	16,8
Masa del recip [gr]	30,2	33,2	32,8	32,5	31,9	33,6
Masa suelo seco [gr]	43,3	40,9	36,1	37,2	57,5	53,3
Contenido de humedad W%	25,40	20,78	20,50	20,16	22,78	31,52
W % promedio	23,09		20,33		27,15	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	2,017		1,575		1,499	
Datos después de la saturación						
Muestra húmeda + molde [gr]	13958		12926		11593	
Masa del molde [gr]	8009		8269		6915	
Masa muestra húmeda [gr]	5949		4657		4678	
Masa de agua absorbida [gr]	233		197		211	
% de agua absorbida	3,9166		4,2302		4,5105	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	117,8	121,3	82,4	90,1	102,8	99,8
Masa de suelo seco + tarro [gr]	102,3	105,1	72,8	82,4	89,6	87,9
Masa del agua [gr]	15,5	16,2	9,6	7,7	13,2	11,9
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	69,7	74,4	41,7	49,9	57,8	54,8
Contenido de agua %	22,24	21,77	23,02	15,43	22,84	21,72
W % promedio	22,01		19,23		22,28	

Ensayo						
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	131,64	43,88	74,7885	24,93	38,8752	12,96
0,05	212,3792	70,79	110,0475	36,68	53,0712	17,69
0,075	288,511	96,17	156,585	52,20	66,5028	22,17
0,1	376,9292	125,64	208,05	69,35	79,3884	26,46
0,15	555,3014	185,10	311,9655	103,99	104,3406	34,78
0,2	733,6736	244,56	415,881	138,63	129,2928	43,10
0,25	917,4211	305,81	521,658	173,89	151,6242	50,54
0,3	1101,1686	367,06	627,435	209,15	173,9556	57,99
0,4	1451,331	483,78	842,712	280,90	212,6124	70,87
0,5	1824,6401	608,21	1029,957	343,32	259,6776	86,56



Porcentaje CBR (corregidos)						
Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	120	12,00	2,017	250	16,67	2,017
2	70	7,00	1,575	140	9,33	1,575
3	30	3,00	1,499	60	4,00	1,499
Densidad seca máxima gr/cm ³			1,697			
DSM		% CBR 0,1 plg		% CBR 0,2 plg		% CBR mayor
90	1,527	4,3		5,8		5,8
95	1,612	7,2		9,8		9,8



Nota: El CBR para el diseño de pavimentos es el 9,8 %

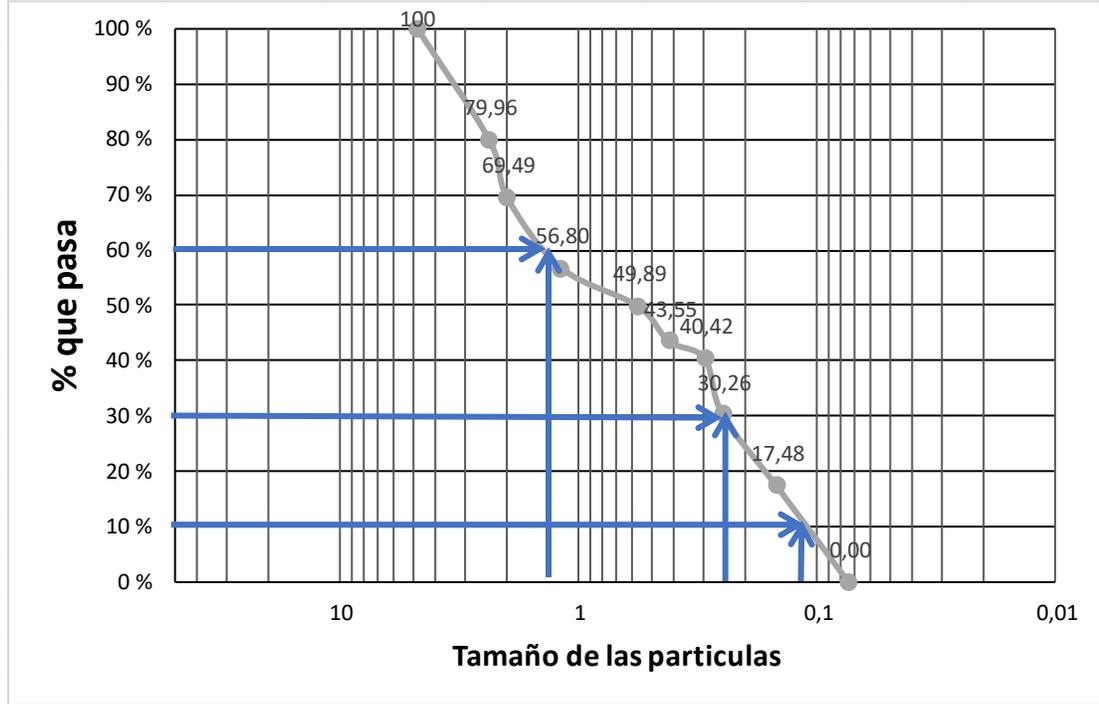
- Emilio María Terán Punto 3

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>MECÁNICA DE SUELOS I</p>	
Parroquia: Emilio María Terán	Norma: AASHTO93	
Muestra 3	ASTM	

HUMEDAD NATURAL AASHTO T 265 2016				
W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
47,4	463	373,8	23,86	25,22
47,4	443,9	358,3	23,89	
49,2	457,1	357,4	27,90	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AASHTO T 88 2013					
TAMAÑO MM	Tamiz	Pesos Retenidos	Pesos retenidos Acumulados	% Retenido	% que pasa
4,76	4	0	0	0	100
2,38	8	129,40	181,00	20,04	79,96
2	10	51,60	275,60	30,51	69,49
1,19	16	94,60	390,20	43,20	56,80
0,565	30	114,60	452,60	50,11	49,89
0,42	40	62,40	509,90	56,45	43,55
0,297	50	57,30	538,10	59,58	40,42
0,25	60	28,20	629,90	69,74	30,26
0,149	100	91,80	745,30	82,52	17,48
0,074	200	115,40	903,20	100,00	0,00
0,03	fuelle	157,90			
Total		903,20			

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA

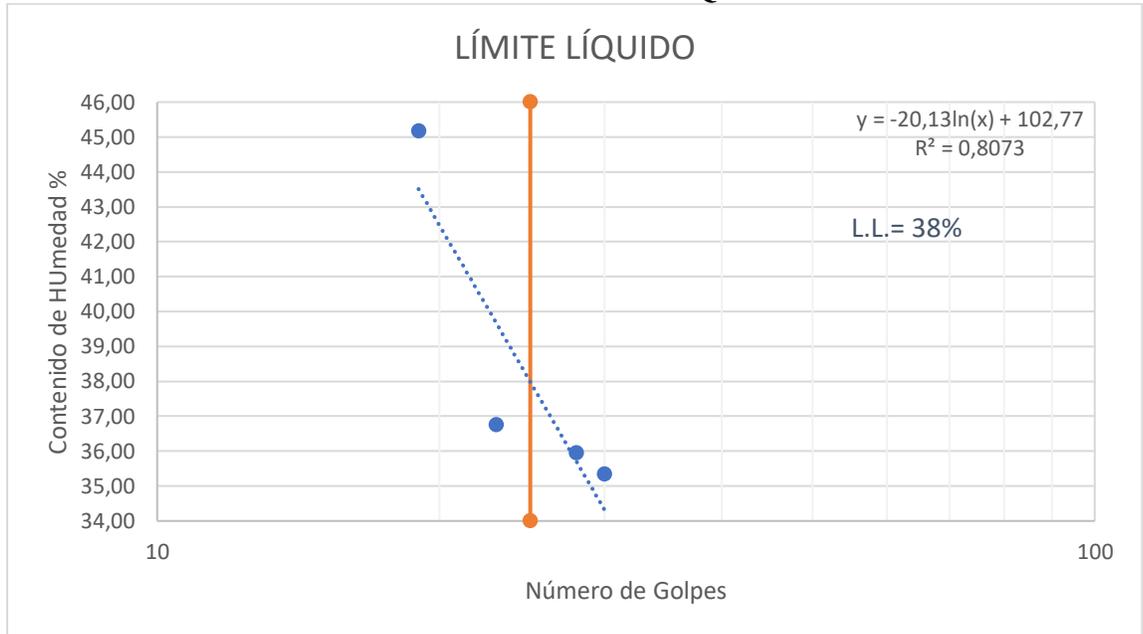


D10 en mm	0,13	$Cu = D_{60}/D_{10}$	10,77
D30 en mm	0,25	$Cc = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$	0,34
D60 en mm	1,4	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	4,76 mm

LÍMITE LÍQUIDO AASHTO T 89 2013

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
17	19	66,20	60,40	49,20	5,80	11,20	51,79	45,17
33		85,50	75,40	49,20	10,10	26,20	38,55	
31	23	80,10	71,60	48,20	8,50	23,40	36,32	36,75
11		85,40	75,10	47,40	10,30	27,70	37,18	
47	28	52,90	46,60	27,60	6,30	19,00	33,16	35,94
44		82,40	67,30	28,30	15,10	39,00	38,72	
45	30	56,10	48,20	26,50	7,90	21,70	36,41	35,34
38		76,10	63,90	28,30	12,20	35,60	34,27	

REPRESENTACIÓN LÍMITE LÍQUIDO



LÍMITE PLÁSTICO AASHTO T 89 2013

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
43	30,10	29,80	0,30	28,30	1,50	20,00	30,33
42	28,40	28,20	0,20	27,60	0,60	33,33	
49	3,20	3,00	0,20	2,40	0,60	33,33	
48	3,90	3,70	0,20	3,20	0,50	40,00	
50	22,20	22,10	0,10	21,70	0,40	25,00	

LÍMITES DE ATTERBERG		
Límite líquido		38,00
Límite plástico		30,33
Índice plástico		7,67
CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4 (Arena Limosa)
	SUCS	SM (Suelo limo arcilloso)

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS AASHTO T 100 2015		
Peso del picnómetro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	698,166667	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	20,93	gr
Temperatura de agua y suelo °C	16	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,9990	
Peso de recipiente + agua + suelo (gr)	575	gr
Recipiente + Peso de suelo seco	99,8	gr
Peso de recipiente	50,2	gr
Peso del suelo seco Ws	49,6	gr
Gravedad específica Gs	2,386	gr

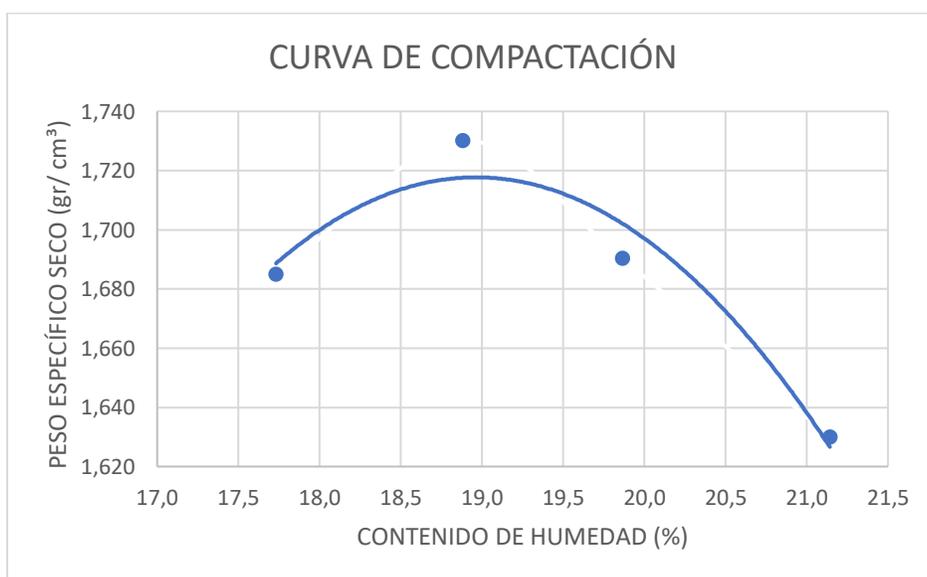
# Ensayo	1	2	3
Peso del Picnómetro kg	170	170	170
Temperatura del agua °C	16	16	16
Peso del Suelo seco gr (Ws)	50	50	50
Peso del picnómetro + Suelo seco	220	220	220
Picnómetro + agua (Wbw)	669,1	669,1	669,1
Ws + Wbw	719,1	719,1	719,1
Picnómetro + agua + suelo (sumergido) (Wbws)	698,2	698,5	697,8
Desplazamiento del agua	20,9	20,6	21,3
Factor de correlación K	0,9990	0,9990	0,9990
Gravedad especifica	2,390	2,425	2,345
Gs promedio	2,386		

DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA AASHTO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)			
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1723	
Peso de la funda gr	Rec	2	
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1721	
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		7220,00	
Peso final frasco + cono + arena		5550,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		209,97	
Peso arena en la perforación		1460,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)		1,582	
Volumen de la perforación	Vm	922,90	
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente #		16	29
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	197	183
Peso seco + recipiente	Ws + rec	170	157
Peso del recipiente	rec	50	47
Peso del agua	Ww	27	26
Peso de los solidos	Ws	120	110
Contenido de humedad	w%	22,50	23,64
contenido de humedad promedio	w% prom	23,07	
Determinación de las fases del suelo			
		Volumen	Peso
Vv		33,55	-
Va		6,55	0
Vw		27	27
Vs		45,28	120
Vm		78,83	147
		Wa	
		Ww	
		Ws	
		Wm	
Determinación de las propiedades índice del suelo			
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,865	gr/cm3
Densidad seca	(γ_d)	1,515	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	23,07	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0,74	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	42,56	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	80,48	%
Grado de saturación de aire	Ga%= Va/Vv*100	19,52	%

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

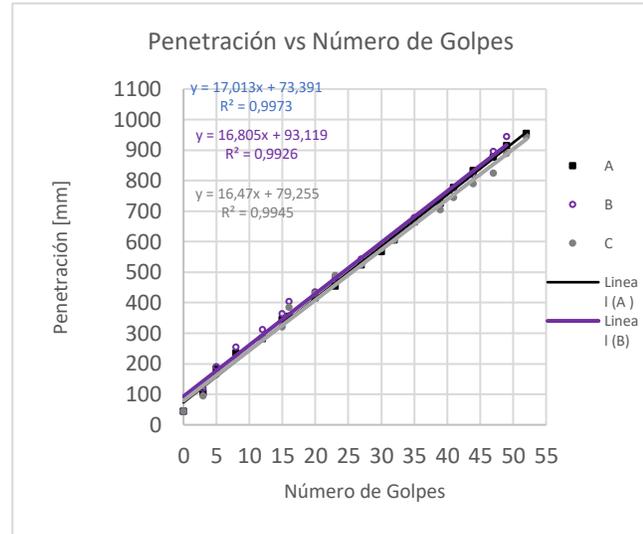
TIPO DE PRUEBA	P.M	MASA MARTILLO:	10 lb
DATOS DEL MOLDE		ALTURA DE CAIDA:	18 plg
VOLUMEN:	2124	NÚMERO DE CAPAS:	5
MASA:	16864 gr	GOLPE POR CAPAS:	56

PRUEBA N. ^a	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		2		4		6	
Suelo húmedo+molde (gr)	19790		19970		19920		19830	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	4350		4530		4480		4390	
Peso unitario húm. (gr/cm ³)	2,048		2,133		2,109		2,067	
Masa del tarro (gr)	48,2	49,2	50,2	48,2	49,2	50,2	46,5	47,4
Masa suelo húm. +tarro (gr)	167,9	188,7	242,4	206,8	267,1	286,4	322,3	318,9
Masa suelo seco+tarro (gr)	146,3	164,4	206,9	176,2	222,6	240,8	264,7	260,8
Masa del agua (gr)	21,6	24,3	35,5	30,6	44,5	45,6	57,6	58,1
Masa suelo seco (gr)	119,7	139,5	192,2	158,6	217,9	236,2	275,8	271,5
Contenido de agua (%)	18,045	17,419	18,470	19,294	20,422	19,306	20,885	21,400
w (%) Promedio	17,732		18,882		19,864		21,142	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1,685		1,730		1,690		1,630	
Densidad Seca Máxima (γ máx):	1,730							
Humedad Óptima:	18,88							
Gravedad de compactación	97,39							



ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

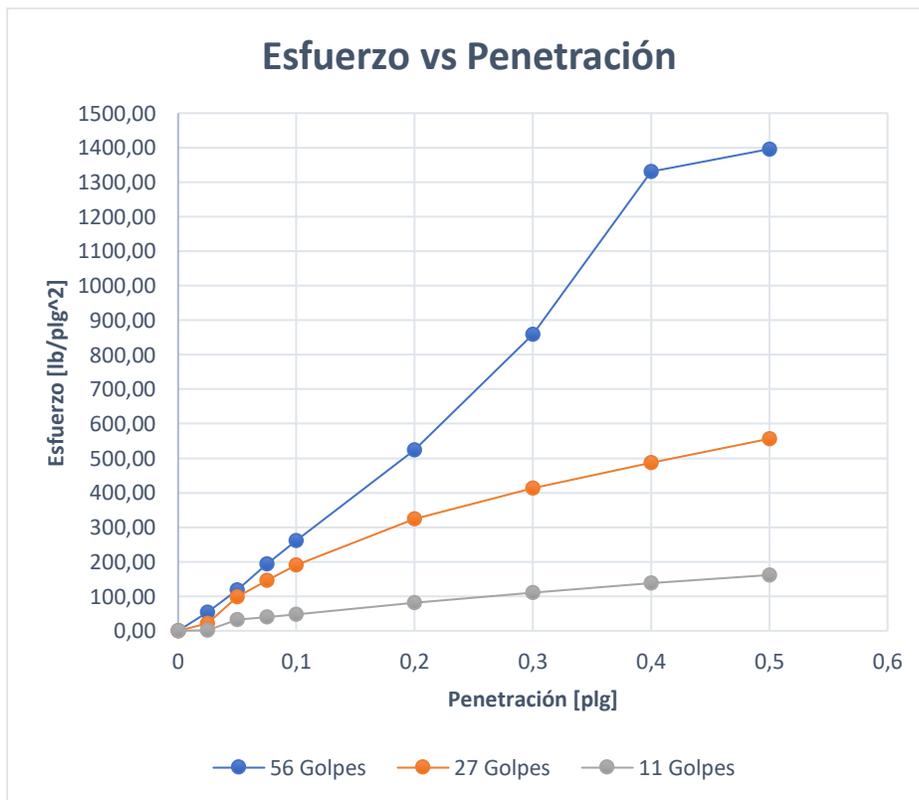
Número de golpes	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
3	105	120	95
5	184	190	165
8	235	255	220
12	283	312	282
15	345	364	320
16	355	405	385
20	416	435	430
23	455	482	490
27	524	543	525
30	567	578	578
32	605	615	605
35	665	678	670
39	725	725	705
41	778	765	745
44	834	820	790
47	876	895	825
49	915	944	888
52	955	0	945



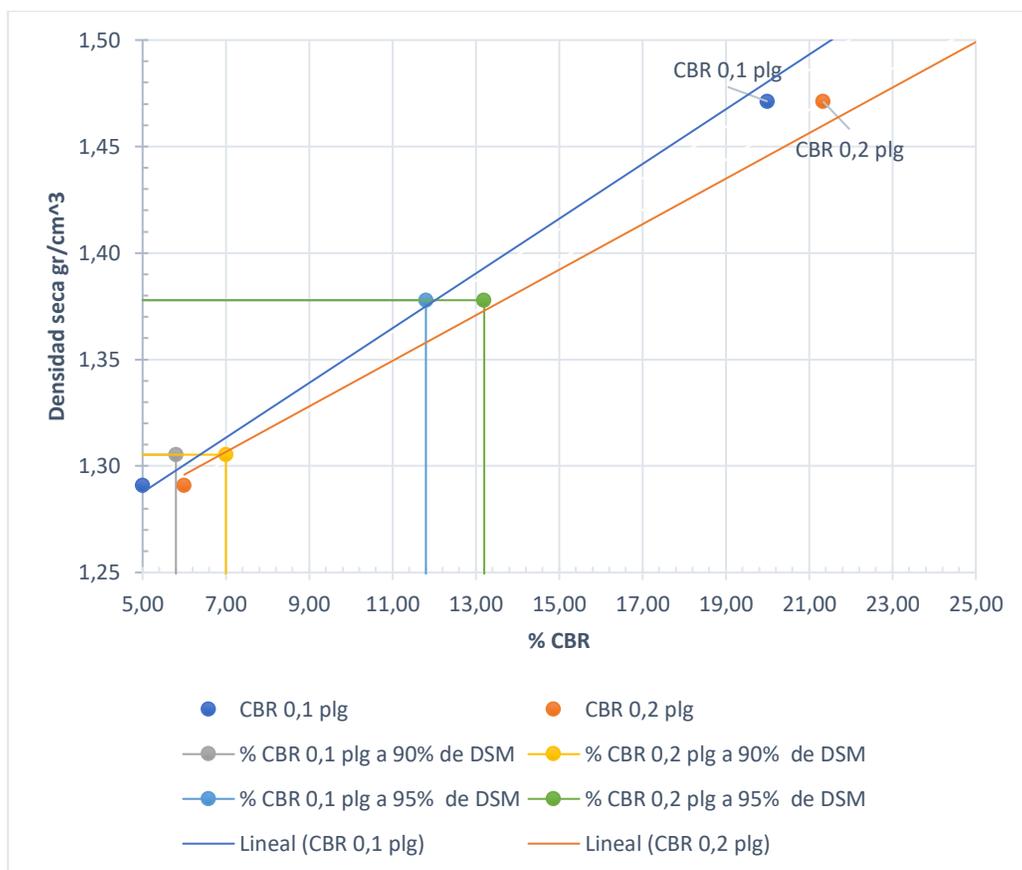
	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	17,013	16,763
B	16,805	
C	16,47	

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	11256		12208		12362	
Masa del molde [gr]	6915		8269		8009	
Masa muestra húmeda [gr]	4341		3939		4353	
Volumen muestra [cm ³]	2288,66		2114,32		2347,17	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,897		1,863		1,855	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	98,1	67,1	85,8	91,1	99,9	70,7
Masa suelo seco + recip [gr]	87,1	61,8	74,4	79,3	79,2	59,3
Masa de agua [gr]	11	5,3	11,4	11,8	20,7	11,4
Masa del recip [gr]	32,3	32,4	33,2	33,4	33,1	31,9
Masa suelo seco [gr]	54,8	29,4	41,2	45,9	46,1	27,4
Contenido de humedad W%	20,07	18,03	27,67	25,71	44,90	41,61
W % promedio	19,05		26,69		43,25	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,589		1,471		1,291	
Datos después de la saturación						
Muestra húmeda + molde [gr]	11286		12232		12452	
Masa del molde [gr]	6915		8269		8009	
Masa muestra húmeda [gr]	4371		3963		4443	
Masa de agua absorbida [gr]	30		24		90	
% de agua absorbida	0,6863		0,6056		2,0257	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	98,2	109,9	108,6	98,2	108,6	107,4
Masa de suelo seco + tarro [gr]	86	96	94,4	86	94,1	93,5
Masa del agua [gr]	12,2	13,9	14,2	12,2	14,5	13,9
Masa del tarro [gr]	30,2	30,2	33,6	33,3	33,4	31,9
Masa suelo seco	55,8	65,8	60,8	52,7	60,7	61,6
Contenido de agua %	21,86	21,12	23,36	23,15	23,89	22,56
W % promedio	21,49		23,25		23,23	

Ensayo						
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	159,80	53,27	66,20	22,07	3,80	1,27
0,05	353,90	117,97	295,80	98,60	96,60	32,20
0,075	578,70	192,90	438,60	146,20	119,10	39,70
0,1	785,10	261,70	573,30	191,10	143,60	47,87
0,15	1179,25	393,08	773,55	257,85	194,75	64,92
0,2	1573,40	524,47	973,80	324,60	245,90	81,97
0,25	2075,60	691,87	1106,35	368,78	289,60	96,53
0,3	2577,80	859,27	1238,90	412,97	333,30	111,10
0,4	3992,60	1330,87	1459,50	486,50	415,50	138,50
0,5	4187,70	1395,90	1669,40	556,47	484,60	161,53



Porcentaje CBR (corregidos)						
Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	280	28,00	1,589	510	34,00	1,589
2	200	20,00	1,471	320	21,33	1,471
3	50	5,00	1,291	90	6,00	1,291
Densidad seca máxima gr/cm ³			1,450			
DSM		% CBR 0,1 plg		% CBR 0,2 plg		% CBR mayor
90	1,305	5,8		7		7
95	1,378	11,8		13,2		13,2



Nota: El CBR para el diseño de pavimentos es el 13,2 %

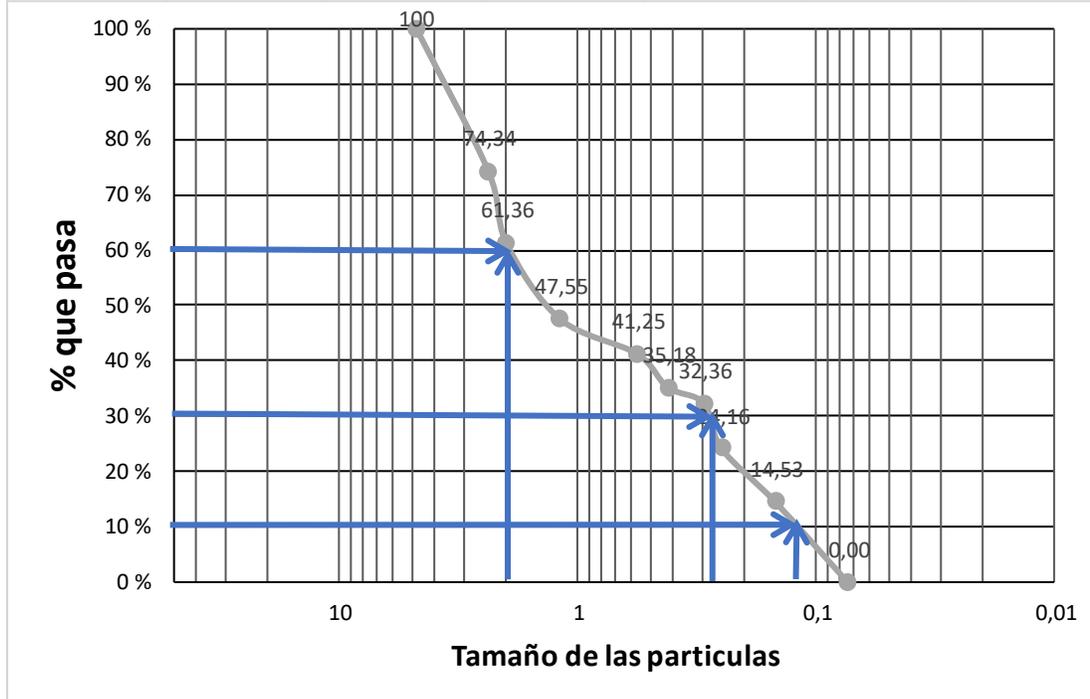
- Emilio María Terán Punto 4

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>MECÁNICA DE SUELOS I</p>	
Parroquia: Emilio María Terán	Norma: AASHTO93	
Muestra: 4	ASTM	

HUMEDAD NATURAL AASHTO T 265 2016				
W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
49,2	400	355	12,68	13,54
48,2	408,3	362,9	12,51	
47,4	436	377,7	15,44	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AASHTO T 88 2013					
TAMAÑO MM	Tamiz	Pesos Retenidos	Pesos retenidos Acumulados	% Retenido	% que pasa
4,76	4	0	0	0	100
2,38	8	176,50	232,90	25,66	74,34
2	10	56,40	350,70	38,64	61,36
1,19	16	117,80	476,00	52,45	47,55
0,565	30	125,30	533,20	58,75	41,25
0,42	40	57,20	588,30	64,82	35,18
0,297	50	55,10	613,90	67,64	32,36
0,25	60	25,60	688,30	75,84	24,16
0,149	100	74,40	775,70	85,47	14,53
0,074	200	87,40	907,60	100,00	0,00
0,03	fuelle	131,90			
Total		907,60			

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA

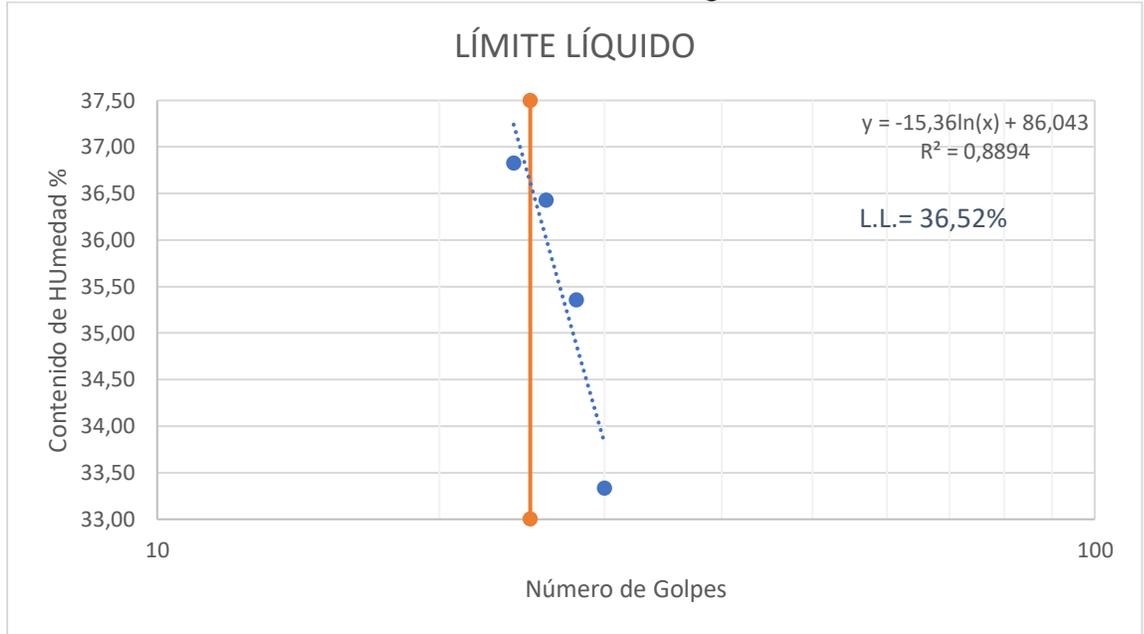


D10 en mm	0,14	$C_u = D_{60}/D_{10}$	14,29
D30 en mm	0,28	$C_c = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$	0,28
D60 en mm	2	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	4,76 mm

LÍMITE LÍQUIDO AASHTO T 89 2013

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
34	28	84,60	75,40	50,20	9,20	25,20	36,51	35,35
3		84,30	75,10	48,20	9,20	26,90	34,20	
12	26	71,20	65,30	48,20	5,90	17,10	34,50	36,43
20		78,50	70,10	48,20	8,40	21,90	38,36	
28	24	80,30	72,40	48,20	7,90	24,20	32,64	36,82
6		83,90	74,10	50,20	9,80	23,90	41,00	
10	30	72,40	66,80	47,40	5,60	19,40	28,87	33,33
14		81,10	73,20	52,30	7,90	20,90	37,80	

REPRESENTACIÓN LÍMITE LÍQUIDO



LÍMITE PLÁSTICO AASHTO T 89 2013

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
39	29,00	28,80	0,20	28,30	0,50	40,00	34,59
37	29,20	28,70	0,50	27,60	1,10	45,45	
41	29,20	28,90	0,30	28,30	0,60	50,00	
45	27,50	27,30	0,20	26,50	0,80	25,00	
46	29,40	29,20	0,20	27,60	1,60	12,50	

LÍMITES DE ATTERBERG		
Límite líquido		36,7
Límite plástico		34,59
Índice plástico		2,11
CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4 (Arena Limosa)
	SUCS	SM (Suelo limo arcilloso)

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS AASHTO T 100 2015		
Peso del picnómetro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	697,166667	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	21,93	gr
Temperatura de agua y suelo °C	16	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,9990	
Peso de recipiente + agua + suelo (gr)	574,3	gr
Recipiente + Peso de suelo seco	98	gr
Peso de recipiente	48,5	gr
Peso del suelo seco Ws	49,5	gr
Gravedad específica Gs	2,279	gr

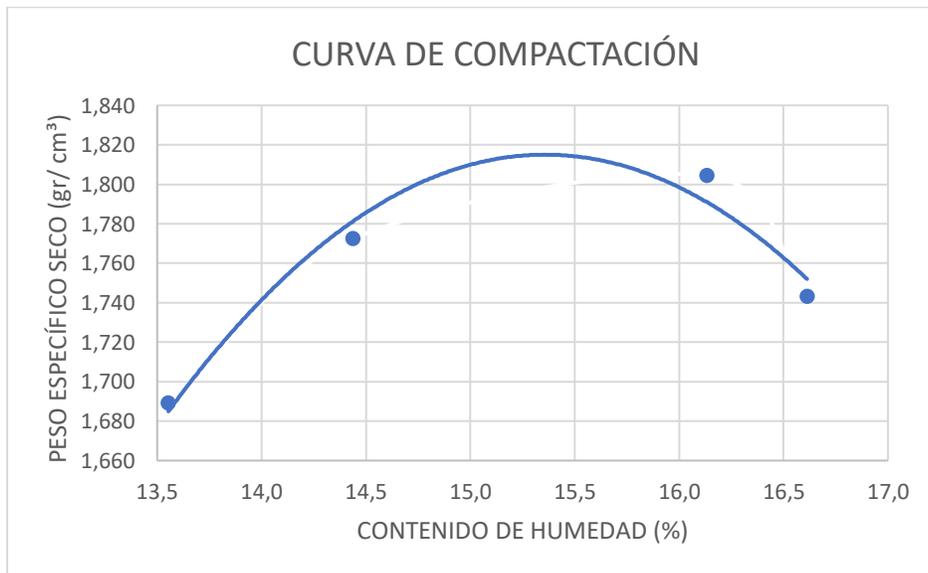
# Ensayo	1	2	3
Peso del Picnómetro kg	170	170	170
Temperatura del agua °C	16	16	16
Peso del Suelo seco gr (Ws)	50	50	50
Peso del picnómetro + Suelo seco	220	220	220
Picnómetro + agua (Wbw)	669,1	669,1	669,1
Ws + Wbw	719,1	719,1	719,1
Picnómetro + agua + suelo (sumergido) (Wbws)	697,5	697,8	696,2
Desplazamiento del agua	21,6	21,3	22,9
Factor de correlación K	0,9990	0,9990	0,9990
Gravedad específica	2,312	2,345	2,181
Gs promedio	2,279		

DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA AASHTO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)			
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1460	
Peso de la funda gr	Rec	2	
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1458	
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		7310,00	
Peso final frasco + cono + arena		5720,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		209,97	
Peso arena en la perforación		1380,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)		1,582	
Volumen de la perforación	Vm	872,33	
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente #		13	34
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	163	156
Peso seco + recipiente	Ws + rec	147	139
Peso del recipiente	rec	49	50
Peso del agua	Ww	16	17
Peso de los solidos	Ws	98	89
Contenido de humedad	w%	16,33	19,10
contenido de humedad promedio	w% prom	17,71	
Determinación de las fases del suelo			
		Volumen	Peso
Vv		31,82	-
Va		14,82	0
Vw	Ww	17	17
Vs	Ws	36,98	98
Vm	Wm	68,81	115
Determinación de las propiedades índice del suelo			
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,671	gr/cm3
Densidad seca	(γ_d)	1,420	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	17,71	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0,86	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	46,25	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	53,42	%
Grado de saturación de aire	Ga%= Va/Vv*100	46,58	%

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

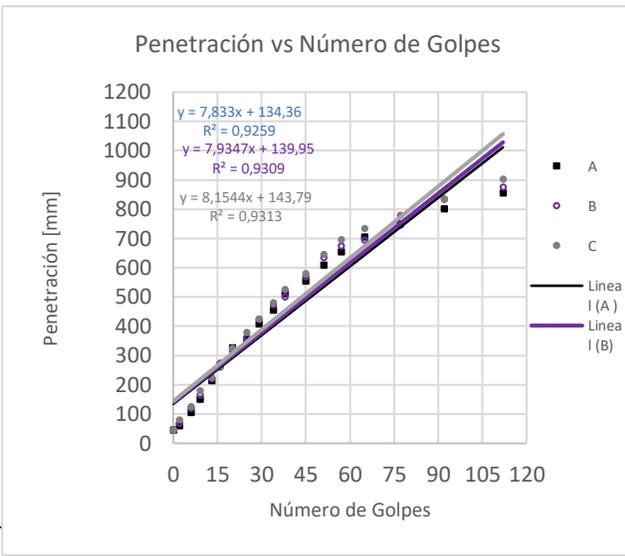
TIPO DE PRUEBA	P.M	MASA MARTILLO:	10 lb
DATOS DEL MOLDE		ALTURA DE CAIDA:	18 plg
VOLUMEN:	2124	NÚMERO DE CAPAS:	5
MASA:	16864 gr	GOLPE POR CAPAS:	56

PRUEBA N.º	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		2		4		6	
Suelo húmedo+molde (gr)	19590		19840		20010		19880	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	4150		4400		4570		4440	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	1,954		2,072		2,152		2,090	
Masa del tarro (gr)	48,2	49,2	47,4	48,2	49,2	49,2	49,2	47,4
Masa suelo húm. +tarro (gr)	188,2	183,8	162,9	169,1	193	202,8	221,2	244,6
Masa suelo seco+tarro (gr)	169,7	165,1	145,6	152,3	168,7	179,2	192,4	212,1
Masa del agua (gr)	18,5	18,7	17,3	16,8	24,3	23,6	28,8	32,5
Masa suelo seco (gr)	140	134,6	115,5	120,9	143,8	153,6	172	197,2
Contenido de agua (%)	13,214	13,893	14,978	13,896	16,898	15,365	16,744	16,481
w (%) Promedio	13,554		14,437		16,132		16,612	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,689		1,772		1,805		1,743	
Densidad Seca Máxima (γ máx):					1,772			
Humedad Óptima:					16,13			
Gravedad de compactación					95,29			



ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

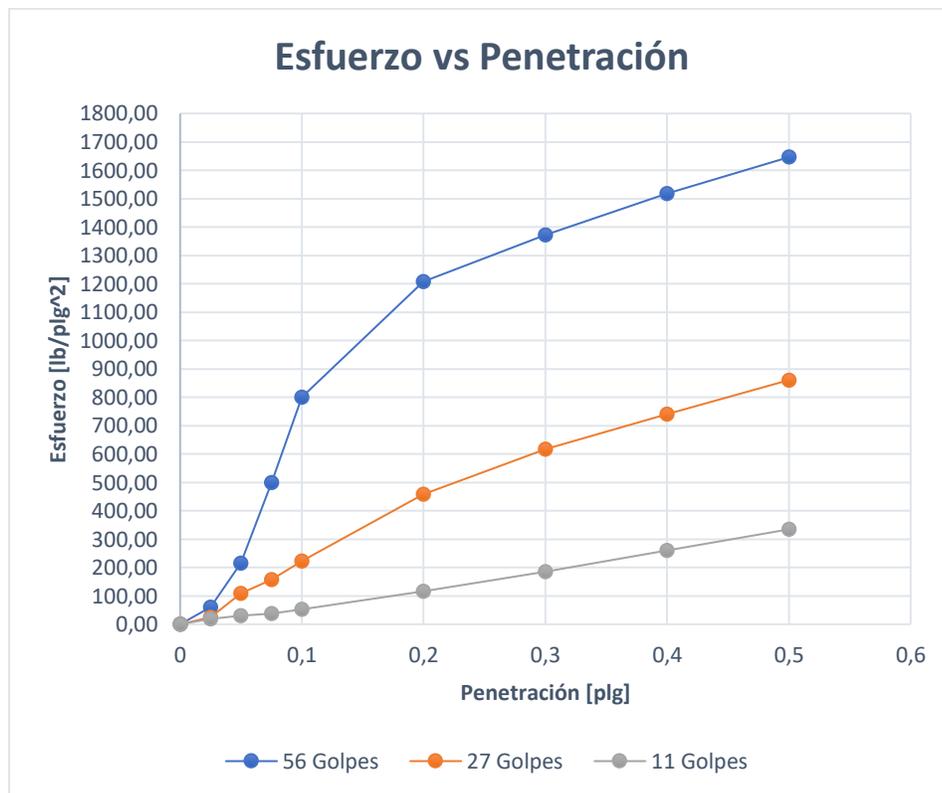
Número de golpes	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]
0	45	45	45
2	60	70	80
6	105	120	125
9	150	165	180
13	215	222	225
16	268	274	260
20	326	315	325
25	355	362	380
29	408	425	425
34	455	474	480
38	512	501	525
45	555	570	580
51	610	635	645
57	655	675	696
65	705	695	735
77	750	745	780
92	802	834	835
112	855	875	902



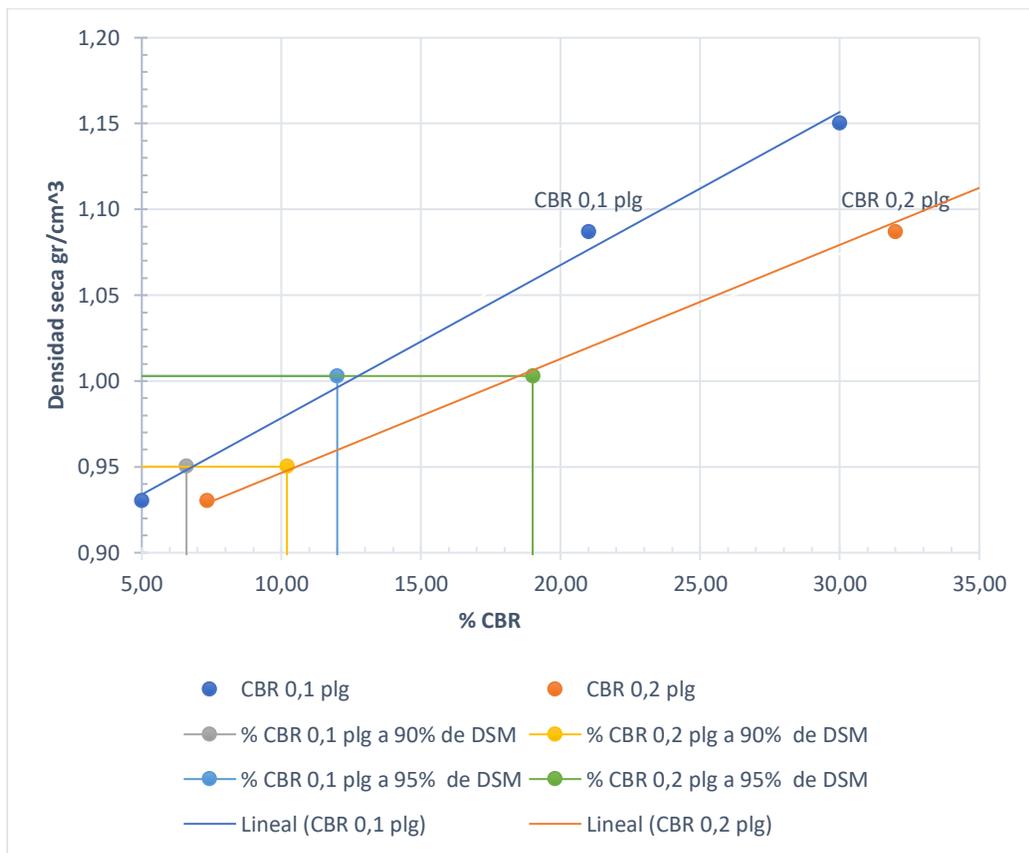
	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	7,833	7,974
B	7,9347	
C	8,1544	

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	11346		12856		10457	
Masa del molde [gr]	8319		9219		8067	
Masa muestra húmeda [gr]	3027		3637		2390	
Volumen muestra [cm ³]	2307,55		2312,98		2111,56	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,312		1,572		1,132	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	107,8	102,2	141,7	126,5	124,1	118,6
Masa suelo seco + recip [gr]	99,5	92,2	100,6	104,3	104,9	105,4
Masa de agua [gr]	8,3	10	41,1	22,2	19,2	13,2
Masa del recip [gr]	30,7	30,7	31,8	31,5	30,2	30,6
Masa suelo seco [gr]	68,8	61,5	68,8	72,8	74,7	74,8
Contenido de humedad W%	12,06	16,26	59,74	30,49	25,70	17,65
W % promedio	14,16		45,12		21,67	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,150		1,087		0,930	
Datos después de la saturación						
Muestra húmeda + molde [gr]	11854		12934		11171	
Masa del molde [gr]	8319		9219		8067	
Masa muestra húmeda [gr]	3535		3715		3104	
Masa de agua absorbida [gr]	508		78		714	
% de agua absorbida	14,3706		2,0996		23,0026	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	112,5	116,8	156,3	132,5	136,1	129,8
Masa de suelo seco + tarro [gr]	102,4	99,5	112,4	116,6	124,9	110,7
Masa del agua [gr]	10,1	17,3	43,9	15,9	11,2	19,1
Masa del tarro [gr]	32,2	31,6	32,8	32	34,4	31,7
Masa suelo seco	70,2	67,9	79,6	84,6	90,5	79
Contenido de agua %	14,39	25,48	55,15	18,79	12,38	24,18
W % promedio	19,93		36,97		18,28	

Ensayo						
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	177,66	59,22	74,07	24,69	55,47	18,49
0,05	646,156	215,39	327,15	109,05	89,01	29,67
0,075	1497,42	499,14	470,79	156,93	111,112	37,04
0,1	2400,102	800,03	670,77	223,59	157,638	52,55
0,15	3011,243	1003,75	1022,985	341,00	252,152	84,05
0,2	3622,384	1207,46	1375,2	458,40	346,666	115,56
0,25	3868,946	1289,65	1613,07	537,69	450,511	150,17
0,3	4115,508	1371,84	1850,94	616,98	554,356	184,79
0,4	4552,608	1517,54	2219,94	739,98	781,568	260,52
0,5	4938,854	1646,28	2581,74	860,58	1003,448	334,48



Porcentaje CBR (corregidos)						
Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	800	80,00	1,150	1200	80,00	1,150
2	210	21,00	1,087	480	32,00	1,087
3	50	5,00	0,930	110	7,33	0,930
Densidad seca máxima gr/cm ³			1,056			
DSM		% CBR 0,1 plg		% CBR 0,2 plg		% CBR mayor
90	0,950	6,6		10,2		10,2
95	1,003	12		19		19



Nota: El CBR para el diseño de pavimentos es el 19 %

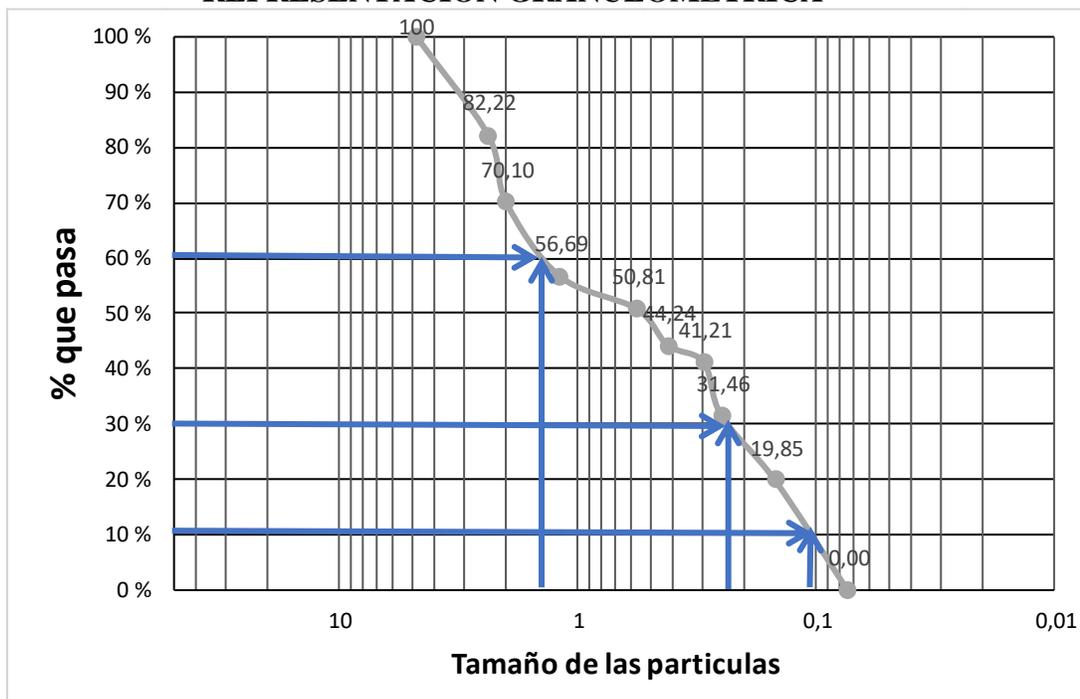
- Baquerizo Moreno Punto 1

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>MECÁNICA DE SUELOS I</p>	
Parroquia: Baquerizo Moreno	Norma: AASHTO93	
Muestra 1	ASTM	

HUMEDAD NATURAL AASHTO T 265 2016				
W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
48,2	373,3	309,1	20,77	20,47
49,2	483,3	406,6	18,86	
52,3	378,5	310,8	21,78	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AASHTO T 88 2013					
TAMAÑO MM	Tamiz	Pesos Retenidos	Pesos retenidos Acumulados	% Retenido	% que pasa
4,76	4	0	0	0	100
2,38	8	95,90	144,50	17,78	82,22
2	10	48,60	243,00	29,90	70,10
1,19	16	98,50	352,00	43,31	56,69
0,565	30	109,00	399,80	49,19	50,81
0,42	40	47,80	453,20	55,76	44,24
0,297	50	53,40	477,80	58,79	41,21
0,25	60	24,60	557,00	68,54	31,46
0,149	100	79,20	651,40	80,15	19,85
0,074	200	94,40	812,70	100,00	0,00
0,03	fuelle	161,30			
Total		812,70			

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA

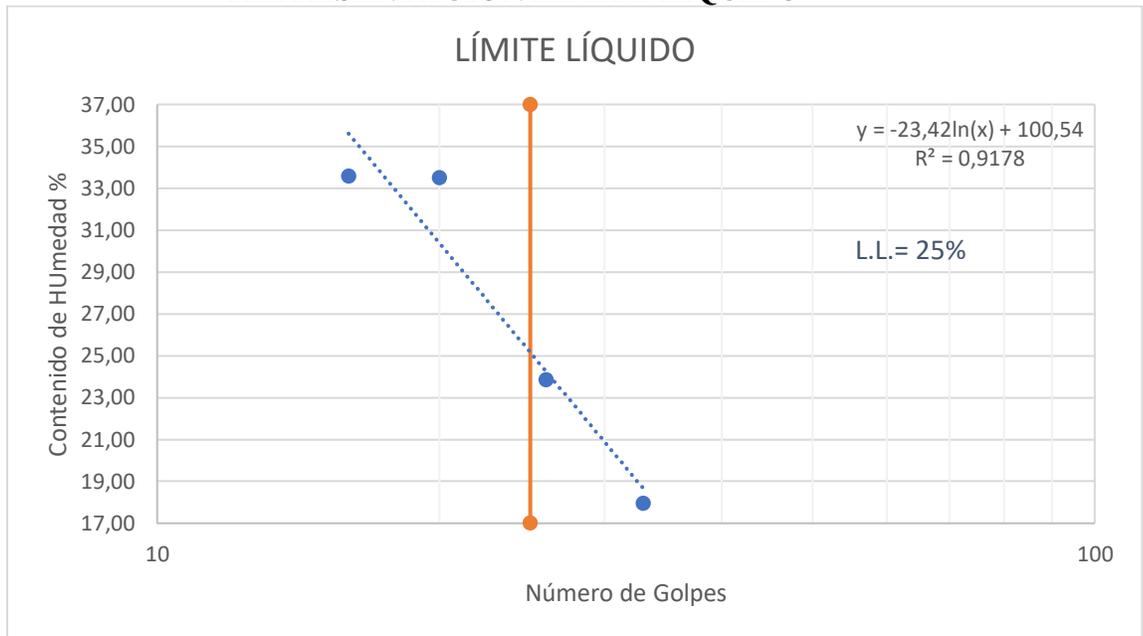


D10 en mm	0,11	$C_u = D_{60}/D_{10}$	13,64
D30 en mm	0,22	$C_c = D_{30}^2/(D_{60} \cdot D_{10})$	0,29
D60 en mm	1,5	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	4,76 mm

LÍMITE LÍQUIDO AASHTO T 89 2013

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
48	16	48,60	43,20	23,10	5,40	20,10	26,87	33,57
47		32,40	29,50	22,30	2,90	7,20	40,28	
41	20	49,60	43,90	22,30	5,70	21,60	26,39	33,51
45		47,60	41,10	25,10	6,50	16,00	40,63	
42	33	53,10	48,70	27,60	4,40	21,10	20,85	17,95
2		63,20	61,50	50,20	1,70	11,30	15,04	
30	26	78,70	72,80	50,20	5,90	22,60	26,11	23,85
19		65,40	62,70	50,20	2,70	12,50	21,60	

REPRESENTACIÓN LÍMITE LÍQUIDO



LÍMITE PLÁSTICO AASHTO T 89 2013

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
44	29,80	29,50	0,30	28,30	1,20	25,00	22,89
45	29,50	29,30	0,20	28,30	1,00	20,00	
46	30,50	30,20	0,30	28,30	1,90	15,79	
47	30,40	29,80	0,60	28,30	1,50	40,00	
48	30,80	30,50	0,30	28,30	2,20	13,64	

LÍMITES DE ATTERBERG		
Límite líquido		25,1
Límite plástico		22,89
Índice plástico		2,21
CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4 (Arena Limosa)
	SUCS	SC (Mezcla de arena - arcilla)

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS AASHTO T 100 2015		
Peso del picnómetro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	698,2	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	20,90	gr
Temperatura de agua y suelo °C	18	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,9986	
Peso de recipiente + agua + suelo (gr)	579	gr
Recipiente + Peso de suelo seco	99	gr
Peso de recipiente	49,7	gr
Peso del suelo seco Ws	49,3	gr
Gravedad específica Gs	2,389	gr

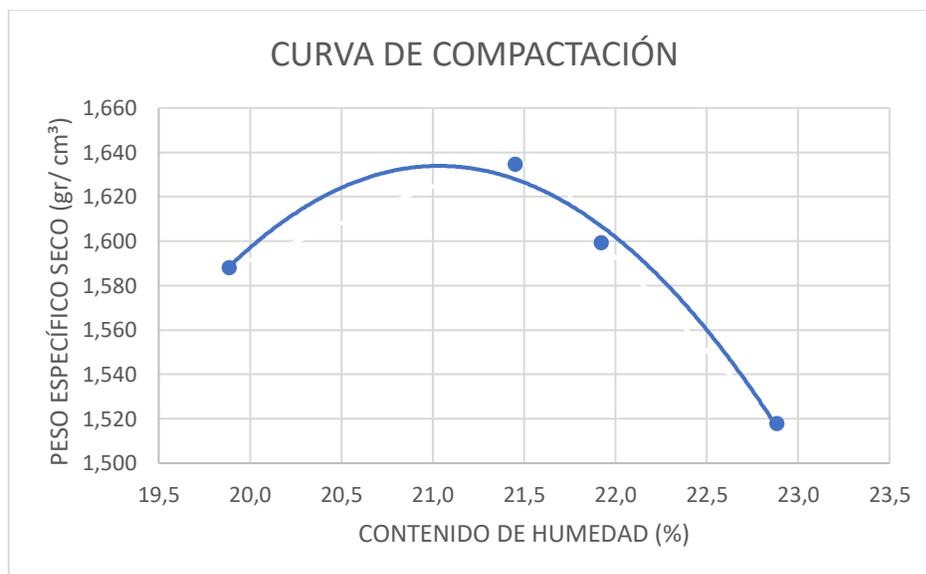
# Ensayo	1	2	3
Peso del Picnómetro kg	170	170	170
Temperatura del agua °C	18	18	18
Peso del Suelo seco gr (Ws)	50	50	50
Peso del picnómetro + Suelo seco	220	220	220
Picnómetro + agua (Wbw)	669,1	669,1	669,1
Ws + Wbw	719,1	719,1	719,1
Picnómetro + agua + suelo (sumergido) (Wbws)	698,2	697,9	698,5
Desplazamiento del agua	20,9	21,2	20,6
Factor de correlación K	0,9986	0,9986	0,9986
Gravedad especifica	2,389	2,355	2,424
Gs promedio	2,389		

DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA AASHTO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)			
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1360	
Peso de la funda gr	Rec	2	
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1358	
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		7260,00	
Peso final frasco + cono + arena		5540,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		209,97	
Peso arena en la perforación		1510,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)		1,582	
Volumen de la perforación	Vm	954,51	
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente #		32	1
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	207	210
Peso seco + recipiente	Ws + rec	166	166
Peso del recipiente	rec	47	49
Peso del agua	Ww	41	44
Peso de los solidos	Ws	119	117
Contenido de humedad	w%	34,45	37,61
contenido de humedad promedio	w% prom	36,03	
Determinación de las fases del suelo			
		Volumen	Peso
Vv		69,66	-
Va		25,66	0
Vw	Ww	44	44
Vs	Ws	44,91	119
Vm	Wm	114,57	163
Determinación de las propiedades índice del suelo			
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,423	gr/cm3
Densidad seca	(γ_d)	1,046	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	36,03	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,55	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	60,80	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	63,16	%
Grado de saturación de aire	Ga%= Va/Vv*100	36,84	%

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

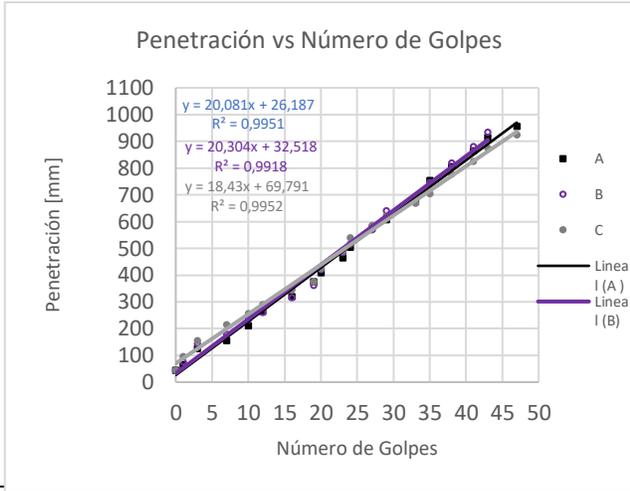
TIPO DE PRUEBA	P.M	MASA MARTILLO:	10 lb
DATOS DEL MOLDE		ALTURA DE CAIDA:	18 plg
VOLUMEN:	2124	NÚMERO DE CAPAS:	5
	16864	GOLPE POR CAPAS:	56
MASA:	gr		

PRUEBA N. ^a	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		2		4		6	
Suelo húmedo+molde (gr)	19650		19860		19790		19620	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	4210		4420		4350		4180	
Peso unitario húm. (gr/cm ³)	1,982		2,081		2,048		1,968	
Masa del tarro (gr)	50,2	52,3	50,2	48,2	48,2	48,2	50,2	47,4
Masa suelo húm. +tarro (gr)	231,4	238,6	257,9	283,5	244,1	251,7	284,4	272,1
Masa suelo seco+tarro (gr)	195,8	201,1	212,3	234,2	201,9	206,3	231,5	220
Masa del agua (gr)	35,6	37,5	45,6	49,3	42,2	45,4	52,9	52,1
Masa suelo seco (gr)	181,2	186,3	207,7	235,3	195,9	203,5	234,2	224,7
Contenido de agua (%)	19,647	20,129	21,955	20,952	21,542	22,310	22,588	23,186
w (%) Promedio	19,888		21,453		21,926		22,887	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1,588		1,635		1,599		1,518	
Densidad Seca Máxima (γ máx):	1,635							
Humedad Óptima:	21,50							
Gravedad de compactación	97,15							



ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

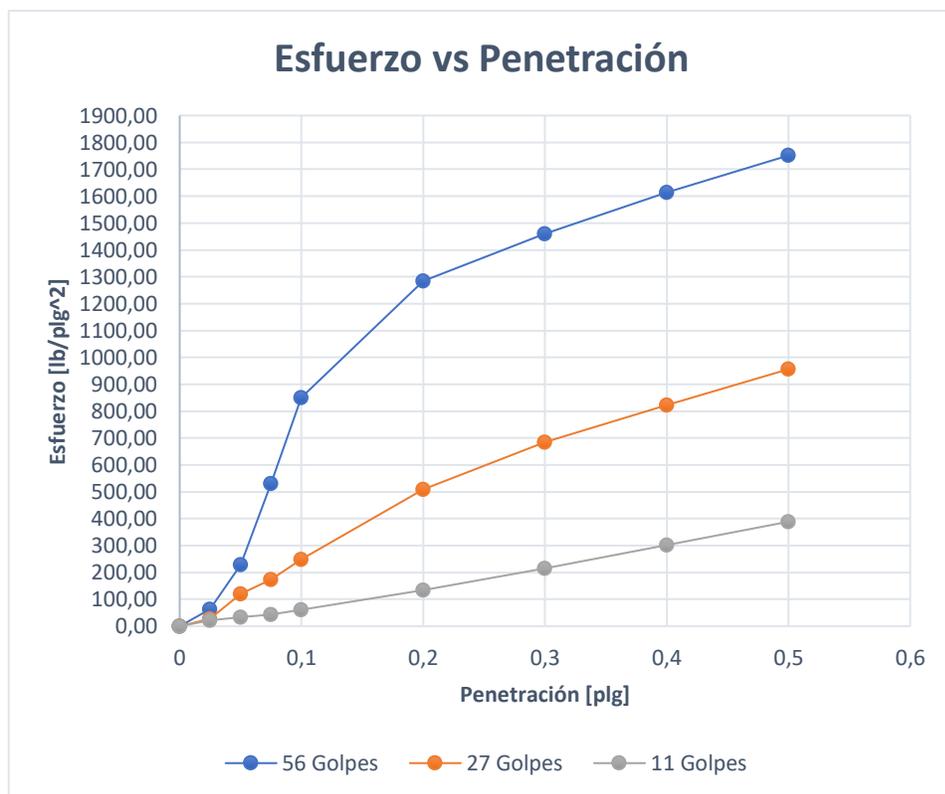
Número de golpes	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]
0	45	45	45
1	67	75	95
3	125	144	155
7	155	180	214
10	210	235	256
12	265	260	291
16	320	315	345
19	375	362	375
20	408	420	425
23	465	485	490
24	505	515	540
27	575	570	585
29	608	640	622
33	675	695	668
35	754	745	705
38	805	820	778
41	865	880	825
43	915	935	875
47	955	0	925



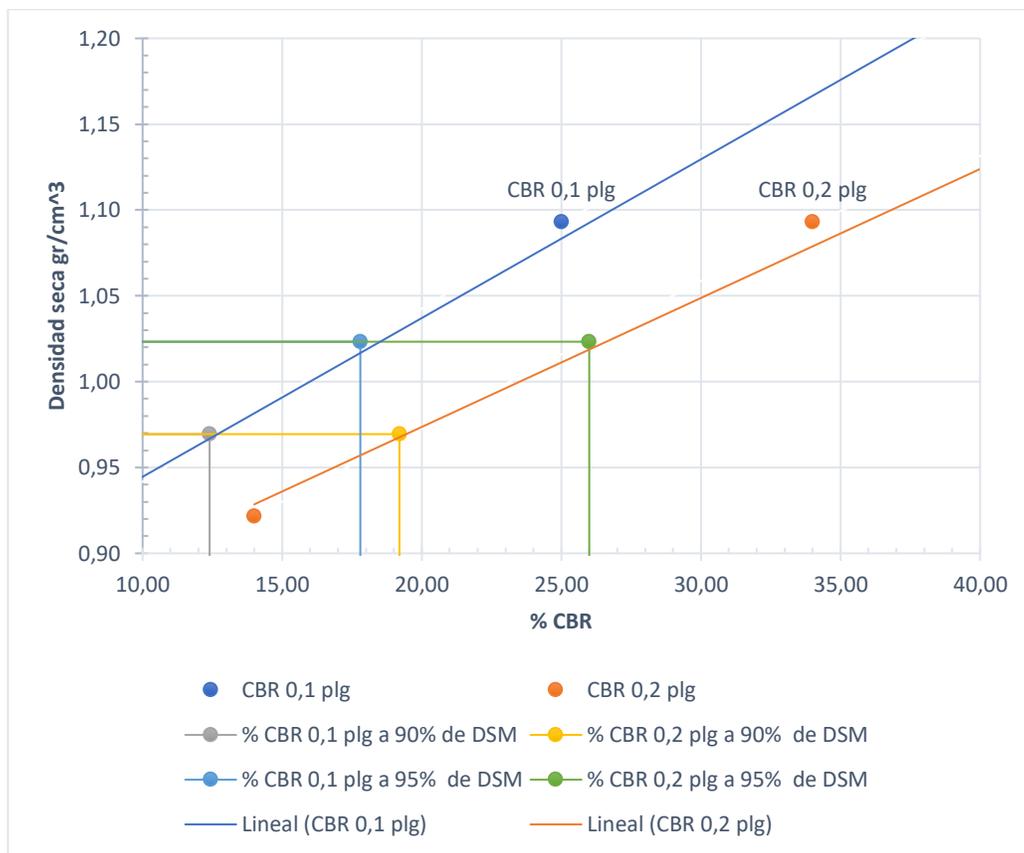
	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	20,081	19,605
B	20,304	
C	18,43	

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	11839		12389		10532	
Masa del molde [gr]	8319		9219		8067	
Masa muestra húmeda [gr]	3520		3170		2465	
Volumen muestra [cm ³]	2307,55		2312,98		2111,56	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	1,525		1,371		1,167	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	101,7	115,9	103,9	115,5	108,1	110,8
Masa suelo seco + recip [gr]	86,2	99,8	92,2	95,6	97,2	88,4
Masa de agua [gr]	15,5	16,1	11,7	19,9	10,9	22,4
Masa del recip [gr]	30,7	30,7	31,8	31,5	30,2	30,6
Masa suelo seco [gr]	55,5	69,1	60,4	64,1	67	57,8
Contenido de humedad W%	27,93	23,30	19,37	31,05	16,27	38,75
W % promedio	25,61		25,21		27,51	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,217		1,093		0,922	
Datos después de la saturación						
Muestra húmeda + molde [gr]	11984		12855		11171	
Masa del molde [gr]	8319		9219		8067	
Masa muestra húmeda [gr]	3665		3636		3104	
Masa de agua absorbida [gr]	145		466		639	
% de agua absorbida	3,9563		12,8163		20,5863	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	139,8	162,7	140,7	124,5	121,1	58,6
Masa de suelo seco + tarro [gr]	119,4	135,8	117,1	106,7	101,9	54,5
Masa del agua [gr]	20,4	26,9	23,6	17,8	19,2	4,1
Masa del tarro [gr]	32,2	31,6	32,8	32	34,4	31,7
Masa suelo seco	87,2	104,2	84,3	74,7	67,5	22,8
Contenido de agua %	23,39	25,82	28,00	23,83	28,44	17,98
W % promedio	24,61		25,91		23,21	

Ensayo						
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	189,00	63,00	82,30	27,43	64,50	21,50
0,05	687,40	229,13	363,50	121,17	103,50	34,50
0,075	1593,00	531,00	523,10	174,37	129,20	43,07
0,1	2553,30	851,10	745,30	248,43	183,30	61,10
0,15	3853,60	1284,53	1528,00	509,33	403,10	134,37
0,2	3853,60	1284,53	1528,00	509,33	403,10	134,37
0,25	4115,90	1371,97	1792,30	597,43	523,85	174,62
0,3	4378,20	1459,40	2056,60	685,53	644,60	214,87
0,4	4843,20	1614,40	2466,60	822,20	908,80	302,93
0,5	5254,10	1751,37	2868,60	956,20	1166,80	388,93



Porcentaje CBR (corregidos)						
Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	850	85,00	1,217	1290	86,00	1,217
2	250	25,00	1,093	510	34,00	1,093
3	80	8,00	0,922	210	14,00	0,922
Densidad seca máxima gr/cm ³			1,077			
DSM		% CBR 0,1 plg		% CBR 0,2 plg		% CBR mayor
90	0,969	12,4		19,2		19,2
95	1,023	17,8		26		26



Nota: El CBR para el diseño de pavimentos es el 26 %

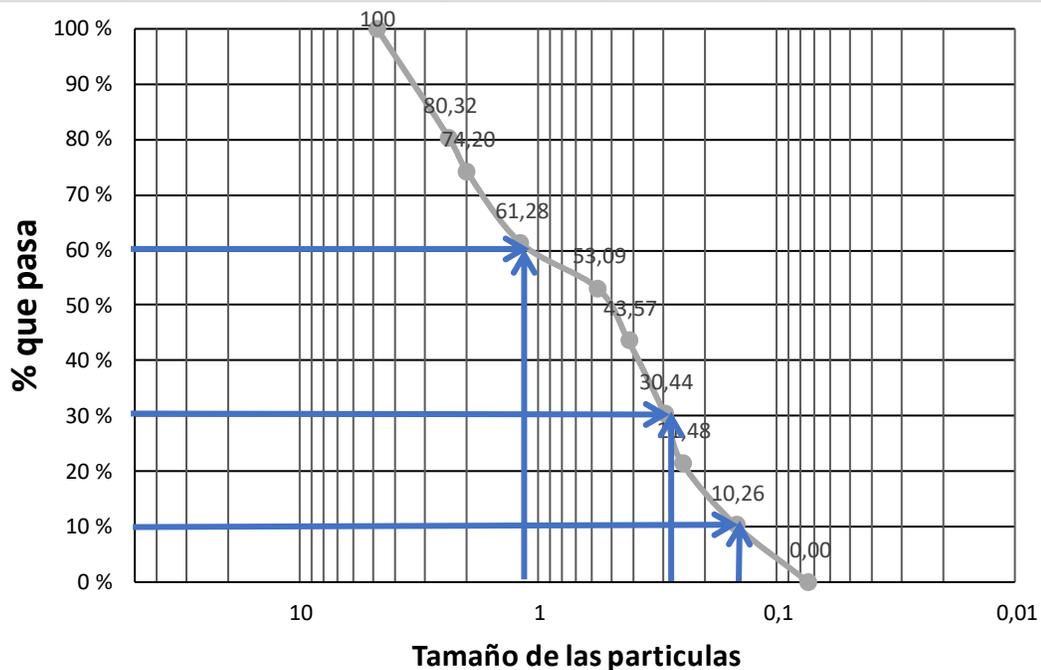
- Baquerizo Moreno Punto 2

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>MECÁNICA DE SUELOS I</p>	
Parroquia: Baquerizo Moreno	Norma: AASHTO93	
Muestra 2	ASTM	

HUMEDAD NATURAL AASHTO T 265 2016				
W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
48,2	494,2	433,4	14,03	14,14
50,1	408,2	358	14,02	
51,2	477,1	417,2	14,36	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AASHTO T 88 2013					
TAMAÑO MM	Tamiz	Pesos Retenidos	Pesos retenidos Acumulados	% Retenido	% que pasa
4,76	4	0	0	0	100
2,38	8	72,2	216,50	19,68	80,32
2	10	144,3	283,80	25,80	74,20
1,19	16	67,3	425,90	38,72	61,28
0,565	30	142,1	516,00	46,91	53,09
0,42	40	90,1	620,70	56,43	43,57
0,297	50	104,7	765,20	69,56	30,44
0,25	60	144,5	863,70	78,52	21,48
0,149	100	98,5	987,10	89,74	10,26
0,074	200	123,4	1100,00	100,00	0,00
0	fuelle	112,9			
Total		1100,00			

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA

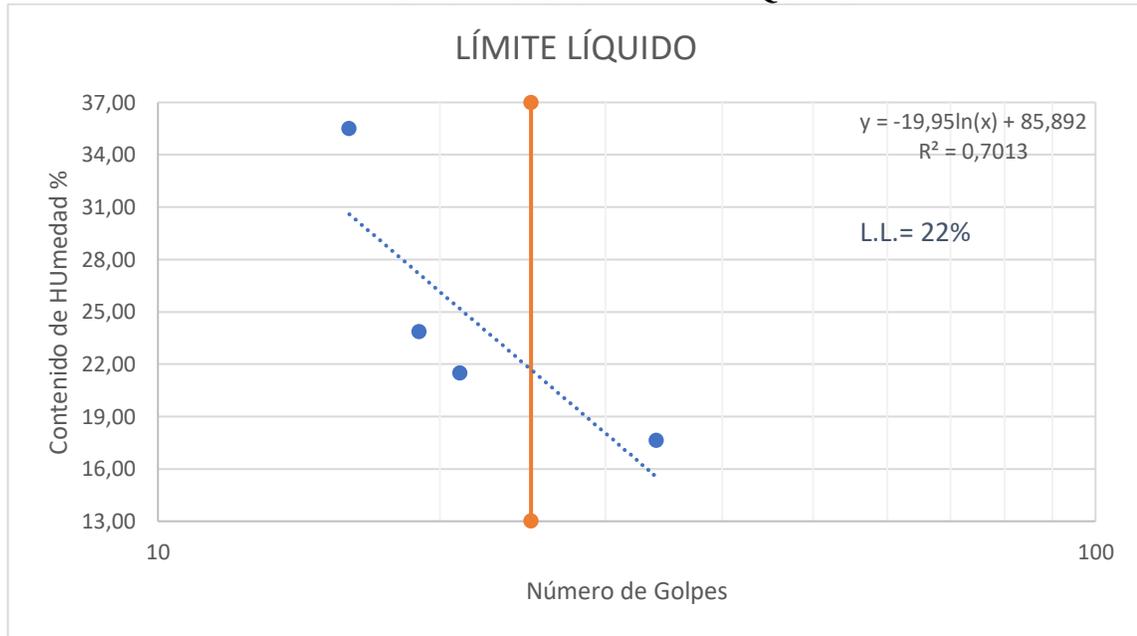


D10 en mm	0,15	$C_u = D_{60}/D_{10}$	8,00
D30 en mm	0,29	$C_c = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$	0,47
D60 en mm	1,2	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	4,76 mm

LÍMITE LÍQUIDO AASHTO T 89 2013

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
33	16	83,40	78,10	49,20	5,30	28,90	18,34	35,51
1		69,20	62,30	49,20	6,90	13,10	52,67	
16	19	89,10	82,20	50,20	6,90	32,00	21,56	23,85
17		60,30	58,00	49,20	2,30	8,80	26,14	
5	21	69,60	65,90	50,20	3,70	15,70	23,57	21,48
22		72,20	68,30	48,20	3,90	20,10	19,40	
32	34	89,40	82,60	47,40	6,80	35,20	19,32	17,64
11		62,00	60,10	48,20	1,90	11,90	15,97	

REPRESENTACIÓN LÍMITE LÍQUIDO



LÍMITE PLÁSTICO AASHTO T 89 2013

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
39	29,40	29,10	0,30	28,30	0,80	37,50	20,39
40	31,50	31,30	0,20	28,30	3,00	6,67	
41	30,20	29,80	0,40	28,30	1,50	26,67	
42	31,30	31,00	0,30	28,30	2,70	11,11	
43	30,10	29,80	0,30	28,30	1,50	20,00	

LÍMITES DE ATTERBERG		
Límite líquido	22	
Límite plástico	20,39	
Índice plástico	1,61	
CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SISTEMA	AASHTO	A-4 (Suelo Limoso)
	SUCS	SC (Arena arcillosa)

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS AASHTO T 100 2015		
Peso del picnómetro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	700,1	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	19,00	gr
Temperatura de agua y suelo °C	19	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,9984	
Peso de recipiente + agua + suelo (gr)	577	gr
Recipiente + Peso de suelo seco	99,8	gr
Peso de recipiente	50,2	gr
Peso del suelo seco Ws	49,6	gr
Gravedad específica Gs	2,628	gr

# Ensayo	1	2	3
Peso del Picnómetro kg	170	170	170
Temperatura del agua °C	19	19	19
Peso del Suelo seco gr (Ws)	50	50	50
Peso del picnómetro + Suelo seco	220	220	220
Picnómetro + agua (Wbw)	669,1	669,1	669,1
Ws + Wbw	719,1	719,1	719,1
Picnómetro + agua + suelo (sumergido) (Wbws)	700,1	700,5	699,7
Desplazamiento del agua	19	18,6	19,4
Factor de correlación K	0,9984	0,9984	0,9984
Gravedad especifica	2,627	2,684	2,573
Gs promedio	2,628		

DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA AASHTO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)			
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1736	
Peso de la funda gr	Rec	2	
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1734	
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		7290,00	
Peso final frasco + cono + arena		5490,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		209,97	
Peso arena en la perforación		1590,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)		1,582	
Volumen de la perforación	Vm	1005,08	
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente #		26	35
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	204	210
Peso seco + recipiente	Ws + rec	182	184
Peso del recipiente	rec	49	50
Peso del agua	Ww	22	26
Peso de los solidos	Ws	133	134
Contenido de humedad	w%	16,54	19,40
contenido de humedad promedio	w% prom	17,97	
Determinación de las fases del suelo			
		Volumen	Peso
Vv		42,17	-
Va		16,17	0
Vw		26	26
Vs		50,57	134
Vm		92,74	160
Determinación de las propiedades índice del suelo			
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,725	gr/cm3
Densidad seca	(γ_d)	1,462	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	17,97	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0,83	Natural
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	45,48	%
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	61,65	%
Grado de saturación de aire	Ga%= Va/Vv*100	38,35	%

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

TIPO DE PRUEBA P.M

MASA MARTILLO: 10 lb

DATOS DEL MOLDE

ALTURA DE CAIDA: 18 plg

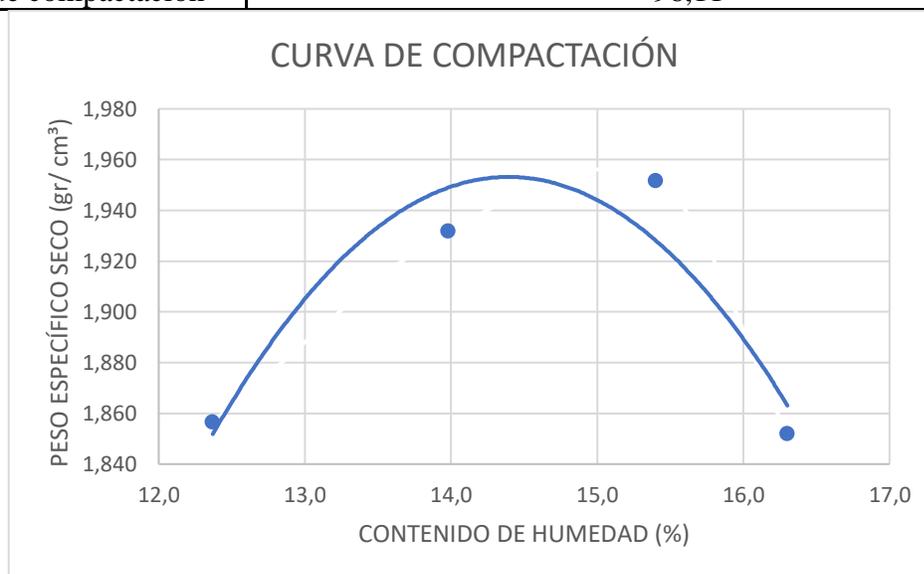
VOLUMEN: 2124
16864

NÚMERO DE CAPAS: 5

MASA: gr

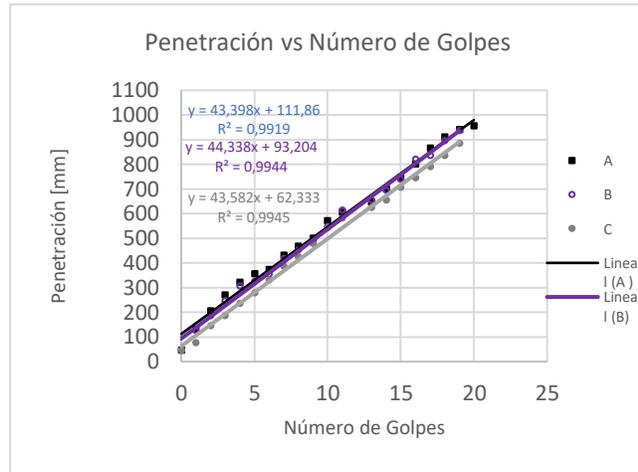
GOLPE POR CAPAS: 56

PRUEBA N.º	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		2		4		6	
Suelo húmedo+molde (gr)	19940		20210		20340		20140	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	4500		4770		4900		4700	
Peso unitario húm. (gr/cm³)	2,119		2,246		2,307		2,213	
Masa del tarro (gr)	52,3	49,2	49,2	49,2	48,2	50,2	50,2	48,2
Masa suelo húm. +tarro (gr)	201,7	190,9	346,1	349,6	325,8	341,4	358,7	366,9
Masa suelo seco+tarro (gr)	183,4	173,2	303,5	308,7	281,2	298,5	307,1	316,3
Masa del agua (gr)	18,3	17,7	42,6	40,9	44,6	42,9	51,6	50,6
Masa suelo seco (gr)	149,4	141,7	296,9	300,4	277,6	291,2	308,5	318,7
Contenido de agua (%)	12,249	12,491	14,348	13,615	16,066	14,732	16,726	15,877
w (%) Promedio	12,370		13,982		15,399		16,302	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,857		1,932		1,952		1,852	
Densidad Seca Máxima (γ máx):	1,932							
Humedad Óptima:	15,20							
Gravedad de compactación	96,11							



ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

Número de golpes	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
1	130	125	75
2	205	185	145
3	270	245	185
4	320	305	235
5	355	325	278
6	372	354	330
7	430	417	385
8	468	451	425
9	500	482	478
10	570	547	542
11	605	614	581
13	645	654	625
14	700	692	655
15	745	738	705
16	800	820	745
17	865	835	789
18	910	894	834
19	940	935	885
20	955	0	0



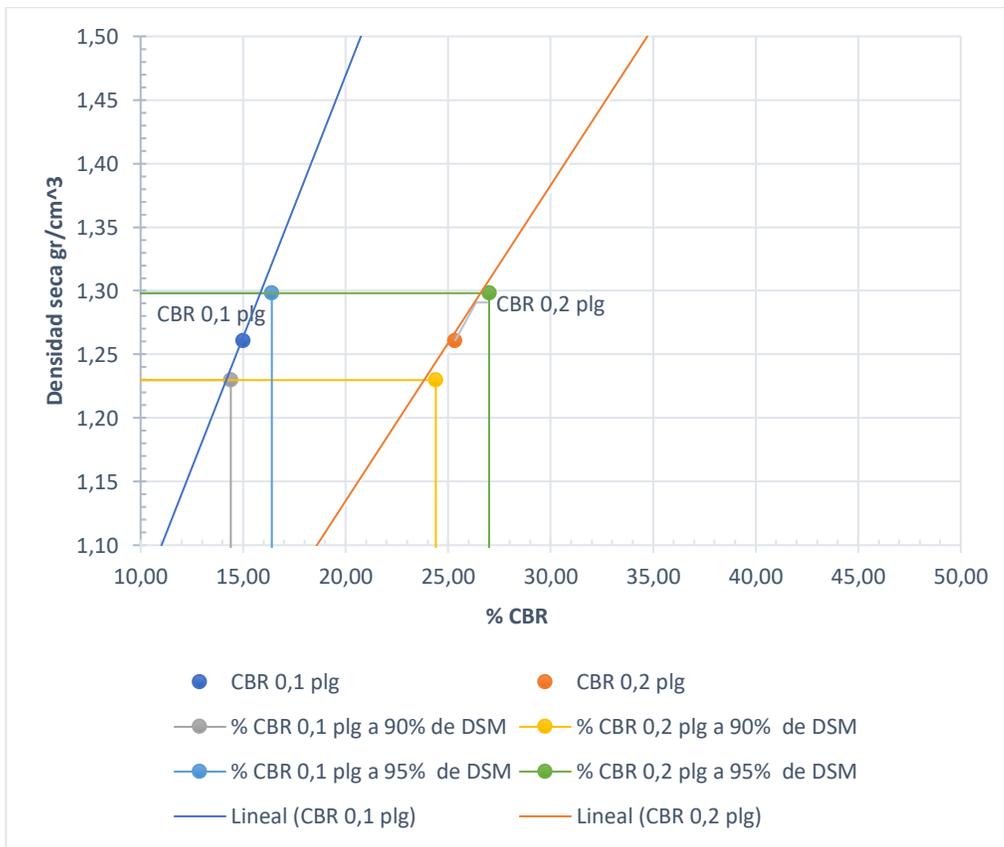
DN (mm/golpe)	DN (prom)
A 43,398	43,773
B 44,338	
C 43,582	

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	13375		12923		11147	
Masa del molde [gr]	8291		9540		8731	
Masa muestra húmeda [gr]	5084		3383		2416	
Volumen muestra [cm ³]	2343,37		2340,42		2143,87	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	2,170		1,445		1,127	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	81,8	78,9	104,9	102,4	98,1	103,9
Masa suelo seco + recip [gr]	75,2	70,9	94,9	92,4	87,2	92,7
Masa de agua [gr]	6,6	8	10	10	10,9	11,2
Masa del recip [gr]	25,2	25,5	24,8	26,1	24,5	30,8
Masa suelo seco [gr]	50	45,4	70,1	66,3	62,7	61,9
Contenido de humedad W%	13,20	17,62	14,27	15,08	17,38	18,09
W % promedio	15,41		14,67		17,74	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,882		1,261		0,957	
Datos después de la saturación						
Muestra húmeda + molde [gr]	13698		13225		12074	
Masa del molde [gr]	8291		9540		8731	
Masa muestra húmeda [gr]	5407		3685		3343	
Masa de agua absorbida [gr]	323		302		927	
% de agua absorbida	5,9737		8,1954		27,7296	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	122,8	136,3	97,4	95,1	110,8	101,8
Masa de suelo seco + tarro [gr]	97,3	110,1	81,8	78,4	91,6	82,9
Masa del agua [gr]	25,5	26,2	15,6	16,7	19,2	18,9
Masa del tarro [gr]	32,6	30,7	31,1	32,5	31,8	33,1
Masa suelo seco	64,7	79,4	50,7	45,9	59,8	49,8
Contenido de agua %	39,41	33,00	30,77	36,38	32,11	37,95
W % promedio	36,21		33,58		35,03	

Ensayo						
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	246,836	82,28	91,168	30,39	59,168	19,72
0,05	504,712	168,24	170,544	56,85	123,066	41,02
0,075	790,096	263,37	288,64	96,21	153,252	51,08
0,1	1084,22	361,41	431,2	143,73	306,332	102,11
0,15	1655,126	551,71	783,2	261,07	492,092	164,03
0,2	2226,032	742,01	1135,2	378,40	677,852	225,95
0,25	2676,97	892,32	1395,196	465,07	821,945	273,98
0,3	3127,908	1042,64	1655,192	551,73	966,038	322,01
0,4	3979,92	1326,64	2225,52	741,84	1224,468	408,16
0,5	4733,584	1577,86	2665,168	888,39	1467,59	489,20



Porcentaje CBR (corregidos)						
Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	380	38,00	1,882	750	50,00	1,882
2	150	15,00	1,261	380	25,33	1,261
3	100	10,00	0,957	220	14,67	0,957
Densidad seca máxima gr/cm ³			1,366			
DSM		% CBR 0,1 plg		% CBR 0,2 plg		% CBR mayor
90	1,230	14,4		24,4		24,4
95	1,298	16,4		27		27



Nota: El CBR para el diseño de pavimentos es el 27 %

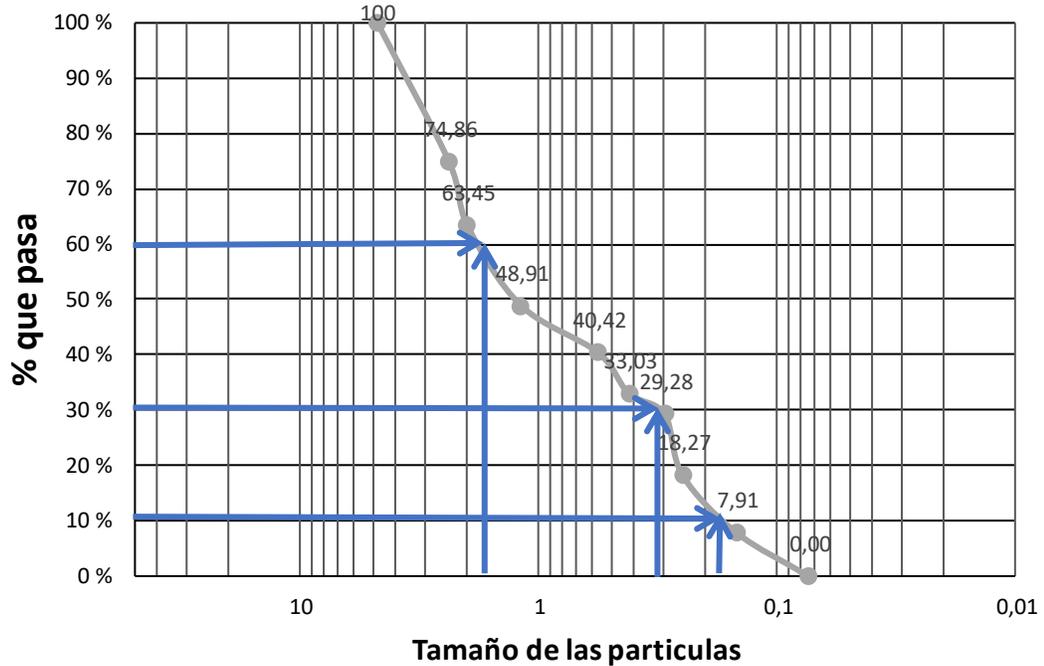
- Baquerizo Moreno Punto 3

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>MECÁNICA DE SUELOS I</p>	
Parroquia: Baquerizo Moreno	Norma: AASHTO93	
Muestra 3	ASTM	

HUMEDAD NATURAL AASHTO T 265 2016				
W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
51,2	574,2	505,1	13,68	12,69
47,4	447	387,2	15,44	
47,4	426	391	8,95	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AASHTO T 88 2013					
TAMAÑO MM	Tamiz	Pesos Retenidos	Pesos retenidos Acumulados	% Retenido	% que pasa
4,76	4	0	0	0	100
2,38	8	187,70	227,50	25,14	74,86
2	10	39,80	330,80	36,55	63,45
1,19	16	103,30	462,40	51,09	48,91
0,565	30	131,60	539,20	59,58	40,42
0,42	40	76,80	606,10	66,97	33,03
0,297	50	66,90	640,00	70,72	29,28
0,25	60	33,90	739,70	81,73	18,27
0,149	100	99,70	833,40	92,09	7,91
0,074	200	93,70	905,00	100,00	0,00
0,03	fuelle	71,60			
Total		905,00			

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA

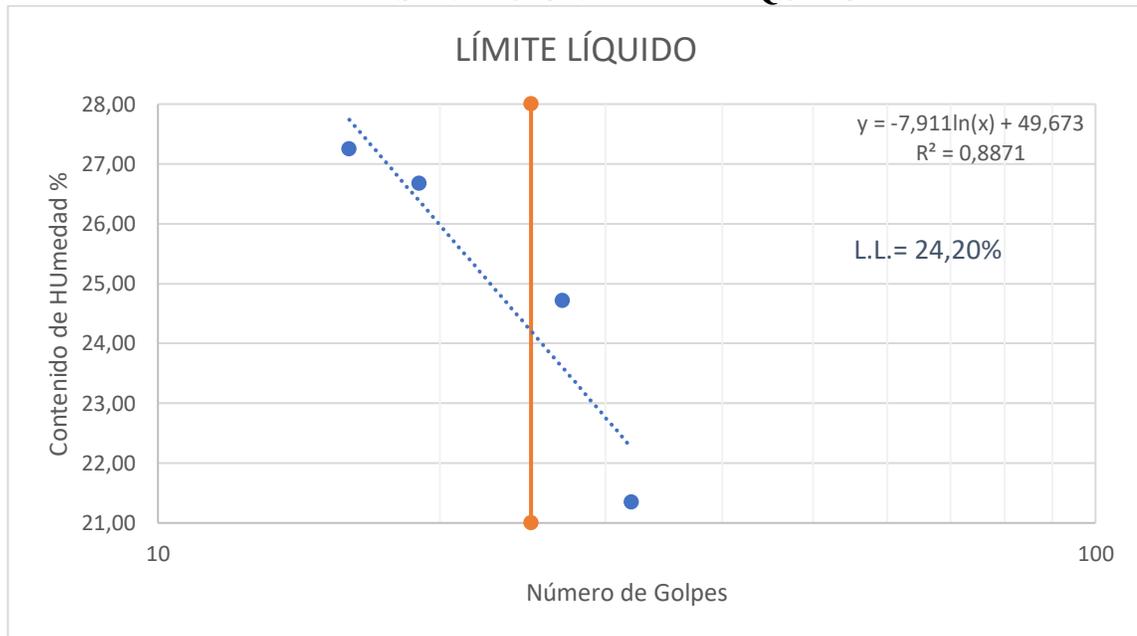


D10 en mm	0,19	$Cu = D_{60}/D_{10}$	9,47
D30 en mm	0,21	$Cc = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$	0,13
D60 en mm	1,8	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	4,76 mm

LÍMITE LÍQUIDO AASHTO T 89 2013

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
7	19	80,10	73,60	51,10	6,50	22,50	28,89	26,67
12		65,50	62,10	48,20	3,40	13,90	24,46	
20	27	69,30	65,70	48,20	3,60	17,50	20,57	24,71
28		74,10	68,30	48,20	5,80	20,10	28,86	
6	32	80,00	74,20	50,20	5,80	24,00	24,17	21,34
10		60,20	58,20	47,40	2,00	10,80	18,52	
19	16	75,80	70,60	50,20	5,20	20,40	25,49	27,25
2		63,10	60,20	50,20	2,90	10,00	29,00	

REPRESENTACIÓN LÍMITE LÍQUIDO



LÍMITE PLÁSTICO AASHTO T 89 2013

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
45	28,10	27,90	0,20	25,10	2,80	7,14	22,96
37	29,00	28,80	0,20	28,30	0,50	40,00	
38	29,50	29,20	0,30	28,30	0,90	33,33	
44	30,40	30,10	0,30	28,30	1,80	16,67	
41	30,30	30,00	0,30	28,30	1,70	17,65	

LÍMITES DE ATTERBERG		
Límite líquido	24,1	
Límite plástico	22,96	
Índice plástico	1,14	
CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SISTEMA	AASHTO	A-4 (Suelo Limoso)
	SUCS	SC (Arena arcillosa)

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS AASHTO T 100 2015		
Peso del picnómetro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	700,133333	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	18,97	gr
Temperatura de agua y suelo °C	17	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,9988	
Peso de recipiente + agua + suelo (gr)	576,2	gr
Recipiente + Peso de suelo seco	99,7	gr
Peso de recipiente	50,2	gr
Peso del suelo seco Ws	49,5	gr
Gravedad específica Gs	2,634	gr

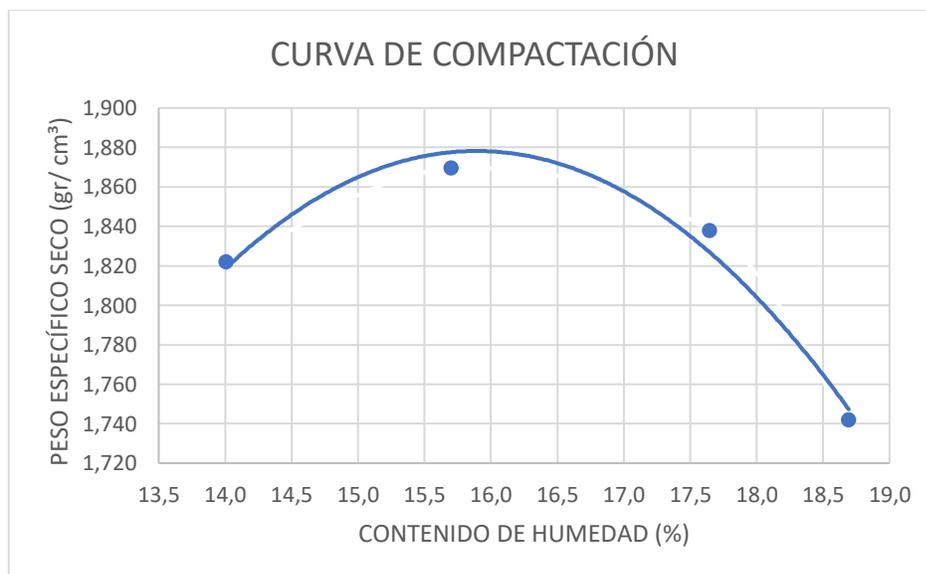
# Ensayo	1	2	3
Peso del Picnómetro kg	170	170	170
Temperatura del agua °C	17	17	17
Peso del Suelo seco gr (Ws)	50	50	50
Peso del picnómetro + Suelo seco	220	220	220
Picnómetro + agua (Wbw)	669,1	669,1	669,1
Ws + Wbw	719,1	719,1	719,1
Picnómetro + agua + suelo (sumergido) (Wbws)	700,1	700,5	699,8
Desplazamiento del agua	19	18,6	19,3
Factor de correlación K	0,9988	0,9988	0,9988
Gravedad especifica	2,628	2,685	2,588
Gs promedio	2,634		

DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA AASHTO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)			
Peso de la masa del suelo + funda gr	$W_m + Rec$	1726	
Peso de la funda gr	Rec	2	
Peso de la masa de suelo gr	$W_m = W_m + Rec - Rec$	1724	
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		7290,00	
Peso final frasco + cono + arena		5270,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		209,97	
Peso arena en la perforación		1810,03	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)		1,582	
Volumen de la perforación	V_m	1144,14	
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente #		12	19
Peso húmedo + recipiente	$W_m + rec$	175	168
Peso seco + recipiente	$W_s + rec$	149	144
Peso del recipiente	rec	48	50
Peso del agua	W_w	26	24
Peso de los solidos	W_s	101	94
Contenido de humedad	w%	25,74	25,53
contenido de humedad promedio	w% prom	25,64	
Determinación de las fases del suelo			
		Volumen	Peso
Vv		46,17	-
Va	W_a	20,17	0
Vw	W_w	26	26
Vs	W_s	38,11	101
V_m	W_m	84,28	127
Determinación de las propiedades índice del suelo			
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,507	gr/cm3
Densidad seca	(γ_d)	1,199	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	25,64	%
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	1,21	Natural
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	54,78	%
Grado de saturación de agua	$G_w\% = V_w/V_v * 100$	56,31	%
Grado de saturación de aire	$G_a\% = V_a/V_v * 100$	43,69	%

PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

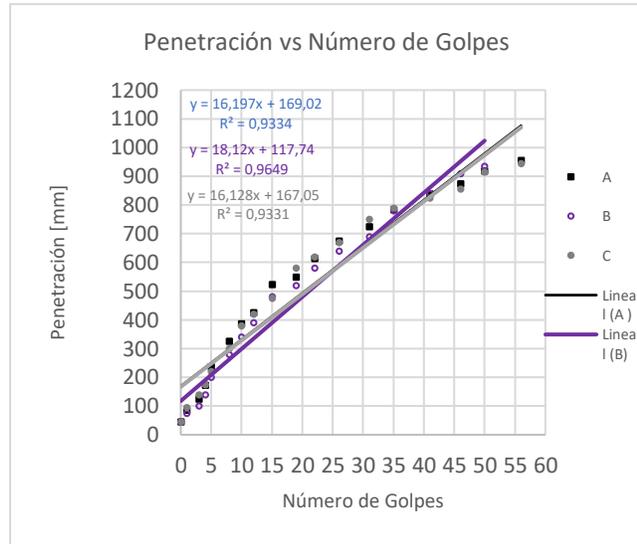
TIPO DE PRUEBA	P.M	MASA MARTILLO:	10 lb
DATOS DEL MOLDE		ALTURA DE CAIDA:	18 plg
VOLUMEN:	2124	NÚMERO DE CAPAS:	5
MASA:	16864 gr	GOLPE POR CAPAS:	56

PRUEBA N. ^a	1		2		3		4	
% Rango en aumento	0		2		4		6	
Suelo húmedo+molde (gr)	19940		20150		20180		19990	
Masa molde (gr)	15440		15440		15440		15440	
Masa suelo húmedo (gr)	4500		4710		4740		4550	
Peso unitario húm. (gr/cm ³)	2,119		2,218		2,232		2,142	
Masa del tarro (gr)	47,4	48,2	49,2	51,1	48,2	50,2	48,2	50,2
Masa suelo húm. +tarro (gr)	230,5	221,1	278,6	283,9	332,1	356,5	377,2	387,1
Masa suelo seco+tarro (gr)	204,3	197,4	244,2	245,7	281,2	303,3	312,4	327,5
Masa del agua (gr)	26,2	23,7	34,4	38,2	50,9	53,2	64,8	59,6
Masa suelo seco (gr)	183,1	172,9	229,4	232,8	283,9	306,3	329	336,9
Contenido de agua (%)	14,309	13,707	14,996	16,409	17,929	17,369	19,696	17,691
w (%) Promedio	14,008		15,702		17,649		18,693	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1,822		1,869		1,838		1,742	
Densidad Seca Máxima (γ máx):					1,869			
Humedad Óptima:					16,00			
Gravedad de compactación					97,46			



ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

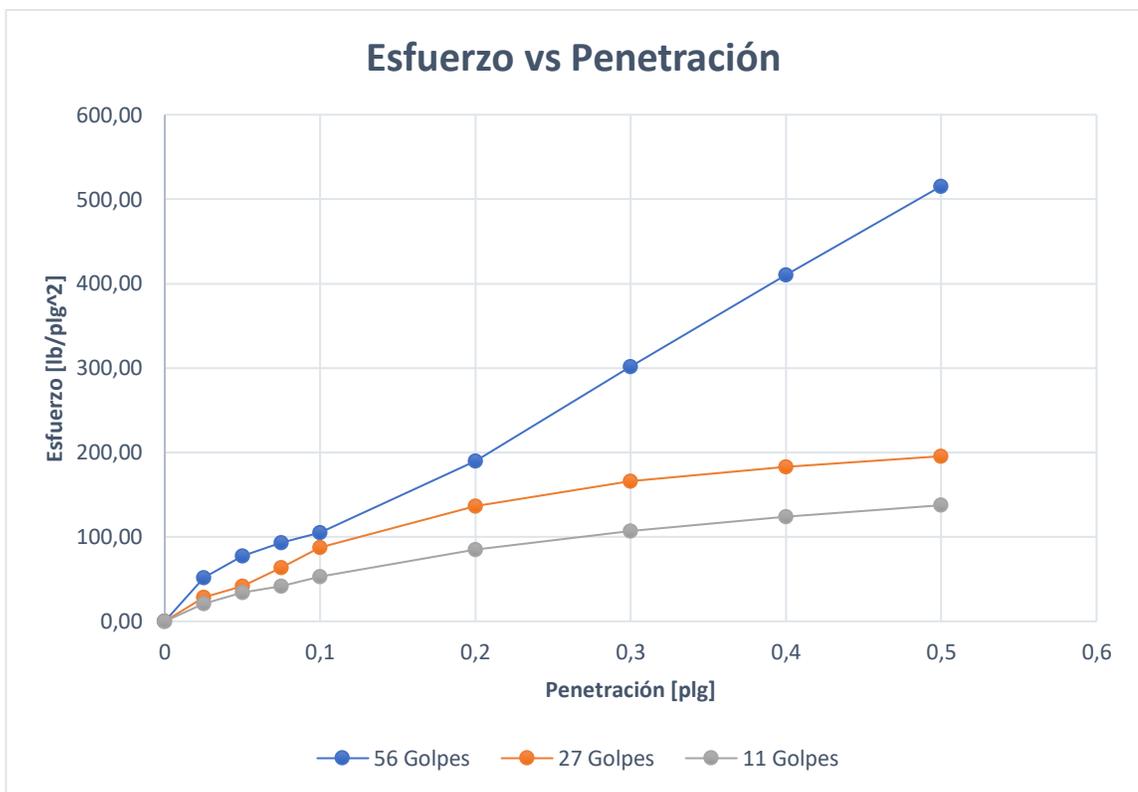
Número de golpes	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]
#	[mm]	[mm]	[mm]
0	45	45	45
1	85	75	95
3	125	100	140
4	173	140	175
5	238	200	220
8	326	280	300
10	387	340	380
12	426	390	420
15	524	480	475
19	550	520	580
22	613	580	620
26	675	640	670
31	724	690	750
35	784	780	790
41	839	840	825
46	875	910	855
50	918	935	915
56	955	0	945



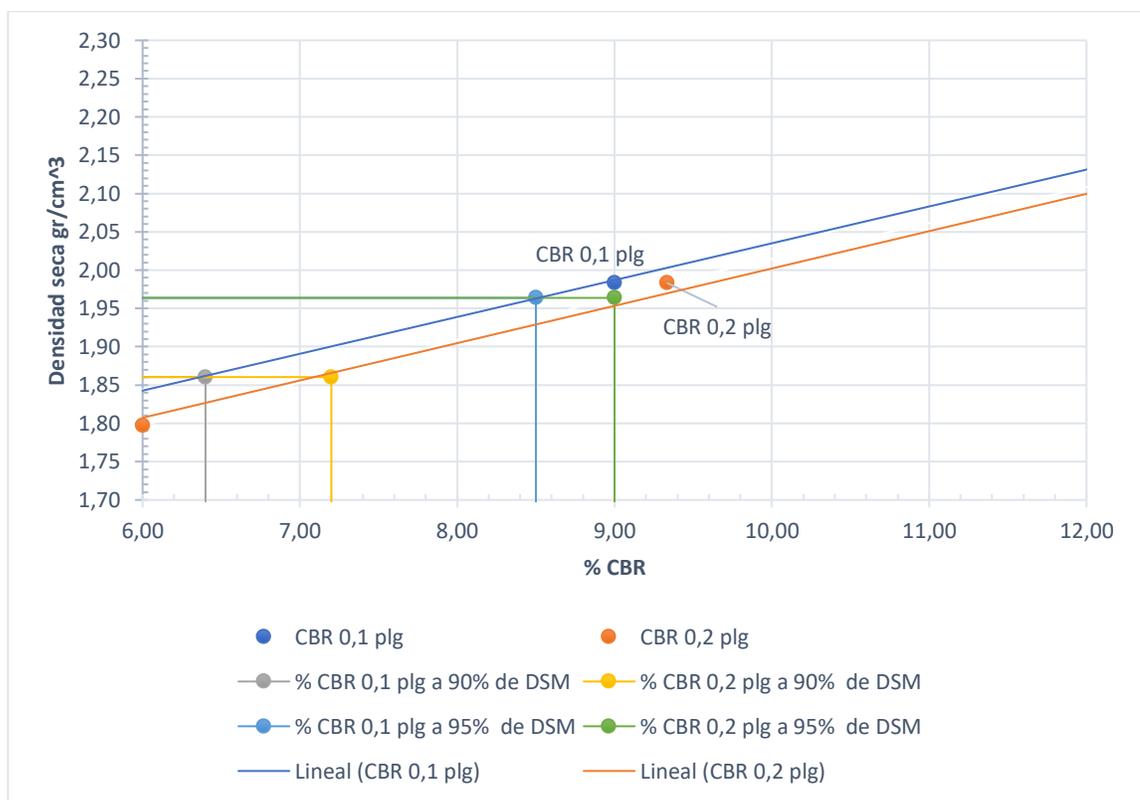
	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	16,197	16,815
B	18,12	
C	16,128	

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	13266		11532		9925	
Masa del molde [gr]	6975		6273		5844	
Masa muestra húmeda [gr]	6291		5259		4081	
Volumen muestra [cm ³]	2301,32		2292,40		2049,62	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	2,734		2,294		1,991	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	109,4	107,5	118,3	116,1	115,5	105,6
Masa suelo seco + recip [gr]	99,8	99,8	104,1	107,4	108,3	97,5
Masa de agua [gr]	9,6	7,7	14,2	8,7	7,2	8,1
Masa del recip [gr]	32,3	33,4	32	33,4	30,6	33,4
Masa suelo seco [gr]	67,5	66,4	72,1	74	77,7	64,1
Contenido de humedad W%	14,22	11,60	19,69	11,76	9,27	12,64
W % promedio	12,91		15,73		10,95	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	2,421		1,983		1,797	
Datos después de la saturación						
Muestra húmeda + molde [gr]	13548		11743		10254	
Masa del molde [gr]	6975		6273		5844	
Masa muestra húmeda [gr]	6573		5470		4410	
Masa de agua absorbida [gr]	282		211		329	
% de agua absorbida	4,2903		3,8574		7,4603	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	164,9	182,8	108,3	146,2	155,8	142,3
Masa de suelo seco + tarro [gr]	142,4	160,4	94,9	126,9	120,2	119,5
Masa del agua [gr]	22,5	22,4	13,4	19,3	35,6	22,8
Masa del tarro [gr]	32,4	33,2	33,4	30,6	31,9	32,3
Masa suelo seco	110	127,2	61,5	96,3	88,3	87,2
Contenido de agua %	20,45	17,61	21,79	20,04	40,32	26,15
W % promedio	19,03		20,92		33,23	

Ensayo						
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	154,836	51,61	85,44	28,48	62,478	20,83
0,05	232,944	77,65	125,664	41,89	103,24	34,41
0,075	279,496	93,17	190,56	63,52	125,223	41,74
0,1	315,56	105,19	262,08	87,36	158,687	52,90
0,15	442,42	147,47	336,2	112,07	207,014	69,00
0,2	569,28	189,76	410,32	136,77	255,341	85,11
0,25	737,28	245,76	454,02	151,34	288,6715	96,22
0,3	905,28	301,76	497,72	165,91	322,002	107,33
0,4	1231,68	410,56	548,136	182,71	371,13	123,71
0,5	1546,368	515,46	586,868	195,62	412,693	137,56



Porcentaje CBR (corregidos)						
Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	100	10,00	2,421	180	12,00	2,421
2	90	9,00	1,983	140	9,33	1,983
3	50	5,00	1,797	90	6,00	1,797
Densidad seca máxima gr/cm ³			2,067			
DSM		% CBR 0,1 plg		% CBR 0,2 plg		% CBR mayor
90	1,860	6,4		7,2		7,2
95	1,964	8,5		9		9



Nota: El CBR para el diseño de pavimentos es el 9 %

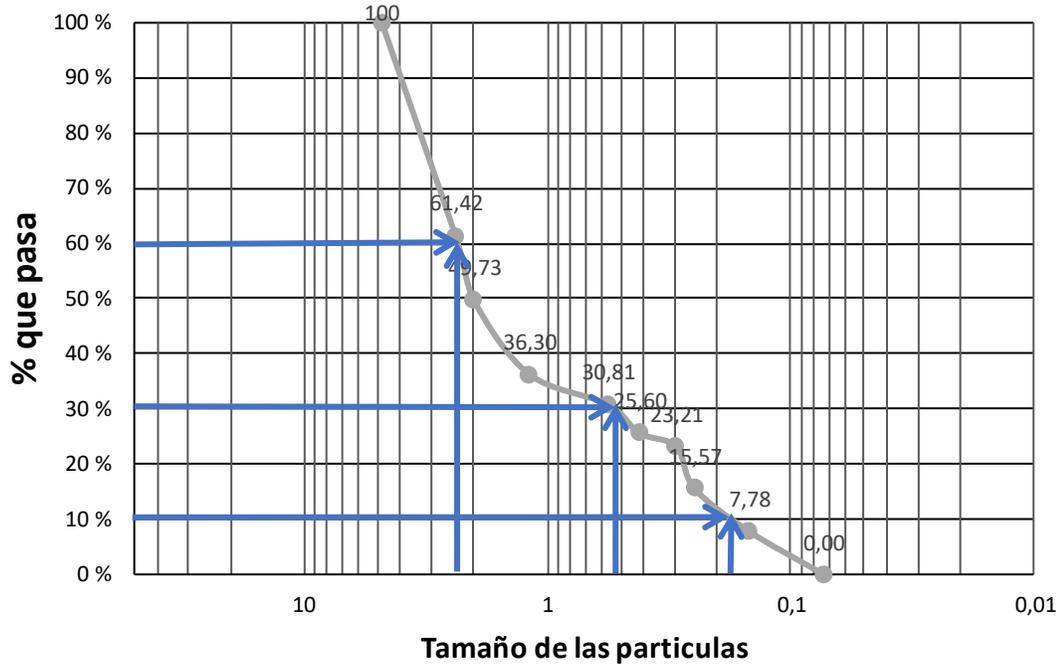
- Baquerizo Moreno Punto 4

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>MECÁNICA DE SUELOS I</p>	
Parroquia: Baquerizo Moreno	Norma: AASHTO93	
Muestra 4	ASTM	

HUMEDAD NATURAL AASHTO T 265 2016				
W cáps. (gr)	W hum. (gr)	W seco (gr)	% W nat	% W nat Promedio
48,2	800,7	698,9	14,57	12,33
50,2	593	537,3	10,37	
50,2	553,17	493,7	12,05	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AASHTO T 88 2013					
TAMAÑO MM	Tamiz	Pesos Retenidos	Pesos retenidos Acumulados	% Retenido	% que pasa
4,76	4	0	0	0	100
2,38	8	418,20	472,70	38,58	61,42
2	10	54,50	616,00	50,27	49,73
1,19	16	143,30	780,60	63,70	36,30
0,565	30	164,60	847,90	69,19	30,81
0,42	40	67,30	911,70	74,40	25,60
0,297	50	63,80	941,00	76,79	23,21
0,25	60	29,30	1034,60	84,43	15,57
0,149	100	93,60	1130,10	92,22	7,78
0,074	200	95,50	1225,40	100,00	0,00
0,03	fuelle	95,30			
Total		1225,40			

REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA

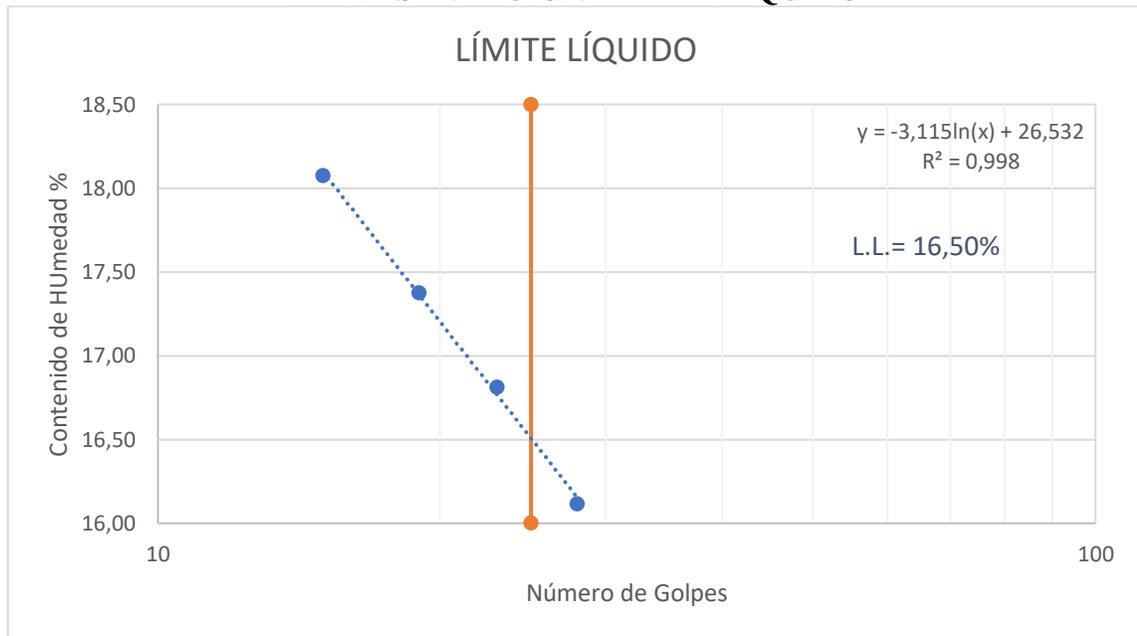


D10 en mm	0,18	$Cu = D_{60}/D_{10}$	12,78
D30 en mm	0,51	$Cc = D_{30}^2/(D_{60} \cdot D_{10})$	0,63
D60 en mm	2,3	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	4,76 mm

LÍMITE LÍQUIDO AASHTO T 89 2013

Recipiente N°	Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Rec.	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
41	23	50,30	47,40	27,60	2,90	19,80	14,65	16,81
39		42,80	40,20	26,50	2,60	13,70	18,98	
46	28	48,10	45,50	28,30	2,60	17,20	15,12	16,12
47		41,30	39,40	28,30	1,90	11,10	17,12	
40	15	49,00	46,10	27,60	2,90	18,50	15,68	18,07
38		43,60	41,00	28,30	2,60	12,70	20,47	
37	19	60,50	55,30	28,30	5,20	27,00	19,26	17,38
45		51,10	47,80	26,50	3,30	21,30	15,49	

REPRESENTACIÓN LÍMITE LÍQUIDO



LÍMITE PLÁSTICO AASHTO T 89 2013

N° Recipiente	Peso Muestra Húm. + Rec.	Peso Muestra Seca + Rec.	Peso Agua	Peso Recipiente	Peso Muestra Seca	W%	Promedio W%
111	12,2	12,00	0,20	10,70	1,30	15,38	14,86
112	14,30	13,80	0,50	10,70	3,10	16,13	
11	13,30	12,90	0,40	10,70	2,20	18,18	
29	16,30	15,80	0,50	10,70	5,10	9,80	
31	13,80	13,40	0,40	10,70	2,70	14,81	

LÍMITES DE ATTERBERG		
Límite líquido		16,5
Límite plástico		14,86
Índice plástico		1,64
CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4 (Arena Limosa)
	SUCS	SM-SC (Arena limosa o arcillosa)

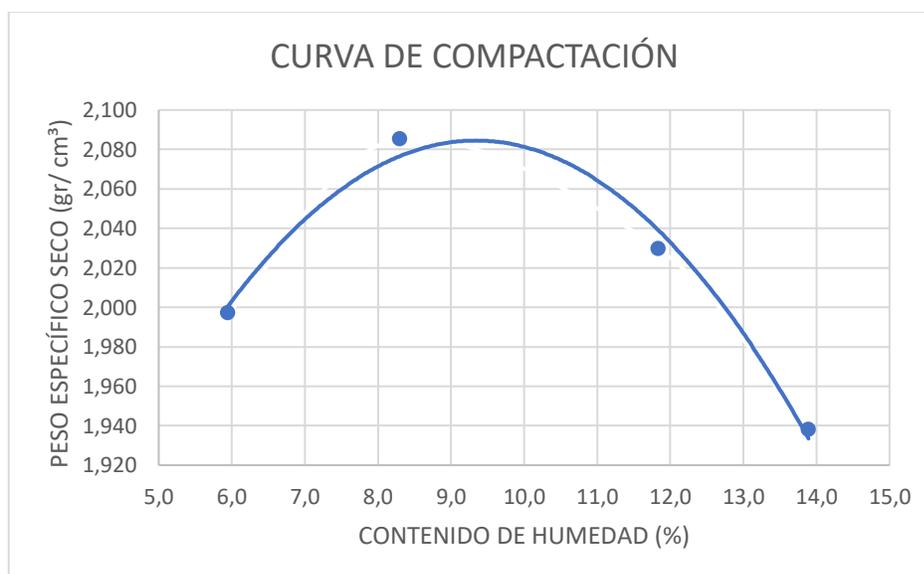
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS AASHTO T 100 2015		
Peso del picnómetro + agua Wbw	669,10	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido Wbws	701,133333	gr
Desplazamiento del agua Ws + Wbw - Wbws	17,97	gr
Temperatura de agua y suelo °C	18,5	°C
Factor por corrección por temperatura K	0,9985	
Peso de recipiente + agua + suelo (gr)	579,2	gr
Recipiente + Peso de suelo seco	99,7	gr
Peso de recipiente	49,7	gr
Peso del suelo seco Ws	50	gr
Gravedad específica Gs	2,779	gr

# Ensayo	1	2	3
Peso del Picnómetro kg	170	170	170
Temperatura del agua °C	18,5	18,5	18,5
Peso del Suelo seco gr (Ws)	50	50	50
Peso del picnómetro + Suelo seco	220	220	220
Picnómetro + agua (Wbw)	669,1	669,1	669,1
Ws + Wbw	719,1	719,1	719,1
Picnómetro + agua + suelo (sumergido) (Wbws)	701,2	701,4	700,8
Desplazamiento del agua	17,9	17,7	18,3
Factor de correlación K	0,9985	0,9985	0,9985
Gravedad especifica	2,789	2,821	2,728
Gs promedio	2,779		

DENSIDAD DE CAMPO CONO Y ARENA AASHTO T 191 2014			
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)			
Peso de la masa del suelo + funda gr	$W_m + Rec$		1419
Peso de la funda gr	Rec		2
Peso de la masa de suelo gr	$W_m = W_m + Rec - Rec$		1417
Volumen de la perforación del suelo (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena			7310,00
Peso final frasco + cono + arena			5920,00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			209,97
Peso arena en la perforación			1180,03
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)			1,582
Volumen de la perforación	V_m		745,91
Determinación del contenido de humedad			
Recipiente #		6	22
Peso húmedo + recipiente	$W_m + rec$	220	217
Peso seco + recipiente	$W_s + rec$	207	202
Peso del recipiente	rec	50	47
Peso del agua	W_w	13	15
Peso de los solidos	W_s	157	155
Contenido de humedad	w%	8,28	9,68
contenido de humedad promedio	w% prom		8,98
Determinación de las fases del suelo			
		Volumen	Peso
Vv		31,30	-
Va		16,30	0
Vw	W_w	15	15
Vs	W_s	59,25	157
Vm	W_m	90,54	172
Determinación de las propiedades índice del suelo			
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1,900	gr/cm3
Densidad seca	(γ_d)	1,743	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	8,98	%
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0,53	Natural
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	34,57	%
Grado de saturación de agua	$G_w\% = V_w/V_v * 100$	47,93	%
Grado de saturación de aire	$G_a\% = V_a/V_v * 100$	52,07	%

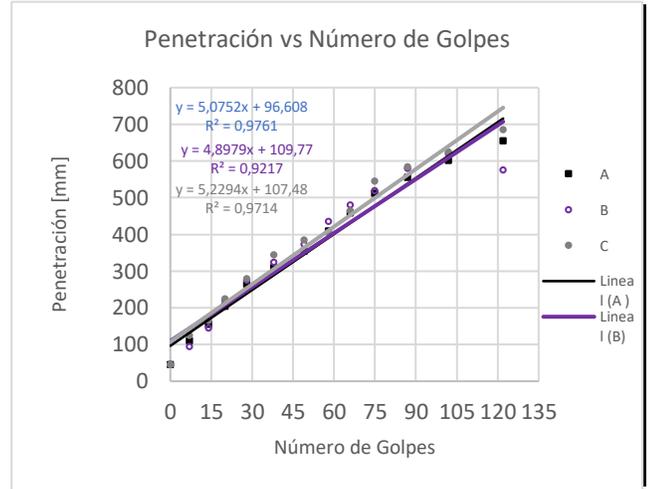
PROCTOR MODIFICADO - AASHTO 180 2018

TIPO DE PRUEBA	P.M		MASA MARTILLO:	10 lb				
DATOS DEL MOLDE			ALTURA DE CAIDA:	18 plg				
VOLUMEN:	2124		NÚMERO DE CAPAS:	5				
MASA:	16864 gr		GOLPE POR CAPAS:	56				
PRUEBA N.º	1	2	3	4				
% Rango en aumento	0	3	6	9				
Suelo húmedo+molde (gr)	19950	20270	20330	20220				
Masa molde (gr)	15440	15440	15440	15440				
Masa suelo húmedo (gr)	4510	4830	4890	4780				
Peso unitario húm. (gr/cm³)	2,123	2,274	2,302	2,250				
Masa del tarro (gr)	48,2	48,2	50,2	49,2	50,2	49,2	47,4	50,2
Masa suelo húm. +tarro (gr)	260,3	228,1	277,6	252,3	331,5	353,2	307	312,7
Masa suelo seco+tarro (gr)	246,5	218,4	258,2	235,9	297,1	318,4	268,5	278,7
Masa del agua (gr)	13,8	9,7	19,4	16,4	34,4	34,8	38,5	34
Masa suelo seco (gr)	212,1	179,9	227,4	203,1	281,3	304	259,6	262,5
Contenido de agua (%)	6,506	5,392	8,531	8,075	12,229	11,447	14,831	12,952
w (%) Promedio	5,949		8,303		11,838		13,891	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1,997		2,085		2,030		1,938	
Densidad Seca Máxima (γ máx):	2,085							
Humedad Óptima:	8,50							
Gravedad de compactación	95,77							



ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

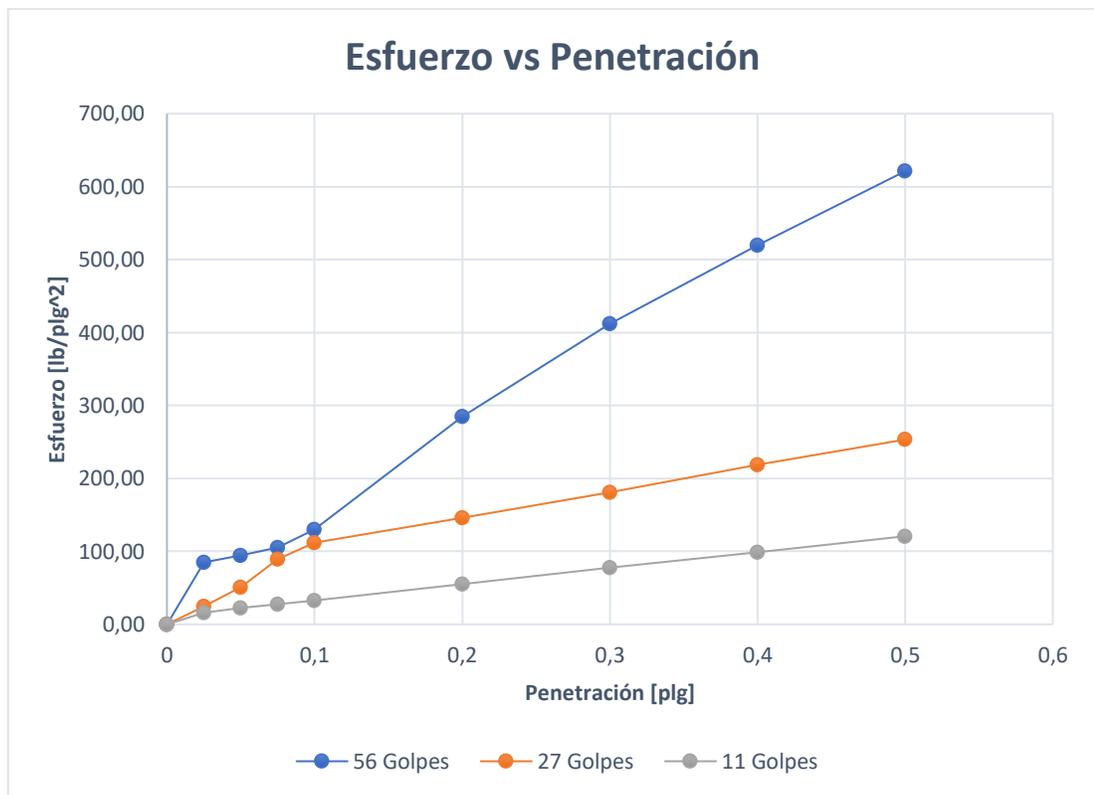
Número de golpes	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]	Penetración acumulada [mm]
0	45	45	45
7	110	95	125
14	155	145	165
20	205	220	225
28	265	275	280
38	310	325	345
49	354	374	385
58	410	435	405
66	458	480	465
75	512	520	545
87	555	580	585
102	602	620	625
122	655	575	685



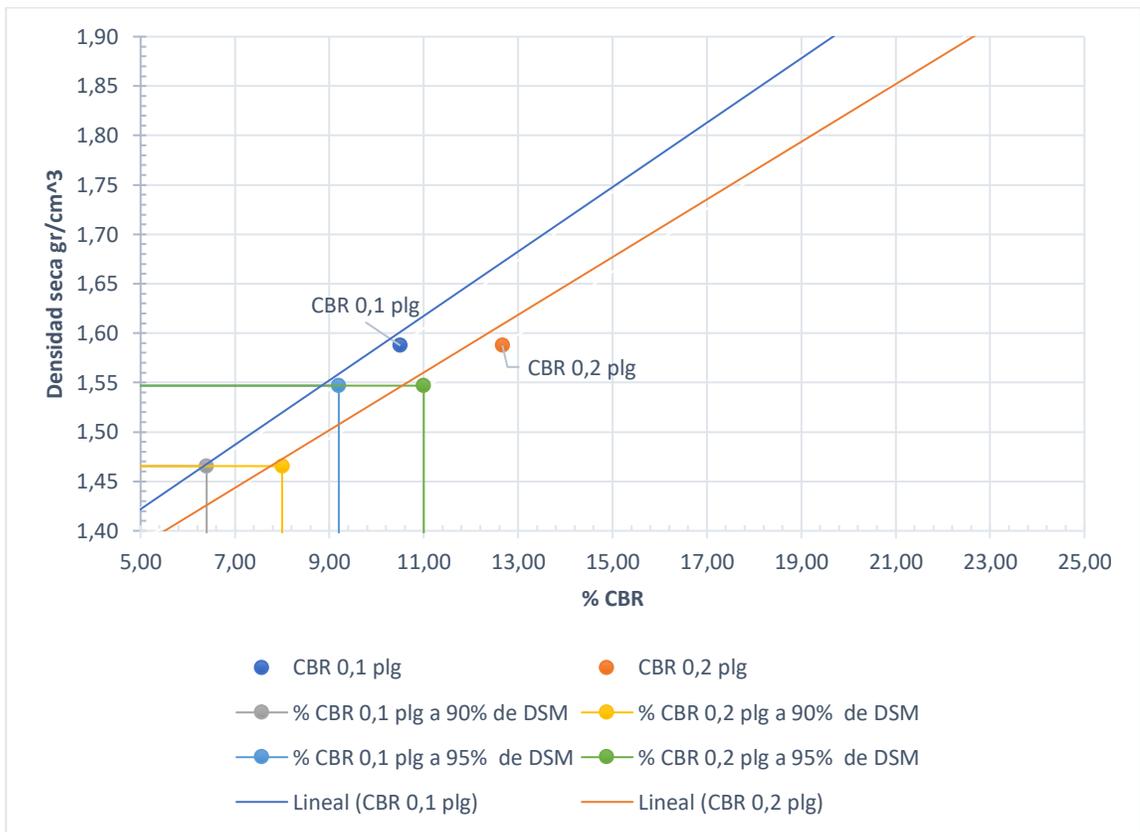
	DN (mm/golpe)	DN (prom)
A	5,0752	5,068
B	4,8979	
C	5,2294	

CBR de laboratorio - AASHTO T 193-2013						
Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		27		11	
Muestra húmeda + Molde [gr]	12427		10592		9209	
Masa del molde [gr]	6975		6273		5844	
Masa muestra húmeda [gr]	5452		4319		3365	
Volumen muestra [cm ³]	2283,34		2261,47		2049,62	
Peso unitario húmedo [gr/cm ³]	2,388		1,910		1,642	
Contenido de humedad	Base	Molde	Base	Molde	Base	Molde
Masa suelo húmedo + recip [gr]	112,2	116,7	125,1	116,1	125,5	118,6
Masa suelo seco + recip [gr]	96,6	100,8	108,1	101,7	109,3	101,5
Masa de agua [gr]	15,6	15,9	17	14,4	16,2	17,1
Masa del recip [gr]	33,6	23,8	32	23,1	30,3	27,6
Masa suelo seco [gr]	63	77	76,1	78,6	79	73,9
Contenido de humedad W%	24,76	20,65	22,34	18,32	20,51	23,14
W % promedio	22,71		20,33		21,82	
Peso unitario seco [gr/cm ³]	1,949		1,588		1,348	
Datos después de la saturación						
Muestra húmeda + molde [gr]	11511		10710		9584	
Masa del molde [gr]	6975		6273		5844	
Masa muestra húmeda [gr]	4536		4437		3740	
Masa de agua absorbida [gr]	-916		118		375	
% de agua absorbida	-20,1940		2,6595		10,0267	
Contenido de humedad	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa de suelo húmedo + tarro [gr]	104,3	96,2	92,5	74,8	70,3	63,7
Masa de suelo seco + tarro [gr]	93,8	84,7	72,8	63,3	64,4	54,3
Masa del agua [gr]	10,5	11,5	19,7	11,5	5,9	9,4
Masa del tarro [gr]	32,4	33,2	33,4	30,6	31,9	32,3
Masa suelo seco	61,4	51,5	39,4	32,7	32,5	22
Contenido de agua %	17,10	22,33	50,00	35,17	18,15	42,73
W % promedio	19,72		42,58		30,44	

Ensayo						
Molde N°	1		2		3	
Penetración [plg]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]	dial	Presión [lb/plg ²]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	255,714	85,24	75,1296	25,04	48,69	16,23
0,05	282,746	94,25	153,5352	51,18	67,9496	22,65
0,075	315,882	105,29	268,9596	89,65	83,314	27,77
0,1	391,2636	130,42	336,81	112,27	99,2194	33,07
0,15	622,713	207,57	387,822	129,27	132,545	44,18
0,2	854,1624	284,72	438,834	146,28	165,8706	55,29
0,25	1045,4808	348,49	490,718	163,57	199,3044	66,43
0,3	1236,7992	412,27	542,602	180,87	232,7382	77,58
0,4	1560,2496	520,08	655,962	218,65	297,55	99,18
0,5	1863,498	621,17	760,057	253,35	362,47	120,82



Porcentaje CBR (corregidos)						
Molde N°	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión [lb/plg ²]	CBR 0,2 plg	Densidad seca
1	120	12,00	1,949	280	18,67	1,949
2	105	10,50	1,588	190	12,67	1,588
3	25	2,50	1,348	50	3,33	1,348
Densidad seca máxima gr/cm ³			1,628			
DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg		% CBR mayor	
90	1,465	6,4	8		8	
95	1,547	9,2	11		11	



Nota: El CBR para el diseño de pavimentos es el 11 %

VALOR DE K EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA O VARIACIÓN DEL γ_0 (gr/cm³) RESPECTO A LA TEMPERATURA EN GRADOS CENTÍGRADOS.

C°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	.9999	.9999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.9999	.9999	.9999
10	.9997	.9996	.9995	.9994	.9993	.9991	.9990	.9988	.9986	.9984
20	.9982	.9980	.9978	.9976	.9973	.9971	.9968	.9965	.9963	.9960
30	.9957	.9954	.9951	.9947	.9944	.9941	.9937	.9934	.9930	.9926
40	.9922	.9919	.9915	.9911	.9907	.9902	.9898	.9894	.9890	.9885
50	.9881	.9876	.9872	.9867	.9811	.9806	.9800	.9795	.9789	.9784
60	.9832	.9827	.9822	.9817	.9811	.9806	.9800	.9795	.9789	.9784
70	.9778	.9772	.9767	.9161	.9755	.9749	.9743	.9737	.9731	.9724
80	.9718	.9712	.9706	.9699	.9693	.9686	.9680	.9673	.9667	.9660
90	.9653	.9647	.9640	.9633	.9623	.9619	.9612	.9605	.9598	.9591

PROYECTO:	Conteo Vehicular San Miguelito	ESTACIÓN No:	1	UBICACIÓN:	Pillaro	SENTIDO:	Ambos	
FECHA:	5/2/2021	DIA:	Viernes	ESTADO DEL TIEMPO:	Templado - Soleado	RESPONSABLE:	José Luis Paredes	HOJA No 1

HORA	LIVIANOS			BUSES			CAMIONES				OTROS
	AUTOMOVILES	CAMIONETAS	MOTOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	TRES EJES	>TRES EJES	No EJES
											
6h00 - 7h00	5	4	2	2			7				
7h00 - 8h00	3	3	3	2	1						
8h00 - 9h00	4	7	1	2			1	2	1		
9h00 - 10h00	5	4	2	2	2		6	1			
10h00 - 11h00	7	2	2	1			3	3	1		
11h00 - 12h00	6	5	1	2			9				
12h00 - 13h00	5	1	3	4	2		5	1			
13h00 - 14h00	4	6	1	6	1		1				
14h00 - 15h00	9	8	3	4			7				
15h00 - 16h00	4	2	1	1	2		3	5			
16h00 - 17h00	2	4	3	3			2	3			
17h00 - 18h00	2	3	1	3	1		4	1		1	
	56	49	23	32	9	0	48	16	2	1	236

PROYECTO:	Conteo Vehicular Emilio María Teran	ESTACIÓN No:	1	UBICACIÓN:	Pillaro	SENTIDO:	Ambos		
FECHA:	6/2/2021	DIA:	Sábado	ESTADO DEL TIEMPO:	Templado	RESPONSABLE:	José Luis Paredes	HOJA No	2

HORA	LIVIANOS			BUSES			CAMIONES				OTROS
	AUTOMOVILES	CAMIONETAS	MOTOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	TRES EJES	>TRES EJES	No EJES
											
6h00 - 7h00	5	5	2	3			1				
7h00 - 8h00	7	5	4	4	1						
8h00 - 9h00	4	7	3			3	8	1			
9h00 - 10h00	7	3	1	1	3		3				
10h00 - 11h00	2	6	5			5	1				
11h00 - 12h00	5	5	3	2	2						
12h00 - 13h00	8	6	1				3	1			
13h00 - 14h00	4	8	5	5			3				
14h00 - 15h00	5	2	3			2		1			
15h00 - 16h00	6	3	1	1			2				
16h00 - 17h00	8	5	3			4	1	1			
17h00 - 18h00	4	6	4				2				
	65	61	35	16	6	14	24	4	0	0	225

PROYECTO:	Conteo Vehicular Baquerizo Moreno	ESTACIÓN No:	1	UBICACIÓN:	Píllaro	SENTIDO:	Ambos		
FECHA:	8/2/2021	DIA:	Lunes	ESTADO DEL TIEMPO:	Templado	RESPONSABLE:	José Luis Paredes	HOJA No	3

HORA	LIVIANOS			BUSES			CAMIONES				OTROS
	AUTOMOVILES	CAMIONETAS	MOTOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	TRES EJES	>TRES EJES	No EJES
											
6h00 - 7h00	2	1	4		1		2				
7h00 - 8h00	6	5	13	5			1	1			
8h00 - 9h00	3	7	6				5				
9h00 - 10h00	7	4	9	9	2	1	4	1			
10h00 - 11h00	9	7	5				3				
11h00 - 12h00	4	9	7				2	1			
12h00 - 13h00	7	5	11		2	1	5				
13h00 - 14h00	9	3	4	2			4				
14h00 - 15h00	5	7	4			1	1	2			
15h00 - 16h00	7	9	5	2	2		3				
16h00 - 17h00	3	4	4				2	1			
17h00 - 18h00	6	2	1				3				
	68	63	73	18	7	3	35	6	0	0	273